

Revista da

# UNiFA

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA v.26 n.32 jul. 2013

Uma Visão Multidisciplinar do Poder Aeroespacial

32<sup>a</sup>  
Edição

ISSN- 1677-4558



# EXPEDIENTE



## Revista da UNIFA Publicação Semestral Volume 26, Número 32, Jul 2013

### Reitor da UNIFA:

Maj Brig Ar Luis Antonio Pinto Machado

### Editor Chefe/Científico:

Cel Av Marcos Jorge Alves Gemaque

### Editores Assistentes:

1º Ten QCOA BIB Eduardo Lara Leitão

Profª Andrea Costa da Silva

Profª Bruno de Melo Oliveira

### Comitê de Ética Institucional:

Vice-Reitor da UNIFA

Pró-Reitor de Ensino da UNIFA

Pró-Reitor de Pesquisa da UNIFA

Pró-Reitora de Extensão da UNIFA

Coordenadora de Assuntos Acadêmicos da UNIFA

Chefe do Centro de Estudos Estratégicos

Chefe do Centro de Memória do Ensino

Comandante da ECEMAR

Chefe da Divisão de Ensino da ECEMAR

Vice-Presidente da CDA

Comandante da EAOAR

Chefe da Divisão de Ensino da EAOAR

Comandante do CIEAR

Chefe da Divisão de Ensino do CIEAR

### Conselho Editorial Científico:

Andréa Fabiana de Lira - UFBA - BA - BR

Claudio Rodrigues Corrêa - ESG - RJ - BR

Erico Duarte - UFRGS - RS - BR

Fabio Walter - UFRP - PB - BR

Fernando de Souza Costa - INPE - SP - BR

Flavio Neri Jasper - SEFA - DF - BR

Francisco Eduardo Alves de Almeida - ESG - RJ - BR

Guilherme Sandoval Góes - ESG - RJ - BR

João Roberto Martins Filho - UFSCar - SP - BR

Koshun Iha - ITA - SP - BR

Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães - IEAv - SP - BR

Marco Antonio Sala Minucci - IEAv - SP - BR

Marcos Jorge Alves Gemaque - UNIFA - RJ - BR

Thais Russomano - PUCRGS - RS - BR

Vantuil Pereira - UFRJ - RJ - BR

### Revisão Técnica:

1º Ten QCOA BIB Júlio César Pinto de Oliveira

1º Ten QCOA BIB Priscyla Patricio de França

1º Ten QCOA MLE Vanessa Correa Costa

1º Ten QCOA MLE Zulmira Basílio Costa de Araujo

1º Ten QCOA BIB Claudiane Ferreira da Silva Mady

1º Ten QCOA MLI Deborah Elisa Alves de Ávila

1º Ten QCOA BIB Eduardo Lara Leitão

2º Ten QCOA BIB Aline Ferrari de Miranda Freitas

2º Ten QCOA BIB Vanessa Isabella Villas Boas Gumieiro

2º Ten QCOA BIB Priscila Bueno de Souza

SO SAD Dejair de Azevedo Fernandes Júnior

Profª André da Costa Gonçalves

Profª Andrea Costa da Silva

Profª Andreza Barboza Nora

Profª Bruno de Melo Oliveira

Profª Catarina Labouré Madeira Barreto Ferreira

Profª Cláudia Maria Sousa Antunes

Profª Débora Kelly Torres

Profª Eduardo Sol Oliveira da Silva

Profª Fabiana da Cunha Ferreira

Profª Livia Aparecida de Almeida e Sousa

Profª Luciana dos Santos de Andrade

Profª Márcia Santiago Duarte Carqueijeiro

Profª Maria José Machado de Almeida

Profª Patrícia de Oliveira Matos

### Secretaria:

SO R1 Ronaldo de Paula Malheiros

### Equipe de Edição:

2º Ten QCOA ANS Bruno Augusto Torres

1S SDE Samuel Gonçalves Mastrange

2S BET Gildson Guilherme Caetano da Silva Filho

### Impressão:

Finaliza editora e indústria gráfica

### Tiragem:

1.000 exemplares

### Distribuição:

Gratuita e por permuta

### Nossa capa:

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

Escada do saguão principal do prédio do Comando da UNIFA.



# REVISTA DA UNIFA

Uma Visão Multidisciplinar do Poder Aeroespacial

v. 26 n. 32 Julho 2013

Rio de Janeiro - RJ

Rev. UNIFA	Rio de Janeiro	v. 26	n. 32	p. 01- 82	jul. 2013
------------	----------------	-------	-------	-----------	-----------

A Revista da Universidade da Força Aérea (UNIFA) utiliza o Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas - SEER Disponível também em <http://www.revistadaunifa.aer.mil.br>.

### **Direitos e Permissão de Utilização**

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

Indexed in / indexado em: **Latindex**

Classificado no: **WebQualis da CAPES**

### Catálogo Biblioteca da UNIFA

Revista da UNIFA / Universidade da Força Aérea. – Ano 1, n.1  
(23 out.1985) - ano 21, n. 29 (dez. 2009); [nova ser.], v. 26, n. 32 (jul. 2013)  
- Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 1985-2013

Semestral.

A partir de junho de 2010 numerado como volume.

ISSN 1677-4558 : Distribuição gratuita e por permuta

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

CDU 355.354(81)(05)

2013

Impresso no Brasil

*Printed in Brazil*

<b>Editorial / Editorial / Editorial</b> .....	5
--	---

## ARTIGOS / ARTICLES / ARTÍCULOS

### ATUALIZAÇÃO / UPDATING / ACTUALIZACIÓN

<b>Medo que vem do céu: o efeito psicológico da aviação durante a Revolução de 1932</b>	
<i>Fear that comes from heaven: the psychological effect of aviation during the Revolution of 1932</i>	
<i>Miedo que viene del cielo: el efecto psicológico de la aviación durante la Revolución de 1932</i>	
Carlos Roberto Carvalho Daróz.....	6

<b>Modelo digital de elevação da aeronave R-99: estudo sobre a acurácia dos dados altimétricos</b>	
<i>Digital elevation model of R-99 aircraft: study about altimetry accuracy</i>	
<i>Modelo digital de elevación de la aeronave R-99: estudio sobre la precisión de los datos altimétricos</i>	
Breno Ricardo de Araújo Leite.....	17

### ORIGINAL / ORIGINAL / ORIGINAL

<b>Ocorrências de lesões musculoesqueléticas em pilotos de caça da Base Aérea de Anápolis</b>	
<i>Musculoskeletal events in fighter pilots of the Anapolis Air Force Base</i>	
<i>Ocurrencias de lesiones musculoesqueleticas en pilotos de caza de la base aérea de Anápolis</i>	
Simônia Nunes Jacques e Darlan Martins Ribeiro.....	25

<b>Aplicação do Método da Cavidade Ressonante na Análise da Eficiência da Absorção Eletromagnética em Blindagens de Equipamentos Eletrônicos Aeronáuticos e Espaciais a Base dos Aditivos de Ferritas Mn-Zn</b>	
<i>The application of the resonant cavity method to the analysis of the efficiency of the electromagnetic absorption of space and aviation electronic equipment shielding based on Mn-Zn ferrite additives</i>	
<i>Análisis de la eficiencia de la absorción electromagnética en blindajes de aparatos electrónicos aeronáuticos y espaciales de los aditivos de ferritas Mn-Zn</i>	
Carlos Alberto Reis de Freitas e Alberto José de Faro Orlando.....	34

**ESTUDO DE CASO / CASE STUDY / ESTUDIO DE CASO****Nanodispositivos eletrônicos baseados em nanofitas de grafeno***Nanoscale electronic devices based on graphene nanoribbons**Nanodispositivos electrónicos basados en nanocintas de grafeno*

Clerisson Monte do Nascimento, Fernando Antônio Pinheiro Gomes e Victor Dmitriev..... 41

**Aproveitamento de águas pluviais: uma análise para o caso do Parque de Material Aeronáutico do Galeão***Rainwater harvesting: an analysis for the case of the Aeronautical Material Park of Galeão**Aprovechamiento de aguas pluviales: un análisis para el caso del Parque de Material Aeronáutico de Galeão*

Mayara Condé Rocha Murça, Marcio Antonio da Silva Pimentel e Marcelo De Julio..... 49

**REVISÃO / REVISION / REPASO****Aeronáutica, Força Aérea ou Comando da Aeronáutica?***Aeronautics, Air Force or Aeronautics Command?**¿Aeronáutica, Fuerza Aérea o Comando de Aeronáutica?*

Flavio Neri Hadmann Jasper..... 59

**Análise sobre as necessidades atuais de especialidades de manutenção de aeronaves para a Força Aérea Brasileira***Analysis of the current needs of specialties in aircraft maintenance for the Brazilian Air Force**El Análisis de las necesidades actuales de especialidades de mantenimiento de aeronaves para la Fuerza Aérea Brasileña*

Antonio Celio Pereira de Mesquita..... 68

**NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DA REVISTA DA UNIFA ..... 78**

A Revista da Universidade da Força Aérea é um periódico científico de regularidade semestral, publicada desde 1985, tendo iniciado como um veículo de divulgação dos trabalhos dos alunos dos cursos de pós-graduação dos oficiais da Força Aérea Brasileira e de pesquisas atinentes aos temas aeronáuticos e militares. Ao longo do tempo a revista passou por um processo de transformação, superando dificuldades e se consolidando como periódico científico. Tal esforço conduziu suas equipes editoriais a amadurecerem seu perfil, a fim de refinar o processo de submissão dos artigos e aprimorar o estabelecimento da missão à qual se destina.

Nos últimos anos, em face das modificações operadas com a criação do Ministério da Defesa e o desenvolvimento de centros de pesquisa e ensino dedicados à Defesa e aos Estudos Estratégicos, a revista precisou se aprimorar, conquistando, assim, um perfil acadêmico de acordo com os novos tempos. A Revista da UNIFA se firma como uma publicação singular não apenas abordando assuntos referentes à corporação militar, mas discutindo os diversos aspectos que a Aeronáutica lida em seu cotidiano e em suas necessidades de planejamento, estratégia, defesa, capacitação e análise crítica.

Disponível nas versões impressa e *on-line*, e dotada de perfil multi e interdisciplinar, a publicação tem como foco de sua atenção os estudos do Poder Aeroespacial, bem como das áreas temáticas de interesse da Força Aérea Brasileira e das atividades efetuadas no âmbito do Comando da Aeronáutica. Desta forma, procura-se explicitar o escopo do periódico, pensado enquanto componente fundamental nesta busca pelo melhor delineamento da publicação. Os artigos publicados promovem reflexões com base no conceito norteador:

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

Seus elementos constitutivos — Força Aérea, Aviação Civil, Infraestrutura Aeroespacial, Indústria Aeroespacial e Complexo Científico-Tecnológico Aeroespacial<sup>2</sup> —, formam áreas que se interligam, estimulando a promoção de análises pertinentes aos estudos estratégicos e de defesa.

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

A busca por aperfeiçoamento ainda não cessou, pois além das preocupações com a inserção em meios acadêmicos, a Revista da UNIFA tem adotado o Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (SEER), mecanismo de automação das atividades de editoração dos periódicos científicos, tornando-a acessível *on-line*. Desse modo, a revista tem se esmerado para garantir pontuação no Qualis, sistema de estratificação de periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bem como a sua participação nas bases de indexação de periódicos acadêmicos nacionais.

Boa leitura!

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

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 75.

# Medo que vem do céu: o efeito psicológico da aviação durante a Revolução de 1932<sup>1</sup>

Fear that comes from heaven: the psychological effect of aviation during the Revolution of 1932

Miedo que viene del cielo: el efecto psicológico de la aviación durante la Revolución de 1932

Ten Cel EB Carlos Roberto Carvalho Daróz  
Mestre em Operações Militares  
Colégio Militar do Recife / Divisão de Ensino  
Recife/PE - Brasil  
cdaroz@yahoo.com.br

## RESUMO

Desde a sua introdução no cenário da batalha, nas primeiras décadas do século XX, o avião demonstrou a capacidade de atuar contra o moral do inimigo, influenciando em sua vontade de lutar. Este estudo apresenta o emprego da aviação como vetor de guerra psicológica durante a Revolução de 1932 e destaca que o avião, além dos danos físicos causados ao oponente em terra, teve um imenso efeito psicológico sobre os soldados e sobre a população civil, sobretudo em São Paulo.

**Palavras-chave:** Aviação militar. Revolução de 1932. Guerra psicológica. História militar.

Recebido / Received / Recibido  
26/07/12

Aceito / Accepted / Acepto  
09/10/12

<sup>1</sup> O trabalho baseia-se na análise crítica de numerosas fontes primárias e da historiografia existente e é uma versão modificada daquela apresentada no I Seminário Nacional de História da Aviação Brasileira, em julho de 2012, na UNIFA.

## ABSTRACT

*Since its introduction in the battle scene in the early decades of the twentieth century, the airplane demonstrated its ability to lower the enemy's morale, influencing their willingness to fight. This study presents the use of aviation as a vector of psychological warfare during the Revolution of 1932 and highlights that the plane, besides the physical damage to the opponent on the ground, had a huge psychological effect on soldiers and on the civilian population, specially in São Paulo.*

**Keywords:** Military aviation. Revolution of 1932. Psychological warfare. Military history.

## RESUMEN

*Desde su introducción en el escenario de la batalla, en las primeras décadas del siglo XX, el avión demostró la capacidad de actuar contra la moral del enemigo, influyendo en su gana de luchar. Este estudio presenta el empleo de la aviación como vector de guerra psicológica durante la Revolución de 1932 y destaca que el avión, además de los daños físicos causados a los enemigo en tierra, tuvo un inmenso efecto psicológico sobre los soldados y sobre la población civil, sobre todo en São Paulo.*

**Palabras-clave:** Aviación militar. Revolución de 1932. Guerra psicológica. Historia militar.

---

## INTRODUÇÃO

Quando o tenente italiano Giulio Gavotti, pilotando um aeroplano *Taube*, lançou granadas com as mãos sobre posições ocupadas por tropas turcas acampadas em um oásis no deserto líbio, durante a Guerra Ítalo-Turca, em 1911, provocou poucos danos materiais, contudo levou o pânico aos soldados em terra. Já em sua estreia no campo de batalha, o avião demonstrou a capacidade de interferir no moral do inimigo, aterrorizando-o e diminuindo sua capacidade de lutar. Mas foi durante a 1ª Guerra Mundial (1914-1918) que se registrou, pela primeira vez, o emprego da aviação de guerra de modo mais intenso. Para mensurar a utilização do avião, ao término do conflito, em novembro de 1918, os países beligerantes haviam fabricado aproximadamente 220 mil aeronaves de diversos tipos e modelos, além de mais de uma centena de dirigíveis (ANGELUCCI, 2001, p. 73). Também nesse conflito de proporções mundiais, a presença do avião sobre as linhas de combate trazia ao soldado medo e apreensão potencializados por um sentimento de impotência diante das máquinas voadoras.

Apesar da quantidade de aeronaves empregadas, no final da guerra, em novembro de 1918, as potencialidades da nova arma ainda não tinham atingido plenitude, permanecendo muitos líderes militares céticos quanto ao uso da aviação (LIDDEL HART, 1979). Apesar dessa visão, no período entre guerras surgiram alguns visionários que começaram a desenvolver as teorias do Poder Aéreo, cujo principal expoente foi o general italiano Giulio Douhet,

comandante da aviação da Itália. As discussões a respeito do papel do avião no campo de batalha, realizadas durante as décadas de 1920 e 1930, chegaram a algumas formulações acerca do efeito psicológico da aviação sobre o inimigo. Para Douhet, o poder aéreo decorrente da aviação poderia, por si, vencer a guerra (DOUHET, 1988). Em sua concepção, a população inimiga deveria ser um alvo prioritário para os bombardeios; constituída de civis sem experiência de combate, logo teria sua moral abalada e diminuiria a vontade nacional de prosseguir no conflito diminuiria (HOWARD, 1996).

O Major-General Hugh Trenchard, idealizador e primeiro comandante da Real Força Aérea britânica, defendia que a aviação era uma arma essencialmente ofensiva, mas nunca defendeu a tese de que os bombardeios poderiam ganhar a guerra sozinhos. Acreditava que o enfraquecimento do moral do inimigo era uma espécie de pré-requisito para que os exércitos pudessem avançar com uma oposição bem mais fraca. Em uma escala, considerava que os efeitos psicológicos provocados pela aviação eram superiores aos materiais na proporção de vinte para um (SANTOS, 1990). Trenchard era contra o bombardeio indiscriminado de áreas residenciais, embora admitisse o ataque a áreas industriais, ainda que em regiões urbanas. Para ele, os bombardeios deveriam atingir o maior número possível de fábricas e não necessariamente destruir umas poucas, pois, assim, o pânico seria espalhado mais rapidamente

entre a população e maximizaria os efeitos estratégicos da ação (SANTOS, 1990).

No Brasil, durante o movimento tenentista de 1922, dois hidroaviões da Aviação Naval bombardearam o Forte de Copacabana, onde estavam entrincheirados os militares revoltosos. O ataque, mais por seu efeito psicológico do que pelos danos causados pelas bombas, resultou na rendição da maioria dos envolvidos na revolta e precipitou o episódio que passou à história com o nome de “Os Dezoito do Forte” (FROTA, 2000; McCANN, 2009).

Foi durante a Revolução Constitucionalista de 1932, porém, que a aviação de guerra brasileira foi empregada efetivamente em combate e pôde demonstrar sua capacidade de atuar sobre o moral do oponente, influenciando decisivamente no resultado da batalha. O presente trabalho tem por objetivo conduzir a uma reflexão sobre a capacidade de a aviação atuar como vetor de ação psicológica sobre o inimigo, tomando como objeto de estudo a Revolução de 1932.

## 1 A AVIAÇÃO NA REVOLUÇÃO DE 1932

Há oitenta anos, no dia 9 de julho de 1932, irrompeu em São Paulo uma revolta contra o Governo Provisório do presidente Getúlio Vargas. Tropas federais foram enviadas de todo o país para conter a rebelião, mas as forças paulistas sustentaram uma luta contra o Exército e a Marinha durante três meses (MCCANN, 2009). O episódio, conhecido como a Revolução Constitucionalista de 1932, foi um dos maiores conflitos internos travados no Brasil e contou com o emprego efetivo da aviação nas operações de combate.

Durante o movimento revolucionário, a Aviação Militar, pertencente ao Exército Brasileiro, e a Aviação Naval, da Marinha do Brasil, enfrentaram nos céus de São Paulo a diminuta Aviação Constitucionalista, organizada com base nos aviadores da extinta Aviação da Força Pública de São Paulo, aviadores militares que aderiram à causa paulista e pilotos de aeroclube e civis voluntários (INSTITUTO HISTÓRICO-CULTURAL DA AERONÁUTICA, 1990). Tanto o governo federal quanto as forças constitucionalistas fizeram uso de aeronaves de combate, que cumpriram missões de ataque, bombardeio, reconhecimento, propaganda, caça, observação do tiro de artilharia, dentre outras (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1975).

Foram registrados combates aéreos – inclusive sendo abatido o primeiro avião em batalha na América do Sul –; bombardeios contra cidades, tropas e campos de aviação; ataque aéreo contra navio que atuava no bloqueio naval ao porto de Santos; aeronaves abatidas por fogo de metralhadoras antiaéreas (DARÓZ, 2009).

## 2 A AVIAÇÃO E O EFEITO MORAL

Na historiografia referente à Revolução de 1932, alguns autores afirmam que a aviação, por suas limitações técnicas e doutrinárias, não desempenhou papel relevante nos combates, pelo contrário, sua participação teria sido meramente de efeito psicológico. Tal consideração baseia-se na tese da pouca precisão dos ataques aéreos, e no limitado efeito material de seus ataques, como afirma Paulo Duarte, ex-combatente paulista que atuou na Frente do Vale do Paraíba:

Nos morros, de vez em quando, apareciam alguns ratos mortos, coelhos vitimados pela aviação, relembrou. No leito do rio, ao arrebentamento de um projétil, boiavam cadáveres de peixes. Mas raramente houve mortos e feridos entre as tropas, levando os soldados constitucionalistas a tacharem a força aérea federal de “Aviação de Caça e Pesca.” (HILTON, 1982, p. 212).

Apesar de suas limitações para produzir danos de vulto nas instalações e tropas adversárias, o efeito psicológico da aviação sobre o moral dos soldados e da população civil foi imenso e, por diversas vezes, resultou decisivo nas ações de combate. O brasilianista Stanley Hilton destaca o papel da aviação com tal propósito:

A “quinta arma” federal e constitucionalista espalhava o terror nas trincheiras e pela retaguarda das linhas de frente, nas estações ferroviárias, nas rodovias, nos campos de aviação, e até nas ruas de pequenas cidades, causando feridos, mortos e indignação entre as populações civis e gerando atritos diplomáticos com outros países. Só pela presença dessa nova arma de combate, a unicidade histórica de 1932 seria garantida. (HILTON, 1982, p.193).

Cabe ressaltar que o uso da aviação para influir sobre o moral do oponente não foi apenas um efeito colateral, mas sim, ocorreu intencionalmente pela vontade dos comandantes envolvidos, seja do lado federal, seja entre os paulistas (HILTON, 1982, p. 207).

## 3 AS MISSÕES DE PROPAGANDA

Quando eclodiu o movimento revolucionário, a população paulista encontrava-se plenamente motivada para a luta, unida em torno de uma causa comum, considerada justa e necessária (FIGUEIREDO, 1977). Ciente dessa motivação, o Governo Provisório empregou diversos recursos e meios no sentido de diminuir o moral dos soldados e da população de São Paulo (HILTON, 1982). Nesse contexto, a Aviação Militar e a Aviação Naval foram

utilizadas para desempenhar essa tarefa psicológica. Em sentido contrário, mesmo com sua eterna carência de aviões, os paulistas empreenderam diversas ações com o objetivo específico de solapar o moral dos combatentes legalistas (RODRIGUES, 2000).

Um expediente utilizado pelas forças legalistas – e também pelos paulistas – foi a realização de missões de propaganda, com o lançamento de panfletos, jornais e proclamações a partir de aeronaves sobre as cidades e tropas inimigas (HILTON, 1982). Diversas missões de propaganda foram realizadas pela Aviação Militar, ativando uma espécie de correio aéreo informal. Durante o primeiro dos dois grandes ataques lançados pelos federais sobre o Campo de Marte, em 16 de julho, duas aeronaves Waco CSO foram designadas para lançar duas proclamações, uma do presidente de Minas Gerais, Olegário Maciel, e a outra do General Góes Monteiro, comandante do Destacamento de Exército do Leste. A mensagem de Góes Monteiro, um dos principais generais de Vargas, segue transcrita:

#### MENSAGEM AÉREA

(Para o povo de São Paulo e principalmente a tropa armada)

Tenho retardado o início das hostilidades na esperança de que um sopro de bom senso, de boa vontade e patriotismo fizessem reflectir os vossos dirigentes na imensidade dos males que estão atrahindo sobre a Patria, e nas desgraças para vós todos de São Paulo de que eles serão responsáveis concientes.

Para não haver o *Finis Fratrice*, todo o Brasil se levanta com justa indignação contra os políticos sem entranhas e os chefes ambiciosos que os enganaram crendo a mentalidade dissolvente que nos infelicitava.

Não os acompanheis mais.

Nunca vos menti e eu amo mais São Paulo do que qualquer um deles. Já dei provas concretas dessa afirmativa, já vos tenho feito todo bem que tenho podido, e eles só vos tem explorado e trazido luto, dôr e guerra.

Pedi aos generais Isidoro e Klinger e Coronel Salgado para exhibirem a correspondência que troquei com eles e vereis que eu não estou mentindo.

Valorosos paulistas, vinde comosco, os outros brasileiros! Eu os unirei todos de novo, não consentirei que sejaes humilhados nem maltratados. Mas, desobedecei e expulsae vossos dirigentes perversos que atiraram o Brasil na luta civil, para satisfazer baixos apetites exatamente quando ele precisava estar unido para agir prestigiosamente em favor da paz sul-americana.

Tende confiança em mim e nos vossos irmãos que se baterão bravamente pela honra e vida do Brasil – esse nosso querido Brasil deve estar acima de tudo.

Vinde para o nosso lado, e a devastação que cairá sobre todo o nosso patrimonio moral e material ainda poderá ser limitada.

Não vacileis, pois é impossível esperar mais e eu terei de agir rapidamente para restabelecer a ordem no nosso País. (MONTEIRO, 1932).

A proclamação do General apelava, inclusive utilizando um argumento emocional, à população e aos soldados paulistas para que desistissem da luta e depusessem as lideranças do movimento.

As missões de lançamento de folhetos prosseguiram. No dia 23 de julho, após tomar conhecimento da morte de Santos Dumont, no Guarujá, novamente o General Góes Monteiro determinou à sua aviação o lançamento, sobre a cidade de São Paulo, de uma coroa de louros com uma fita na qual estava grafado “Homenagem a Santos Dumont, do Destacamento de Exército Leste”. Juntamente com a homenagem, foram lançadas proclamações elogiando o inventor do avião e depreciando as lideranças paulistas (HILTON, 1982, p.200).



**Figura 1:** Lançamento de panfletos pela Aviação Militar no centro de São Paulo.

**Fonte:** O mundo ilustrado (1954).

As forças constitucionalistas também buscaram influenciar o moral dos governistas com o lançamento de panfletos (FOLHA DA MANHÃ, 1932). Na primeira semana da revolução, um solitário avião decolou do Campo de Marte em direção à Vila Bela<sup>2</sup> e lançou grande quantidade de boletins de propaganda sobre os navios da Marinha que lá começavam a se reunir para bloquear o litoral paulista, na tentativa de cooptar as forças navais para a causa constitucionalista (LINHARES, 1971, p. 60). A ousada missão foi noticiada pelo jornal **A Tribuna**, da cidade de Santos, que também transcreveu, na íntegra, o manifesto paulista, apesar de interpretar erroneamente o posicionamento da Marinha, que permaneceu leal ao Governo Provisório:

<sup>2</sup> Atual Ilhabela.

Um feito de arrojo e, ao mesmo tempo, de grande dedicação à causa paulista, é o que se realizou hontem, um dos nossos oficiais aviadores da Força Pública.

Voando num aparelho civil, o piloto demandou a enseada de São Sebastião, onde se acha a esquadra enviada pelo governo provisório a Santos, e distribuiu sobre as unidades de nossa Marinha de Guerra, cuja attitude nesse momento é symphatica, visto como não hostiliza o movimento paulista, o seguinte manifesto:

#### À NAÇÃO

O movimento que se desencadeou na noite de 9 para 10 deste mês e dominou incontinenti o Estado de S. Paulo, na mais perfeita harmonia e solidariedade de civis e militares, sem lutas nem vozes discrepantes, não tem outros intuitos senão reintegrar o país na ordem legal e restituir aos brasileiros o gozo dos direitos e franquias que são o apanágio de nossa civilização.

Como a Ditadura se tenha incompatibilizado com esses ideais, quebrando os compromissos da Aliança Liberal e exercitando uma política indigna de um povo culto, que se desenvolve e prospera sob a cúpula da democracia constitucional representativa, cumpre reduzi-la e removel-a do ponto onde pretende perpetuar-se e sobrepor seus próprios commodos ás aspirações da Nação.

Pelo que, o povo, a guarnição federal e a força pública de S. Paulo, fraternizados com os civis e militares de Matto Grosso e em estreita cooperação com as correntes políticas e milícias do Rio Grande do Sul, Minas Geraes e outros Estados, pedem se tranquilizem seus compatriotas e anuncia-lhes que o movimento há-de generalizar-se e prosseguir victorioso, com o duplo e fundamental intento de entregar o Governo Federal a uma junta que, dentro do prazo estritamente indispensável para o preparo e funcionamento da assembléia constituinte, leve o país ao regimen constitucional, e de pôr em vigor immediatamente a Constituição de 24 de fevereiro de 1891, salvo nos topicos attinentes ao poder legislativo e em outros inconciliáveis com as necessárias prerrogativas do poder supremo, na situação ephemera em que nos achamos.

A Junta Governativa Nacional compor-se-á de cinco membros – um do Rio Grande do Sul, um de S. Paulo, um de Minas Geraes, um do Districto federal e um do Norte – e elegerá dentre elles um para seu presidente.

Tudo pela união, felicidade e grandeza do Brasil! (A TRIBUNA, 1932).

Quando as tropas federais conquistaram a cidade de Buri, nos últimos dias do mês de julho, foram lançados sobre as trincheiras paulistas, na Frente do Vale do Paraíba, cerca de 500.000 exemplares de um boletim que exaltava a vitória legalista (GERALDO, 2002, p.8). Nesse único lançamento de panfletos, é possível dimensionar a quantidade de folhetos de propaganda jogados sobre as trincheiras e população inimigas.

O lançamento de panfletos de propaganda provocava, normalmente, grande curiosidade entre os

soldados e a população civil, que costumavam disputar os “papeizinhos”. Um típico exemplo do interesse dos civis ocorreu em Itajubá, na Frente Mineira, quando os paulistas lançaram sobre a cidade seus panfletos, conforme noticiou a Folha da Manhã:

Os aviadores constitucionalistas [...] empreenderam, hontem, um novo reide, tendo voado sobre Itajubá, deixando cahir, á população dessa próspera cidade, boletins e proclamações. Avidamente, essas notícias, fornecidas pelos bravos aviadores paulistas, eram disputadas pelos habitantes de Itajubá [...] (FOLHA DA MANHÃ, 1932).

Apesar da continuidade nos lançamentos governistas, os manifestos lançados do ar não produziram efeitos significativos na vontade de lutar dos paulistas. O que efetivamente abalou o moral dos soldados e, em menor grau de intensidade, da população de São Paulo foram as ações de ataque e bombardeio.

## 4 OS ATAQUES AÉREOS E SEU EFEITO SOBRE AS TROPAS

Como já foi assinalado, o índice de acerto no alvo das bombas lançadas pelas aeronaves legalistas era baixo, provocando danos materiais limitados. A ineficácia nos bombardeios pode ser creditada à precariedade da tecnologia de bombardeio, à baixa qualidade das bombas e ao treinamento insuficiente de algumas tripulações, tendo em vista que, antes da Revolução de 1932, somente alguns aviadores militares possuíam qualificação e tiveram a oportunidade de lançar bombas, seja em exercícios ou em operações reais do ciclo revolucionário da década de 1920 (DARÓZ, 2009, p.191).

Se, por um lado, o efeito material era pequeno, o impacto psicológico sobre as tropas atacadas foi enorme. O soldado, ao vislumbrar o avião inimigo posicionando-se para atacá-lo, sentia-se vulnerável e impotente, e reagia de diversas maneiras, indo do pânico até a completa paralisia. Relatos de prisioneiros de guerra paulistas deixam claro o medo que sentiam diante dos ataques da Aviação Militar. Após ter sido aprisionado, o 1º Tenente Hermenegildo Carneiro, do 2º Regimento de Cavalaria Divisionária, respondeu aos seus interrogadores que “o efeito material da aviação é nulo, sendo grande o efeito moral, pois os paulistas se sentem desmoralizados por não possuírem tal auxílio.” (BRASIL, 1932). Outro militar paulista capturado, o Soldado Lázaro Bastos, voluntário do Batalhão Euclides Figueiredo, ao ser perguntado sobre o papel da aviação, respondeu “que a artilharia e a

aviação governista bombardeavam muito produzindo pouco efeito material porém grande efeito moral; que receberam capacetes de aço os quais serviam de proteção contra estilhaços.” (BRASIL, 1932a).

Antônio Santos Amorim, soldado voluntário do 7º Batalhão de Caçadores da Reserva de Santos, cita em seu livro, lançado apenas dois meses após o fim do conflito, ainda sob a emoção dos combates, uma conversa entre companheiros pertencentes à sua companhia:

Muitos soldados da 1ª Cia. reunidos. Todos à vontade. Numa ribanceira. Em Engenheiro Hermillo. Falava-se de varejeiras (aviões). Cada qual contava a maior vantagem possível. Para não ficar por baixo.

O sargento Godoy diz: - Eu não tenho medo de coisa alguma. A não ser, está visto, das varejas. E não é propriamente medo. É nervosismo. Moléstia que eu sofro desde criança...

O Dudu confessa: - Eu e o Tenente Simione temos tanto pavor das varejas que, um dia destes, quase fomos parar em Itapetininga. Correndo sempre pela estrada em fora ... E tinha sido exato.

O Alberto Morgado, conta, então: - Quando eu vejo a vareja, é fatal: dá-me uma tremedeira horrível nas pernas. Quero andar e não posso. Há poucos dias todos correram para o mato. Escondendo-se. Eu, não. Fiquei na cozinha. Houve o bombardeio. Não arredei pé. Mais tarde, o Salustiano, o Torrecilha e o Guilherme gabavam a minha coragem, dizendo-me: você é um soldado paulista de raça, não tem medo dos aviões inimigos. Eu fiquei quieto. Mas a verdade é que não fugi também porque minhas pernas não me deixaram. Se eu pudesse ter corrido, a esta hora estaria em Santos. (AMORIM, 1932, p. 106-107).

Na verdade, ao ser confrontado por uma aeronave inimiga, que não possuía limites de mobilidade e podia lançar um ataque de qualquer direção, o soldado em sua trincheira era tomado por um sentimento de total impotência, pois seu armamento – em geral o fuzil Mauser de 7 mm, tanto entre os paulistas quanto entre os federais – também não era adequado para atirar nos aviões. A respeito do sentimento de impotência do soldado, comum diante do ataque aéreo, o mesmo autor descreve sua experiência pessoal:

Estávamos entrincheirados. O ronco de um motor, no espaço, chama a nossa atenção. Pô-nos de sobreaviso. Erguemos os olhos. É ela mesma. A varejeira, todos sabem o que é. E todos tratam de se esconder. Chuva de granada ou de metralhadora não é como a outra. Que não quebra osso. A varejeira quebra até ferro. E vem de cima para baixo. Numa rapidez fantástica. Às vezes, descarregamos nossos fuzis contra o avião. Bem sabemos que em pura perda de tempo. Nossas balas não o alcançam. Mas é o instinto de defesa. (AMORIM, 1932, p. 30).

O efeito mais psicológico do que material, no entanto, não era de todo sem intenção. Os ataques aéreos foram, para ambos os contendores, a grande novidade da Revolução de 1932, não raro causando pânico aos combatentes terrestres. Esse efeito foi explorado ao máximo pelos legalistas, que instituíram a prática de usar patrulhas aéreas sobre tropas rebeldes, muito mais para fins psicológicos do que propriamente pelo que poderiam representar certos alvos de oportunidade. Os Waco CSO – pintados na cor vermelha –, que desempenharam grande parte das missões de inquietação, eram temidos e foram logo apelidados pelos paulistas de “vermelhinhos” (INSTITUTO HISTÓRICO-CULTURAL DA AERONÁUTICA, 1990, p. 348).



**Figura 2:** A visão do soldado: um “vermelhinho” sobrevoa uma trincheira paulista na Frente do Vale do Paraíba.

**Fonte:** Acervo particular do autor.

Se, de um lado, os soldados constitucionalistas apavoravam-se diante do ataque dos “vermelhinhos”, o mesmo ocorria com as forças federais quando atacadas pelos aviões paulistas. Foi o que observou em agosto o Major Lysias Rodrigues, comandante do 1º Grupo de Aviação de Caça constitucionalista, ao analisar o desempenho de sua unidade:

[ ] mais ou menos uns 800 kg de alto explosivo eram atirados precisa e eficientemente, cada dia, sobre as posições adversárias. Os efeitos haviam sido de tal monta, que a progressão inimiga cessara por completo. O pavor da aviação enclausurava o inimigo nos seus abrigos. O aparecimento de um avião no ar fazia cessar até o combate em terra. Estavam eles desmoralizados pelos bombardeios constantes, pelos ataques a metralhadora. (RODRIGUES, 2000, p.18).

Em mais de uma oportunidade, a Aviação Militar foi utilizada pelos federais como vetor de demonstração de

força para quebrar a vontade de lutar dos paulistas, como ocorreu nos dois ataques ao Campo de Marte, um dos quais empregando todas as aeronaves que estivessem disponíveis para voar. Em sua ordem particular à aviação para essa missão, o General Góes Monteiro foi claro quanto a sua intenção: “o fim visado é abater o moral dos revoltosos” (BRASIL, [1932b]).

Se, por um lado, o lançamento de panfletos não se mostrou de grande relevância para afetar o moral paulista, os ataques da aviação definitivamente aterrorizavam o soldado e a população civil. Sua influência nas operações militares foi notória, provocando pânico, abandono de posições e, até mesmo, debandada de tropas que até então se encontravam firmes em suas trincheiras, conforme reconheceu o 2º Sargento José Pinto Pestana Marcondes Filho, do 2º Regimento de Cavalaria Divisionário, capturado pelas tropas federais na localidade de Pinheiros. Em seu interrogatório, o sargento disse que “a artilharia e a aviação governistas têm produzido muito medo entre as tropas, o que explica a precipitação das retiradas” (BRASIL, 1932c).

## 5 O EFEITO MORAL SOBRE A POPULAÇÃO CIVIL

Os bombardeios federais, muito além de destruírem alvos de interesse militar, também se prestavam a tentar reduzir a vontade de lutar dos paulistas. Um segundo ataque de grande amplitude, sobre o Campo de Marte, foi realizado em 23 de julho por ordem do General Góes Monteiro (BRASIL, [1932b]). Dessa vez o comandante do Destacamento de Exército do Leste foi taxativo em sua ordem de operações sobre o propósito da missão: realizar uma demonstração de força, intimidar as tropas constitucionistas e abater o moral da população civil de São Paulo, reunindo a maior parte dos meios da Aviação Militar. Em sua ordem particular ao Grupo Misto de Aviação, o general determinou que todas as aeronaves que estivessem disponíveis para voar deveriam participar do ataque, mesmo aquelas que não possuíam capacidade de transportar bombas (BRASIL, [1932b]). Assim, sob o comando do Major Eduardo Gomes, uma dezena de aviões de todos os tipos, incluindo dois caças *Vought O2U-2A Corsair* da Aviação Naval, atacou o Campo de Marte, lançando cerca de setenta bombas de 55 kg (125 libras) e de 25 libras (FOLHA DA MANHÃ, 1932b). O efeito material do bombardeio foi inexpressivo, mas a demonstração de força cumpriu sua finalidade, servindo para manter a Aviação Constitucionalista

longe do Campo de Marte e para abalar o moral da população de São Paulo. Os “vermelhinhos” (*Waco*) e os *Potez TOE* federais atingiram a cidade e o Campo de Marte, centro operacional da Aviação Constitucionalista. Uma das bombas explodiu nas proximidades do Clube Espéria, repleto de mulheres e crianças, provocando consternação e medo entre a população civil, apesar de não terem sido registradas baixas (DONATO, 1982, p.144).

Na última quinzena de setembro, a aviação federal apertou o cerco contra o Estado de São Paulo e realizou uma série de ataques a alvos estratégicos nas cidades de Campinas, Jundiaí, Rio Claro e Bragança Paulista. De uma maneira geral, os alvos eram estações ferroviárias, pátios de manobras, campos de pouso e composições ferroviárias. De todas essas cidades, Campinas foi a que sofreu mais, sofrendo bombardeios nos dias 18 (dois ataques), 20, 21 e 23 de setembro. Embora os alvos a que se visava fossem de valor militar, a falta de precisão das bombas e o fato de os ataques serem desfechados de grande altitude fizeram com que a população civil fosse atingida, havendo mortes e ferimentos, inclusive em mulheres e crianças. O jornal campineiro **Correio Popular** descreveu o primeiro ataque, realizado no dia 18, quando foi morto um menino de dez anos de idade:

[...] Na estação ferroviária de Campinas, o movimento era intenso às 11h30 da manhã de 18 de setembro de 1932. Famílias inteiras se deslocando de trem para a casa de parentes nos arredores da cidade [...]. O pequeno Aldo, de dez anos de idade, calçava os sapatos no hall da estação quando ouviu o ronco do motor ecoar nos céus. O menino jogou os sapatos para o lado e correu. Aviões ainda eram uma grande novidade naquele tempo. Sua mãe, Ada Chioratto, ainda tentou segurá-lo, mas o menino já havia desaparecido.

A bomba caiu ao seu lado. Aldo morreu instantaneamente, atingido por estilhaços no estômago. [...]. No ataque deste domingo foram lançadas quatro bombas. A primeira varou o teto de zinco da Estação Mogiana e explodiu na viga de ferro do suporte, o que diminuiu seu impacto. A segunda matou o pequeno Aldo e feriu outras três pessoas, dois imigrantes italianos e um libanês, além de um outro menino, João Polli. [...].

A guerra se aproximava cada vez mais da cidade. A Estação de Campinas, o principal entroncamento ferroviário do país, era um alvo em potencial. Os aviões, ainda precários, tinham pouco poder de fogo, mas causavam muitos estragos com as bombas e as rajadas de metralhadoras. Para a população civil era uma experiência aterrorizante. Durante a quinzena que engloba este domingo, Campinas sofreu diversos ataques aéreos. Foram 57 bombas lançadas sobre a cidade, que causaram duas mortes, 31 feridos e onze mutilados. [...] (CÉSAR; MARTINS, 1999, p. 2).

Os ataques a Campinas efetivamente provocaram baixas entre civis, inclusive do menino Aldo (FOLHA DA MANHÃ, 1932c), que trabalhava como mensageiro para as forças constitucionalistas. Esses bombardeios causaram profunda comoção entre os paulistas e geraram diversos protestos. O Governador Pedro de Toledo emitiu uma proclamação à nação repudiando os ataques; entidades civis e a imprensa paulistas apelaram para a opinião pública mundial (HILTON, 1982, p. 217).

Diversas instituições expressaram sua indignação: o Instituto da Ordem dos Advogados de Campinas, a Associação Comercial de Santos, a Cruz Vermelha de São Paulo, a Associação dos Funcionários Públicos do Estado (FOLHA DA MANHÃ, 1932c). O manifesto da associação santista dá uma ideia do tom das reclamações: “A Associação Commercial de Santos vem manifestar o seu inteiro apoio e solidariedade ao veemente protesto encabeçado por esse Instituto e subscripto pelas associações de classe contra actos de vandalismo praticados por aviões da ditadura, bombardeando cidades e populações civis sem qualquer objectivo militar. Viva S. Paulo! Viva o Brasil!” (FOLHA DA MANHÃ, 1932c).

A **Folha da Manhã** publicou, no dia 22 de setembro, um editorial, estimulando a população de São Paulo a responder aos ataques com o alistamento em massa da população, em uma clara tentativa de utilizar o efeito psicológico provocado pela aviação federal em benefício do próprio moral das forças paulistas que, na ocasião, encontravam-se exauridas, sem recursos e em franca desvantagem em todas as frentes de combate:

#### AS SELVAGERIAS DICTATORIAES

É de applaudir-se sem reservas, o protesto que a Associação Commercial e outros gremios das classes conservadoras levaram ao conhecimento das suas congêneres do Rio de Janeiro, contra o bombardeio aereo de Campinas, a ultima selvageria dictatorial. Pensamos, mesmo, que igual procedimento devem ter todas as nossas associações culturais, as congregações das nossas escolas superiores, o clero, quantos órgãos existam do progresso e da civilização de S. Paulo.

Vamos mais longe. O protesto de S. Paulo precisa ser feito perante o mundo civilizado. Para isso, levemo-lo até á Sociedade das Nações, propagando por toda America a noticia da atrocidade e a condemnação dos seus autores directos e indirectos.

No Brasil inteiro, o attentado levantará ondas de indignação capazes de subverter a ditadura. No mundo civilizado, lavrar-se-á a sua sentença condemnatória. Quem, fóra da sinistra turbista, não se revoltará contra o inútil morticínio de mulheres e

crianças, commettido por pura perversidade, sem qualquer objectivo militar?

Nossa resposta ao bombardeio de Campinas, já o dissemos, deve ser o alistamento em massa de todos os paulistas de 18 a 35 annos. Não temos outra porque S. Paulo não vê, além das fronteiras, outro inimigo a não ser o exercito dictatorial. Impossíveis, pois, as represálias que obrigariam a dictadura a conter os seus bárbaros furores. (FOLHA DA MANHÃ, 1932e).

Ainda sobre os ataques a Campinas, no final de dezembro, a estação de radioamador clandestina LX-2, transmitindo informações do Rio de Janeiro para São Paulo, irradiou um boletim de informações protestando contra o bombardeio. O Serviço Rádio do Ministério da Guerra, na ocasião, interceptou a seguinte mensagem:

Rádios interceptados em PTCR: nº 6  
PTU3 : Santos : Boletim noticioso:  
[...] em seis dias aviação ditatorial lança 38 bombas sobre cidade de Campinas. Cidade aberta [...] (BRASIL, 1932d).

Em outro boletim, os paulistas cogitaram, inclusive, abrir um processo judicial contra o Governo Provisório por “crime de guerra”:

Impotente para subjugar os soldados paulistas. A ditadura manda os seus aviões bombardear cidades abertas. Foi o que fizeram hontem os aviões ditatoriais sobre Campinas e Jundiáhy. Sem a menor vantagem de ordem militar, ditadura patenteou nesse atentado como nos de Silveiras e Cruzeiro, os sentimentos que o anima nessa luta. São Paulo está elaborando o processo jurídico desses crimes [...] (BRASIL, 1932e).

Foi durante os bombardeios federais contra Campinas que o 1º Grupo de Aviação de Caça constitucionalista chegou ao campo de aviação de Viracopos, naquela cidade, de onde passou a operar nos últimos dias da revolução. Seu comandante, o Major Lysias Rodrigues, registrou o estado de espírito que observou junto à população civil: “o moral das tropas do setor e, principalmente, da população civil estava abatidíssimo com as constantes incursões dos *Waco* ‘vermelhinhos’ da ditadura” (RODRIGUES, 2000, p. 58).

Além de Campinas e São Paulo, outras cidades paulistas também foram bombardeadas pela aviação federal, principalmente no Vale do Paraíba, o que sempre provocava medo e inquietude entre a população. Em sentido oposto, a Aviação Constitucionalista não bombardeou cidades e procurou focar seus ataques em objetivos estritamente militares, não provocando, dessa forma, efeito sobre a população civil.



**Figura 3:** Armazém destruído por bombardeio aéreo federal em Guaratinguetá.

Fonte: O Mundo Ilustrado (1954).

## 6 MORAL ABATIDO, LITERALMENTE

Após um bem sucedido ataque ao campo de Mogi-Mirim, onde conseguiu destruir no solo dois *Waco* federais, novos em folha, a Aviação Constitucionalista decidiu desfechar um golpe contra a esquadra que bloqueava o porto de Santos. De acordo com o Major Lysias, o ataque à esquadra era um objetivo prioritário dos **Gaviões de Penacho**<sup>3</sup> desde o início das hostilidades, pois “o efeito moral seria grande e o efeito material imediato: a abertura do porto de Santos, necessário ao intercâmbio comercial” (RODRIGUES, 2000, p. 73). Na manhã de 24 de setembro, sábado, uma esquadilha composta por dois *Curtiss O-1E Falcon* e um *Waco CSO* decolou do Campo de Marte com a missão de atacar os navios da 1ª Divisão Naval da Marinha que, ao largo do porto de Santos, realizavam as ações de bloqueio.

Quando atacava o cruzador Rio Grande do Sul, navio-capitânea do bloqueio, o Curtiss Falcon, pilotado pelo Capitão José Ângelo Gomes Ribeiro e tendo como observador o Tenente Mário Machado Bittencourt, foi abatido pelas metralhadoras do navio (DIÁRIO DA NOITE, 1932). A perda dos dois aviadores abateu profundamente os aviadores paulistas, que não mais voaram até o fim da revolução.

Curiosamente, uma missão planejada para levantar o moral das já combalidas tropas paulistas resultou na perda definitiva das condições psicológicas da Aviação Constitucionalista para se manter em ação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os esforços no sentido de reduzir ou destruir a capacidade de travar a guerra do oponente encerram dois

aspectos possíveis: o físico e o psicológico. A questão psicológica trata de negar, danificar ou destruir elementos intangíveis, necessários ao inimigo para travar a guerra. Os alvos não são físicos, mas os “corações e mentes” das forças combatentes inimigas, e o efeito desejado é tornar essas forças incapazes de usar armas, equipamentos, veículos, estradas e assim por diante, necessários para travar a guerra, seja por falta de capacidade, seja por falta de vontade. Nessa perspectiva, o poder aéreo demonstrou sua capacidade contra os recursos físicos do inimigo, ao longo da história, porém sua capacidade contra os recursos psicológicos do oponente é, frequentemente, mal interpretada e mal compreendida.

No caso da Revolução de 1932, o emprego da aviação demonstrou claramente a intencionalidade dos comandos envolvidos com o objetivo de solapar a vontade de lutar dos adversários. Mais do que os efeitos físicos decorrentes dos bombardeios, os soldados e a população civil sob ataque sofreram a pressão do fator psicológico provocado pelos aviões federais e rebeldes, o que influenciou decisivamente no moral e no resultado da revolução.

A história encarregou-se de atestar o papel do efeito moral associado ao poder aéreo, na década seguinte – que testemunhou o maior conflito da humanidade, a 2ª Guerra Mundial – e nas guerras posteriores ocorridas nos séculos XX e XXI. Um exemplo clássico do efeito psicológico produzido pela aviação diz respeito ao uso que os alemães fizeram dos bombardeiros de mergulho *Stuka*, instalando sirenes que funcionavam durante os mergulhos, no começo da 2ª Guerra Mundial. O som característico de um ataque de *Stuka* gerava tanto medo que o ruído causava mais danos do que as munições lançadas pela aeronave. As campanhas de bombardeio estratégico conduzidas pelos Aliados contra as cidades alemãs e japonesas, na fase final da guerra, possuíam objetivos claramente psicológicos contra a população (KELLET, 1987, p. 256).

Por fim, o potencial moral do Poder Aéreo foi facilmente visível durante a 1ª Guerra do Golfo, em 1991, quando, após a Operação Tempestade do Deserto, desencadeada pela aviação da Coalizão que combatia as forças de Saddam Hussein, soldados iraquianos renderam-se em massa, no isolamento do deserto, aos helicópteros de ataque dos EUA que os sobrevoavam.

O emprego do poder aéreo em 1932, no que tange aos efeitos psicológicos, corrobora a visão de Clausewitz: “Quando falamos em destruir as forças inimigas, devemos enfatizar que nada nos obriga a limitar esta ideia a forças físicas: o elemento moral também tem de ser considerado” (CLAUSEWITZ, 2010, p. 83).

<sup>3</sup> Apelido do 1º Grupo de Aviação de Caça constitucionalista.

## REFERÊNCIAS

- A TRIBUNA. [São Paulo]: A Tribuna, 14 jul. 1932.
- AMORIM, A. S. **Santistas nas barrancas do Paranapanema**. Santos: Imprensa Santista, 1932.
- ANGELUCCI, E. **Illustrated Encyclopedia of Military Aircraft**. Edison: Chartwell Books, 2001.
- BRASIL. Ministério da Guerra. Batalhão Euclides Figueiredo. **Termo de interrogatório de prisioneiro do Soldado voluntário Lázaro Bastos**, do Batalhão Euclides Figueiredo, de 15 de setembro de 1932. [São Paulo], 1932. Acervo do Arquivo Histórico do Exército.
- BRASIL. Ministério da Guerra. Destacamento de Exército Leste. **Ordem Particular para a Aviação nº 35 do Destacamento de Exército Leste**, Resende, RJ. [1932b]. Acervo do Arquivo Histórico do Exército.
- BRASIL. Ministério da Guerra. **Rádio interceptado em PTCR nº 6**, protocolado no Ministério da Guerra em 26 de setembro de 1932. Rio de Janeiro, [1932d]. Acervo do Arquivo Histórico do Exército.
- BRASIL. Ministério da Guerra. Segundo Regimento de Cavalaria Divisionária. **Termo de interrogatório de prisioneiro do 1º Tenente Hermenegildo Carneiro**, do 2º Regimento de Cavalaria Divisionária, de 7 de agosto de 1932. Pirassununga, SP, 1932a. Acervo do Arquivo Histórico do Exército.
- BRASIL. Ministério da Guerra. Segundo Regimento de Cavalaria Divisionária. **Termo de interrogatório de prisioneiro do 2º Sargento José Pinto Pestana Marcondes Filho**, do 2º Regimento de Cavalaria Divisionária, de 16 de agosto de 1932. Pirassununga, SP, 1932c. Acervo Revolução de 1932. Arquivo Histórico do Exército.
- BRASIL. Ministério da Guerra. **Transcrição de mensagem rádio interceptada, de 17 de setembro de 1932**. Rio de Janeiro, [1932e]. Acervo Revolução de 1932. Arquivo Histórico do Exército.
- CÉSAR, J. B.; MARTINS, J. P. Aldo, o menino que correu sorrindo para a morte. **Correio Popular**, Campinas, 13 ago. 1999. Encarte Criança nos 500 anos, p. 2.
- CLAUSEWITZ, C. **Da guerra**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.
- DARÓZ, C. R. C. Aviação de caça e pesca? In: ROCHA, M. (Org.). **Poder aeroespacial e estudos estratégicos**. Rio de Janeiro: UNIFA, 2009.
- DIÁRIO DA NOITE. [São Paulo]: **Diário da noite**, 24 set. 1932.
- DONATO, H. **A Revolução de 32**. Rio de Janeiro: Abril Cultural, 1982.
- DOUHET, G. **O domínio do ar**. Belo Horizonte: Itatiaia; Rio de Janeiro: Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica, 1988.
- FIGUEIREDO, E. **Contribuição para a história da Revolução Constitucionalista de 1932**. São Paulo: Martins, 1977.
- FOLHA DA MANHÃ. [São Paulo]: Folha da Manhã, 17 set. 1932.
- FOLHA DA MANHÃ. [São Paulo]: Folha da Manhã, 19 set. 1932c.
- FOLHA DA MANHÃ. [São Paulo]: Folha da Manhã, 21 set. 1932d.
- FOLHA DA MANHÃ. [São Paulo]: Folha da Manhã, 22 set. 1932e.
- FOLHA DA MANHÃ. [São Paulo]: Folha da Manhã, 24 jul. 1932b.
- FROTA, G. **Quinhentos anos de história do Brasil**. Rio de Janeiro: BibliEx, 2000.
- GERALDO, A. L. **A aviação no conflito constitucionalista de 1932**. [São Paulo], 2002. Disponível em: <<http://www.reservaer.com.br/est-militares/ACC32/pg-geral.html>>. Acesso em: 22 dez. 2008.
- HILTON, S. **1932: a guerra civil brasileira**. São Paulo: Nova Fronteira, 1982.
- HOWARD, M. O conceito de Poder Aéreo: uma avaliação histórica. **Airpower Journal**, 4. trim. 1996. Disponível em: <<http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-p/14tri96.htm>>. Acesso em: 15 out. 2008.
- INSTITUTO HISTÓRICO-CULTURAL DA AERONÁUTICA - INCAER. **História geral da aeronáutica brasileira**. Rio de Janeiro: INCAER; Belo Horizonte: Itatiaia, 1990. v. 2.
- KELLET, A. **Motivação para o combate**. Rio de Janeiro: BibliEx, 1987.
- LAVENÉRE-WANDERLEY, N. F. **História da Força Aérea Brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Gráfica Brasileira, 1975.
- LIDDEL HART, B. **History of the first world war**. London: Richard Clay, 1979.
- LINHARES, A. P. **Aviação naval brasileira: 1916-1940**. Duque de Caxias: Imprensa Naval, 1971.
- McCANN, F. **Soldados da Pátria: história do exército brasileiro 1889-1937**. Rio de Janeiro: BibliEx, 2009.

MONTEIRO, Góes. **Mensagem aérea do General Góes Monteiro ao povo de São Paulo**. São Paulo: [s.n.], 1932. Acervo do Arquivo Histórico do Exército.

O MUNDO Ilustrado, n. 75. Rio de Janeiro: Mundo Gráfica e Editora, 1954.

RODRIGUES, L. **Gaviões de penacho**. Rio de Janeiro: INCAER, 2000.

SANTOS, M. **Teorização da guerra aérea**. Disponível em: <<http://www.milavicorner.0catch.com/tga.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

# Modelo digital de elevação da aeronave R-99: estudo sobre a acurácia dos dados altimétricos

Digital elevation model of R-99 aircraft: study about altimetry accuracy

Modelo digital de elevación de la aeronave R-99: estudio sobre la precisión de los datos altimétricos

Cap Av Breno Ricardo de Araújo Leite  
Especialização em Geoprocessamento pela UNB  
Base Aérea de Anápolis (BAAN)  
Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação (2/6 GAV)  
Anápolis - GO  
guardiao78@gmail.com

Cap Esp Fot Éden Jorge Machado Bezerra  
Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE - CRS  
Base Aérea de Anápolis (BAAN)  
Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação (2/6 GAV)  
Anápolis - GO  
edenj@uol.com.br

## RESUMO

O Radar de Abertura Sintética da aeronave R-99 (SAR R-99) possui vários modos de operação, sendo um dos mais importantes o Interferometric SAR (InSAR). A principal finalidade do InSAR é gerar um modelo numérico do relevo, conhecido por Modelo Digital de Elevação (MDE), que permite a visualização da imagem em formato tridimensional e a geração de mapas topográficos, motivo pelo qual o SAR R-99 foi incluído no Projeto Cartografia da Amazônia. Apesar disso, existem poucos estudos realizados acerca da precisão desses dados, principalmente em relação ao dado altimétrico. Portanto, o objetivo deste trabalho é comparar a altimetria do MDE gerado pelo SAR R-99 com o MDE gerado por uma carta topográfica e classificar o MDE do SAR R-99 em conformidade com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o *National Standard for Spatial Data Accuracy* (NSSDA), a partir da avaliação da acurácia da altimetria. Para a avaliação quantitativa (estatística) foram selecionadas amostras no MDE topográfico e amostras homólogas no MDE do SAR R-99, cuja distribuição e espaçamento seguiram os critérios da metodologia do NSSDA. Considerando os valores das alturas para os dois MDE, calculou-se a correlação existente e o resultado obtido permitiu concluir que o MDE do SAR R-99 gerado no modo interferométrico atende às especificações do PEC para a classe "A" na escala de 1/100.000.

**Palavras-chave:** Modelo digital de elevação. SAR R-99. NSSDA. Interferometria.

Recebido / Received / Recebido  
22/09/12

Aceito / Accepted / Acepto  
21/02/13

## ABSTRACT

The Synthetic Aperture Radar of R-99 aircraft (SAR R-99) has many operations modes and the Interferometric SAR (InSAR) is one of the most important. The main objective of InSAR is to generate a Digital Elevation Model (DEM) that permits visualization of images in three dimensions and generation of topographic maps. It will be used in the Cartography of Amazon Project, but there aren't many studies about the accuracy of this data, specifically about the altimetry. Thus, the aim of this study is to compare the altimetry of the DEM generated by the SAR R-99 with the DEM generated from a topographic map and classify it in accordance with the Cartographic Accuracy Standard (Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC) and the National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) from the evaluation of the accuracy of altimetry. For the statistical analysis we selected samples in the topographic DEM and its counterparts in the DEM of the SAR R-99, whose distribution and spacing followed the criteria of the methodology of NSSDA. Considering the values of heights for both DEMs, we calculated the existing correlation, and the result was sufficient to conclude that the DEM of SAR R-99 generated by InSAR mode fits the specifications for Class "A" on the scale 1/100.000 in accordance with the PEC.

**Keywords:** Digital elevation model. SAR R-99. NSSDA. Interferometry.

## RESUMEN

El radar de apertura sintética del avión R-99 (SAR R-99) tiene varios modos de operación, siendo uno de los más importantes el Interferometric SAR (InSAR). El propósito principal del InSAR es generar un modelo numérico del relieve, conocido como modelo digital de elevación (MDE), que permite la visualización de la imagen en formato de tres dimensiones y la generación de mapas topográficos, por lo que el SAR R-99 se incluyó en el Proyecto Cartografía de la Amazonía. A pesar de eso, hay pocos estudios sobre la exactitud de estos datos, en especial con respecto a los datos de altimetría. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es comparar la altimetría de MDE generado por SAR R-99 con MDE generado por un mapa topográfico y clasificar el MDE SAR R-99, de acuerdo con el Padrón de Exactitud Cartográfica (PEC) y el National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA), basado en la evaluación de la precisión de la altimetría. Para cuantitativos (estadística) fueron seleccionadas muestras en MDE topográficos y muestras homólogas en el MED SAR R-99, cuya distribución y el espaciamento han seguido los criterios de la metodología NSSDA. Teniendo en cuenta los valores de las alturas para los dos MDE, se calculó la correlación y el resultado ha permitido concluir que el MDE R-99 Modo SAR, generado en el modo interferométrico, cumple con las especificaciones de la Clase "A" en la escala de 1/100.000.

**Palabras clave:** Modelo digital de elevación. R-SAR 99. NSSDA. Interferometría.

---

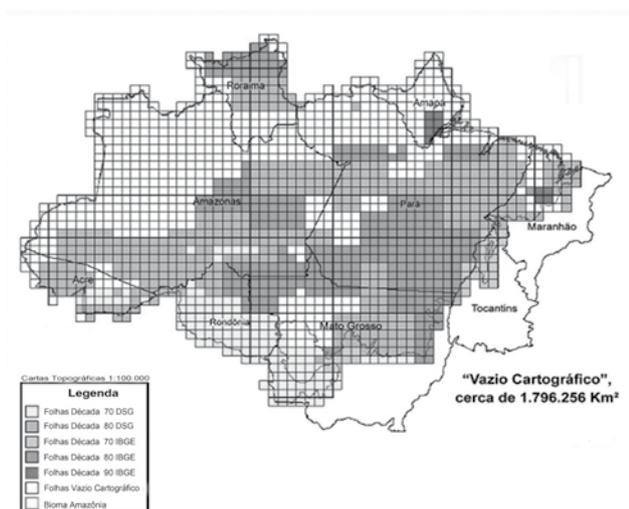
## INTRODUÇÃO

O governo brasileiro tem executado vários planos para preservar o patrimônio amazônico e coibir práticas ilegais naquela região, porém um dos fatores que inviabilizam parcialmente esse processo é a falta de cartografia básica, o que dificulta o planejamento adequado às reais necessidades de cada localidade.

A cartografia é uma ferramenta fundamental nas atividades de planejamento, fornecendo subsídios ao processo de decisão em políticas a serem adotadas pelo governo para preservar e direcionar o processo

de desenvolvimento sustentável. Um mapeamento desatualizado ou em escala inapropriada pode gerar uma má compreensão do espaço geográfico, acarretando ações inadequadas com possível dispêndio excessivo do erário público.

As bases cartográficas na escala 1:100.000 foram confeccionadas há mais de 20 anos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Diretoria de Serviços Geográficos (DSG), e não recobrem em sua totalidade a Região Norte do Brasil, havendo ainda imensos vazios cartográficos (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa Índice do Levantamento Sistemático Brasileiro.  
**Fonte:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013).

Para tentar sanar esses problemas, foi lançado o Projeto Cartografia da Amazônia, em 10 de setembro de 2008, coordenado pelo Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM). O projeto já começou a ser executado pelo Governo Federal, tendo como meta a conclusão do mapeamento das cartografias terrestre, geológica e náutica de 35% da região Amazônica sem informações, contribuindo para a proteção da região e para o desenvolvimento econômico e social.

O Projeto Cartografia da Amazônia prevê que uma parte do imageamento seja realizada com o Radar de Abertura Sintética instalado a bordo das aeronaves R-99 (SAR R-99), realizando o mapeamento tanto planimetricamente quanto altimetricamente (CENTRO GESTOR E OPERACIONAL DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA, 2008).

A utilização do radar justifica-se pela capacidade de coletar as imagens mesmo com densas camadas de nuvens, tão características dessa região. Entretanto, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar esses produtos em aplicações cartográficas.

## 1 RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA DO R-99

O SAR da aeronave R-99 opera na faixa espectral das microondas e, devido ao seu comprimento de onda, não sofre a interferência dos elementos atmosféricos, ou seja, consegue imagear uma área mesmo que esteja em condições meteorológicas adversas ou encoberta por nuvens (HENDERSON; LEWIS, 1998). O radar opera especificamente nas bandas “X” e “L” do espectro eletromagnético. As antenas da banda “X” estão dispostas na parte dorsal da aeronave R-99 e as antenas da banda “L” na parte lateral (Figura 2).



**Figura 2:** Localização das antenas do SAR R-99.

O InSAR da aeronave R-99 é um modo interferométrico especial da banda “X”, no qual as antenas têm um ângulo de elevação de 11,5°, permitindo medidas de alturas a partir de informações de fase diferencial das duas antenas receptoras (SEGUNDO ESQUADRÃO DO SEXTO GRUPO DE AVIAÇÃO, 2008). É justamente esse modo que capacita o SAR R-99 a gerar o modelo numérico do relevo, conhecido por Modelo Digital de Elevação, que potencialmente pode atender à grande demanda existente, habilitando-o como instrumento a ser empregado no processo de mapeamento, gerando insumos para confecção de novas bases cartográficas e atualização das já existentes (ZALOTI JÚNIOR, 2007).

Entretanto, antes de empregar as imagens para tal fim, faz-se necessário avaliar a qualidade geométrica do dado a ser utilizado em função da escala e do tipo do mapeamento.

## 2 INTERFEROMETRIA RADAR

A técnica interferométrica apresentou um grande potencial na produção de mapas topográficos de alta resolução, com erros inferiores a 5 metros em altitude (MADSEN, 1993; LIN; VESECKY, 1994; ZEBKER et al, 1994). O par de imagens SAR pode ser adquirido por meio da interferometria de uma ou duas passagens do sensor. A interferometria de uma passagem é normalmente adotada em sensores aerotransportados (R-99) e se baseia no emprego de duas antenas posicionadas na mesma direção em azimute e com um pequeno deslocamento entre si (MURA, 2000).

O processo interferométrico, de forma resumida, compreende as seguintes etapas: geração do interferograma e da imagem de coerência, desdobramento de fase e geocodificação. Após o término do processo de

geocodificação, torna-se possível gerar uma malha regular de pontos por meio da técnica de interpolação, resultando no MDE (PINTO, 2007). Devido à sua complexidade, as etapas não serão abordadas aqui nesse artigo.

### 3 PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA (PEC)

No mundo, diversos padrões são utilizados para avaliação dos produtos cartográficos, pois cada país adota um padrão que se adequa melhor à sua necessidade. Nesta pesquisa serão empregados o padrão adotado no Brasil (PEC) e o padrão usado nos Estados Unidos da América (NSSDA).

O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos (BRASIL, 1984). Essa definição pode ser traduzida da seguinte forma: noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC Planimétrico e, de forma semelhante, noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC Altimétrico.

A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão (Equação 1), sendo que são consideradas equivalentes as expressões Erro Padrão, Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático (BRASIL, 1984).

$$PEC = 1,6449 \times EP \quad (1)$$

Onde:

PEC = Padrão de Exatidão Cartográfica; e  
EP = Erro Padrão.

Baseado nesse conceito, foi estabelecido um critério para classificação de cartas quanto à exatidão das informações representadas, conforme pode ser observado na Tabela 1. Entende-se o designativo “D<sub>ec</sub>” como sendo o valor da escala da carta e o termo “equidistância” refere-se à distância entre as curvas de nível.

**Tabela 1:** Critérios de classificação de cartas.

Classe	PEC Planimétrico	PEC Altimétrico
A	0,5 mm x Dec	1/2 equidistância
B	0,8 mm x Dec	3/5 equidistância
C	1,0 mm x Dec	3/4 equidistância

Fonte: Adaptada de Brasil (1984).

Para elucidar a tabela acima, será apresentado um exemplo para uma carta na escala de 1/100.000, cuja

equidistância entre as curvas de nível é de 40 metros. Nesse caso, a precisão da carta será definida em relação ao erro apresentado pelos pontos amostrais selecionados. Considerando-se que os valores obtidos sejam inferiores a 50 metros para o planimétrico (0,5 mm x 100.000) e 20 metros para o altimétrico (1/2 x 40 m), pode-se afirmar, com certeza, que essa carta pode ser classificada como Classe A.

### 4 NATIONAL STANDARD FOR SPATIAL DATA ACCURACY

Em 1991 foi criado o Conselho Governamental em Informação Geográfica para liderar e gerenciar o desenvolvimento da utilização da informação geográfica em Minnesota – EUA. Pouco tempo depois, em 1993, o Comitê de Padrões foi instituído para auxiliar os usuários de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e normatizar o uso dos dados geográficos, possibilitando que seus trabalhos fossem mais produtivos. Depois de estabelecidos os principais padrões, foi aprovado, em 1998, o *NATIONAL STANDARD FOR SPATIAL DATA ACCURACY* (NSSDA). O NSSDA preconiza a utilização da raiz quadrada do erro médio (RMSE) para estimar a precisão posicional, ou seja, a raiz quadrada da média das diferenças das amostras ao quadrado (Equação 2).

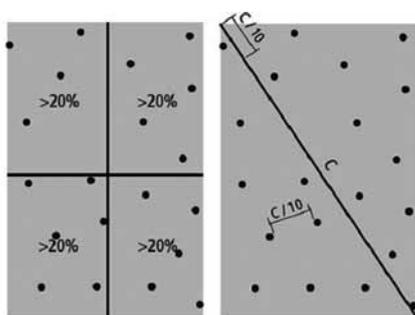
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{MDE} - Z_{top})^2}{n}} \quad (2)$$

Onde:

ZMDE = Altitude dos pontos no MDE SAR;  
Z<sub>top</sub> = Altitude dos pontos no MDE topográfico;  
n = Número de pontos amostrais; e  
i = i – ésimo ponto.

Para uma estatística significativa é necessária a aquisição de vinte ou mais pontos de teste para um nível de confiança de 95%, independente da avaliação da precisão do tamanho das amostras e da área de cobertura. Entretanto, existe um grande rigor quanto à distribuição dos pontos amostrais, que deve obedecer às seguintes regras:

1. As amostras devem ser distribuídas de forma que pelo menos 20% dos pontos estejam localizados em cada quadrante da área de estudo; e
2. As amostras devem estar separadas espacialmente por uma distância fixa. Essa é definida pela divisão da diagonal da área de estudo por 10 (Figura 3) (FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE, 1998).



**Figura 3** - Distribuição e espaçamento das amostras. Cada quadrante da área de estudo deve conter, pelo menos, 20% dos pontos amostrais, que devem estar separados por uma distância fixa, definida pela divisão da diagonal da área de estudo por 10.

Fonte: Adaptada de *Federal Geographic Data Committee* (1998).

A metodologia preconizada pelo NSSDA orienta que o RMSE deve ser multiplicado por um valor padronizado, que representa o erro padrão da média em 95% de confiança, sendo 1,7308 para o cálculo de precisão horizontal (Equação 3) e 1,9600 para o cálculo de precisão vertical (Equação 4) (*FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE*, 1998).

$$\text{CPH} = 1,7308 \times \text{RMSE} \quad (3)$$

$$\text{CPV} = 1,9600 \times \text{RMSE} \quad (4)$$

Onde:

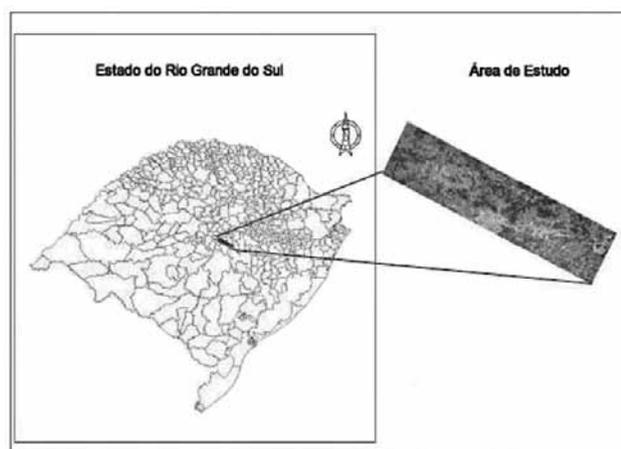
CPH = Cálculo de Precisão Horizontal;

CPV = Cálculo de Precisão Vertical; e

RMSE = Raiz Quadrada do Erro Médio.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada entre os paralelos 29° 30' 00" S e 29° 48' 00" S e entre os meridianos 053° 35' 00" W e 054° 00' 00" W, abrange parte do município de Santa Maria-RS, possui 400 km<sup>2</sup> de área e o relevo apresenta cotas que variam entre 70 e 480 metros (Figura 4).



**Figura 4** – Localização da área de estudo, na faixa central do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo parte do município de Santa Maria-RS.

Para a avaliação altimétrica do MDE gerado a partir do sensor SAR R-99, fez-se necessária a aquisição dos seguintes dados:

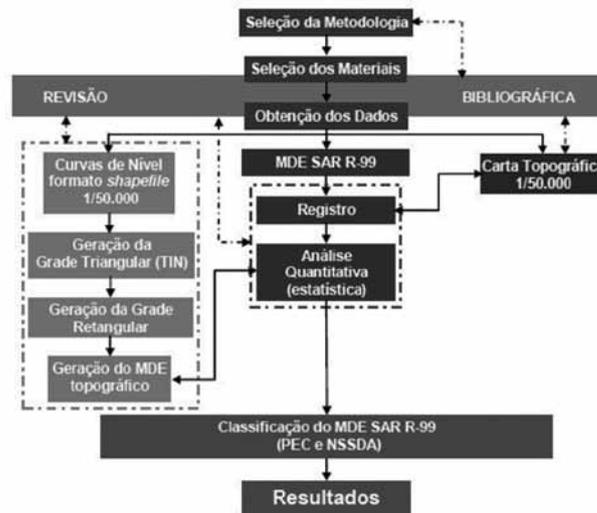
- Modelo Digital de Elevação do SAR R-99, gerado pelo *software* do fabricante, conhecido por *Ground SAR Processing* – GSP;
- Arquivo digital de curvas de nível, extensão .shp, na escala 1/50.000, disponibilizado pela 1ª Divisão de Levantamento do Exército Brasileiro; e
- *Software* SPRING, versão 5.1.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

A seguir, a Tabela 2 mostra como os dados utilizados nessa pesquisa foram estruturados no SPRING.

**Tabela 2:** Estrutura dos dados.

Especificação dos Dados	Categoria	Representação	Plano de Informação
Curvas de nível	Numérico	Isolinhas	Numérico
Grade triangular	Numérico	TIN	Numérico
Grade retangular	Numérico	Grade	Numérico
Imagem em nível de cinza	Imagem	Matriz	Imagem
MDE do SAR R-99	Numérico	Grade	Numérico

No desenvolvimento desse trabalho foram cumpridas diversas etapas, as quais são elencadas e comentadas de forma sucinta, a seguir. O modelo conceitual da metodologia está representado na Figura 5.



**Figura 5** – Metodologia empregada na pesquisa.

Para a geração do MDE topográfico, de posse das curvas de nível, foram geradas diversas grades triangulares, utilizando a triangulação de Delaunay e foi selecionada a que obteve melhor resultado. A partir da grade triangular, foi gerada uma retangular, com a mesma resolução espacial da grade obtida da carta topográfica, para então medir-se as alturas das amostras e calcular-se o RMSE.

Já os dados brutos para a geração do MDE SAR R-99 foram coletados pela aeronave e processados pelo *Ground SAR Processing (GSP)* em partes (blocos), para serem posteriormente mosaicados. O MDE é processado em *ground range* e quantizado em *16-bit signed integer*, permitindo a codificação da altimetria em 65.536 níveis de cinza.

Para efetuar o registro da imagem radar, primeiramente foi necessário ajustar geometricamente o MDE do SAR R-99, em relação ao MDE topográfico, e para isso foram coletados um total de 10 pontos de controle, nas cartas topográficas das localidades de Santa Maria, Camobi e Arroio do Só, na escala 1/50.000. Concluído o passo inicial, e estando os dois modelos co-registrados, foram adquiridas amostras no MDE topográfico e amostras homólogas no MDE do SAR R-99, para permitir a avaliação quantitativa (estatística) dos modelos.

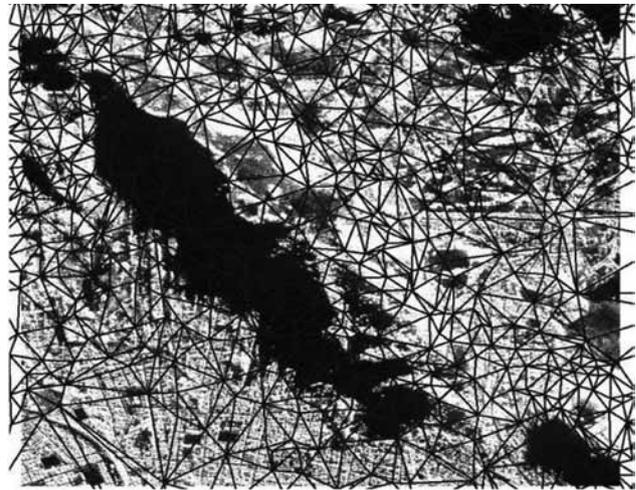
Foram selecionadas 20 amostras em pontos no terreno que tivessem ausência de vegetação ou apenas gramíneas, dando preferência aos cruzamentos de estradas, de modo que a altura lida do ponto não sofresse a interferência da vegetação, pois o MDE do SAR R-99 é gerado pela banda “X” e, devido ao comprimento de onda, o mesmo não penetra no dossel. A distribuição e o espaçamento das amostras adquiridas seguiram os critérios da metodologia do NSSDA conforme mostrado, anteriormente, na Figura 3.

O interessante seria que as amostras fossem coletadas em campo por meio de equipamentos GPS e refletores radar, para aumentar a precisão e garantir a confiabilidade dos dados, porém, em função da falta dos equipamentos, não foi possível realizar o trabalho de campo. A qualidade da pesquisa, contudo, não ficou prejudicada, pois havia diversos pontos marcantes em condições de serem facilmente identificados, simultaneamente, nos dois MDE.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando a triangulação de Delaunay, foram geradas diversas grades triangulares e o melhor resultado foi obtido com a utilização dos seguintes parâmetros: 10 metros de tolerância de isolinhas, 200 metros para distância entre pontos de isolinhas e 10 metros para tolerância de linhas de quebra (Figura 6).

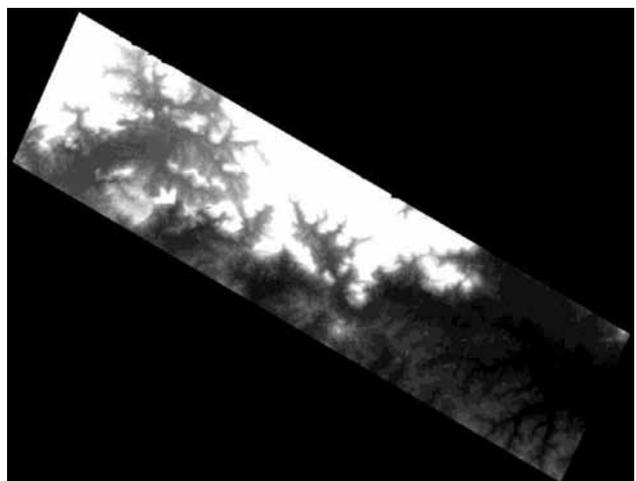
A partir da grade triangular foi gerada uma grade retangular com a mesma resolução espacial da grade obtida da carta topográfica, e percebe-se, visualmente, uma boa correlação entre o MDE topográfico e o MDE do SAR R-99 (Figuras 7 e 8).



**Figura 6** – Grade triangular, gerada pelo método de triangulação de Delaunay, sobreposta a uma imagem da banda L do SAR R-99, polarização VV. Os vértices e o tamanho dos triângulos dependem diretamente da variação de altitude.



**Figura 7** – MDE topográfico, gerado a partir da grade retangular, onde as áreas mais claras correspondem às maiores altitudes.



**Figura 8** – MDE do SAR R-99.

O MDE do SAR R-99 visualmente apresenta boa correlação com o MDE topográfico, pois as áreas mais

claras, que correspondem às maiores altitudes, estão coincidentes. O fundo branco ou preto nas imagens foi utilizado apenas para contraste.

**Tabela 3** – Relação das alturas das amostras.

Ponto	Latitude	Longitude	Cota Top (m)	Cota MDE (m)	ZMDE - ZTOP (m)
1	29°36'16.82"	53°58'29.33"	160	144	-16
2	29°35'36.77"	53°55'43.44"	140	132	-8
3	29°38'25.20"	53°55'50.41"	180	185	5
4	29°36'52.01"	53°54'41.17"	220	212	-8
5	29°39'30.28"	53°52'38.74"	120	126	6
6	29°39'53.80"	53°50'32.74"	120	125	5
7	29°34'08.72"	53°54'07.76"	160	155	-5
8	29°35'41.63"	53°52'34.03"	160	164	4
9	29°36'58.18"	53°51'09.06"	200	204	4
10	29°37'27.69"	53°46'08.57"	400	403	3
11	29°39'10.50"	53°45'31.76"	380	388	8
12	29°40'48.77"	53°41'32.41"	100	98	-2
13	29°40'20.72"	53°39'40.36"	80	79	-1
14	29°42'35.31"	53°40'08.41"	80	78	-2
15	29°41'47.47"	53°37'23.82"	80	93	13
16	29°42'49.90"	53°36'49.44"	80	85	5
17	29°44'10.01"	53°39'20.25"	80	81	1
18	29°45'03.20"	53°40'48.95"	100	93	-7
19	29°43'35.47"	53°42'28.20"	100	97	-3
20	29°42'29.96"	53°45'08.57"	120	101	-19

Para uma comparação quantitativa foram adquiridas 20 amostras em ambos os modelos digitais de elevação e, a partir disto, foram feitas as medições das alturas em cada uma delas, conforme observa-se na Tabela 3. De posse desses dados, foi aplicada a equação 1 para calcular o RMSE, obtendo-se o resultado de 7,82 metros.

De posse do valor do RMSE, realizou-se a análise de precisão, considerando que o desvio padrão amostral é igual ao erro padrão (BRASIL, 1984). Em seguida, foi calculado o valor da equidistância no MDE do SAR R-99, conforme informações apresentadas na Tabela 3, e o resultado obtido foi de 23,46 metros. Com base nesse resultado e nos critérios de classificação de cartas (BRASIL, 1984), foi definida a maior escala cuja equidistância seja imediatamente maior que a da amostra, ou seja, o MDE do SAR R-99 atingiu o PEC A na escala de 1/100.000.



**Figura 9** – Correlação de 99% entre os MDE.

Considerando os valores das alturas para os dois MDE, calculou-se a correlação existente e o resultado obtido foi de 0,99, ou seja, para vinte amostras atingiu-se quase 100% de correlação entre os modelos (Figura 9).

Embora a correlação apresente um valor muito alto, isso não indica que os dois modelos como um todo estejam muito próximos, mas sim que, para esses pontos tomados, o comportamento é muito parecido, atingindo quase 100%.

## CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar o MDE gerado pelo SAR R-99, por meio de uma comparação com o MDE gerado dos dados de uma carta topográfica, além de classificar o MDE do SAR R-99 em conformidade com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o *National Standard for Spatial Data Accuracy* (NSSDA), a partir da avaliação da acurácia da altimetria.

Portanto, depois de cumpridos todos os passos para comparar os modelos e calcular o RMSE e a equidistância, concluiu-se que os dados altimétricos do MDE do SAR R-99 atendem às especificações do PEC para a classe “A” na escala de 1/100.000, considerando que as amostras foram adquiridas em locais com ausência de vegetação ou com presença de gramíneas e observando a distribuição e o espaçamento propostos pelo NSSDA. Cabe ressaltar, inclusive, que o valor da equidistância calculado com base no RMSE foi de 23,46 metros, portanto bem próximo do valor especificado pelo PEC para classe “A” na escala de 1/50.000 (20 metros).

Com o intuito de melhorar ainda mais a precisão dos dados, sugere-se que, nos próximos trabalhos, as amostras sejam adquiridas em campo, por meio de equipamentos GPS, bem como sejam colocados refletores radar em cada ponto amostral. Isso contribuiria para que as coordenadas dos pontos fossem exatas, pois seriam coletadas no próprio terreno, com o uso do GPS. Já os refletores iriam destacar a posição dos pontos na imagem SAR, permitindo sua identificação precisa. É provável que esse procedimento possibilite o valor do RMSE ficar abaixo dos 7,82 metros, o que classificaria o MDE do SAR R-99 para a classe “A” em escalas maiores.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto nº 89.817**, de 20 de junho de 1984. Rio de Janeiro, 1984. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto\_mudanca\_referencial\_geodesico/legislacao/legisla\_decreto\_89817\_d.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2013.

CENTRO GESTOR E OPERACIONAL DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA. **Projeto Cartografia da Amazônia**: documento de referência. Brasília, DF, 2008. 63 p.

FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE. **National Standard for Spatial Data Accuracy**. FGDC-STD-007.3. Washington, DC, 1998. 28 p. Disponível em: <http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3/>. Acesso em: 4 mar. 2013.

HENDERSON, F. M.; LEWIS, A. J. **Manual of remote sensing**: principles and applications of imaging radar. 3. ed. New York, John Wiley & Sons, 1998. v. 2, 896 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa índice digital - mapeamento geral do Brasil**. Disponível em: <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/sigibge/>. Acesso em: 4 mar. 2013.

LIN, Q.; VESECKY, J. F. Comparison of elevation derived from INSAR data with DEM over large relief terrain. **International Journal of Remote Sensing**, v.15, n. 9, p. 1775-1790, 1994.

MADSEN, S. N. Topographic mapping using radar interferometry: processing techniques. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, [S.l.], v. 31, n. 1, p. 246-256, 1993.

MURA, J. C. **Geocodificação automática de imagens de radar de abertura sintética interferométrico**: sistema Geo-InSAR. 2000. 160 p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2000.

PINTO, M. B. P. **Entendimento e Acurácia dos Modelos Digitais de Elevação Derivados de Dados do SAR Aerotransportado do SIPAM**. 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SEGUNDO ESQUADRÃO DO SEXTO GRUPO DE AVIAÇÃO. **Manual do Operador do Radar de Abertura Sintética**. Anápolis, 2008. 94 p.

ZALOTI JÚNIOR, O. D. **Avaliação do Modelo Digital do Terreno extraído de dados SAR interferométricos na Banda X do SAR R-99B**. 2007. 142 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2007.

ZEBKER, H. A. et al. Accuracy of topographic maps derived from ERS-1 interferometric radar. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, [S.l.], v. 32, n. 4, p. 823-836, 1994.

# Ocorrências de lesões musculoesqueléticas em pilotos de caça da Base Aérea de Anápolis

Musculoskeletal events in fighter pilots of the Anapolis Air Force Base

Ocurrencias de lesiones musculoesqueleticas en pilotos de caza de la base aérea de Anápolis

Simônia Nunes Jacques  
Bacharel em Fisioterapia  
Centro Universitário UniEvangélica  
Anápolis/GO - Brasil  
simonia.jacques@gmail.com

Darlan Martins Ribeiro  
Especialista em Análise e Terapêutica do Movimento Aplicado à Fisioterapia pela UEG  
Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo  
Centro Universitário UniEvangélica  
Goânia/GO - Brasil  
darlan.ribeiro@hotmail.com

## RESUMO

Estudos realizados com pilotos de caça demonstram que esses profissionais, inegavelmente, submetem-se a desconfortos musculoesqueléticos. No intuito de pesquisar a influência da atividade aérea na vida dos pilotos de caça, o presente estudo teve por objetivo identificar as possíveis ocorrências musculoesqueléticas que acometem os pilotos de caça do 1º Grupo de Defesa Aérea (1º GDA). A coleta de dados foi realizada no auditório do 1º GDA, individualmente, após a explanação do objetivo da pesquisa, entre 8 de março e 8 de abril. Foi utilizada uma versão adaptada do questionário nórdico musculoesquelético. A pesquisa avaliou 20 pilotos do Esquadrão, sendo utilizada a análise estatística descritiva para a interpretação dos dados obtidos e os resultados mostraram uma ocorrência na região da coluna lombar (lombalgia) como principal incômodo relatado pelos pilotos do 1º GDA, seguida da região da coluna cervical (cervicalgia). A lombalgia demonstrou-se predominante também nos estudos realizados por pesquisadores brasileiros e estrangeiros com pilotos das diversas aviações, sendo abordada ainda a influência da força +Gz e da postura em posição sentada na nacele, durante as missões de treinamento, como fatores contribuintes para a lombalgia. Conclui-se que as ocorrências mais frequentes são as relacionadas à região lombar e à região cervical. Sugere-se, com os resultados deste estudo, a necessidade de acompanhamento médico e fisioterapêutico como forma de prevenção de afastamentos da atividade aérea, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, a segurança de voo e a operacionalidade.

**Palavras-chave:** Piloto de caça. Força Aérea. Lombalgia. Ocorrências musculoesqueléticas.

Recebido / Received / Recebido  
05/09/12

Aceito / Accepted / Acepto  
10/12/12

## ABSTRACT

*Studies with fighter pilots demonstrate that these professionals, undeniably, have been submitted to musculoskeletal discomfort. In order to investigate the influence of the air activity in their lives this study aimed to identify possible musculoskeletal events that affect the fighter pilots at the 1st Air Defense Group (1st ADG). The data was collected individually in the auditorium of the 1st ADG, after the explanation of the purpose of the study, between March 8 and April 8. It was used an adapted version of the Nordic musculoskeletal questionnaire. The survey assessed 20 pilots of the Squadron, using the descriptive statistical analysis for data interpretation and the results showed an incidence in the lumbar spine (low back) as the main discomfort reported by the pilots of the 1st ADG, followed by the cervical spine (neck). Low back pain was also predominant in studies carried out by Brazilian and foreign researchers with pilots of various aviation, and addressed the influence of +Gz force and posture while seated in the cockpit during training missions, as contributing factors for low back pain as well. It is concluded that the most frequent occurrences are related to the lumbar and cervical region. It is suggested, according to the results of this study, the need for medical and physical therapy for prevention of returns from the air activity, aiming at improving the quality of life, flight safety and operability.*

**Keywords:** Fighter pilot. Air force. Back pain. Musculoskeletal events.

## RESUMEN

*Estudios realizados con pilotos de caza demuestran que estos profesionales están efectivamente sujetos a molestias musculoesqueléticas. Con la finalidad de investigar la influencia de la actividad aérea sobre la vida de los pilotos de caza, este estudio se centró en identificar los posibles trastornos musculoesqueléticos que afectan los pilotos de caza del 1er Grupo de Defensa Aérea (1er GDA). La recolección de datos tuvo lugar de manera individual en el auditorio del 1er GDA, tras la explicación del objetivo de la investigación, entre el 8 de marzo y el 8 de abril. Se utilizó una versión adaptada del cuestionario nórdico musculoesquelético. El estudio se hizo sobre 20 pilotos del Escuadrón, utilizando el análisis estadístico descriptivo para interpretar los datos obtenidos. Los resultados identifican los trastornos en la región de la columna lumbar (lumbalgia) como molestia principal padecida por los pilotos del 1er GDA, seguidos por los trastornos en la región de la columna cervical (cervicalgia). La lumbalgia resultó predominante también en los estudios realizados por los investigadores brasileños y extranjeros con pilotos de diferentes aviaciones, siempre tomando en consideración la influencia de la fuerza +Gz la postura en posición sentada en la góndola durante las misiones de entrenamiento, como factores contribuyentes a la lumbalgia. Se concluye que las ocurrencias más frecuentes son aquellas relacionadas a la región lumbar y a la región cervical. Con los resultados de este estudio, se indica la necesidad de seguimiento médico y fisioterapéutico para prevenir el alejamiento de la actividad aérea, con el objetivo de mejorar la calidad de vida, la seguridad de vuelo y la operatividad.*

**Palabras-clave:** Piloto de caza. Fuerza aérea. Lumbalgia. Trastornos musculoesqueléticos.

## INTRODUÇÃO

O sistema musculoesquelético, sob o controle do sistema nervoso, é responsável pelos movimentos e pela sustentação das posturas do corpo e também pela proteção de órgãos e tecidos muito sensíveis.

Segundo Rio e Pires (2001, p. 15), por sistemas musculoesqueléticos entende-se o conjunto de músculos, tendões, ossos e membranas (fáscias). Nervos e vasos sanguíneos periféricos, associados a essas estruturas, também estão incluídos nesse sistema, cuja função básica principal é a movimentação do corpo.

O desenvolvimento dos modernos caças, de alta performance, capazes de atingirem altas e sustentadas forças de aceleração, afeta a tolerância humana e essa

preocupação tem grande importância. A exposição às forças de aceleração positiva (força +G) induz incrementos às demandas das funções cardiovasculares e pulmonares. Os pilotos de caça, por realizarem manobras contra a ação gravitacional, apresentam também um comprometimento em sua estrutura musculoesquelética, o que afeta a postura.

A permanente imobilidade na postura, quando sentados, somada aos efeitos da pressão do peso do corpo sobre os tecidos, leva os pilotos a uma acomodação na busca de um melhor ajuste. O comprometimento musculoesquelético da posição do piloto pode provocar dores e desconforto, com ênfase na região cervical e

lombar. Conforme o jargão técnico da aviação de caça, há um agravamento durante manobras com altas acelerações centrífugas ou manobras com Força G elevada.

Quando o piloto é submetido às cargas +Gz, sua cabeça tende a fletir em direção ao chão da cabine. Nesse momento, os músculos cervicais posteriores, ditos antigravitacionais, aumentam as suas atividades, a fim de neutralizarem essa ação flexora. O esforço muscular pode ser ainda maior, se a cabeça é desviada da posição neutra, a exemplo da postura de rotação.

O movimento da cabeça em voo pode ser dificultado, provavelmente, por uma síndrome de disfunção espasmo-muscular, desencadeada pelo aumento de seu peso além dos limites normais. Esse processo forma um ciclo de dor-disfunção que, com o tempo, pode causar incapacitação ao voo pela falta de flexibilidade cervical. Além da incapacidade para o voo devido a dores ou desconfortos, há outros impedimentos para o exercício da atividade aérea, entre os quais um quadro de resfriado, gripe, sinusite, infecções do ouvido, da garganta. (LORENZO, 1997, p. 11).

Segundo o artigo intitulado “O perigo de voar resfriado”, publicado na Revista COCKPIT, da Associação dos pilotos da VASP e disponível no sítio da *Airsafetygroup* (ASSOCIAÇÃO DOS PILOTOS DA VASP, 2012), em virtude de a pressão barométrica diminuir quando há uma elevação em relação ao nível do mar, há uma dilatação do ar contido no ouvido médio, que procura escapar. Quando a pressão externa diminui, aproximadamente, 15 mm de mercúrio, uma bolha de ar é forçada para o exterior, adquirindo a membrana do tímpano sua forma primitiva, pois se encontra distendida para fora em função da maior pressão no interior do ouvido médio. Quando a bolha de ar atinge o exterior, ouvimos um *click* e as pressões são iguais para a altitude em que nos encontramos.

Durante a descida, a correção das pressões não se faz automaticamente e a equalização delas é dificultada, devido ao fato de o orifício faríngeo agir como uma válvula oscilante, facilitando a saída do ar para o exterior, dificultando, assim, a entrada desse ar para o ouvido médio.

A ventilação do ouvido médio deve ser ajudada por uma série de manobras, durante a descida, para que a equalização se faça sem maiores problemas. Assim, devemos deglutir, abrir a boca, procurar esticar o pescoço e forçar o ar a passar pelas narinas, mantendo-as fechadas, pinçadas com os dedos. Essas manobras devem ser executadas a cada intervalo de 1000 pés de descida.

Há causas patológicas que tornam difícil a equalização de pressão nos ouvidos médios. Todas as causas que provocam irritação nasal e da faringe, como resfriados, faringites, amigdalites, dor de garganta e infecções do ouvido dificultam e até tornam impossível a ventilação do ouvido médio. O muco, em uma pessoa resfriada, pode obstruir ou impedir a equalização da pressão do ouvido médio, causando zumbidos, surdez, dores e, em casos de rápidas

ascensões ou descidas, hemorragias e rupturas do tímpano. Pode, também, ocorrer o transporte de gotas de muco infectado para o interior do ouvido, por meio de bolhas de ar, desencadeando um quadro de otite média aguda, com sintomas de dor, febre, surdez e latejamento lancinante.

Outro impedimento pode provir da inspeção de saúde vencida ou mesmo do parecer da junta de saúde ao determinar-se a restrição temporária ou permanente da atividade aérea, em face do surgimento de itens que restringem o voo, conforme o que consta na Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 160-1, que trata da inspeção de saúde na Aeronáutica. No caso de impedimento devido a dor ou desconforto, evita-se a atividade aérea por motivo de segurança de voo.

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar as possíveis ocorrências musculoesqueléticas que acometem os pilotos de caça do 1º GDA, da Base Aérea de Anápolis, e que podem prejudicar o desempenho desses profissionais no cumprimento de suas funções constitucionais de defesa da Nação.

## 1 METODOLOGIA

O presente estudo caracterizou-se por uma investigação epidemiológica de natureza quantitativa e de cunho exploratório, que teve como foco os pilotos pertencentes ao efetivo do 1º GDA, voluntários da aviação de caça da Força Aérea Brasileira (FAB), identificados por letras e números. A coleta de dados foi realizada nos meses de março e abril de 2012.

O instrumento de coleta de dados foi a versão adaptada do questionário nórdico musculoesquelético (KUORINHA et al, 1987, p. 235), constituído de 27 questões adaptadas para a língua portuguesa, no sentido de avaliar a percepção do estado global. Os dados relativos às horas de voo semanais por piloto foram extraídos de relatório específico da Subseção de Estatística do 1º GDA.

Para fins de coleta de dados, aplicou-se, no local de trabalho, questionário individual e de acordo com a disponibilidade de horário dos pilotos em virtude das escalas de voo, com a garantia da sua privacidade e da sua não identificação, conforme as normas éticas de pesquisa com seres humanos.

A pesquisa foi desenvolvida de acordo com a Resolução Nº 196/96, do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA), e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UniEVANGÉLICA, conforme Ofício 0279/2011-CEP e nº de protocolo 0136/2011. A interpretação dos dados foi efetuada por cálculo de média, desvio padrão e análise estatística descritiva das frequências absoluta e relativa, com a utilização do programa *Microsoft Excel 2003*.

## 2 RESULTADOS

Foram avaliados 20 voluntários do sexo masculino com média de idade de  $(32,70 \pm 3,96)$  anos. A massa corporal média, encontrada na população do estudo, foi de  $(78,40 \pm 8,29)$  kg.

A análise das tabelas e do gráfico levou em conta as horas de voo por semana, o tempo de trabalho no Esquadrão, ocorrência das queixas musculoesqueléticas anatômicas por regiões, por faixas etárias e intensidade das queixas por regiões anatômicas.

A partir da análise dos resultados da Tabela 1, entre os 20 pilotos, verificou-se que 75% relataram problemas nos últimos 12 meses (fadiga, desconforto ou dor), sendo que predominou a faixa etária de 28 a 31 anos, com 25% em relação às demais faixas. Constatou-se que 30% relataram problemas nos últimos 7 dias, sendo que a faixa etária de 34 a 37 anos se destacou com 20%. Por fim, 25% relataram impedimento, nos últimos 12 meses, de realizar o trabalho, sendo que a faixa etária de 34 a 37 anos predominou com 10% em relação às demais faixas. Os relatos de ocorrências de menor frequência e respectivas idades estão expostos na Tabela 1.

**Tabela 1:** Ocorrência das queixas musculoesqueléticas por faixa etária.

Faixas etárias	Problemas nos últimos 12 meses	Problemas nos últimos 7 dias	Impedimento nos últimos 12 meses de realizar o trabalho
28   31	5 (25%)	1 (5%)	1 (5%)
31   34	4 (20%)	1 (5%)	1 (5%)
34   37	4 (20%)	4 (20%)	2 (10%)
37   40	-	-	1 (5%)
40   44	2 (10%)	-	-

A Tabela 2 mostra a região predominante das ocorrências, sendo a coluna lombar a de maior frequência, seguida da região da coluna cervical. Essas duas regiões se destacaram em relação às demais. Houve, contudo, uma frequência relativa de ocorrências na região da coluna dorsal.

**Tabela 2:** Ocorrência das queixas musculoesqueléticas anatômicas por região.

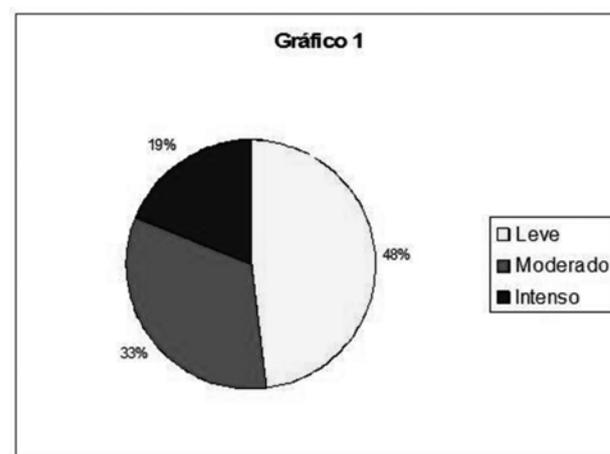
Região	Frequência Absoluta	Frequência Relativa
Coluna cervical	10	50%
Ombro	3	15%
Coluna dorsal	5	25%
Cotovelos	1	5%
Coluna lombar	11	55%
Punhos/mãos	3	15%
Quadril/coxas	2	10%
Pernas/joelhos	2	10%
Tornozelos/pés	1	5%

A análise da Tabela 3 mostra os graus de intensidade de dor, encontrados entre os voluntários avaliados. Enquanto a região predominante de ocorrências (lombar) apresentou índices de 20% nos graus leve e intenso, a região cervical apresentou esse mesmo índice nos graus leve e moderado. As regiões lombar, cervical e dorsal foram as únicas que apresentaram relatos nos três níveis de intensidade de incômodo. As regiões dorsal e punhos/mãos apresentaram índice de 15% no grau leve, ao passo que a lombar apresentou esse mesmo índice no grau moderado. O índice de 10% ocorreu, em grau moderado, nas regiões ombro e pernas/joelhos e, em grau intenso, na região da coluna cervical.

**Tabela 3:** Graus de intensidade de incômodo/dor por regiões anatômicas.

Região	Leve	Moderado	Intenso
Coluna cervical	4 (20%)	4 (20%)	2 (10%)
Ombro	1 (5%)	2 (10%)	-
Coluna dorsal	3 (15%)	1 (5%)	1 (5%)
Cotovelos	1 (5%)	-	-
Coluna lombar	4 (20%)	3 (15%)	4 (20%)
Punhos/mãos	3 (15%)	-	-
Quadril/coxas	1 (5%)	1 (5%)	-
Pernas/joelhos	-	2 (10%)	-
Tornozelos/pés	1 (5%)	-	-

O Gráfico 1 mostra os trinta e oito relatos de incômodo/dor, distribuídos pelos graus de intensidade, sendo que o grau insuportável não apresentou relato, motivo por que não consta do gráfico. Entre os demais graus, predominou o grau leve, com 48% dos relatos, seguindo-se a ele os graus moderado, com 33%, e intenso, com 19%.



**Gráfico 1:** Predominância dos graus de intensidade.

A Tabela 4 mostra a relação entre as seguintes variáveis: faixas etárias, horas semanais e tempo de

esquadrão. As faixas etárias 34 a 37 anos e 37 a 40 anos apresentaram as duas maiores médias em relação às horas semanais, 2,07 e 2,54 horas, e ao tempo de 6 e 9 anos de esquadrão, respectivamente.

**Tabela 4:** Faixa etária x Horas de voo semanais x Tempo de Esquadrão.

Faixas etárias	Horas médias semanais(h/sem)	Tempo médio de Esquadrão(ano)
28   31	(1,78 ± 0,91)	(1,88 ± 1,12)
31   34	(2,00 ± 0,63)	(2,25 ± 0,50)
34   37	(2,07 ± 0,54)	(6,00 ± 1,87)
37   40	2,54	9,00
40   44	(1,50 ± 1,57)	(5,00 ± 5,65)

A Tabela 5 mostra a relação entre as variáveis: regiões anatômicas e faixas etárias. O maior número de relatos concentrou-se nas faixas etárias de 28 a 31 anos e 34 a 37 anos com 12 e 13 relatos, respectivamente. Cabe destacar alguns índices apurados entre as faixas etárias: a faixa etária de 28 a 31 anos apresentou um maior número de relatos de incômodo/dor nas regiões lombar e cervical, a faixa etária de 31 a 34 anos apresentou predominância nas regiões cervical e ombro e a faixa etária de 34 a 37 anos apresentou predominância nas regiões lombar e cervical.

**Tabela 5:** Região anatômica x Faixa etária.

Região	28   31	31   34	34   37	37   40	40   44
Coluna cervical	4 (20%)	2 (10%)	3 (15%)	-	1 (5%)
Ombro	1 (5%)	2 (10%)	-	-	-
Coluna dorsal	2 (10%)	1 (5%)	2 (10%)	-	-
Cotovelos	-	-	1 (5%)	-	-
Coluna lombar	4 (20%)	1 (5%)	3 (15%)	1 (5%)	2 (10%)
Punhos/mãos	1 (5%)	-	-	1 (5%)	1 (5%)
Quadril/coxas	-	1 (5%)	1 (5%)	-	-
Pernas/joelhos	-	-	2 (10%)	-	-
Tornozelos/pés	-	-	1 (5%)	-	-

A Tabela 6 mostra a relação entre as seguintes variáveis: faixa etária e graus de incômodo. Nela, a frequência relativa representa o quociente entre o número de relatos e o total de voluntários para cada grau de incômodo e faixa etária. Entre os graus, o leve foi o mais destacado, sendo que, nesse grau, a faixa etária 34 a 37 anos apresentou o maior número de relatos. O grau moderado foi o mais citado nas faixas etárias de 28 a 31 anos e 34 a 37 anos. Por sua vez, o grau intenso se destacou nas faixas etárias de 28 a 31 anos, 34 a 37 anos e 40 a 44 anos, o que representa uma distribuição mais uniforme entre as faixas etárias. Por fim, o grau insuportável não apresentou relatos.

**Tabela 6:** Faixa etária x Grau de incômodo.

Faixas etárias	Leve	Moderado	Intenso
28   31	5 (25%)	5 (25%)	2 (10%)
31   34	4 (20%)	2 (10%)	1 (5%)
34   37	6 (30%)	5 (25%)	2 (10%)
37   40	2 (10%)	-	-
40   44	1 (5%)	1 (5%)	2 (10%)

### 3 DISCUSSÃO

O presente estudo apresentou os resultados obtidos com os pilotos do 1º GDA e realizou uma comparação com os demais resultados de trabalhos científicos, no Brasil e no exterior, realizados sob a influência da força +Gz nas regiões anatômicas de pilotos das diversas aviações, em especial a aviação de caça.

A aviação de caça, em relação às demais aviações da FAB, possui a peculiaridade de expor seus pilotos a elevadas cargas de força +G durante as missões de treinamento ou mesmo em situações reais. Para atingir a excelência no cumprimento de sua missão, a FAB possui uma doutrina própria, prevista no documento Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA) 1-1, a Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira, que discrimina, entre outras, as tarefas e missões atribuídas a cada tipo de aviação. Neste estudo, cujo foco é a aviação de caça, serão explanadas as tarefas e missões dessa modalidade de aviação. Na Força Aérea, o planejamento operacional envolve Tarefas e Missões, Aéreas ou Terrestres. As Tarefas e Missões são definidas pelos resultados pretendidos, e não pelo tipo de vetor, arma ou técnica empregada.

Enquanto as Tarefas definem os propósitos mais amplos da participação da Força Aérea no esforço de guerra, as Missões definem as ações específicas à consecução daqueles propósitos. As Tarefas são divididas em Superioridade Aérea, Interdição e Sustentação ao Combate. Por sua vez, a Tarefa de Superioridade Aérea abrange as seguintes Missões: Ataque, Escolta, Interceptação, Patrulha Aérea de Combate e Supressão de Defesa. O 1º GDA, por ser um esquadrão de defesa aérea, executa essas Missões no seu treinamento diário e nos acionamentos da aeronave de alerta. Segundo o Manual da Aviação de Caça (MACAÇA), de 2003, o treinamento de combate visual, que serve de adiestramento para o cumprimento das missões de escolta, interceptação e patrulha aérea de combate, exige muito do piloto, pois há seguidos movimentos de cabeça para acompanhamento da outra aeronave e realização de manobras e curvas que atingem até 5G. Além do combate visual, há o treinamento de combate BVR (*Beyond*

*Visual Range*), que é o combate com míssil de alcance médio, em que não se necessita de contato visual com a outra aeronave, justamente pela capacidade de abater o oponente com o emprego do míssil, com base em dados do radar de bordo da aeronave. No combate BVR, também é executada uma série de curvas que podem chegar até 5G. Já no treinamento de interceptação, as curvas executadas atingem até 3G.

Neste estudo, em que se avaliou, entre pilotos do 1º GDA, o impedimento de atividade aérea, devido a dores ou desconfortos nas regiões anatômicas, apurou-se um índice de 25%. O estudo realizado por Silva (2005, p. 75), com 531 oficiais aviadores da FAB, entre pilotos de helicóptero, de instrução, de patrulha, de caça e de transporte, apresentou índice de 7,2% de impedimento para o voo. Por sua vez, o estudo feito por Hyppolito (2006, p. 55) com pilotos de caça da FAB, em uma amostragem que opera quatro tipos de aeronaves, apresentou índice de 28,6% de afastamento do voo por motivo de dores nas costas. Acrescentam-se a esses impedimentos aqueles já citados anteriormente neste estudo.

De acordo com Hyppolito (2006, p. 59), constatou-se que a dor tem uma influência negativa por degradar os níveis de atenção e concentração do piloto de caça, situação extremamente perigosa em uma atividade de risco tão complexa e exigente quanto o voo de caça. Um quadro de dor está associado a problemas psicológicos e sociais, principalmente quando se torna crônico, provocando comumente estados de depressão, diminuição do sono, perda do apetite. A situação mais preocupante para pilotos, causada pela dor, é a diminuição da capacidade de concentração.

Constata-se ainda que o voo de caça submete o piloto a uma quantidade muito grande de exigências, devido ao desconforto das reduzidas naceles de aeronaves de caça, às baixas pressões atmosféricas, às elevadas cargas de +Gz, o que provoca várias desordens em seu corpo, dada a dinâmica desse tipo de voo. Tais exigências sobre o piloto determinam que suas capacidades físicas, intelectuais e psicológicas estejam bem organizadas, pois um quadro de dor pode degradar os níveis de concentração e atenção do piloto. Esse processo de dor, associado a uma tarefa de múltiplas solicitações ao Homem, pode resultar em um acidente. (HYPPOLITO, 2006, p. 60).

O resultado obtido com os pilotos do 1º GDA, em relação à ocorrência das queixas musculoesqueléticas por regiões anatômicas, apontou a predominância da coluna lombar (lombalgia) com 55% dos relatos. Em um levantamento epidemiológico, realizado no Brasil por Silva et al, (2002 apud SILVA, 2006), com 197 pilotos de helicóptero (civis e militares), confirmou-se que a prevalência de lombalgia em pilotos de helicóptero

brasileiros também é bastante elevada, com índice de 44,6%. Em outro estudo, Silva (2004 apud SILVA, 2006) pesquisou 171 pilotos de helicóptero da FAB, encontrando uma prevalência de dor lombar de 66,9%. Num estudo mais recente, Silva (2005, p. 70) encontrou uma prevalência de lombalgia de 34,6% para pilotos de caça. Já no estudo de Hyppolito (2006, p. 54) constatou-se que 60% dos pilotos sentem dores nas costas, sendo que, entre estes, 59,5% apresentam dor na região lombar, 23,8% na região cervical e 16,7% em todo o dorso. Com esses dados, observa-se que a lombalgia acomete tanto pilotos de caça quanto pilotos de helicóptero.

Estudos internacionais também apontam desconforto ou dor nas costas em virtude da atividade aérea. Em seu estudo, Silva (2006, p. 6) relatou os seguintes índices obtidos em outros países: no Reino Unido e na Irlanda, uma pesquisa com 174 pilotos pertencentes à aviação geral demonstrou que 53% relataram sentir dor ou desconforto na coluna vertebral; pilotos de helicóptero da Marinha Britânica apresentam uma prevalência de 82% de lombalgia; na Espanha, 60% dos pilotos das Forças Aeromóveis do Exército relataram dor na região lombar e, na Austrália, 16% dos pilotos relataram lombalgia regular, associada ao voo e 39% relataram dor lombar ocasionalmente.

Por sua vez, uma pesquisa realizada entre pilotos de caça, de helicóptero e de transporte da Força Aérea Israelense verificou que os pilotos de caça possuíam o dobro da prevalência de lombalgia crônica (dor constante, com necessidade de longos períodos de repouso) em relação aos pilotos de transporte e de helicóptero.

Conforme Jahr et al, (2005, p. 4), a Força Aérea Norueguesa adota um programa de reabilitação para pilotos de caça com sintomas de dores na coluna vertebral, sendo que, entre os pilotos noruegueses, 44% relataram dores na coluna cervical.

Em sua pesquisa, Hyppolito (2006, p. 58) explanou de forma muito adequada as razões que levam a região lombar a ser a prevalente entre as demais regiões da coluna vertebral, valendo-se de estudos anteriores que discorreram sobre as posições em pé e sentado que contribuem para o aparecimento ou o agravamento de dores lombares. Segundo esse pesquisador, pilotos e outras pessoas que são confinadas à posição sentada durante o trabalho são mais vulneráveis à lombalgia, visto o corpo humano não ter sido projetado para permanecer longos períodos na posição sentada. Permanecer imóvel horas seguidas é um fenômeno relativamente recente na história da humanidade.

O estudo da posição sentada é de suma importância, pois, nela, o piloto de caça permanece em missão de pilotagem. O direcionamento da imobilidade para o

desconforto e, em seguida, para a dor, é conhecido dos pacientes com lombalgia crônica, pois, quer seja no cinema, restaurante, automóvel, quer no trabalho, eles acabam temendo essa posição. A solução é simples: levantar-se, caminhar, mexer-se, permitindo dessa forma o alongamento, e, sobretudo, tensionar os receptores mecânicos que vão atuar inibindo a sensação nociceptiva, aliviando, assim, a sensação dolorosa. Para pilotos de caça, essa prática é inviável, devido ao desenho ergonômico com reduzido espaço das naceles de aeronaves de caça.

Um avião de caça reúne uma quantidade impressionante de exigências relativas ao ambiente e seu espaço é reduzido, ficando o piloto sobre um assento rígido e amarrado por múltiplos cintos que o deixam praticamente imóvel, com a cabeça coberta por um capacete e máscara de oxigênio. Na aviação de caça, em particular, as mudanças de pressão atmosférica podem causar hipóxia ou hipoxemia, que é a diminuição da concentração de oxigênio no sangue, e disbarismos, que são alterações fisiológicas decorrentes da diferença de pressão atmosférica. Nesse tipo de aviação, as acelerações positivas de gravidade (+Gz) podem chegar a 9+Gz sustentados (nove vezes a gravidade), o que pode causar distúrbios articulares e cardiovasculares.

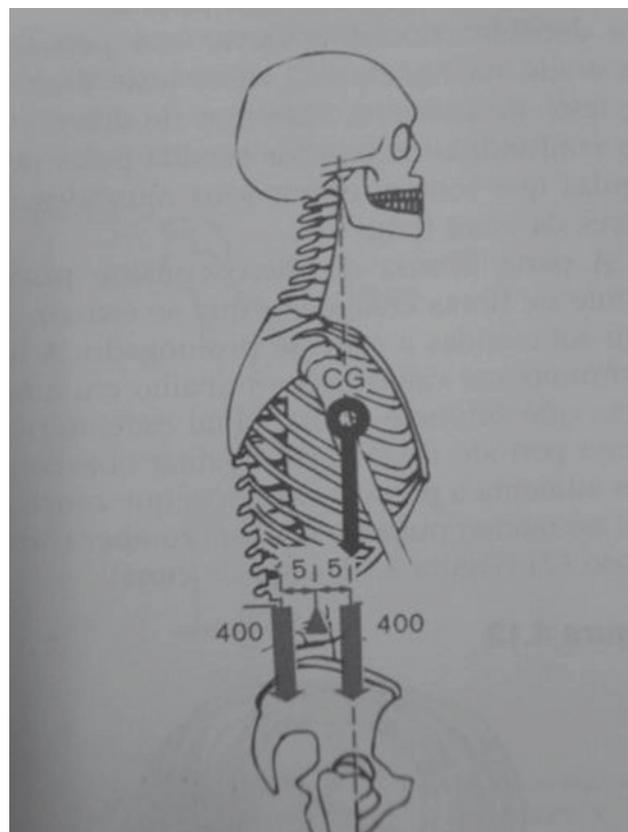
As missões de caça, do ponto de vista das múltiplas solicitações impostas ao homem, associadas a um quadro de dor que afeta os níveis de concentração e atenção do piloto, poderão degradar a segurança de voo, contribuindo para um possível acidente aeronáutico. A ergonomia da nacele de aeronaves de caça impede que os pilotos se movimentem para aliviar a carga sobre a coluna vertebral, imposta pela posição sentada. Para entender os efeitos nocivos do voo de caça na coluna lombar, é preciso entender os efeitos mecânicos das altas cargas de +Gz sobre as estruturas lombares. As cargas de +Gz a que o piloto é submetido em voos de caça produzem uma grande quantidade de efeitos nocivos em uma coluna lombar, principalmente se em aeronaves de alta performance, em que o desempenho do piloto permite a sustentação de manobras com elevadas cargas de +Gz.

Um estudo, comentado por Hyppolito (2006, p. 60), com amostras de pilotos de caça e com um grupo de controle, composto por pilotos de aeronaves de baixa performance e por elementos que desenvolvem trabalhos de solo (não aviadores), sendo a variável “horas de voo” usada para quantificar a exposição desses pilotos a elevadas cargas de +Gz, demonstrou que a ocorrência de dor lombar era maior na amostra de pilotos de caça, quando comparada ao grupo de controle.

Esse estudo concluiu que os pilotos de caça apresentavam uma alta relação da dor lombar com a sua atividade de trabalho, quando comparados ao grupo de

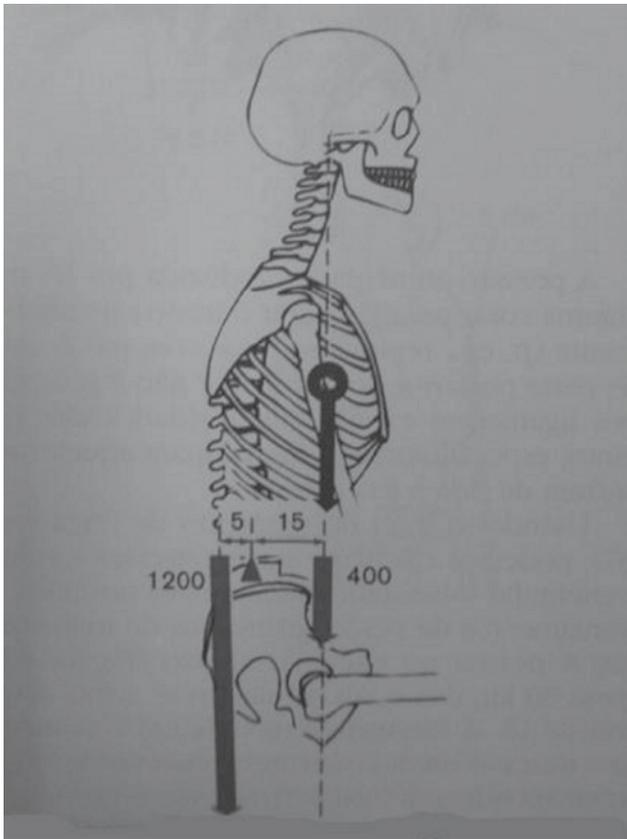
controle. Entre esses pilotos, a ocorrência de lombalgia aumentava conforme o aumento das horas de voo, ou seja, entre os mais expostos cumulativamente a altas cargas de +Gz. Um quadro de lombalgia pode gerar um processo de degeneração precoce da região lombar e a dor pode afetar a habilidade de concentração do piloto durante o voo.

A explicação física e matemática da sobrecarga imposta aos discos intervertebrais do piloto de caça, quando expostos a elevadas cargas de +Gz, provém da biomecânica. Conforme o estudo de Hyppolito (2006, p. 50), quando uma pessoa está na posição em pé (Figura 1), a linha de seu centro de gravidade (CG) está aproximadamente 5 cm à frente do centro do disco L3, enquanto os músculos do dorso estendem-se aproximadamente 5 cm atrás do disco L3. No ser humano, a massa, acima da vértebra L3, corresponde a aproximadamente 60% da massa total do corpo.



**Figura 1:** Forças na posição em pé.  
Fonte: Wirhed, R. (2002, p. 73).

A posição sentada (Figura 2), que é a posição assumida pelo piloto na aeronave, modifica a distância da linha média vertical do centro de gravidade, que na posição em pé era de 5 cm, passa a ser de 15 cm à frente de L3, mudando com isso o comprimento do braço de alavanca anterior (frontal). O braço de alavanca dos músculos eretores permanece a 5 cm atrás de L3.



**Figura 2:** Forças na posição sentada.

Fonte: Wirhed, R. (2002, p. 73).

Verifica-se que a simples mudança de postura da posição em pé para a posição sentada resulta um aumento da força sobre os discos intervertebrais lombares de 941,76N para 1883,52N, ou seja, duas vezes. Um piloto com 80Kg de massa, na nacele de seu avião, realizando manobras sustentadas com 9Gz positivos, plenamente factível em aeronaves de caça de alta performance, sofre uma força, em seus discos lombares, nove vezes à força a que é submetido quando voando nivelado com 1Gz positivo, o que, em valores numéricos, significa 16.951,68N.

A coluna lombar do piloto de caça, em manobras de elevado +Gz, sofre agressões mecânicas com efeitos degenerativos em suas unidades funcionais, provocando um processo de dor - lombalgia. A diminuição do nível de atenção do piloto em voo é uma situação extremamente perigosa em atividade de múltiplas exigências. Outro fator importante é que a lombalgia, principalmente a crônica, gerando um processo degenerativo precoce das unidades funcionais da coluna lombar do piloto, pode incapacitá-lo definitivamente para exercer sua atividade-fim, o que implica grandes prejuízos econômicos à Força Aérea, devido aos altíssimos custos da formação e da manutenção operacional do piloto de caça.

A análise da relação entre região anatômica e faixa etária dos pilotos do 1º GDA constatou a predominância da faixa de 34 a 37 anos, com 13 relatos (34,2%) distribuídos entre as regiões anatômicas, seguida da faixa de 28 a 31 anos, com 12 relatos (31,6%). Considerando-se apenas a região das costas (lombar, cervical e dorsal), tem-se a predominância da faixa de 28 a 31 anos, com 10 relatos (38,4%), seguida da faixa de 34 a 37 anos, com 8 relatos (30,7%). Segundo Bongers et al, (1990 apud Silva, 2006), num estudo com 100 pilotos de helicópteros da Força Aérea Holandesa, a prevalência de dor nas costas, por faixa etária, foi de 80% para idades abaixo de 25 anos, 57% para idades entre 26 e 35 anos, 80% para idades entre 36 e 45 anos e 48% para idades entre 46 e 55 anos. Em relação aos pilotos do 1º GDA, a ocorrência de dor nas costas, por faixa etária, foi de 62,5% para a faixa de 28 a 31 anos, 50% para a faixa de 31 a 34 anos, 80% para a faixa de 34 a 37 anos e de 100% para as duas últimas faixas etárias.

## CONCLUSÃO

Atualmente no Brasil, ainda existem poucos estudos sobre as dores ou desconfortos que afetam os pilotos de caça em decorrência de atividade aérea. Apesar disso, a revisão bibliográfica contribuiu para a realização deste estudo, no sentido de expor a situação atual deste tema em relação aos pilotos de caça brasileiros e estrangeiros.

A pesquisa revelou que a maioria dos pilotos relatou problemas relacionados às regiões anatômicas nos últimos 12 meses, o que demonstra que a atividade aérea está sendo acompanhada de algum incômodo musculoesquelético. O índice de 25% de impedimento nos últimos 12 meses para realizar o trabalho demonstra que, para uma amostra pequena, esse índice revela preocupação, pois significa a redução da disponibilidade de pilotos para as missões do 1º GDA e a conseqüente sobrecarga aos demais.

O estudo apontou a predominância da lombalgia entre os pilotos de caça do 1º GDA, seguida da cervicalgia. O grau intenso apresentou maior índice de relatos na região lombar, quando comparado a outras regiões, não havendo uma faixa etária em destaque. Isso reflete que a ocorrência da lombalgia vem alcançando graus de intensidade elevados, prejudicando assim o desempenho dos pilotos durante manobras que exigem elevadas forças +Gz, como os treinamentos de combate e interceptação. Constatou-se que a lombalgia foi relatada em todas as faixas etárias, não sendo possível determinar uma faixa etária predominante em face do tamanho da amostra.

A amostra deste estudo não apresentou um número significativo de elementos para se obter um resultado confiável quanto à influência da idade na atividade operacional dos pilotos de caça. Na FAB, a atividade operacional de um piloto tem início, em média, aos 25 anos de idade e se estende até aproximadamente os 45 anos de idade, não necessariamente de forma ininterrupta, pois há envolvimento administrativo, como realização de cursos de aprimoramento, cursos de carreira, prestação de serviço em órgãos administrativos, com afastamento quase total da atividade aérea.

As literaturas nacional e estrangeira, apesar de escassas, ratificam a predominância da lombalgia, o que exige do médico e do fisioterapeuta da Unidade Aérea uma atenção especial a esses profissionais, como forma preventiva, pois o acompanhamento, nesse caso, é de suma importância para a saúde desses pilotos, para a segurança de voo, e, por fim, para se evitarem os prejuízos econômicos, funcionais e operacionais que acabam repercutindo na FAB.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA 1-1)**: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira. [Brasília-DF]: 2005.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Terceira Força Aérea. **Manual da Aviação de Caça (MACAÇA)**. [Brasília-DF]: 2003.

HYPOLITO, Luiz Carlos. **Os efeitos das cargas de +Gz na prevalência de lombalgia em pilotos de caça**. Monografia (Curso de Comando e Estado-Maior). Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2006.

JÄHR *et al.* **Rehabilitation program for fighter pilots suffering from cervical spine symptoms in the Royal Norwegian Air Force**. Institute of Aviation Medicine. Royal Norwegian Air Force Orland Air Station. NAMA, Oslo, 2005.

KUORINKA, I *et al.* Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. **Applied Ergonomics**. [S.l.], n. 18, p. 233-237, 1987.

LORENZO, Cislaine Greicius. Estresse muscular cervical em voos de treinamento de combate aéreo. **Revista ZOOM**. [S.l.], a. XIX, n. 21, p. 11-13, dez. 1997.

RIO, Rodrigo Pires do; PIRES, Lícínia. **Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica**. 3. ed. São Paulo: LTr, 2001.

SILVA, Gilvan Vasconcelos. A influência de problemas na coluna vertebral sobre o desempenho operacional e a segurança de voo na FAB. **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 21. p. 4-17, dez. 2006.

\_\_\_\_\_. Prevalência da lombalgia em pilotos civis e militares de helicóptero. In: 9<sup>o</sup> CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIA DOS DESPORTOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 9, 2002, São Luís-MA. **Anais**. São Luís-MA: UFMA, 2002.

\_\_\_\_\_. **Prevalência de lombalgia em pilotos da FAB**. Monografia (Curso de Comando e Estado-Maior). Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **Proposta de programa específico para a redução da lombalgia em pilotos de helicóptero**. 2003. 275 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade Humana) – Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, 2004.

WIRHED, R. **Capacidade Atlética e Anatomia do Movimento**. São Paulo: Manole, 2002.

ASSOCIAÇÃO DOS PILOTOS DA VASP. **O perigo de voar resfriado**. Disponível em: <<http://www.airsafetygroup.com.br/show.php?not=36&titulo=9>>. Acesso em: 29 abr. 2012.

# Aplicação do método da cavidade ressonante na análise da eficiência da absorção eletromagnética em blindagens de equipamentos eletrônicos aeronáuticos e espaciais a base dos aditivos de ferritas Mn-Zn

The application of the resonant cavity method to the analysis of the efficiency of the electromagnetic absorption of space and aviation electronic equipment shielding based on Mn-Zn ferrite additives

Análisis de la eficiencia de la absorción electromagnética en blindajes de aparatos electrónicos aeronáuticos y espaciales de los aditivos de ferritas Mn-Zn

Carlos Alberto Reis de Freitas

Doutor do Instituto de Estudos Avançados - IEAv  
Divisão de Física Aplicada - Laboratório de Sistemas Eletromagnéticos  
São José dos Campos/SP- Brasil  
careis@ieav.cta.br

Alberto José de Faro Orlando

Doutor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA  
São José dos Campos/SP- Brasil  
faro@ita.br

## RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se uma análise de blindagem eletromagnética em equipamentos eletrônicos com relação à emissão radiada utilizando materiais absorvedores com a formulação dos aditivos de pós de ferritas Mn-Zn na faixa de frequência de GHz. Este material foi pesquisado e desenvolvido na forma de resinas pelo Instituto de Estudos Avançados (IEAv) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), para aplicações aeronáuticas e espaciais, visando principalmente os veículos lançadores do programa espacial brasileiro. Foram obtidas duas cartas patentes de formulação e inovação; concluindo-se, assim, uma forma inovadora de blindagem em equipamentos eletrônicos em relação à emissão radiada. É mostrada, ainda, a aplicação da tecnologia de realização de ensaios usando a metodologia de medidas de refletividades, utilizando cavidades ressonantes, em substituição à metodologia do Arco NRL (*Naval Research Laboratory*), sendo esta uma metodologia mais eficiente e de menor custo.

**Palavras-chave:** Absorvedores de microondas. Ferritas Mn-Zn. Blindagem eletromagnética. Aplicações aeronáuticas.

Recebido / Received / Recebido  
16/05/12

Aceito / Accepted / Acepto  
21/12/12

## ABSTRACT

*This paper presents an analysis of the electronic equipment electromagnetic shielding relative to the radiated emission using absorbing materials with the formulation of additives ferrite powders of Mn-Zn in the frequency band around Ghz. This material was designed and developed by the Institute for Advanced Studies (IEAv) in the Department of Aerospace Science and Technology (DCTA) . It is made of resins and used in applications as electromagnetic waves shielding in equipment for aviation and space with the main purpose to be applied on launcher vehicles of the Brazilian space program. It was obtained the patent letters on formulation and innovation; thus concluding a new innovative way of shielding in electronics in relation to radiated emission that operate in this sector. It also demonstrates a new technology for testing using the methodology of reflectivity measurement, which uses resonant cavities methods. This new methodology replaces the methodology Arch NRL (Naval Research Laboratory) and proves to be more efficient with a lower cost.*

**Keywords:** Absorbers of microwaves. Mn-Zn ferrites. Electromagnetic shields. Aeronautical applications.

## RESUMEN

*En este trabajo se presenta un análisis de blindaje electromagnético en aparatos electrónicos respecto a la emisión radiada utilizando materiales absorbente con la formulación de los aditivos de polvos de ferrita Mn-Zn en la faja de frecuencia de GHZ. Este material fue pesquisado y desarrollado en la forma de resinas por el Instituto de Estudios Avanzados (IEAv) en el Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial(DCTA), para aplicaciones aeronáuticas y espaciales, visando principalmente los vehículos lanzadores del programa espacial brasileño. Se obtuvieron dos cartas patentes de formulación e innovación; se concluyó, de esa manera, una forma innovadora de blindaje en aparatos electrónicos respecto a la emisión radiada. Se muestra, todavía, la aplicación de la tecnología de realización de ensayos usando la metodología de medidas de reflejo, utilizando cavidades resonantes, en sustitución a la metodología del Arco NRL (Naval Research Laboratory), que es una metodología más eficiente y menos costoso.*

**Palabras-clave:** Absorvedores de microondas. Ferritas Mn-Zn. Blindaje electromagnético. Aplicaciones aeronáuticas.

---

## INTRODUÇÃO

Os trabalhos de pesquisas voltados às necessidades crescentes de obtenção de novos materiais com excelentes propriedades elétricas e eletromagnéticas contribuem cada vez mais para o desenvolvimento de aplicações de materiais absorvedores para uso em blindagens de equipamentos eletrônicos, principalmente quando aplicados no setor aeroespacial. Os maiores desafios, no entanto, foram de caracterizar as propriedades magnéticas destes materiais cerâmicos para a aplicação em sistemas aeroespaciais (MIGLIANO et al, 1999; SAKIOTS, 1953). Os aspectos eletromagnéticos de projeto de um material absorvedor de radiação eletromagnética são focalizados principalmente sobre a sua síntese, sendo que arranjos dos materiais dielétricos e magnéticos proporcionam um perfil de impedância específica para uma determinada onda eletromagnética incidente. Dessa forma, a evolução

da tecnologia de produção desses materiais absorvedores está relacionada diretamente com a exploração de técnicas para obtenção de revestimentos com qualidades apropriadas de absorção da radiação eletromagnética, para uma faixa cada vez mais ampla do espectro. As aplicações desses materiais concentram-se em setores da indústria de telecomunicações e aeronáutica, podendo-se relacionar:

- revestimentos de câmara anecóica para ensaios eletromagnéticos;
- blindagem de ambientes com fontes intensas de RF danosas ao tecido humano;
- antenas de alto desempenho;
- controle de interferência eletromagnética;
- redução de *radar-cross-section* de aeronaves e artefatos;
- blindagens de fornos de microondas, etc.

Em relação aos aspectos de blindagens de equipamentos eletroeletrônicos, optou-se por materiais magnéticos à base de cerâmica, em razão de seu custo e parâmetros magnéticos (permeabilidade, permissividade) mais eficientes. O objetivo da pesquisa visa à fabricação de uma ferrita cerâmica com aditivos Mn-Zn com base em resina epóxi alifática, para a aplicação em blindagens eletromagnéticas de equipamentos em aeronaves e lançadores (MIGLIANO et al, 1999; KIM, CHOI, CHURM, 1999; NAITO 1991). Este trabalho teve também como objetivo o estudo de níveis de absorção, do material fabricado, da radiação na faixa de frequência de GHz, por meio da técnica da cavidade ressonante para realização de ensaios de refletividade eletromagnética.

## 1 CONCEITOS DE BLINDAGENS

O objetivo da blindagem eletrostática e eletromagnética é a redução ou eliminação da incidência de campos elétricos ou eletromagnéticos nos Equipamentos Eletrônicos Sensíveis (EES), o que ocasiona ruídos, e atrapalha seu funcionamento. Os equipamentos e componentes devem ser blindados em relação à emissão e susceptibilidades tanto radiadas como conduzidas. Analisa-se, assim, o parâmetro de eficiência da blindagem em relação à atuação desses campos, para controle do nível de Interferência Eletromagnética (EMI), sendo, então, mais um parâmetro importante da engenharia moderna para garantir a qualidade do produto. Consideram-se dois tipos de blindagens (SOBRINHO 2007):

### 1.1 BLINDAGENS ELETROSTÁTICAS

Quando o acoplamento eletrostático consiste em barreiras condutivas como: coberturas de metal, metais condutores, cabos cobertos ou revestimento dos EES (KIM, 1991; CHICAZUMI, 1964).

### 1.2 BLINDAGENS ELETROMAGNÉTICAS

São normalmente caracterizadas por um material colocado entre duas regiões do espaço com a finalidade de atenuar a radiação eletromagnética entre elas.

## 2 EFICIÊNCIA DE BLINDAGENS

A eficiência de uma blindagem é a somatória de perdas por absorção, por reflexão e por reflexões múltiplas no interior de um ambiente blindado.

A perda por absorção é a mesma para campos elétricos e magnéticos, sendo que a perda por reflexão e a perda de reflexões múltiplas é dependente do campo magnético incidente (ULABY, 2007; CLAYTON 2006; SOBRINHO, 2007). A eficiência de uma blindagem é, na prática, afetada por vários fatores, como aberturas e juntas em compartimentos ocasionando assim a redução dessa eficiência. Essa redução é maior para campos magnéticos do que para campos elétricos e depende da dimensão linear máxima da abertura ou da frequência do campo em análise. (SAKIOTS, 1953; SOBRINHO 2007). A necessidade de blindagens para EES está presente nas seguintes áreas: tecnologia da informação, equipamentos utilizados em aplicações médicas, telecomunicações e outros equipamentos eletrônicos de uma forma geral.

As aplicações típicas de blindagens abrangem os seguintes aspectos:

- compartimentos (possuem algumas propriedades especiais de blindagem, mas que dependem de fatores como espessura da superfície em contato, etc.);
- aberturas (portas, furos de passagem de cabos, passagens de ventilação, janelas, painéis de acesso), que, em geral, são todos os pontos de fuga EMI em um compartimento; e
- cabos (cabos condutores de sinal, que podem agir como pontos de antenas para irradiar EMI).

Os compartimentos de proteção eletrônicos comerciais são normalmente blindados, pois é uma classe que atende a muitos usuários, dos quais pode-se citar computadores (*mainframes*, computadores pessoais e *workstations*), periféricos (impressoras, *modem*, discos rígidos e equipamentos de redes), equipamentos de telecomunicações (gabinetes de comutação, telefones celulares e PABX), máquinas de fax, copiadoras e sistemas bancários (caixas eletrônicos, equipamentos de leitura óptica). Outros tipos de equipamentos eletrônicos normalmente blindados são equipamentos de aeronaves, equipamentos de aplicações médicas, equipamentos de medição e controle, equipamentos de foto-composição e equipamentos eletrônicos automotivos (padrão MIL - STD 461).

## 3 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA DE BLINDAGEM

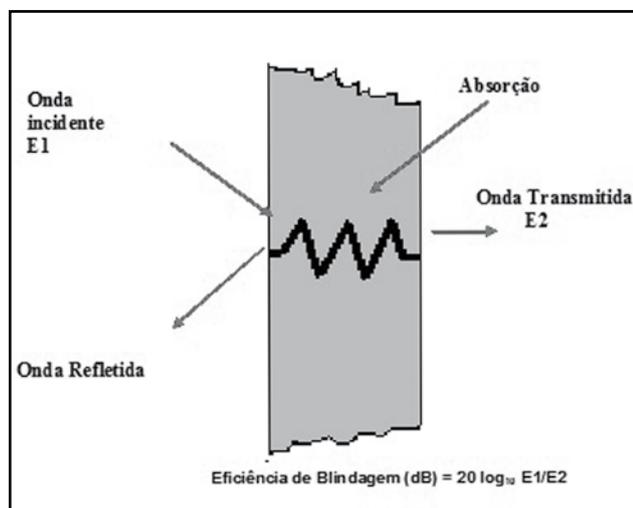
O princípio da blindagem está baseado no uso de materiais condutivos para redução da radiação de EMI, seja pela reflexão e/ou absorção, sendo que, em pesquisas, o uso de materiais absorvedores de microondas à base de aditivos de ferritas cerâmicas é um método para esta

aplicação. O parâmetro usado para medir blindagem denomina-se eficiência de blindagem (SE), sendo sua unidade padrão o decibel (dB). O decibel, em termos de blindagem, é o resultado dos módulos dos valores da razão do campo eletromagnético medido antes e depois da blindagem. Na Figura 1, ilustra-se esta parede de blindagem. Na Tabela 1, apresentam-se os valores quantitativos de SE em função do vazamento da mesma em dB. A Figura 2 ilustra uma Gaiola de Faraday com uma blindagem perfeita, já na Figura 3 está ilustrada uma blindagem deficiente.

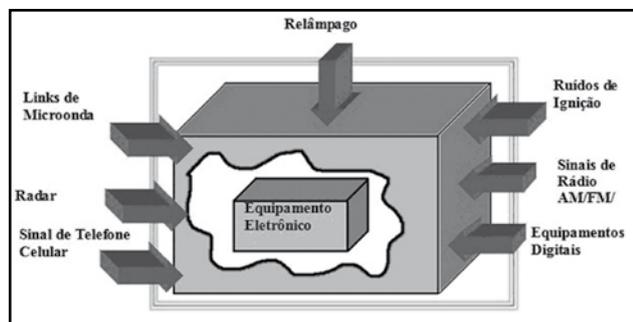
**Tabela 1:** Valores quantitativos de eficiência de blindagem em dB.

Eficiência de Blindagem (dB)	Razão de Atenuação	Vazamento pela Blindagem (%)
20	10:1	10.0
40	100:1	1.0
60	1000:1	0.1
80	10000:1	0.01
100	100000:1	0.001
120	1000000:1	0.0001

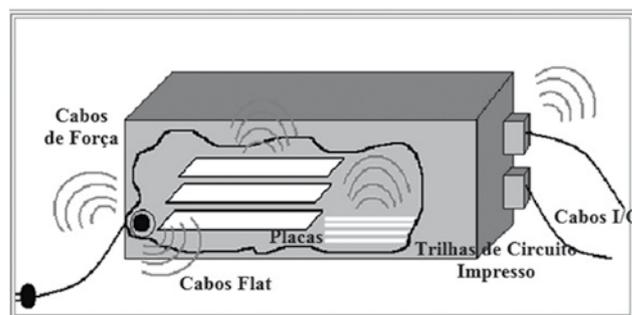
Fonte: Sobrinho (2007).



**Figura 1:** Conceito de Parede de Blindagem (SOBRINHO, 2007).



**Figura 2:** Gaiola de Faraday – Blindagem Perfeita.



**Figura 3:** Gaiola de Faraday – Blindagem Deficiente.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Pelos aspectos de blindagem citados, optou-se por materiais magnéticos à base de aditivos Mn-Zn, em função de seu custo, parâmetros magnéticos mais eficientes (permeabilidade, permissividade) e maior desempenho em relação a outros materiais pesquisados. A pesquisa tem como objetivo a fabricação dessa ferrita cerâmica para obtenção de materiais absorvedores na faixa de atuação de microondas (GHz) para aplicações em aeronaves e sistemas aeroespaciais (veículos lançadores de satélites e veículos de sondagem) utilizando resina epóxi (BRASIL, 2012). São levadas em conta as características eletromagnéticas de projeto em relação a um material absorvedor de radiação eletromagnética para a frequência de GHz e, principalmente, aspectos relacionados a sua síntese e ao fato de que o arranjo dos materiais dielétricos e magnéticos proporcionam um perfil de impedância especificado para uma determinada onda eletromagnética incidente. A evolução da tecnologia de produção desses materiais absorvedores está relacionada com o estudo de materiais e exploração de técnicas para obtenção de revestimentos com qualidade de absorção da radiação eletromagnética para uma faixa mais ampla do espectro de frequência (BRASIL, 2012).

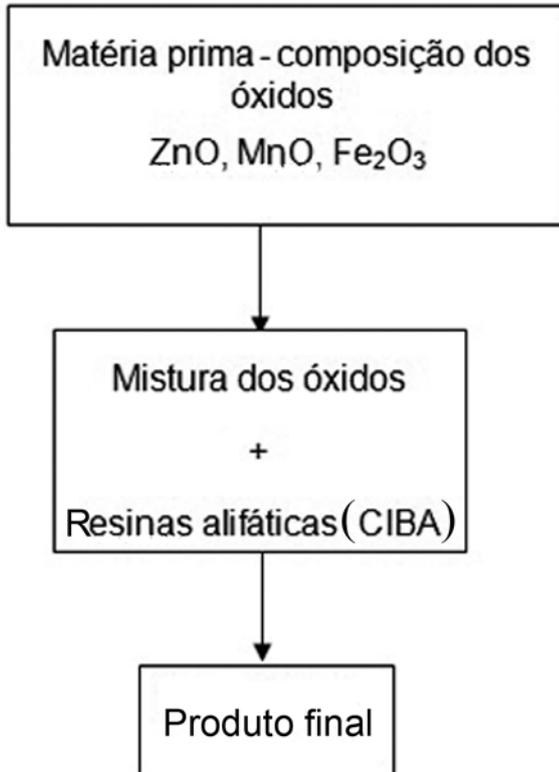
### 4.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO ADITIVO MN-ZN

O processo de fabricação tem como ênfase o processo da reação do estado sólido (BRASIL 2012, 2013) desenvolvido pelo LSE (Laboratório de Sistemas Eletromagnéticos). Utiliza-se a composição estequiométrica para elaboração de duas amostras do aditivo Mn-Zn, conforme ilustração na Tabela 2. A fabricação consiste nas seguintes fases: mistura dos óxidos, colocação da mistura em moinho de bolas com álcool ou acetona, durante um período 48 horas de moagem e, a seguir, mistura das resinas, obtendo, então, o produto final de acordo com o processo ilustrado na Figura 4.

**Tabela 2:** Composição estequiométrica das amostras 1 e 2.

Composição	Amostra 1	Amostra 2
Zn O(%)	25	24
Mn O(%)	25	26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	50	50

Fonte: Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeroespacial(2012).

**Figura 4:** Processo de fabricação.

Fonte: Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (2012).

## 4.2 RESINA EPÓXI

Os revestimentos absorvedores de única camada foram confeccionados com a mistura das amostras de ferritas com as resinas alifáticas da *CIBA Performance Polymers Division* – Brasil. As matrizes amorfas foram obtidas com a mistura de resina flexibilizadora (GY 298), um diluente (DY3601), para controlar a dureza do sistema e garantir sua estabilidade com o tempo, e um agente endurecedor (Hy 840), conforme as formulações apresentadas na Tabela 3, sendo esta a formulação da resina epóxi. Conforme a composição da Tabela 4, foram confeccionados os dois corpos de prova com dimensões 2cmx3cmx4cm.

**Tabela 3:** Composição do adesivo para amostras 1 e 2 (PI020683-3).

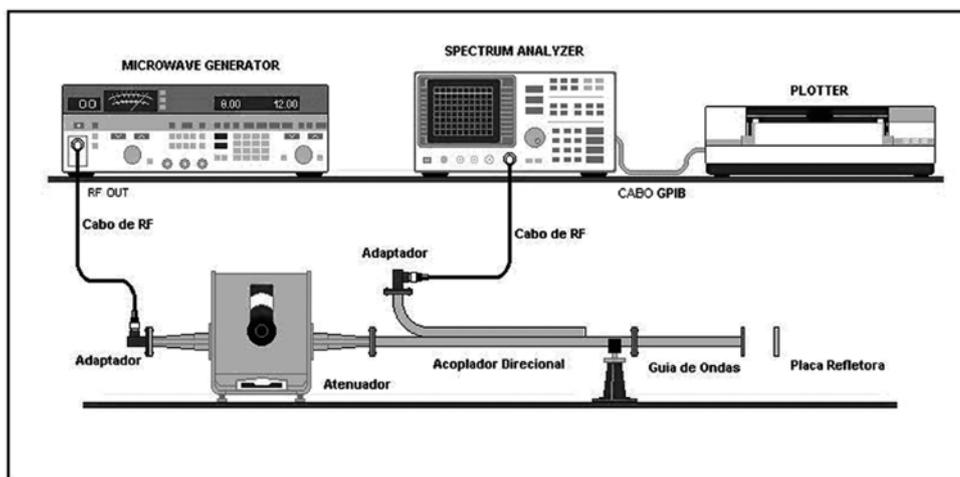
Massa Hy 840 (g)	Massa Dy 360 (g)	Massa Gy 298(g)
20%	33,5 %	46,5%

**Tabela 4:** Composição do corpo de prova.

Ferrita Mn-Zn	Adesivo
25 %	75%

## 4.3 ENSAIOS DE MEDIDAS DE REFLETIVIDADES

Na Figura 5, ilustra-se o esquema de instrumentação utilizado neste experimento, sendo que o objetivo é medir a refletividade de uma camada de material aplicada sobre uma superfície metálica, comparando-se com a produzida por uma superfície limpa (referência), feita em guias de ondas retangulares operando no modo TE<sub>1,0,1</sub>, de acordo com a teoria de guias de ondas (ULABY, 2007; CARVALHO, 2005). Cita-se que o

**Figura 5:** Esquema da instrumentação utilizando guias de ondas.

principal dispositivo da montagem é o acoplador direcional de múltiplas fendas (faixa larga), que tem a propriedade de separar os sinais incidentes (sentido gerador-carga) do sinal refletido. Tendo esse dispositivo a propriedade de acoplar energia para o guia secundário apenas na direção da onda incidente, com uma directividade mínima de 40 dB, é possível a realização de medidas de refletividade de amostras no interior do guia de ondas. O erro resultante da directividade finita do acoplador é pequeno, podendo ser desprezado. O gerador usado deve ter a função de varredura em frequência, abrangendo a faixa desejada com um nivelamento interno, de forma que o nível do sinal não se altere com a frequência e com o tempo. Ao trocar uma amostra por outra, o nível de sinal deverá ser atenuado para evitar a exposição à radiação de microondas por parte dos operadores. Após a colocação de nova amostra no guia e da placa refletora, o nível de operação deve ser restabelecido.

O método empregado na medição de absorção de microonda por parte do material é o da reflectometria em guias de ondas usando acoplamento direcional, o qual permite a varredura em frequência dentro da faixa recomendada pelo fabricante. O guia de ondas é conveniente, já que se necessita apenas de amostras com as dimensões do guia, o que permite grande economia de material. Na técnica de medida de radiação, a amostra é inserida no guia de onda, conforme ilustrado na Figura 6.

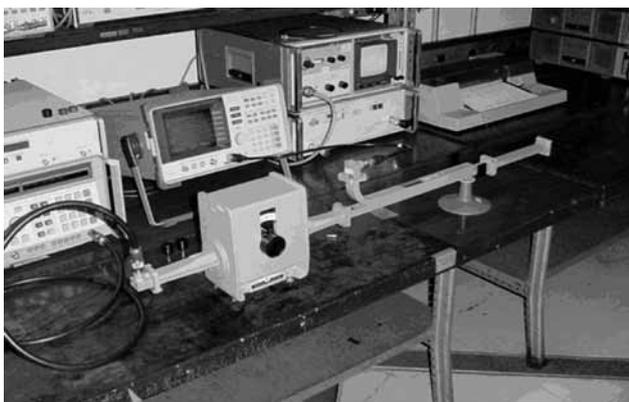


Figura 6: Instrumentação para ensaio realizado no DCTA-IAE.

Faz-se então o experimento usando o método da cavidade ressonante para duas amostras. Este procedimento foi realizado no Laboratório de Radio Frequência do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme ilustrado na Figura 7, conclui-se que as características de absorção seletiva de radiação

eletromagnética nos corpos de prova das amostras 1 e 2 confeccionadas à base de ferrita Mn-Zn têm nível de absorção médio, entre 0 e 10 dB, na faixa de frequência de 0 – 20 GHz.

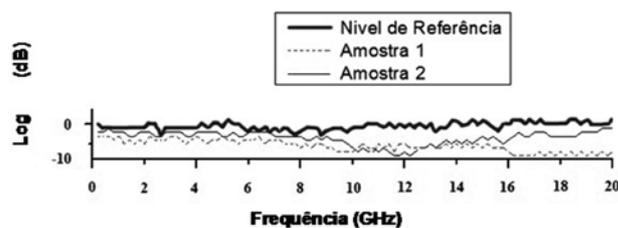


Figura 7: Curvas de absorção obtidas relativas às amostras 1 e 2 contendo aditivo de Mn-Zn.

Observa-se, então, que os valores obtidos são equivalentes a 98% de absorção da onda incidente na frequência de 12 GHz. Porém, este valor de absorção pode ainda ser otimizado em função da pesquisa dos novos valores de porcentagem de volume do aditivo cerâmico de Mn-Zn na composição do corpo de prova. Dessa forma, estabelece-se esse parâmetro para otimizar a formulação da composição com o objetivo de aumentar a eficiência de absorção dos revestimentos utilizados como blindagem eletromagnética em aplicações aeroespaciais à base de ferrita Mn-Zn. Nota-se, também, que, na faixa de frequência entre 8 a 10 GHz, o nível de absorção é baixo e o fator de vazamento é alto. Com o aumento da faixa de frequência, a razão de atenuação vai aumentando e o vazamento vai diminuindo, até chegar a um valor ideal em torno de 12 GHz, sendo o valor estipulado para a faixa de operação desejada. Este é o fenômeno que ocorre nas duas amostras com composições estequiométricas diferenciadas em relação às frações de porcentagem. Em 12 GHz, dá-se a faixa ideal para aplicação nas blindagens, nas frequências em torno de 8-20 GHz, com vazamento tolerável para níveis de blindagens desejadas no âmbito de atuação aeroespacial. Nota-se que as duas amostras tiveram a mesma composição de fabricação, com pequenas variações na estequiometria, e passaram pelo mesmo tipo de *setup* de ensaios. Manteve-se a repetibilidade de resultados, sendo que o nível de absorção, tanto para amostra 1 quanto para a amostra 2, praticamente foi o mesmo na frequência de 12 GHz, que é o objetivo desejado na faixa de frequência de operação de radar para sistemas aeroespaciais. Este tipo de composição com base em resinas alifáticas é mais eficiente do que os sistemas à base de polímeros, para o caso de eliminação de ruídos em termos de blindagens, sendo esta a justificativa para o uso da ferrita e da base de resina epóxi em blindagens de equipamentos

e componentes na faixa de operação da banda-X. Em relação ao método de medidas de refletividade, o uso da cavidade ressonante mostrou um grau de eficiência igual ou melhor do que a técnica do arco NRL (FREITAS, 2002), e se trata de uma nova técnica para medição da absorção de radiação eletromagnética.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que a formulação proposta dos aditivos Mn-Zn pode ser utilizada como blindagem eletromagnética, na faixa de frequência de GHz, de equipamentos eletrônicos aplicados no setor aeroespacial. O método de medidas de refletividade

através das cavidades ressonantes é uma nova opção de medidas, que também é eficiente em relação ao arco NRL e, de certa forma, de menor custo, uma vez que a instrumentação e o corpo de prova também são menores, e tem-se grande eficiência, fatos observados nos ensaios das duas amostras. A formulação da composição é inovadora e deu origem às cartas de patentes citadas, nas quais comprova-se a eficiência de absorção dos aditivos e a eficiência do método da cavidade ressonante para os ensaios de refletividade magnética. Portanto, estas formulações e métodos deverão ser aplicados de imediato nos projetos de blindagens de circuitos eletrônicos no programa de lançadores de satélites que é prioridade no setor aeroespacial do Comando da Aeronáutica.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, M. I. B. **Guias de Onda**. Portugal: Universidade do Porto, 2005.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. **Composição e Fabricação da Ferrita MnO-MgO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**. São José dos Campos-SP, 2012. (BR-PI020683-3,09 maio 2002, RPI 2160 Agosto 2012.)

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. **Processo de Fabricação da Manta Absorvedora de Microondas com Resina Epóxi**, 2013. (BR -PI-0203563-4 B1, 09 maio 2004, RPI 2192 Janeiro, 2013.)

CHIKAZUMI, S. **Physics of magnetism**. New York: John Wiley & Sons, 1964.

CLAYTON, R. P. **Introduction to Electromagnetic Compatibility**. New York: John Wiley & Sons, 1992. 763p.

FREITAS, C. A. R.; DE MIGLIANO, A. C. C., MELO, F.C.L. Características de Absorção da Radiação Eletromagnética em Revestimentos Planos à Base de Ferritas de Mg-Mn. **INATEL-Telecomunicações**, v. 1, dez, 2002.

KIM, J. M. et al. Complex permeability and permittivity and microwave absorption of ferrite-rubber composite in X-band frequencies. **IEEE Transactions on Magnetic**, v. 27, issue 6, part. 2, p. 5462-5464, 1991.

MIGLIANO, A. C. C. et al. Caracterização experimental de tintas absorvedoras de radiação eletromagnética, In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TINTAS, 6., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Abrafati, 1999. p. 453-460. v. 2.

NAITO, Y.; SUETAKE, K. Application of ferrite to electromagnetic wave absorbers its characteristics. **IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques**, v. 19, issue 1, p. 65-72, 1971.

SAKIOTIS, N.G.; CHAIT, H.N. Ferrites at microwaves. **Proceedings of the Institute of Radio Engineers**, v. 41, issue 1, p. 87-93, 1953.

SOBRINHO, J. P. F. **Interferência eletromagnética nos centros urbanos**. São Paulo: Erica, 2007.

ULABY, F. T. **Eletromagnetismo para engenheiros**. Tradução: José Lucimar do Nascimento. Porto Alegre: Bookman, 2007.

# Nanodispositivos eletrônicos baseados em nanofitas de grafeno

Nanoscale electronic devices based on graphene nanoribbons

Nanodispositivos electrónicos basados en nanocintas de grafeno

Clerisson Monte do Nascimento

Doutorando em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará  
Belém/PA- Brasil  
clerisson@ufpa.br

Fernando Antônio Pinheiro Gomes

Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará  
Faculdade de Tecnologia da Amazônia  
Manaus/AM - Brasil  
fgomes@ufpa.br

Victor Dmitriev

Doutor em Dispositivos de Microondas pela Moscowstate Technical University  
Universidade Federal do Pará  
Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Elétrica  
Belém/PA- Brasil  
victor@ufpa.br

## RESUMO

A busca por novos materiais que permitissem a diminuição da escala de dispositivos reais, com a possibilidade de aumento em sua eficiência, levou a pesquisas acerca das propriedades eletrônicas do grafeno que possibilitassem a construção de alternativas nanométricas para dispositivos presentes atualmente em microeletrônica. Este trabalho faz uma revisão de literatura, apresentando nanodispositivos eletrônicos que possuem comportamento igual ou superior aos dispositivos microeletrônicos, bem como dá um exemplo de uma real aplicação de tais nanodispositivos.

**Palavras-chave:** Nanodispositivos. Microeletrônica. Nanoeletrônica. Grafeno.

## ABSTRACT

The search for new materials that allow the reduction of the scale of actual devices, with the possibility of increase in efficiency has led to researches on the electronic properties of graphene that enable the construction of nanometric alternatives to the devices currently present in microelectronics. This paper presents a literature review, presenting nanoscale electronic devices that have performance equal or superior to microelectronic devices, and also presents an example of a real application of such nanodevices.

**Keywords:** Nanodevices. Microelectronics. Nanoelectronics. Graphene.

## RESUMEN

La búsqueda por nuevos materiales que permitiesen la disminución de la escala de dispositivos reales, con la posibilidad de aumento en su eficiencia, llevó a pesquisas sobre las propiedades electrónicas del “grafeno” que posibilitasen la construcción de alternativas “nanométricas” para dispositivos presentes actualmente en microelectrónica. Este trabajo revisa la literatura, presentando “nanodispositivos” electrónicos que poseen comportamiento igual o superior a los dispositivos microelectrónicos, así como da un ejemplo de una real aplicación de dichos “nanodispositivos”.

**Palabras-clave:** Nanodispositivos. Microelectrónica. Nanoelectrónica. Grafeno.

---

## INTRODUÇÃO

Com a crescente busca de dispositivos mais eficientes e em escala cada vez menor, fez-se necessária a busca de novos materiais que apresentassem características iguais ou superiores às presentes em microeletrônica, porém com dimensões  $10^3$  vezes menor.

Nesse contexto, foi proposto utilizar-se das propriedades de transporte elétrico em nanofitas de grafeno para a produção de dispositivos com tais características. Para tanto, foi necessário mudar a abordagem de fabricação para a chamada “abordagem de baixo para cima” (*from the bottom-up*) (DATTA, 2005). Essencialmente, tal abordagem visa modelar o dispositivo controlando átomo a átomo o processo de utilização, ao invés de simplesmente miniaturizar os dispositivos já existentes.

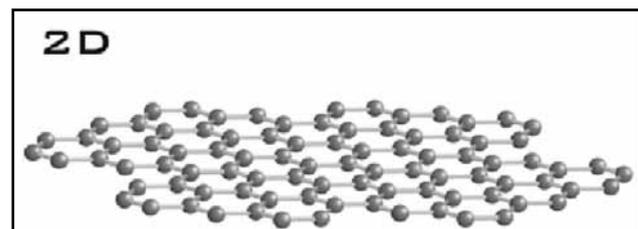
Nesse contexto, este trabalho buscou elaborar uma revisão de literatura acerca de dispositivos nanoeletrônicos baseados em grafeno, a exemplo de nanodiodos e nanotransistores, apresentando suas características e comparativos com os dispositivos já presentes na literatura. Além disso, buscou mostrar que as curvas características dos dispositivos baseados

em grafeno são muito semelhantes ou, em alguns casos, melhores do que as encontradas na microeletrônica.

Por fim, apresentar-se-á uma aplicação real de tais dispositivos em circuitos integrados fabricados com dispositivos eletrônicos baseados em grafeno.

### 1 AS NANOFITAS DE GRAFENO

O grafeno é um arranjo bidimensional de átomos de carbono com estrutura cristalina hexagonal, também conhecida como estrutura *favo de mel* (GEIM, 2007; KATSNELSON, 2007), como mostra a Figura 1.

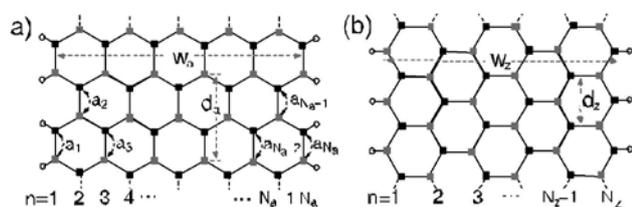


**Figura 1:** Folha de grafeno.  
Fonte: Katsnelson (2007).

Tal estrutura é responsável por notáveis propriedades eletrônicas tais como uma alta mobilidade eletrônica, possibilitando dispositivos que trabalhem a regime balístico (CHOUDHURY, 2011), e uma excelente condutividade térmica, que favorecem a sua utilização como canal de dispositivos eletrônicos (HEER, 2007; NOVOSELOV, 2004).

A tal arranjo hexagonal de átomos de carbono define uma estrutura de bandas que exprime um comportamento metálico (REICH, 2002). Contudo, “cortes” nas folhas de grafeno originam estruturas com uma geometria definida e comportamento metálico, semimetálico ou semiconductor, dependendo da direção (*Quiralidade*) de corte e da largura da estrutura resultante. Tais cortes em uma folha de grafeno são chamados de nanofitas de grafeno.

Existem duas direções principais de corte, mostradas na Figura 2. A Figura 2a nos mostra uma nanofita *armchair* (*Armchair Graphene Nanoribbon - AGNR*), a sua largura representada por  $W_a$  (crescimento lateral da fita) é um dos fatores determinantes para o valor de seu *gap* de energia, uma vez que tal corte apresenta um comportamento essencialmente semiconductor. Na figura 2b, tem-se representada uma nanofita *Zigzag* (*Zigzag Graphene Nanoribbon - ZGNR*), com um comportamento predominantemente metálico, ainda que determinados fatores como dopagem, pressão mecânica e campo externo propiciem o surgimento de *gaps* de energia, mudando assim o comportamento da estrutura de bandas. Em ambos os casos, os comprimentos das fitas podem ser entendidos como a repetição dessas estruturas na vertical em relação à folha de papel (SON, 2006).

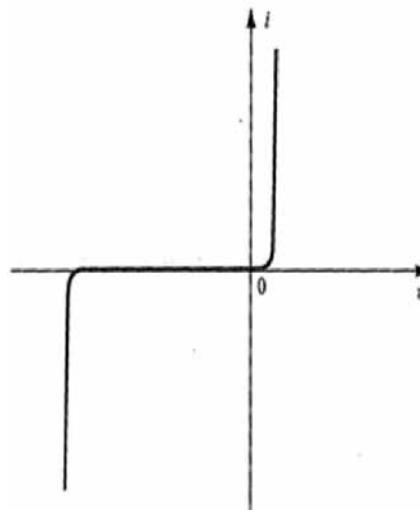


**Figura 2:** (a) Esquema de uma nanofita *armchair* (AGNR). Os círculos brancos representam átomos de hidrogênio, com o fim de preencher a ligação extra na borda, cada par de átomos preto-cinza simboliza os dois átomos da célula unitária do grafeno (célula não primitiva).  $a_1$  e  $W_a$  representam o parâmetro de rede e a largura da fita, respectivamente. (b) O esquema de uma nanofita *Zigzag* (ZGNR).  
Fonte: Son (2006).

## 2 NANODIODOS BASEADOS EM NANOFITAS DE GRAFENO

Um dos componentes eletrônicos que puderam ser projetados à escala nanométrica é o diodo. Sua principal

característica é a propriedade de permitir a passagem de elétrons em uma única direção e proibir na direção inversa, o que possibilita a aplicação em circuitos com os retificadores, por exemplo. Tal efeito é obtido devido a uma separação entre elétrons e buracos na junção de materiais do tipo-p e tipo-n, ou na junção entre um metal e um semiconductor com uma dopagem mais branda (diodo *Schottky*) (SEDRA, 2004). Esse funcionamento pode ser inferido a partir do cálculo de valores de corrente em função de valores de tensão, como mostra a Figura 3.



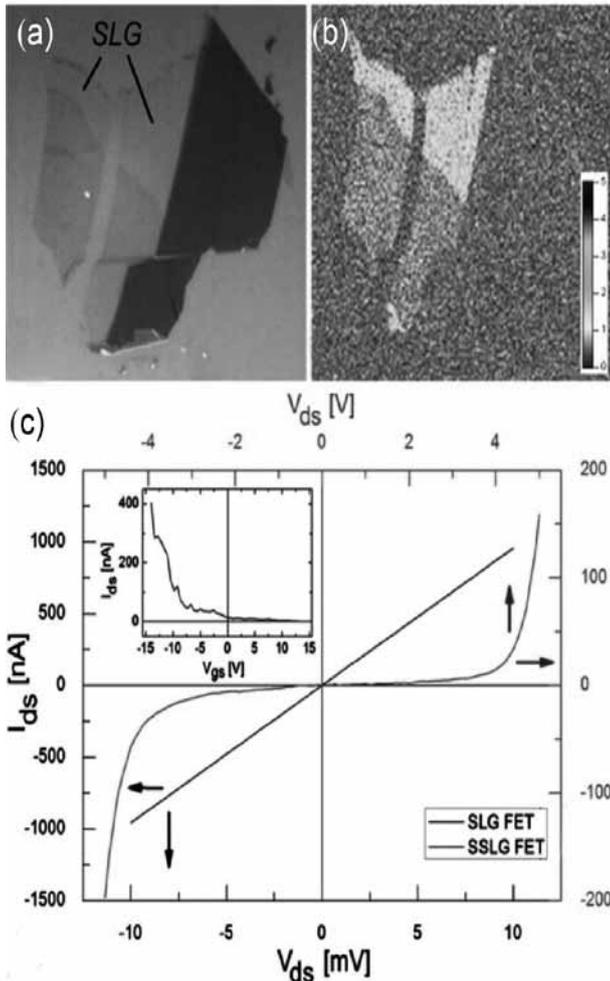
**Figura 3:** Curvas típicas de tensão e corrente para um diodo convencional da microeletrônica.  
Fonte: Sedra (2004).

Nanodiodos baseados em junções p-n com grafeno podem ser obtidos fazendo dopagens em diferentes áreas da mesma nanofita, ou aplicando determinados potenciais de porta (*Gate*). Contudo tal tipo de junção não tem se mostrado adequado para aplicações lógicas, devido ao fato de que o grafeno ainda reteria suas características semimetálicas para determinadas quiralidades.

Uma maneira de contornar tal problema seria estabelecer uma junção do tipo *Schottky* (XINMING, 2010), ao invés de usar junções p-n, que é convencionalmente usada em microeletrônica.

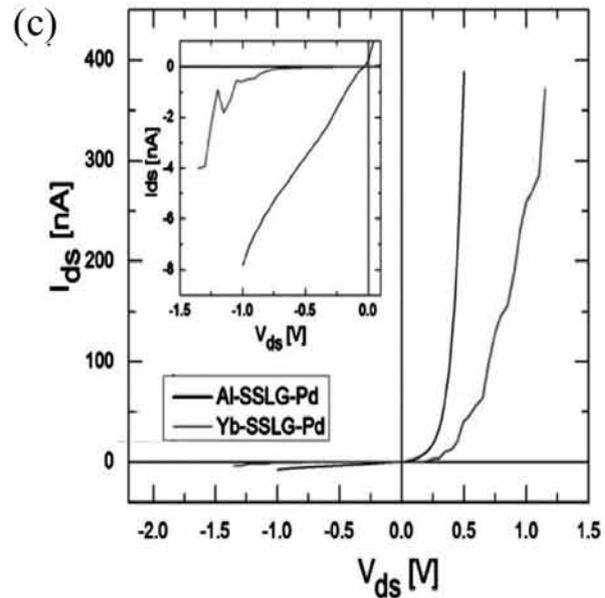
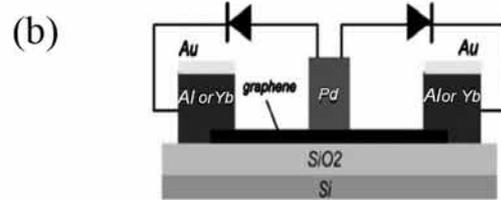
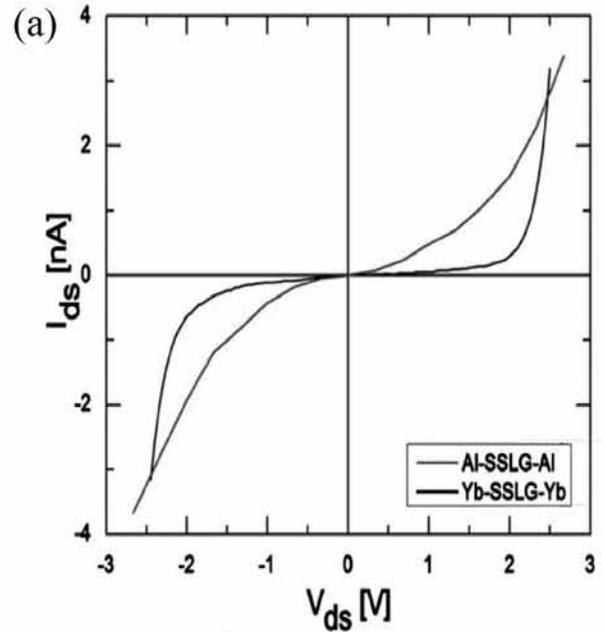
Em Sedra (2004) é reportada a fabricação de um dispositivo que tem o comportamento de diodos *Schottky* (CHUN-CHUNG, 2011; ISLAM, 2011), em que uma nanofita semicondutora de grafeno foi posta em contato com um eletrodo metálico. Tal estrutura foi obtida pela exposição controlada de uma camada de grafeno a um plasma de  $O_2$ . Tal tratamento de plasma faz-se necessário para obtenção da barreira *Schottky*, uma vez que o oxigênio reage com uma camada de grafeno, formando um composto levemente dopado (tipo-p). O artigo mostra também

o comparativo para o comportamento retificador de dispositivos feitos com eletrodos de Cr, Al, Yb cujas funções trabalho são 4,5, 4,1 e 2,6 respectivamente. Tanto a montagem experimental quanto as curvas IV são mostradas na Figura 4.



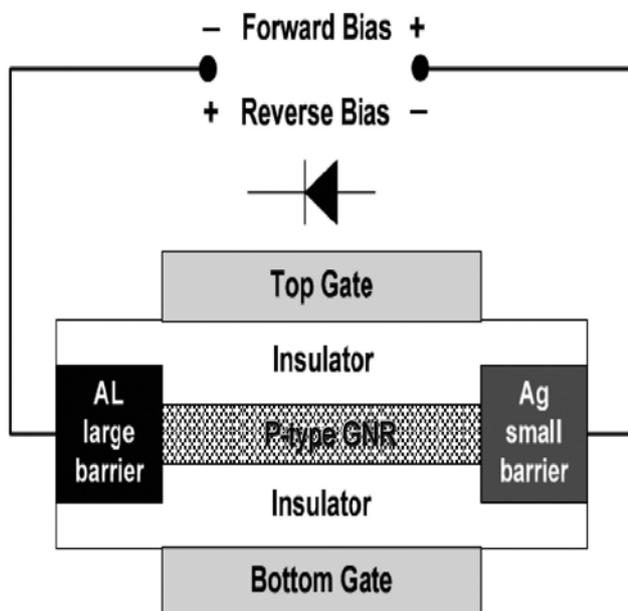
**Figura 4:** a) Figura ótica à luz branca e (b) a correspondente imagem obtida por espectroscopia fotoluminescente de uma fita de grafeno submetida ao tratamento de plasma de O<sub>2</sub>. c) curvas de IV para nanodispositivos à temperatura ambiente e contatos de Cr, com e sem o tratamento de O<sub>2</sub> (SLG e SSLG, respectivamente). No gráfico interno, têm-se as características para uma faixa de tensão de porta. Fonte: Xinming (2010).

O dispositivo Cr-SSLG-Cr pode ser modelado tendo em mente a conexão de dois transistores *Schottky* cuja barreira é formada por Cr, conectando os eletrodos negativos de ambos. A Figura 5b mostra um desenho esquemático dessa ligação para dispositivos com eletrodos de função trabalho menores. As características e comparativos de dispositivos formados por um diodo com eletrodos de Al e Yb e a Figura 5c mostra a característica para as barreiras Al-SSLG-Pd e Yb-SSLG-pd, respectivamente. Resultados que estão em concordância com Dawson (2011) e Tongay (2011).



**Figura 5:** a) Comparação para as curvas IV sob temperatura ambiente para dispositivos AL-SSGL-Al e Pd-SSGL-Pd. (b) Diagrama de diodos *Schottik* fabricados com eletrodos metálicos diferentes. (c) Comparação para as curvas IV para os dispositivos Al-SSLG-Pd e Yb-SSLG-Pd, onde o comportamento retificador é visível. No gráfico interno, há um detalhe do que ocorre entre os valores de 0,0 até -1,5. Fonte: Nourbakhsh (2010).

Outro dispositivo equivalente que apresenta comportamento de diodo *Schottky* é apresentado numericamente em Kargar (2009), em que uma nanofita semicondutora tipo-p é extremada por dois eletrodos metálicos em diferentes funções trabalho, Figura 6.



**Figura 6:** Representação esquemática de um diodo *Schottky* proposto a partir de uma nanofita semicondutora do tipo p, ladeado por dois eletrodos com funções trabalho diferentes, sendo que possuem tensões de porta aplicadas, para controlar as características retificadoras.

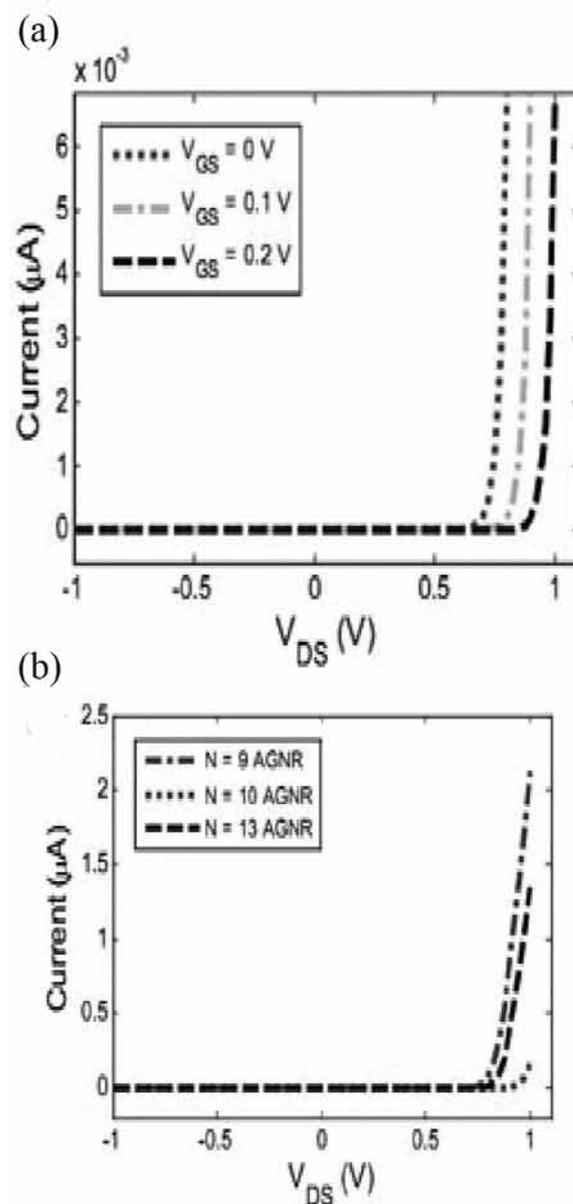
Fonte: Kargar (2009).

O dispositivo apresenta a possibilidade de variar a tensão de corte, variando a tensão no terminal de porta, como mostra a Figura 7a. Além disso, substituindo a fita de canal por uma fita de largura diferente (simbolizadas por diferentes valores de N), têm-se variações no potencial de corte, Figura 7b.

Tal característica, a qual não está presente em dispositivos microeletrônicos usuais, aliado a um comportamento retificador satisfatório, coloca o grafeno na posição de uma boa alternativa para a fabricação de diodos em escala nanométrica.

### 3 NANOTRANSISTORES BASEADOS EM NANOFITAS DE GRAFENO

Um transistor de efeito de campo (FET) é uma estrutura onde se têm dois eletrodos metálicos usualmente chamados de fonte (*source*) e dreno (*drain*) interconectados por um canal semicondutor, em que a resistência do material é controlada por

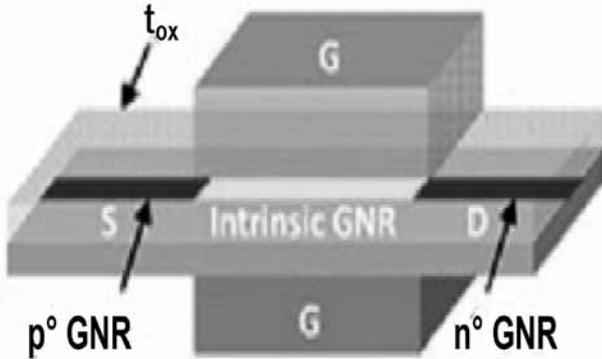


**Figura 7:** a) Curvas de IV para diodos *Schottky* cujo canal é fabricado com uma nanofita semicondutora de largura em torno de 1,2 nm, *gap* 1,1 eV e função trabalho igual a 4,6 eV. A tensão de *threshold* é variada de acordo com o potencial de porta aplicado, sendo a espessura do isolante igual a 2nm. b) Curvas de IV para fitas de diferentes larguras e com mesmo potencial de porta, igual a 0,1 V e espessura da camada isolante igual a 2nm. Fonte: Kargar (2009).

um terceiro eletrodo chamado porta (*Gate*) que é uma camada metálica, separada do canal (A nanofita) por uma camada de óxido ( $\text{SiO}_2$ , por exemplo). Os transistores baseados em nanofitas de grafeno possuem essencialmente a mesma estrutura (SCHWIERZ, 2011).

Em Jyotsna (2010) foi proposta a confecção de um nanotransistor formado por um canal de uma fita de

grafeno com terminação *armchair*, cujo comportamento é semicondutor e comprimento próximo de 30 nm. Os eletrodos são ligados a dois eletrodos com tipos diferentes de dopantes, formando materiais dos tipos *p* e *n*, como *fonte* e *dreno*, respectivamente. A passagem dos elétrons é controlada por uma tensão de porta aplicada no sentido perpendicular ao plano da fita, sendo este separado por uma camada dielétrica de  $t_{ox}=1,5$  nm. Como mostra a Figura 8.

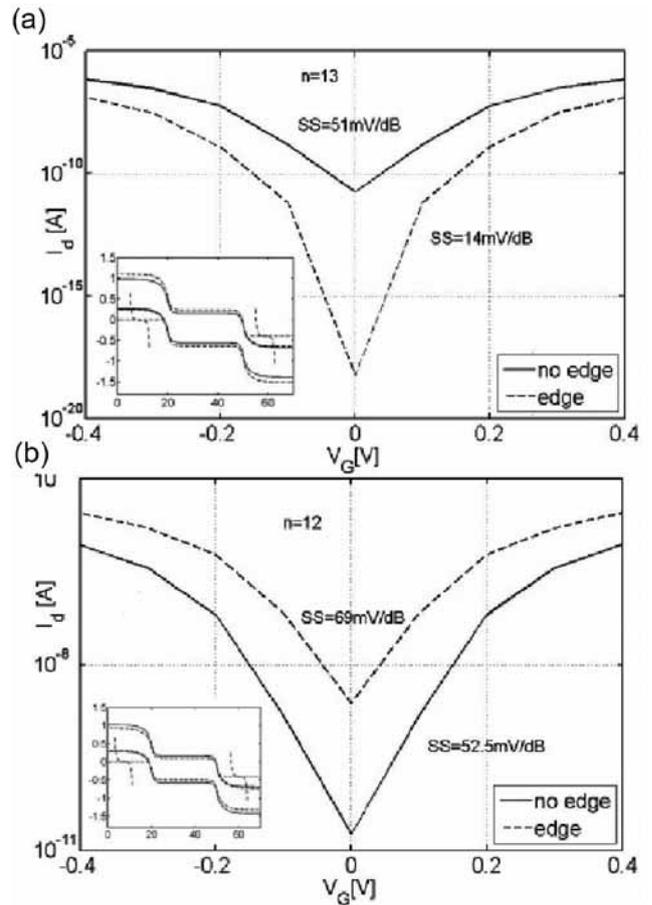


**Figura 8:** Representação esquemática de um nanotransistor composto de uma nanofita semicondutora, em geral com bordas *armchair* ligadas a dois eletrodos metálicos do tipo-p e tipo-n (obtidas através de dopagem). Há uma porta separada por uma distância,  $t_{ox}$ .  
Fonte: Jyotsna (2010).

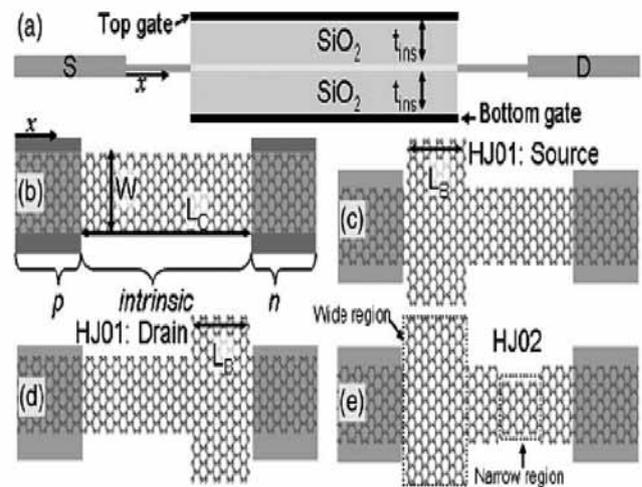
No eletrodo fonte, tem-se uma densidade de estados maior que no eletrodo *dreno*. Isso quer dizer que, enquanto este último (*dreno*) busca preencher os estados no interior do canal (injetando elétrons que se movem sob regime balístico), o primeiro (*fonte*) busca retirar os elétrons do canal, a fim de preencher seus próprios estados. Ao ser aplicada uma tensão de *bias*, essa diferença de estados acessíveis entre os terminais é mantida, o que mantém o circuito fechado.

Estrutura semelhante é utilizada em Sai-Kong (2010) para estudar os efeitos de uma faixa de valores para as larguras das fitas (o que influencia diretamente em seu *gap* de energia) e para um intervalo mais amplo de tensão de porta, cujas curvas características estão presentes na Figura 9.

Atualmente estão sendo estudados, também, nanotransistores baseados em canais nas quais se estabeleceu heterojunções, a fim de modelar o potencial no interior do mesmo e controlar o processo de tunelamento, servindo como uma maneira de fazer um análogo à engenharia de bandas. Tais heterojunções são apresentadas na Figura 10.

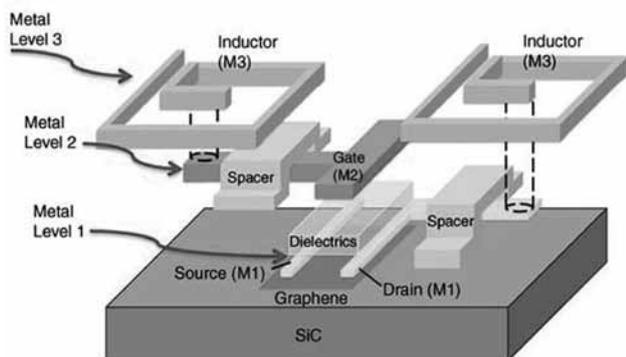


**Figura 9:**  $\log(I_D)$  vs. Tensão de Porta ( $V_G$ ) para o GNR FET de tunelamento para Tensão de Dreno  $V_D=0.4$ V e para (a)  $n=13$  AGNR e (b)  $n=12$  AGNR. Na presença de relaxação das ligações de borda (pontilhadas) e na ausência (linha sólida). Nos gráficos internos são mostrados os perfis de banda.  
Fonte: Jyotsna (2010).



**Figura 10:** Representação esquemática de FETs baseados em grafeno onde se estabeleceu heterojunções no canal.  
Fonte: Kai-Tak (2010).

Em junho de 2011, pesquisadores reportaram a construção de um circuito *RF mixer* baseado em nanotransistor de grafeno, no qual os componentes foram depositados sobre um wafer de carboneto de Silício (SiC) (YU-MING, 2011), como mostra a Figura 11.

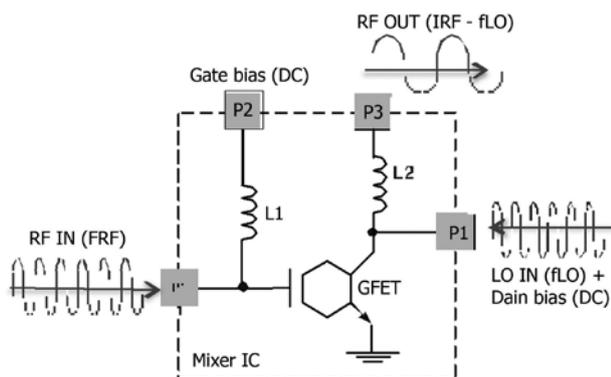


**Figura 11:** Figura esquemática mostrando a montagem do circuito misturador de RF baseado em grafeno.  
Fonte: Yu-Ming (2011).

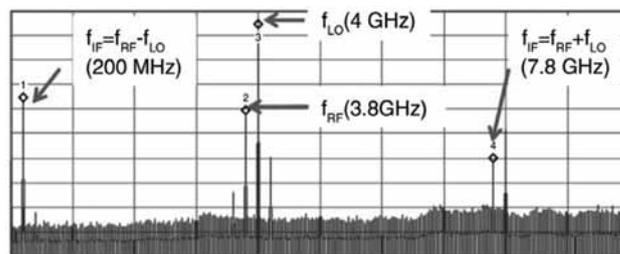
De acordo com Yu-Ming (2011), o circuito consiste em um transistor baseado em nanofita de grafeno e dois indutores sobrepostos em um substrato de SiC, totalizando uma dimensão abaixo de  $1\text{mm}^2$ .

A finalidade de tal circuito em microeletrônica é, essencialmente, a conversão de frequências, finalidade essa que, ainda segundo a literatura, é alcançada mesmo em escala nanométrica, com transistor baseado em grafeno.

A Figura 12 mostra um esquema de funcionamento do circuito, em que dois sinais de alta frequência (um sinal RF e um sinal oscilador local) são aplicados aos eletrodos porta e dreno do nanotransistor (P1 e P4) o qual é modulado pelas duas frequências e produz uma corrente de dreno que é composta das duas frequências de entrada. Já na Figura 13 tem-se o espectro de frequências de saída para sinais de entrada de 3.8 GHz em P1 e 4 GHz em P2.



**Figura 12:** Diagrama do circuito misturador de frequências RF. O FET de grafeno está representado pela estrutura hexagonal.  
Fonte: Yu-Ming (2011).



**Figura 13:** Espectro de saída para uma faixa entre 0 e 10GHz.  
Fonte: Geim (2007).

## CONCLUSÃO

Os dispositivos em escala nanométrica já são realidade. Contudo, para alcançar tal patamar, fez-se necessária uma mudança na abordagem de confecção de tais instrumentos. Ao invés de meramente “miniaturizar” os componentes, adotou-se uma abordagem de baixo para cima, que consiste em modelar as estruturas átomo por átomo, utilizando-se de ferramentas da Mecânica Quântica.

Para tanto, foi necessário quebrar o “paradigma do silício” e demais semicondutores usuais e ir à busca de novos materiais. O grafeno mostrou-se com características ideais para substituir os materiais convencionais de produção de dispositivos eletrônicos, permitindo a construção de componentes cada vez menores com características iguais ou superiores aos encontrados em microeletrônica.

A começar por estruturas simples na microeletrônica, o grafeno apresentou curvas características muito boas em relação às encontradas atualmente.

Os diodos baseados em grafeno apresentaram um bom comportamento retificador e tensão de cortes tão boas ou até melhores do que os encontrados na microeletrônica. Tais tensões, que podem variar de alguns centésimos de volts até valores de 2 ou 4, são controladas por mecanismos externos ao dispositivo, como a simples mudança na intensidade ou inclinação do campo elétrico aplicado no terminal de porta, ou a partir de mecanismos internos como a substituição do canal por uma fita de largura diferente.

Outros nanodispositivos estudados por este trabalho foram os transistores de efeito de campo baseados em grafeno (GFETS). Com uma estrutura semelhante à adotada nos diodos, os GFETS apresentam um comportamento muito semelhante aos FETs usuais da microeletrônica, com a vantagem de ser ajustável à aplicação pelas mesmas mudanças aplicadas nos diodos baseado em grafeno.

Por fim, foi mostrada uma aplicação real da capacidade de aplicação dos dispositivos baseados em grafeno em um circuito eletrônico misturador de canais de RF, cujo funcionamento se mostrou superior aos usuais, em uma escala nanométrica, mostrando que os dispositivos de grafeno já são realidade.

## REFERÊNCIAS

- YU, B.; SOHIER, T. Ultralow-voltage design of graphene PN junction quantum reflective switch transistor. **Applied Physics Lett**, New York, v. 98, p. 213104, 2011.
- BERGER, C. et al. Electronic confinement and coherence in patterned epitaxial grapheme. **Science**, New York, v. 312, p. 1191-1196, 2006.
- CHOUDHURY, M. R. et al. Graphene nanoribbon FETs: technology exploration for performance and reliability. **IEEE Transactions on Nanotechnology**, New Jersey, v. 10, n. 4, p. 727-736, 2011.
- CHUN-CHUNG, C. et al. Graphene-silicon schottky diodes. **Nano Letters**, Washington, v. 5, 2011.
- DATTA, S. **Quantum transport: atom to transistor**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2005.
- DAWSON, P. et al. The electrical characterization and response to hydrogen of Schottky diodes with a resistive metal electrode-rectifying an oversight in Schottky diode investigation. **Journal of Physics D**, Philadelphia, v. 44, 2011.
- GEIM, A. K.; MACDONALD, A. H. Graphene: exploring carbon flatland. **Physics Today**, New York, v. 60, p. 35-41, 2007.
- GEIM, A. K.; Novoselov, K. S. The rise of grapheme. **Nature Mater**, London, v. 6, p. 183-191, 2007.
- HEER, W. A. de et al. Pionics: the emerging science and technology of graphene-based nano-electronics. In: ELECTRON DEVICES MEETING TECH, 2007, [S.l.]. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 2007. p. 199-202.
- ISLAM, Muhammad R. et al. Schottky diode via dielectrophoretic assembly of reduced graphene oxide sheets between dissimilar metal contacts. **New Journal of Physics**, Philadelphia, v. 13, 2011.
- JYOTSNA, C.; JING, G. Atomistic simulation of graphene nanoribbon tunneling transistors. In: NANO-ELECTRONICS CONFERENCE (INEC), 3., 2010, Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong: IEEE, 2010. p. 200-201.
- KAI-TAK, L. et al. A simulation study of graphene-nanoribbon tunneling FET with heterojunction channel. **IEEE Electron Device Letters**, New Jersey, v. 31, 2010.
- KARGAR, A.; CHENGKUO, L. Graphene nanoribbon schottky diodes using asymmetric contacts. In: IEEE CONFERENCE ON NANOTECHNOLOGY, 9., 2009, Genoa. **Proceedings...** Genoa: IEEE, 2009. p. 243-245.
- KATSNELSON, M. **Graphene: carbon in two dimensions: materials today**. New York: Cambridge University Press, 2007.
- LOHMANN, T.; KLITZING, K. von; SMET, J. H. Four-terminal magneto-transport in graphene p-n junctions created by spatially selective doping. **Nano Letter**, Washington, v. 9, 2009.
- NOORDEN, R. V. Moving towards a graphene world. **Nature**, London, v. 442, p. 228-229, 2006.
- NOURBAKHSH, A. et al. Modified, semiconducting graphene in contact with a metal: characterization of the Schottky diode. **Applied Physics Letters**, Argonne, v. 97, 2010.
- NOVOSELOV, K. S. et al. Electric field effect in atomically thin carbon films. **Science**, New York, v. 306, p. 666-669, 2004.
- PEZOLDT, J.; HUMMEL, C.; SCHWIERZ, F. Graphene field effect transistor improvement by graphene-silicon dioxide interface modification. **Physica E**, Toronto, v. 44, 2011.
- REICH, S. Tight-binding description of graphene. **Physical Review B**, New York, v. 66, n. 3, 2002.
- SAI-KONG, C. et al. Device physics and characteristics of graphene nanoribbon tunneling FETs. **IEEE Transactions on Electron Devices**, New Jersey, v. 57, 2010.
- SCHWIERZ, F. Electronics: industry-compatible graphene transistors. **Nature**, London, v. 472, 2011.
- SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. **Microelectronic circuits**. 5th ed. Oxford: Oxford University, 2004. 1 CD-ROM.
- SON, Y. W.; COHEN, M. L.; LOUIE, S. G. Energy gaps in graphene nanoribbons. **Physical Review B**, New York, v. 97, n. 21, 2006.
- TONGAY, S. et al. Tuning Schottky diodes at the many-layer-graphene/ semiconductor interface by doping. **Carbon**, Toronto, v. 49, 2011.
- XINMING, L. et al. Graphene-on-silicon Schottky junction solar cells. **Advanced Materials**, Malden, v. 22, 2010.
- YU-MING, L. et al. Wafer-scale graphene integrated circuit. **Science**, New York, v. 332, n. 6035, p. 1294-1297, 2011.
- ZHANG, Y. et al. Experimental observation of the quantum Hall effect and Berry's phase in grapheme. **Nature**, London, v. 438, p. 201-204, 2005.

# Aproveitamento de águas pluviais: uma análise para o caso do Parque de Material Aeronáutico do Galeão<sup>1</sup>

Rainwater harvesting: an analysis for the case of the Aeronautical Material Park of Galeão

Aprovechamiento de aguas pluviales: un análisis para el caso del Parque de Material Aeronáutico de Galeão

1º Ten Eng Mayara Condé Rocha Murça  
Mestranda em Engenharia de Infraestrutura Aeroespacial  
Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA  
Divisão de Engenharia Civil - IEI  
São José dos Campos/SP - Brasil  
mayara@ita.br

Maj Eng Marcio Antonio da Silva Pimentel  
Doutor em Engenharia Química pela PEQ/COPPE/UFRJ e em Geomateriais pela UNIVERSITÉ PARIS-EST  
Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA  
Divisão de Engenharia Civil - IEI  
São José dos Campos/SP - Brasil  
pimentel@ita.br

Marcelo De Julio  
Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP/São Carlos  
Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA  
Divisão de Engenharia Civil - IEI  
São José dos Campos/SP - Brasil  
dejulio@ita.br

## RESUMO

Este trabalho objetiva desenvolver uma metodologia de avaliação do potencial de aproveitamento de águas pluviais das instalações militares do Comando da Aeronáutica. A partir do estudo de caso do Parque de Material Aeronáutico do Galeão, foi possível discutir a eficiência do pré-tratamento na melhoria de qualidade da água de chuva, criar parâmetros de projeto, aprimorar técnicas de dimensionamento e analisar a viabilidade técnico-econômica do aproveitamento de águas pluviais nessa organização militar. Assim, espera-se que a metodologia apresentada sirva de subsídio para a evolução de projetos nessa área, contribuindo para o amadurecimento de uma mentalidade sustentável e para a redução de gastos da União.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de águas pluviais. Comando da Aeronáutica. Sustentável. Qualidade da água.

Recebido / Received / Recebido  
11/07/12

Aceito / Accepted / Acepto  
14/11/12

<sup>1</sup> O presente artigo é a síntese de trabalho premiado pela Lâurea Lacaz Neto, como melhor trabalho de graduação do ITA (ano 2011).

## ABSTRACT

*This work intends to develop a methodology to evaluate the potential of rainwater harvesting in the context of Aeronautics Command plants. From the case study of the Aeronautical Material Park of Galeão, it was possible to discuss the efficiency of pretreatment in improving the rainwater quality, create design parameters, improve technical design and analyze the technical and economic feasibility of rainwater harvesting in this military organization. Thus, it is expected that this methodology will serve as input for the development of projects in this area, enabling the achievement of a sustainable mindset and a reduction of Union expenses.*

**Keywords:** Rainwater harvesting. Aeronautics Command. Sustainable. Water quality.

## RESUMEN

*Este trabajo tiene como objetivo desarrollar una metodología de evaluación del potencial de aprovechamiento de aguas pluviales de las instalaciones militares del Comando de Aeronáutica. A partir del estudio de caso del Parque de Material Aeronáutico de Galeão, fue posible discutir la eficiencia del pretratamiento en la mejoría de cualidad del agua de lluvia, crear parámetros de proyecto, perfeccionar técnicas de establecer las dimensiones y analizar la viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas pluviales en esa organización militar. Así, se espera que la metodología presentada sirva de base para la evolución de proyectos en ese área, contribuyendo para la madurez de una mentalidad sostenible y para la reducción de gastos de la Unión.*

**Palabras-clave:** Aprovechamiento de aguas pluviales. Comando de Aeronáutica. Sostenibilidad. Calidad del agua.

---

## INTRODUÇÃO

O descompasso atual entre a evolução da demanda e da oferta do recurso natural de importância vital e econômica para a sociedade, a água, é uma das maiores ameaças ao futuro das gerações. Ao mesmo tempo em que o crescimento populacional e o desenvolvimento da indústria geram demandas crescentes de água potável, o desperdício, a poluição industrial, urbana e agrícola e a escassez de saneamento são alguns dos fatores que acarretam a degradação dos corpos hídricos e, conseqüentemente, a redução da oferta de água de boa qualidade. Assim, verifica-se que uma mentalidade sustentável, voltada para a proteção dos recursos hídricos, deve ser adotada com urgência por toda a sociedade.

Para que efetivamente possa ser empregado um modelo de desenvolvimento sustentável, devem ser implementados conceitos de uso racional da água em duas direções: gestão da demanda e gestão da oferta. No que tange à gestão da demanda, as ações devem envolver a otimização do consumo e a redução do desperdício através da utilização de aparelhos hidráulicos mais eficientes, medição individualizada, entre outros. Por outro lado, no que diz respeito à gestão da oferta, pode-se falar do controle de qualidade e do aproveitamento de fontes alternativas, tais como a água pluvial e as águas cinzas.

O aproveitamento de águas pluviais não é um tema recente. Segundo Tomaz (2003), há exemplos clássicos que mostram que esse procedimento existe desde os primórdios da civilização, a saber: a Pedra Moabita, encontrada em uma região próxima a Israel e que continha gravações que sugeriam a captação de água pluvial, datando de 850 aC, e a Fortaleza dos Templários, na cidade de Tomar (Portugal), que foi construída em 1160 dC e era abastecida com água de chuva. No entanto, devido à preocupação global com a escassez dos recursos hídricos, esse tema passou a ganhar cada vez mais relevância no mundo científico. Atualmente, muitos países estão seriamente empenhados no desenvolvimento de pesquisas nessa área e na concessão de financiamentos para incentivar a construção de sistemas de captação de águas pluviais, como é o caso dos Estados Unidos, da Alemanha e do Japão.

No âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER), a grande quantidade de hangares e edificações com áreas de cobertura relevantes, existentes nas instalações militares por todo o país, revela um potencial animador para a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (MURÇA, 2011). Além disso, as próprias atividades

inerentes ao COMAER estendem o leque de opções de aplicabilidade desses sistemas, como: lavagem de pistas e pátios, lavagem de aeronaves e veículos, entre outros. Em consequência, é possível uma redução de gastos da União e a inserção de uma mentalidade voltada ao uso racional da água, integrando a Força Aérea Brasileira (FAB) ao desenvolvimento sustentável. Vê-se, então, que um estudo aprofundado sobre o aproveitamento de águas pluviais em instalações militares é indispensável para que projetos possam ser desenvolvidos nessa área futuramente.

Portanto, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um estudo de viabilidade técnica e econômica do aproveitamento de águas pluviais, aplicável a organizações do Comando da Aeronáutica, a partir do estudo de caso do Parque de Material Aeronáutico do Galeão. Para tal, foi necessário realizar um levantamento de dados nessa organização militar, analisar a qualidade da água pluvial com e sem pré-tratamento, desenvolver uma metodologia de projeto e, finalmente, analisar a viabilidade econômica do aproveitamento em comparação ao uso da água fornecida pela concessionária.

## **1 REVISÃO DA LITERATURA**

### **1.1 LEGISLAÇÃO VIGENTE**

Para a concepção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em instalações do COMAER, o conhecimento sobre os aspectos legais que embasam tais projetos é imprescindível. No Brasil, diretrizes para o aproveitamento de água pluvial foram apresentadas pela primeira vez no Manual de Conservação e Reúso de Águas em Edificações (BRASIL; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005), que propõe uma metodologia para a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e define padrões de qualidade em função de quatro classes de reúso da água. Apenas em 2007, foi publicada uma norma brasileira diretamente relacionada ao tema, a NBR 15527 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), que trata do aproveitamento de água de chuva proveniente do escoamento superficial em coberturas em áreas urbanas, exclusivamente para fins não potáveis.

A disseminação dos conceitos de gerenciamento eficiente dos recursos hídricos levou municípios e estados a instituírem leis específicas, com recomendações e/ou obrigatoriedades, no que diz respeito à captação de água pluvial, voltadas ao seu consumo e à minimização de enchentes, como é o caso de Rio de Janeiro, Curitiba, entre outros.

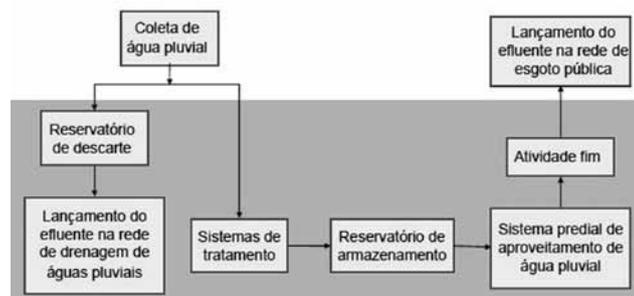
Finalmente, a Instrução Normativa nº 01 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, de 19 de janeiro de 2010 (BRASIL, 2010), representa um marco da internalização dos conceitos de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços e obras por parte dos órgãos e entidades da administração pública federal, já que os mesmos passaram a constituir uma exigência legal. Recentemente, o Decreto Federal nº 7.746, de 5 de junho de 2012 (BRASIL, 2012), complementa essa instrução, estabelecendo critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal.

A discussão acerca do aproveitamento de água de chuva, para fins potáveis e não potáveis, também exige o conhecimento de outros instrumentos legais, como a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a), que trata do padrão de potabilidade da água, a NBR 12216 da ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), que estabelece diretrizes para o tratamento de água de abastecimento, e a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – (BRASIL, 2005), que trata da classificação dos corpos d'água e das diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

### **1.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais pode ser resumido conforme o esquema apresentado na Figura 1. A qualidade da água pluvial é um fator determinante para a especificação dos procedimentos necessários antes do aproveitamento dessa fonte alternativa. Ela resulta da incorporação de substâncias presentes na atmosfera quando da precipitação, bem como do escoamento superficial em coberturas e solos, variando, portanto, devido a uma série de fatores: localização geográfica, condições meteorológicas, tipo e ocupação do solo, intensidade e duração da precipitação, período entre precipitações consecutivas, tipo de material da cobertura, entre outros. Dependendo da qualidade

da água pluvial avaliada e da aplicabilidade desejada para a mesma, um determinado tipo de tratamento é requerido.



**Figura 1** – Esquema de um sistema de aproveitamento de águas pluviais

**Fonte:** Adaptado do Manual de Conservação e Reúso de Águas em Edificações (BRASIL; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005)

O descarte da precipitação inicial (*first flush*) é internacionalmente reconhecido como a primeira forma de redução da carga de contaminação em sistemas de aproveitamento de água pluviais (MARTINSON; THOMAS, 2005). Apesar disso, não há um acordo sobre qual o volume ótimo de escoamento inicial a ser descartado em virtude da variabilidade dos fatores intervenientes. A NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) recomenda, na falta de dados, o descarte de 2 mm do escoamento inicial. Martinson e Thomas (2005) recomendam valores que variam entre 0 e 8,5 mm, tendo em vista a turbidez média inicial e a turbidez desejada. Segundo a *American Rainwater Catchment Systems Association* (2009), devem ser adotados preferencialmente valores de 0,5 mm, 2,0 mm e 8,0 mm para locais com contaminação baixa, média e alta, respectivamente. Dessa forma, pode-se observar que a realização de análise experimental é a melhor opção para que se defina o *first flush* em um projeto.

Em geral, após o descarte da precipitação inicial, a água de chuva deve ser submetida a outros sistemas de tratamento para garantir o atendimento ao padrão de qualidade exigido para o aproveitamento, como mostra a Figura 1. A eficiência requerida para esse tratamento depende da qualidade da água após o descarte inicial, bem como da aplicabilidade desejada. May (2009) investigou a utilização de filtros de areia de alta taxa (sem coagulante) e desinfecção com hipoclorito de sódio para tratamento da água de chuva, obtendo redução de 62% de cor aparente, 75,7% de turbidez, 100% de coliformes totais e de coliformes termotolerantes, o que viabilizaria

o consumo para fins não potáveis de acordo com os requisitos da NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). Murakami (2010) analisou o tratamento da água de chuva por meio de filtração direta com emprego de filtro de pressão e aplicação de solução de amido natural de milho como coagulante primário. Os resultados experimentais indicaram que, com o sistema implantado, foi possível reduzir o descarte do escoamento inicial em cerca de 85%, como também obter reduções médias de 30%, 54% e 30% para cor aparente, turbidez e coliformes termotolerantes, respectivamente. No entanto, nenhum parâmetro resultou em conformidade com a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), revelando a necessidade de aprimorar o sistema, seja pela investigação de outras taxas de filtração ou de meios filtrantes, e de realizar a desinfecção. Assim, verifica-se que a análise experimental da eficiência do tratamento também deve ser realizada antes de sua implementação.

No que diz respeito à utilização da água de chuva para fins potáveis, tratamentos mais sofisticados são necessários, uma vez que é preciso atender ao padrão de potabilidade, conforme previsto na Portaria nº 2.914 (BRASIL, 2011a). Para isso, tornam-se necessárias análises laboratoriais mais complexas, com pesquisas de organismos patógenos, a fim de assegurar que a água de chuva aproveitada não causará riscos à saúde humana.

O projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais não consiste apenas na determinação do sistema de tratamento via análise experimental, mas também no dimensionamento de toda a rede (calhas, condutores, reservatórios, sistemas de bombeamento e do sistema de tratamento em si). Esse dimensionamento afeta diretamente a viabilidade econômica do projeto e, por isso, a otimização sempre deve ser almejada. Em geral, o reservatório de armazenamento é o elemento mais caro do sistema em função de suas dimensões. Ao mesmo tempo, seus métodos de dimensionamento são empíricos e baseados em experiências internacionais, como aqueles citados pela NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007): Método Azevedo Neto, Método de Rippl, Método da Simulação, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Dessa forma, verifica-se a necessidade de desenvolvimento de ferramentas mais aprimoradas de dimensionamento que incluam técnicas de otimização.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para discutir o aproveitamento de águas pluviais no contexto das instalações do Comando da Aeronáutica, utilizou-se como estudo de caso o Parque de Material Aeronáutico do Galeão (PAMA-GL). Assim, o trabalho desenvolvido foi dividido em três etapas principais:

- levantamento de dados do PAMA-GL;
- caracterização da qualidade da água pluvial; e
- dimensionamento do sistema de aproveitamento.

O levantamento de dados do PAMA-GL teve como objetivo a obtenção de informações indispensáveis à análise. Primeiramente, foi realizado o levantamento do perfil de consumo de água dessa organização militar (OM). Por meio de dados da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), no período de 2004 a 2010, foi possível obter o histórico de consumo de água potável. A análise da rotina no PAMA-GL permitiu identificar potenciais atividades consumidoras de água pluvial e balizar a previsão de consumo diário. Por sua vez, a análise do plano diretor e o levantamento das dimensões das edificações viabilizaram a definição do posicionamento do reservatório de águas pluviais e a escolha de edificações para o aproveitamento. Nesse último caso, utilizou-se a metodologia do Processo de Análise Hierárquica (SAATY, 1991). Finalmente, para a obtenção do histórico de precipitações, consultou-se o Banco de Dados Climatológicos do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), onde foi possível obter os dados diários de precipitação da Estação Meteorológica do Galeão no período de 2004 a 2010 (BRASIL, 2011b).

A caracterização da qualidade da água pluvial foi desenvolvida para cinco valores de *first flush* (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 5,0 mm), com o objetivo de determinar parâmetros de projeto (volume de precipitação inicial a ser descartado e eficiência requerida para o pós-tratamento). Para isso, foi necessário definir o ponto de coleta de água pluvial, o método de coleta e as análises físico-químicas e microbiológicas. A definição do ponto de coleta foi feita com base nos resultados da avaliação do potencial de aproveitamento das edificações da OM e exigiu análise das plantas baixas das redes de água pluvial existentes e inspeções *in loco*. O desenvolvimento do método de coleta requereu a construção de um aparato experimental (pluviômetro e aparato para recolhimento da água) que viabilizasse a coleta para os respectivos valores de descarte de

escoamento inicial de precipitação. Assim, para cada dia de precipitação, amostras de água de chuva em escoamento na tubulação da caixa de areia (ponto de coleta) eram coletadas nos instantes em que a lâmina d'água atingia as marcações pré-definidas no pluviômetro, posicionado, previamente, em local aberto. Por fim, a armazenagem e a preservação das amostras foram realizadas de acordo com a NBR 9898 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987).

A determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos a serem analisados foi feita após extensa revisão bibliográfica sobre os parâmetros de qualidade da água e sobre a legislação vigente, considerados os objetivos do trabalho e a disponibilidade de laboratórios. Assim, foram realizadas as seguintes análises: turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH, cloreto, fluoreto, nitrato, sulfato, fosfato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e coliformes termotolerantes. Todos os ensaios foram realizados no laboratório do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA) da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP) – unidade técnico-científica da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) – e seguiram os procedimentos preconizados no manual *Standard methods for the examination of water and wastewater* (CLESCERI; GREENBERG; EATON, 1999).

Após o levantamento de dados e a caracterização da qualidade da água pluvial, foi realizado o dimensionamento dos elementos do sistema de aproveitamento de águas pluviais com o uso de métodos hidráulicos consagrados. Para o reservatório de acumulação, desenvolveu-se novo método de dimensionamento baseado na resolução de problemas de programação matemática para minimizar o custo no ciclo de vida por meio de ferramentas da pesquisa operacional (TAHA, 2008). Assim, foi desenvolvida uma planilha de dimensionamento, utilizando-se *Visual Basic for Applications* (VBA), em que, a partir de alguns parâmetros de entrada, pode-se obter o volume do reservatório que minimiza o valor presente da opção de captação de água de chuva. O detalhamento desse método é apresentado por Murça (2011) e Murça, De Julio e Pimentel (2011).

Por fim, como foi feita uma previsão de demanda de água de chuva, considerando o perfil de consumo de água do PAMA-GL, decidiu-se realizar uma análise de sensibilidade das métricas econômicas com relação à demanda. Considerando-se possíveis

cenários de aumento (25 e 50%) e redução (25 e 50%) de demanda ( $24,8 \text{ m}^3$ ) para o mesmo volume de reservatório obtido ( $199 \text{ m}^3$ ), foram calculados o valor presente do sistema de aproveitamento de águas pluviais, o valor presente da opção de utilização de água da concessionária, a economia anual com consumo de água potável e o *payback*.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DO PAMA-GL

Considerando as atividades potenciais de lavagem de aeronaves, descargas em bacias sanitárias e lavagem de peças, pátios e viaturas, obteve-se uma previsão de consumo diário de água pluvial de  $24,8 \text{ m}^3$  para o PAMA-GL após a quantificação do consumo de cada uma delas. No emprego da metodologia do Processo de Análise Hierárquica, foram escolhidas para o aproveitamento as edificações H001 e H003 (dois hangares de manutenção de aeronaves), mostradas na Figura 2. É válido observar que os atributos considerados no Processo de Análise Hierárquica

foram a área em planta da edificação (quanto maior a área, maior o volume de chuva aproveitável) e a distância da mesma em relação ao reservatório de águas pluviais (quanto menor a distância, menor o custo do sistema de aproveitamento). A Tabela 1 apresenta os resultados da análise do potencial de aproveitamento das edificações do PAMA-GL.

Como se pode observar, os hangares H001 e H003 obtiveram as maiores pontuações. O hangar H004 não foi mostrado na Figura 2, devido ao fato de o mesmo ainda não existir fisicamente, apenas em projeto. Cabe ressaltar ainda que, no caso do PAMA-GL, a escolha de duas edificações (H001 e H003) foi fundamental para atender à demanda estimada de água não potável e que, na maioria dos projetos de aproveitamento de águas pluviais, utiliza-se apenas uma edificação por questões patrimoniais. Portanto, o Processo de Análise Hierárquica foi essencial para o caso estudado, podendo ser estendido para a maior parte das organizações militares do COMAER, que possuem edificações extensas com consideráveis coberturas em grandes áreas patrimoniais.



**Figura 2:** Principais edificações do PAMA-GL.  
**Fonte:** Murça (2011).

**Tabela 1:** Resultado final da aplicação do Processo de Análise Hierárquica.

Edificação	Pontuação final
H 001	0,570
H 003	0,159
D 001	0,147
H 004	0,086
H 002	0,038

Fonte: Murça (2011).

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

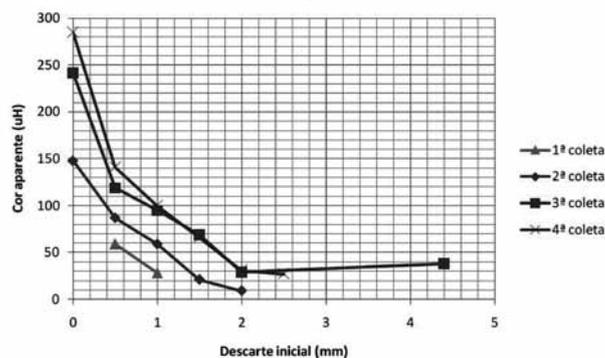
No que diz respeito à caracterização, foram realizadas quatro coletas de amostras de água de chuva nos meses de maio, junho e julho de 2011. Não foi possível obter amostras para o descarte de 5,0 mm, uma vez que, ao término da precipitação nos quatro dias considerados, foram atingidas apenas as seguintes alturas pluviométricas: 1,5 mm, 2,0 mm, 4,4 mm e 2,5 mm. Verificou-se que o descarte do escoamento inicial efetivamente contribuiu para a redução dos valores de turbidez e cor aparente, como mostram as Figuras 3 e 4, sobretudo nos primeiros milímetros (descarte inicial menor que 1,5 mm). Observou-se que, para descartes de 0,5 mm, 1,0 mm, 1,5 mm e 2,0 mm da precipitação inicial, foram obtidas as reduções médias de turbidez de 59%, 76%, 88% e 91% e reduções médias de cor aparente de 49%, 62%, 77% e 90%, respectivamente.

Essas reduções mostraram-se próximas ao que é encontrado na literatura da área. Por exemplo, Doyle e Shanahan (2010) obtiveram valores médios de redução de turbidez de 40% e de 73% para descartes de 0,5 mm e 1,0 mm, respectivamente, em um experimento com coletas de água pluvial proveniente de coberturas residenciais em Bisate, Ruanda, e propuseram a recomendação de 1 mm de *first flush* após três dias consecutivos sem chuva. Despins, Farahbakhsh e Leidl (2009) obtiveram diferenças nos valores finais de turbidez e de cor menores que 15% para a água de chuva tratada com filtração ou apenas com *first flush* de 1 mm em um experimento na cidade de Guelph, no Canadá.

Apesar de a literatura amplamente tratar o *first flush* como técnica efetiva para reduzir a carga de contaminantes da água de chuva, trabalhos que avaliem quantitativamente o efeito do descarte da precipitação inicial sobre a qualidade da água pluvial são raros. Pela análise do pH, observou-se que a água de chuva apresenta natureza ácida, revelando a necessidade de ser realizada correção de pH antes do seu aproveitamento. O *first flush* também contribuiu para a redução do teor de matéria orgânica e os valores de DBO obtidos podem ser considerados baixos, estando sempre inferiores a 10 mg/L.

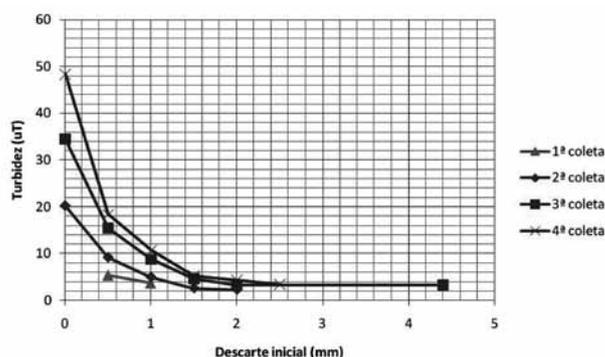
O comportamento dos parâmetros microbiológicos coliformes totais e coliformes termotolerantes mostrou-se bastante irregular, o que pode ser explicado pelo fato de a contaminação microbiológica ser muito sensível ao trajeto realizado pela água de chuva, desde o telhado até o ponto de coleta de amostras, e ao próprio método de coleta. Além disso, devido à presença de coliformes em quase todas as amostras e à necessidade de manutenção de cloro residual na água não potável, o tratamento da água pluvial deve incluir desinfecção.

Segundo o Relatório Anual da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2009), o Parque de Material Aeronáutico do Galeão está localizado na sub-região III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que apresenta maior nível de poluição atmosférica do estado. O relatório afirma ainda que essa região possui a segunda maior concentração de fontes emissoras de poluentes do país e possui sérios problemas de poluição do ar. O relatório destaca que, no período de maio a setembro, devido à atuação dos sistemas de alta pressão que dominam a região, ocorrem com frequência situações de estagnação atmosférica, o que agrava os índices de poluição. Portanto, o período da coleta e a localização do PAMA-GL justificam a considerável redução de cor aparente e de turbidez em função do descarte inicial (Figuras 3 e 4).



**Figura 3:** Gráfico de cor aparente para cada descarte inicial considerado.

Fonte: Murça (2011).



**Figura 4:** Gráfico de turbidez para cada descarte inicial considerado.

Fonte: Murça (2011).

Considerando os resultados da caracterização, concluiu-se que, se adotado um descarte de 1,5 mm, faz-se necessário especificar um tratamento para reduzir a cor aparente em 78,2% e a turbidez em 61% para que o aproveitamento para fins não potáveis possa ser realizado, de acordo com a NBR 15527 da ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), já que a mesma preconiza valores menores que 15 uH e 2 uT. Se adotado um descarte de 2,0 mm, as reduções de cor aparente e de turbidez devem ser de 52% e 53%, respectivamente. Ainda, devem ser realizadas correção de pH e desinfecção. Cabe ressaltar também que os oxidantes normalmente usados para desinfecção (hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio) possuem caráter básico, ou seja, a introdução dos mesmos elevará o pH da água, reduzindo e podendo até eliminar a necessidade de correção de pH.

Por fim, concluiu-se que a água de chuva resultante do pré-tratamento de descarte inicial de 1,5 mm e 2,0 mm enquadra-se na classe B, de acordo com a NBR 12216 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) e, com correção de pH, enquadra-se na classe 1, de acordo com a Resolução nº 357 (BRASIL, 2005), revelando um potencial animador para a realização do aproveitamento para fins potáveis. Esse potencial está relacionado ao fato de que o tratamento para potabilizar águas classe B deve ser composto por desinfecção, correção de pH e filtração e/ou decantação, sem necessidade de coagulação, e de que águas classe 1 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, ou seja, também sem necessidade de coagulação.

### 3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Após a determinação das edificações para o aproveitamento e a realização da caracterização, foi possível projetar o sistema de aproveitamento de águas pluviais do PAMA-GL. Assim, foram dimensionados o reservatório de acumulação, o reservatório de autolimpeza (considerando um descarte de 1,5 mm), as calhas, os condutores verticais e horizontais, o sistema elevatório e as unidades de tratamento. O reservatório de acumulação foi dimensionado com o novo método proposto, que se baseia na minimização do custo no ciclo de vida do sistema, e obteve-se uma redução de 48%, 68%, 14% e 53% no valor presente da opção de captação de água de chuva quando comparado ao Método de Rippl, ao Método Azevedo Neto, ao Método Prático

Alemão e ao Método Prático Inglês, respectivamente. O reservatório de autolimpeza projetado foi do tipo reservatório provido de orifício para descarte do *first flush*, o qual é encaminhado para a rede de águas pluviais existente. As unidades de tratamento consistiram em filtros comerciais sob pressão e cloradores por contato para a realização da filtração e da desinfecção, respectivamente. É válido observar que foram analisados outros tipos de tratamento, como a filtração lenta e as mantas de geotêxtil, mas eles se mostraram menos atrativos econômica e/ou tecnicamente. Os demais elementos do sistema foram dimensionados de acordo com a NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989).

Uma vez dimensionado o sistema, foi desenvolvida uma estimativa de custos considerando os relatórios de insumo e de serviços de setembro de 2011, para o estado do Rio de Janeiro, disponibilizados pela Caixa Econômica Federal (2011), conforme o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Assim, obteve-se que o valor presente do sistema de aproveitamento de águas pluviais ( $VPR_{\text{chuva}}$ ) do PAMA-GL é de R\$ 1.319.995,36 para um período de análise de 20 anos. É válido observar que esse valor engloba um custo anual estimado de operação e manutenção do sistema correspondente a 6% do custo do reservatório, conforme recomendado por Tomaz (2003). Apesar disso, deve-se ressaltar a importância da realização de estudos de tratabilidade para a determinação precisa dos custos de operação e manutenção.

Por outro lado, tem-se que o valor presente da opção de utilização de água da concessionária ( $VPR_{\text{concessionária}}$ ) para atender à demanda de projeto, considerando o mesmo período de análise, é de R\$ 1.414.819,77. Como esse valor é maior que o anterior, concluiu-se que o sistema de aproveitamento é viável economicamente. Cabe ressaltar que o processo de análise hierárquica e o método proposto de dimensionamento de reservatório foram relevantes na tomada de decisão a julgar pela pequena diferença encontrada entre os valores presentes (6,7%). Obteve-se também que o *payback* é de 3,7 anos e que a redução de consumo de água potável é de 4.718,19 m<sup>3</sup>, o que totaliza uma economia anual de R\$ 56.618,31 para um nível de confiança de 95%. Isso significa que, uma vez mantido o padrão histórico de precipitação, apenas em 5% dos casos a redução de consumo de água potável e a economia anual seriam menores que o esperado.

Por fim, os resultados de análise de sensibilidade das métricas econômicas com relação à demanda são apresentados na Tabela 2. Observa-se que a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais é viável para todos os cenários analisados. O máximo *payback* obtido foi de 5,3 anos e, à medida que se aumentou a demanda, esse resultado foi diminuindo, tendendo a uma estabilização em torno de 3 anos, em virtude do limite de capacidade do reservatório. De fato, uma vez fixado o volume do reservatório, o *payback* tende a diminuir se a demanda de água potável aumenta, uma vez que o *overflow* positivo, resultante do balanço de massa para a demanda estimada, pode agora ser utilizado para suprir o incremento de demanda. É válido observar que o *payback* é obtido pelo quociente entre o custo de implantação do reservatório e o custo do volume de água da concessionária, substituída por água pluvial, e não considera, portanto, o suprimento de água potável necessário quando o reservatório de água pluvial não é capaz de atender à demanda projetada.

Por outro lado, como o volume do reservatório é finito, há um limite no total de água potável que pode ser substituído por água pluvial, o que justifica a tendência de estabilização do *payback* para níveis de demanda maiores. O menor *payback* de um sistema com reservatório com capacidade pré-estabelecida está associado, portanto, a um nível de *overflow* igual a zero. Para um entendimento aprofundado sobre o balanço de massa e sobre as métricas econômicas utilizadas no método proposto para o dimensionamento de reservatório de água pluvial, sugere-se consultar Murça (2011).

## CONCLUSÕES

O aproveitamento de águas pluviais insere-se no contexto sustentável do uso racional da água no que diz respeito à gestão da oferta e ao aproveitamento de fontes alternativas. As dimensões das edificações existentes nas organizações do Comando da Aeronáutica, bem

como as atividades inerentes ao meio militar, revelam um potencial animador para o aproveitamento de água pluvial, ação que contribui para o amadurecimento de uma mentalidade sustentável e para a redução de gastos da União.

Por meio do estudo de caso do PAMA-GL, foi possível estudar a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento nessa organização e criar uma metodologia capaz de auxiliar a expansão de projetos nessa área. Por meio da caracterização da água pluvial, mostrou-se que a técnica do *first flush* é realmente eficiente como forma de pré-tratamento, uma vez que foi responsável por redução acentuada dos valores de turbidez, cor e DBO e que, se adotado um descarte de 1,5 mm de precipitação inicial, o aproveitamento para fins não potáveis pode ser realizado após tratamento que reduza a cor aparente em 78,2% e a turbidez em 61% e que promova correção de pH e desinfecção.

Os resultados indicaram ainda que a água de chuva analisada enquadra-se na classe B, de acordo com NBR 12216 da ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), e na classe 1, de acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), revelando potencial para o aproveitamento para fins potáveis. Contudo, ressalta-se a necessidade de serem efetuadas análises químicas complementares em sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis que estejam em funcionamento.

No que diz respeito ao dimensionamento do sistema, verificou-se que a aplicação da pesquisa operacional no dimensionamento do reservatório de acumulação permitiu a obtenção de volumes menores quando comparados aos métodos tradicionais, ampliando, assim, a viabilidade econômica do projeto. Por fim, concluiu-se que a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no PAMA-GL é viável economicamente para cinco cenários de demanda e que, utilizando-se a água de chuva para atividades como lavagem de aeronaves, peças, pátios e viaturas e descargas em bacias sanitárias, é possível uma redução significativa do consumo de água potável anual.

**Tabela 2:** Análise de sensibilidade das métricas econômicas em relação à demanda.

<b>Demanda</b>	<b>VPR<sub>CHUVA</sub> (R\$)</b>	<b>VPR<sub>CONCESSIONÁRIA</sub> (R\$)</b>	<b>Economia anual (R\$)</b>	<b>Payback (anos)</b>
<b>Estimada</b>	<b>1.319.995,36</b>	<b>1.414.819,77</b>	<b>56.618,31</b>	<b>3,7</b>
<b>50% menor</b>	<b>633.965,36</b>	<b>707.409,89</b>	<b>39.098,51</b>	<b>5,3</b>
<b>25% menor</b>	<b>924.605,89</b>	<b>1.061.114,84</b>	<b>48.757,36</b>	<b>4,2</b>
<b>25% maior</b>	<b>1.549.657,45</b>	<b>1.768.524,72</b>	<b>61.343,60</b>	<b>3,4</b>
<b>50% maior</b>	<b>1.881.478,65</b>	<b>2.122.229,67</b>	<b>64.684,99</b>	<b>3,2</b>

Fonte: Murça (2011).

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**: projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: 1989.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005.
- AMERICAN RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS ASSOCIATION. **Rainwater catchment design and installation standards**. Austin: ARCSA, 2009. Disponível em: <[http://www.harvesth2o.com/adobe\\_files/ARCSA\\_Rainwater%20Code.pdf](http://www.harvesth2o.com/adobe_files/ARCSA_Rainwater%20Code.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 mar. 2005.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 jan. 2010. Seção 1, p. 40-41.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011a.
- BRASIL. Instituto de Controle do Espaço Aéreo. **Dados climatológicos do aeroporto do Galeão**. São José dos Campos: ICEA, 2011b.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Decreto Federal nº 7.746, de 05 de junho de 2012. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 jun. 2012.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI**: índices da construção civil. Rio de Janeiro: CAIXA, 2011. Disponível em: <[http://www1.caixa.gov.br/gov/gov\\_social/municipal/programa\\_des\\_urbano/SINAPI/](http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/)>. Acesso em: 02 out. 2011.
- CLESCERI, L.; GREENBERG, A.; EATON, A. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. New York: American Water Works Association; American Public Health Association; Water Environment Federation, 1999.
- DESPINS, C.; FARAHBAKHS, K.; LEIDL, C. Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada. **Journal of Water Supply: Research and Technology: AQUA**, London, v. 58, n. 2, p. 117-134, 2009.
- DOYLE, K.; SHANAHAN, P. The impact of first flush removal on rainwater quality and rainwater harvesting systems' reliability in rural Rwanda. In: **WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS**, 2010, Providence, Rhode Island. **Anais...** Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers, 2010.
- MARTINSON, D. B.; THOMAS, T. H. Quantifying the first flush phenomenon. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAIN WATER CATCHMENT SYSTEMS**, 12., 2005, Nova Deli. **Proceedings...** Warwick: International Rainwater Catchment Systems Association, 2005.
- MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado)—Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MURAKAMI, M. **Avaliação do desempenho de uma unidade em escala real para tratamento de água pluvial empregando a filtração rápida por meio de filtro de pressão e amido natural de milho como coagulante primário**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado)—Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- MURÇA, M. C. R. **Aproveitamento de águas pluviais em instalações militares do Comando da Aeronáutica: aplicação ao caso do PAMA-GL**. 2011. 138 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)—Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- MURÇA, M. C. R.; DE JULIO, M.; PIMENTEL, M. A. S. Novo método para dimensionamento de reservatórios em sistemas de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso em uma instalação aeroportuária militar. In: SOUSA JÚNIOR, W. C.; RIBEIRO, E. N. **Uso eficiente de água em aeroportos**. São Carlos: RiMa, 2011, v. 1, p. 135-148.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório anual da qualidade do ar do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: INEA, 2009.
- SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.
- TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2003.

# Aeronáutica, Força Aérea ou Comando da Aeronáutica?

Aeronautics, Air Force or Aeronautics Command?

¿Aeronáutica, Fuerza Aérea o Comando de Aeronáutica?

Cel Av R1 Flavio Neri Hadmann Jasper  
Doutor em Ciências Aeroespaciais  
Universidade da Força Aérea (UNIFA)  
Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica (SEFA) - Assessoria Especial e Econômica (AESPE)  
Brasília/DF- Brasil  
fnhjasper@gmail.com

## RESUMO

O propósito deste artigo é investigar a correlação entre as palavras Aeronáutica, Força Aérea e Comando da Aeronáutica, sua aplicação nos diversos documentos da instituição e o modo como o seu sentido influencia os conceitos ligados à política, estratégia e planejamento. Observa-se que, de maneira geral, os interlocutores, sejam eles os próprios integrantes da Força Armada, da área acadêmica ou mesmo da imprensa escrita, usam essas palavras como tendo o mesmo sentido em qualquer contexto. Para analisar esse fato, o artigo utilizou o método indutivo, cujos meios de investigação principais foram a pesquisa bibliográfica e documental. O resultado da pesquisa observou que apesar de utilizadas como sinônimas, seu sentido real varia, influenciando o teor dos documentos oficiais, demonstrando a necessidade de se adequar o uso de cada uma delas ao seu contexto.

**Palavras-chave:** Força Aérea. Correlação. Contexto. Aeronáutica.

Recebido / Received / Recebido  
19/06/12

Aceito / Accepted / Acepto  
29/11/12

## ABSTRACT

*This article's purpose is to investigate the correlation between the words Aeronautics, Air Force and Aeronautics Command, their use in the institution's documents and how their meaning affects the concepts of Politics, Strategy and Planning. It is possible to verify, in many aspects, that the press, scholars in the academic field and even the military personnel of the Air Force use those words as they have similar meaning independently of the context. To verify this fact, the investigation will use the inductive method, whose main means of investigation where the bibliographic and documentary research. At the end of the research was possible to notice that even though these words are used as synonymous their real meaning varies, changing the context of public papers, showing that it is mandatory to adequate their use to its real meaning.*

**Keywords:** Air Force. Context. Correlation. Aeronautics.

## RESUMEN

*El propósito de este artículo es investigar la correlación entre las palabras Aeronáutica, Fuerza Aérea y Comando de Aeronáutica, su aplicación en los variados documentos de la institución y el modo como su sentido influye en los conceptos referentes a la política, estrategia y planeamiento. Se observa que, de manera general, los interlocutores, sean los propios integrantes de la Fuerza Armada, del área académica o incluso de la prensa escrita, utilizan esas palabras con el mismo significado en cualquier contexto. Para analizar este hecho, el artículo utilizó el método inductivo, cuyos medios de investigación principales fueron el trabajo bibliográfico y documental. El resultado de la investigación observó que aunque sean utilizadas como sinónimas, su real significado cambia, influyendo en la comprensión de los documentos oficiales, demostrando la necesidad de adaptar el uso de cada una de ellas a su contexto.*

**Palabras-clave:** Fuerza Aérea. Correlación. Contexto. Aeronáutica.

## INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é analisar o emprego das palavras Aeronáutica, Força Aérea e Comando da Aeronáutica no contexto de documentos oficiais da instituição e verificar como o seu uso influencia os conceitos utilizados na elaboração de políticas, estratégias e no planejamento da organização.

Verifica-se, em grande parte dos textos, que elas são utilizadas como sinônimas, independentemente do contexto dos diversos documentos da organização.

Os documentos também deixam transparecer um desejo de que a organização seja, de fato, identificada como Força Aérea, a Força Armada independente que aplica o Poder Aeroespacial, consoante a Teoria de Giulio Douhet. Todavia, a Força Armada prevista na Constituição é a Aeronáutica (BRASIL, 1988).

O Brigadeiro Baptista<sup>1</sup>, em entrevista (REVISTA AEROVISÃO, 2002, p. 4), deixou claro que, em sua gestão, procurou dar ênfase à Força Aérea Brasileira (FAB).

**Trabalhei nessa linha de tratar apenas da Força Aérea Brasileira, o que acabou não acontecendo. [...]. A Lei que cria o Ministério da Aeronáutica diz que ela é composta da Força Aérea Brasileira e da Aviação Civil. Se saísse a Aviação Civil, restava a Força Aérea Brasileira. Por isso, mandei colocar aqui na frente do prédio do Comando: Ministério da Defesa, Força Aérea Brasileira. (grifo nosso).**

Portanto, verifica-se que a discussão é importante para analisar como os conceitos ligados a essas palavras são compreendidos e empregados, pois podem afetar o modo como as políticas, estratégias e o próprio planejamento da instituição serão elaborados.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

A decisão brasileira, em 1941, de criar uma Secretaria de Estado aglutinando as Aviações da Marinha e do Exército e a Aviação Civil foi fortemente influenciada pela teoria de Giulio Douhet.

<sup>1</sup> À época, o Tenente-Brigadeiro do Ar Baptista era o Comandante da Aeronáutica. Foi mantido o texto original.

Por isso, para que se possa entender a diferença entre as palavras Aeronáutica, Força Aérea e Comando da Aeronáutica (COMAER) é necessário, inicialmente, buscar as origens da organização militar e analisá-la sob a ótica dessa teoria.

Em 1910, Douhet lançou as bases de uma nova arma, por observar que ela poderia ser decisiva no campo de batalha. E denominou essa nova arma de “Força Aérea”. Segundo Douhet (1988, p. 58) a expressão Força Aérea “[...] define uma organização capaz de combater no novo campo de batalha [...] onde nem o Exército, nem a Marinha podem, em absoluto, operar”. Como princípio básico, a nova organização deveria ser independente das demais Forças, isto é, da Marinha e do Exército.

No que se refere à Aviação Civil, Douhet recomendava que ficasse sob a égide do Estado, principalmente no interesse da Segurança Nacional (DOUHET, 1988).

Para o teórico, esse fato estava ligado aos conceitos mais amplos da gerência do mais pesado do que o ar, na qual se inseriam a navegação aérea e a indústria aeronáutica (DOUHET, 1988). Em sua visão, o modelo é centralizado ao destacar que “[...] devemos trabalhar pela criação desta organização central [...]”. Reforça essa ideia ao afirmar que “em minha opinião, pois, nossa aviação deve ser dirigida por uma cabeça suprema [...]” (DOUHET, 1988, p. 125).

O órgão que Douhet sugere para coordenar os interesses da Aviação Civil é exatamente o “Ministério da Aeronáutica”, afirmando que apesar de que “[...] a criação do Ministério da Aeronáutica possa parecer de importância secundária, devido às forças das circunstâncias, ela logo se tornará uma necessidade”. (DOUHET, 1988, p. 113).

Porém, o teórico italiano fazia uma distinção entre Aeronáutica e Força Aérea ao enfatizar que os assuntos relativos à segurança e defesa do país deveriam ser responsabilidades da Força Aérea, enquanto os assuntos relativos à Aviação Civil deveriam ser responsabilidades do Ministério da Aeronáutica, exceto aqueles que fossem do interesse da segurança e defesa (DOUHET, 1988).

Analisando a posição de Douhet, verifica-se que a sua visão sobre um órgão centralizador estava voltada, primordialmente, para os assuntos da Aviação Civil, ao passo que a Força Aérea seria uma corporação independente, no mesmo nível do Exército e da Marinha e distinta da organização chamada Ministério da Aeronáutica (MAER).

O Brasil, mesmo seguindo o conceito de Douhet, inovou ao centralizar sob uma mesma Secretaria de Estado “[...] todos os assuntos relativos à atividade da aviação nacional [...]” (BRASIL, 1941a), tendo como argumento que a criação dessa Secretaria era fundamental para o progresso e segurança nacionais, bem como que, sob uma orientação única, os objetivos seriam atingidos de forma mais rápida e com menor dispêndio (BRASIL, 1941a).

O nome da nova organização (Ministério da Aeronáutica) foi definido no artigo 1º e a sua competência sobre todos os assuntos da Aviação Nacional estabelecida no artigo 2º, aí inclusos os relativos à Aviação Civil, uma vez que a nova Secretaria de Estado também absorvia o Departamento de Aviação Civil do Ministério de Viação e Obras Públicas (BRASIL, 1941a). Portanto, a supervisão estatal sobre a Aviação Civil e o modelo centralizado foram claramente estipulados pelo decreto de criação do MAER (BRASIL, 1941a).

No que se refere à arma independente, a Força Aérea, a norma de 1941, centralizou, também sob a gerência do MAER, todo o pessoal militar da arma de aeronáutica do Exército e do Corpo da Aviação Naval que passou a constituir uma “[...] **corporação única subordinada ao Ministério da Aeronáutica, com a denominação de Forças Aéreas Nacionais**”<sup>2</sup> (BRASIL, 1941a, grifo nosso).

Portanto, o Brasil, mesmo seguindo a teoria de Giulio Douhet, não fez a separação dos assuntos relativos à defesa do país (Força Aérea) dos assuntos relativos à Aviação Civil (supervisão estatal centralizada).

Essa inovação brasileira repercutiu no hemisfério ocidental, chamando a atenção dos jornais norte-americanos.

A criação pelo Brasil de um Ministério do Ar independente – o primeiro no hemisfério ocidental – para coordenar toda a aviação militar, naval e civil e para construir uma Força Aérea forte e independente espelha o notável, mas pouco divulgado, progresso do Brasil em Aviação. (HERALD TRIBUNE (USA), 27 jul 1941, apud LAVENÈRE WANDERLEY, 1966, p. 301).

O texto do jornal norte-americano citado por Lavenère-Wanderley destaca, de forma precisa, a criação de uma Força Aérea forte e independente e de um órgão (Ministério do Ar) para coordenar a Aviação Civil e a Aviação Militar.

Ou seja, o Brasil seguiu a visão de Giulio Douhet no que se refere a um modelo centralizado, contudo colocou sob a competência da nova Secretaria de Estado os assuntos de defesa do país ao subordinar a Força Aérea a essa Secretaria, mas preservando a sua identidade.

<sup>2</sup> A denominação Força Aérea Brasileira, corrigindo a norma anterior, é resultado de um decreto posterior (BRASIL, 1941b).

Na década de 40, a estruturação da Secretaria de Estado (MAER) e da Força Aérea foi feita em duas normas<sup>3</sup> distintas, caracterizando a separação (Brasil, 1946).

Esse fato se manteve até a década de 60, tendo sido alterado com a edição do Decreto-Lei nº 200 que ensejou a Reforma Administrativa do Executivo, quando uma norma única estabeleceu a “Estrutura Básica da Organização do Ministério da Aeronáutica” e nela inseriu a estrutura da Força Aérea (BRASIL, 1967b).

Esses fatos inovadores repercutiram sobre a instituição e, ainda hoje, seus efeitos se fazem sentir nas atividades por ela desenvolvidas.

O próximo capítulo analisará com maiores detalhes os Fatos Portadores de Futuro e como seus efeitos influenciaram o significado de Ministério da Aeronáutica, Aeronáutica e Força Aérea.

## 2 OS FATOS PORTADORES DE FUTURO

A organização adaptou-se ao seu entorno estratégico, principalmente à rápida evolução da Aviação Civil. O Ministério da Aeronáutica e a Força Aérea, no período de 1941 a 1967, evoluíram administrativamente, criando novas organizações e ajustando a sua estrutura para desempenhar as competências que lhe foram atribuídas. As mudanças, implantadas no MAER a partir de 1967, resultaram do Decreto-Lei nº 200 que estabeleceu as diretrizes para a Reforma Administrativa (BRASIL, 1967a).

A norma procurou destacar, conceitualmente, a distinção entre a Secretaria de Estado (MAER), a Força Armada (Aeronáutica) e o órgão responsável pela execução da atividade militar de cunho constitucional (FAB).

O MAER era a entidade responsável por administrar os negócios da Aeronáutica no campo civil e militar, bem como preparar a Aeronáutica para o cumprimento de sua destinação constitucional (BRASIL, 1967a). A norma mantém a ideia de que o MAER é o responsável pela gerência dos assuntos (negócios) de aviação no campo militar e civil. A diferença entre as duas normas refere-se à Aeronáutica, instituição que passa a ser a detentora dos negócios da Aviação Civil e Militar, mas cuja gerência continua com o Ministério da Aeronáutica.

Para que se possa clarificar melhor o assunto é necessário analisar o tema à luz das Constituições de 1937, 1946 e do Decreto-Lei nº 4.478, de 14 de julho de 1942.

<sup>3</sup> Decretos-Lei nº 3.730, de 18/10/1941 e 9.888, de 16/09/1946 que organizam a estrutura do MAER e Decretos-Lei nº 4.478, de 14/07/1942 e 9.889, de 16/09/1946 que organizam a estrutura da FAB.

Em 1941, quando da criação da Secretaria de Estado chamada de Ministério da Aeronáutica, a Constituição em vigor previa somente o Exército e a Marinha como Forças Armadas (BRASIL, 1937). Em 1942, o Decreto-Lei nº 4.478, de 14 de julho, estabeleceu a organização da Força Aérea em tempo de paz e definiu, em seu art. 1º, que as Forças Armadas Nacionais eram constituídas pelo Exército, pela Marinha e pela Aeronáutica (BRASIL, 1942).

Verifica-se, desta forma, que a definição do nome Aeronáutica como a Força Armada independente foi estabelecida, inicialmente, em uma norma infraconstitucional (Decreto-Lei).

Portanto, a norma de 1942 consolidou a separação entre o que era a arma aérea (a Força Aérea) e a Força Armada independente propriamente dita (a Aeronáutica).

A Constituição de 1946 solidificou esse conceito (BRASIL, 1946), fato que permanece até os dias de hoje com a Constituição atual (BRASIL, 1988).

Essa distinção foi mantida no Decreto-Lei nº 200 quando estabeleceu que o Ministério da Marinha e do Exército fossem os responsáveis pelo aparelhamento e adestramento de Forças Navais e Terrestres e, no caso específico da Aeronáutica, pelo aparelhamento e adestramento da Força Aérea Brasileira.

Ou seja, cada Força Armada possuía um órgão responsável pela gerência de seus negócios e uma organização responsável por executar as ações ligadas aos Poderes Naval, Terrestre e Aéreo, fato claramente destacado no Decreto 60.521, de 1967, pois definiu a FAB como o “[...] instrumento militar do Poder Aéreo Nacional, competindo-lhe executar **as ações militares aéreas e espaciais** necessárias à Segurança Nacional” (BRASIL, 1967b, grifo nosso).

Em 1946, mesmo já tendo sido consagrada na Constituição a existência da Aeronáutica como Força Armada, o Decreto-Lei que tratou sobre a organização do MAER estabeleceu que a Secretaria de Estado também fosse a **responsável** pela organização, aparelhamento e **adestramento da Força Aérea Brasileira**. (BRASIL, 1946). Já, em 1967, o legislador adequou a norma à Constituição ao estabelecer no Decreto-Lei 200 que o MAER era a organização responsável pela **preparação da Aeronáutica para sua destinação constitucional** (BRASIL, 1967a).

E como ficou a Força Aérea Brasileira?

Esta foi definida como “[...] **a parte da Aeronáutica** organizada e aparelhada para o cumprimento de sua **destinação constitucional**” (BRASIL, 1967a, grifo

nosso). Assim, a FAB deixa de ser uma organização subordinada ao MAER para se tornar uma parte da Aeronáutica.

Ou seja, a partir de 1946, o conceito de Aeronáutica como Força Armada se consolida nas normas, mas traz, também, um Fato Portador de Futuro importante que é a dificuldade de estabelecer uma distinção, principalmente em termos de organização, entre o MAER (Secretaria de Estado) e a Aeronáutica (Força Armada).

O ponto comum é que, independentemente da norma, a FAB passa a integrar a organização Aeronáutica, deixando de ter a característica de organização separada da entidade maior, como foi sua subordinação ao MAER quando da criação dessa Secretaria de Estado.

Portanto, as normas, em 1967, distinguem três entes separados: (a) a Aeronáutica como Força Armada e responsável pela defesa da Nação (vertente militar); (b) o MAER como responsável pelos negócios da Aeronáutica e pelo seu aparelhamento e adestramento; e (c) a Força Aérea Brasileira responsável pela execução das atividades militares aéreas e espaciais.

O Decreto 60.521, de 1967, estabeleceu a estrutura básica do MAER, a sua missão e organização e, pela primeira vez, definiu<sup>4</sup> a corporação militar chamada Força Aérea. A norma a definiu como:

*A Força Aérea Brasileira é o conjunto das organizações, das instalações, dos equipamentos e do pessoal empenhados no cumprimento da missão militar atribuída ao Ministério da Aeronáutica (BRASIL, 1967a, grifo nosso).*

Desta forma, verifica-se o eixo condutor estabelecido no Decreto-Lei nº 200, pois a FAB é constituída por um conjunto empenhado no cumprimento da missão militar.

Comparando-se o Decreto-Lei nº 200 com o Decreto 60.521, verifica-se uma diferença importante. O Decreto-Lei nº 200 define que a Força Aérea executa a missão militar estabelecida para a Aeronáutica, enquanto que o Decreto 60.521 diz que a FAB executa a missão estabelecida para o Ministério da Aeronáutica.

No contexto temporal dessas duas normas, percebe-se que o legislador passa a ter problemas para visualizar as duas entidades (MAER e Aeronáutica), pois a FAB, dependendo da norma que se observe, estará atuando em favor da Secretaria de Estado ou da Força Armada.

A definição de Força Aérea manteve-se no tempo, uma vez que, em 2005, a Doutrina Básica da FAB

conceituou a Força Aérea Brasileira como: “Conjunto de organizações, de instalações, de equipamentos e de pessoal empenhados no cumprimento da missão militar atribuída ao COMAER” (BRASIL, 2005, p. 9). Observa-se nessa definição que a única alteração é que a missão militar está atribuída ao COMAER, ao invés de ao MAER<sup>5</sup>. Permanece, todavia, a ambiguidade entre o que seja a Secretaria de Estado e a Força Armada.

A doutrina militar, baseada nos ensinamentos da Escola Superior de Guerra (ESG), define que a Política estabelece objetivos, ao passo que a Estratégia define as ações para se alcançar os objetivos (BRASIL, 2009).

Esse aspecto foi consolidado em duas diretrizes (DCA) atuais do COMAER: (a) na Política Militar da Aeronáutica (DCA 14-5/2008) e (b) na Estratégia Militar da Aeronáutica (DCA 15-1/2008) (BRASIL, 2008a; 2008b).

A Política estabeleceu objetivos nos dois campos de atuação, o civil e o militar, uma vez que a Aeronáutica permanece com responsabilidades sobre o controle da navegação aérea (missão subsidiária). Contudo, a Estratégia tratou somente do emprego operacional da Força Aérea Brasileira, pois estabeleceu “[...] a base conceitual para o emprego singular ou combinado da Força Aérea Brasileira” (BRASIL, 2008a). A Estratégia Militar da Aeronáutica, em função dos objetivos estabelecidos em sua Política, também deveria destacar ações nos dois campos de responsabilidade da instituição. Todavia, destacou somente o campo militar.

Esse quadro é resultado de entendimento singular na qual a Aeronáutica e a Força Aérea se confundem como instituições, demonstrando a dificuldade em separar o que seja a Aeronáutica (a Força Armada) da Força Aérea (o braço operacional). Isso gera um problema de planejamento (gestão), pois as ações relativas ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), por exemplo, acabaram sendo objeto de um planejamento<sup>6</sup> próprio desse órgão (BRASIL, 2010), conquanto a Sistemática de Planejamento Institucional da Aeronáutica (BRASIL, 2009) prevê que a competência para formular a Política, a Doutrina e a Estratégia, bem como para definir as diretrizes gerais, cabe ao Estado-Maior da Aeronáutica. (BRASIL, 2009).

As normas editadas até 1967 destacavam a dualidade existente entre as duas organizações, tanto que as respectivas estruturas administrativas a refletiam com a edição de duas normas separadas, uma para o

<sup>4</sup> Observar que o Decreto-Lei nº 200/1967 não define o que seja a FAB, apenas a descreve como parte da Aeronáutica.

<sup>5</sup> A partir de 1999, com a criação do Ministério da Defesa, os três Ministérios militares deixaram de existir e se transformaram em Comandos.

<sup>6</sup> Elaboração da Política e da Estratégia.

Ministério da Aeronáutica e outra para a Força Aérea. A partir de 1967, as duas entidades são descritas em uma única norma.

Pode-se dizer que esse fato advém da edição do Decreto 60.521, de 1967, que consolidou, na mesma norma, as estruturas administrativas do Ministério da Aeronáutica e da Força Aérea. É mais um Fato Portador de Futuro, pois, a partir dessa data, consolida-se uma junção das duas entidades, o MAER e a FAB, sob uma mesma estrutura administrativa. A FAB não é mais “[...] uma corporação única subordinada ao Ministério da Aeronáutica” (BRASIL, 1941a), pois passa a integrar a estrutura administrativa do MAER.

O detalhe que chama a atenção é o fato de que nunca foi editada uma norma que tratasse da organização da Aeronáutica (a Força Armada).

Esse fato é verificado quando se observa a norma que estabeleceu a estrutura geral do MAER, cujos órgãos foram divididos em Órgãos de Direção Geral (Alto-Comando e Estado-Maior), Órgão de Direção Setorial (DAC), Órgãos de Assessoramento (Conselho Superior, Inspeção Geral, Gabinete do Ministro, Conselhos e Comissões e Consultoria Jurídica), Órgãos de Apoio e, finalmente, a Força Aérea Brasileira (BRASIL, 1967b).

A FAB, por essa norma, era estruturada em: Comando Geral do Ar, Comando Geral de Apoio, Comando Geral de Pessoal, Comando Geral de Pesquisa e Desenvolvimento e Zonas Aéreas (BRASIL, 1967b).

Portanto, nessa norma, a Força Aérea é um ente visível dentro da estrutura organizacional do então Ministério da Aeronáutica, enquanto que, atualmente, é um conjunto de organizações, de instalações, de equipamentos e de pessoal voltados para o cumprimento da missão militar (BRASIL, 2005).

Hoje, a norma que trata de estrutura administrativa, de ambas as organizações, é a Estrutura Regimental do Comando da Aeronáutica, organização que sucedeu o então MAER, quando ficou definida a estrutura regimental hoje em vigor.

Porém, a norma (decreto) que definiu a Estrutura Regimental do COMAER estabeleceu o **Comando da Aeronáutica** como a instituição nacional permanente e regular que se destinaria à defesa da pátria e à garantia dos poderes institucionais (BRASIL, 2009).

Esse fato também pode ser percebido na Instrução do COMAER (ICA) 11-1, de 2007. A finalidade do documento é estabelecer a **Missão da Aeronáutica** (BRASIL, 2007). Porém o documento estabelece que “[...] defender a pátria e garantir os poderes constitucionais [...]” são as atribuições constitucionais do Comando da

Aeronáutica (BRASIL, 2007, p. 11). Trata da mesma forma as atribuições subsidiárias, definindo que estas também são tarefas do COMAER. Ao final, o documento estabelece a Missão da Aeronáutica definindo-a como “Manter a soberania no espaço aéreo nacional, com vistas à defesa da Pátria” (BRASIL, 2007, p. 17).

Percebe-se, portanto, que as palavras Comando da Aeronáutica e Aeronáutica são utilizadas nesses documentos como sinônimas, apesar de significados distintos e definidos na própria legislação superior.

Porém, os documentos contrariam frontalmente o que a Constituição da República prevê, uma vez que a norma *mater* estabelece que as Forças Armadas é que são as instituições nacionais permanentes e regulares, constituídas pela Marinha, pelo Exército e pela Aeronáutica (BRASIL, 1988). Ou seja, a Constituição deixa claro que COMAER e Aeronáutica não são sinônimos.

Portanto, a confusão pode ser dirimida com a leitura da Constituição da República e da Lei Complementar nº 97, a qual, em seu caput, estabelece “[...] as normas gerais para a **organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas**” (BRASIL, 1999, grifo nosso).

Somente em 1999, após o advento do Ministério da Defesa, o legislador cria ato normativo, dispondo sobre a organização e o preparo das Forças Armadas. No caso específico deste artigo, da Aeronáutica.

O primeiro aspecto que a lei estabelece é que o Presidente da República é o Comandante Supremo das Forças Armadas (art. 2º) e que elas se subordinam ao Ministro de Estado da Defesa, **dispondo de estruturas próprias** (art. 3º) (BRASIL, 1999).

Posteriormente, a norma clarifica a posição do dirigente máximo da organização ao estabelecer que a Marinha, o Exército e a Aeronáutica “[...] dispõem, singularmente, de um **Comandante**, indicado pelo Ministro de Estado da Defesa e nomeado pelo Presidente da República, o qual, no âmbito de suas atribuições, **exercerá a direção e a gestão da respectiva Força**” (BRASIL, 1999, grifo nosso). Essa redação foi dada pela Lei Complementar nº 136, de 25 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010). Dessa forma, o Comandante da Aeronáutica exerce a direção da Aeronáutica e não do Comando da Aeronáutica.

É perceptível que a confusão entre o conceito de Força Armada e Força Aérea se manteve no tempo, uma vez que a Aeronáutica, em Nota à Imprensa, em 2007, claramente, utilizou as três palavras como sinônimas. A Nota destacou a “[...] importância da manutenção dos princípios basilares da hierarquia e da disciplina [...]” e

reafirmava “[...] a coesão da Força Aérea sob a autoridade de seu Comandante” (LISTA, 2007).

Portanto, a sociedade e os próprios integrantes da instituição visualizam somente o seu braço armado, a Força Aérea, como está caracterizado, inclusive, no Portal da organização, cujo endereço eletrônico é: [www.fab.mil.br](http://www.fab.mil.br).

A Lei Complementar, de 1999, também eliminou a ideia de que existe uma estrutura administrativa que gerencia os “negócios” da Aeronáutica como se fosse um ente separado. A norma definiu que a Aeronáutica é a Força Armada prevista na Constituição e que o COMAER é a sua estrutura administrativa, pois a Aeronáutica possui um Comandante que exerce a sua direção e gestão, dispondo de uma estrutura própria para exercê-la.

Novamente, pode-se elucidar a diferença por meio da norma de 1999.

A Lei Complementar nº 97 destaca que “Os Ministérios da Marinha, do Exército e da Aeronáutica serão transformados em Comando, por ocasião da criação do Ministério da Defesa” (BRASIL, 1999).

A norma clarifica, ainda, a quem pertencem os efetivos de pessoal militar e civil, além dos meios orgânicos necessários ao cumprimento de sua destinação constitucional e atribuições subsidiárias. Mais uma vez, a norma define que os meios pertencem às Forças Armadas subordinadas, agora, ao Ministro de Estado da Defesa (BRASIL, 1999).

Observe-se a palavra “subordinada” uma vez que, quando da criação da Força Aérea Brasileira, essa organização subordinava-se à Secretaria de Estado do Ministério da Aeronáutica. Com a criação do Ministério da Defesa (MD), a subordinação das três Forças Armadas passa para o MD.

E como a Lei Complementar trata do problema de recursos e preparo?

O parágrafo 3º, do artigo 12, estabelece que a Marinha, o Exército e a Aeronáutica farão a gestão individualizada dos recursos orçamentários alocados e que **os Comandantes das respectivas Forças são os responsáveis pelo preparo de seus órgãos operativos e de apoio** para o cumprimento de sua destinação constitucional (BRASIL, 1999).

E quem é o órgão operativo da Aeronáutica?

O órgão operativo da Força, incumbido de cumprir a missão militar da Aeronáutica é a Força Aérea Brasileira, braço armado da Força, uma vez que a Aeronáutica possui, ainda, atribuições subsidiárias relativas à Aviação Civil e destacadas na Lei Complementar (BRASIL, 1999).

Consolida-se, desta forma, o conceito de que a Força Aérea é parte da Aeronáutica (abrangida por ela). O universo de organizações se reduz aos seus principais componentes: a Aeronáutica, Força Armada, e a FAB executora das ações militares no âmbito do Poder Aeroespacial. O Comando da Aeronáutica se transforma no que de fato é: uma estrutura administrativa.

Para que se possa entender melhor o que isso significa, é preciso absorver os conceitos de Direito Administrativo. Medauar (2001) define a Administração Pública como o conjunto de órgãos e entes estatais que produzem serviços, bens e utilidades para a população, coadjuvando as instituições no exercício das funções de governo. Nesse enfoque, predomina a visão de uma estrutura ou aparelhamento articulado, ou seja, um ministério, um departamento, secretarias ou coordenadorias (MEDAUAR, 2001).

A existência do COMAER como órgão da Administração Pública Federal está baseado no princípio da descentralização ou desconcentração, pois, em tese, toda a competência do Executivo estaria concentrada no Presidente da República. Todavia, é impossível que apenas uma autoridade consiga realizar as inúmeras funções ligadas a esse Poder. Portanto, há a necessidade de divisão das funções que serão exercidas pelos ministérios.

Da mesma forma, as autoridades que encabeçam esses órgãos não teriam condições de exercer todas as funções e se dá, mais uma vez, a divisão de órgãos para o funcionamento do Executivo em seus vários níveis. Assim, a desconcentração leva à distribuição de atividades no âmbito de uma única pessoa jurídica, no caso a União (MEDAUAR, 2001).

Assim sendo, o Comando da Aeronáutica é uma estrutura administrativa que a Aeronáutica utiliza para gerir os seus negócios, no âmbito do Executivo, exercendo a função Defesa (defesa da pátria) conforme determinado pela Constituição (BRASIL, 1988).

É possível, ainda, identificar com clareza a diferença entre Ministério da Aeronáutica e Comando da Aeronáutica. Apesar de utilizar a mesma organização administrativa, os dois órgãos diferenciam-se pelo nível (posição na estrutura administrativa do Executivo), uma vez que o MAER estava subordinado diretamente ao Presidente da República (cargo de ministro), enquanto que o COMAER subordinava-se ao Ministro da Defesa (cargo de Comandante).

Nesse momento, portanto, é possível responder à questão do artigo: Aeronáutica, Comando da Aeronáutica ou Força Aérea?

São sinônimos? A resposta é não!

Para empregá-las é necessário entender o contexto em que serão utilizadas.

Se visualizarmos Forças Armadas, a palavra a ser empregada é Aeronáutica. Se o contexto é do emprego do Poder Aeroespacial (execução de ações militares), a palavra a ser empregada é Força Aérea Brasileira. Se estivermos nos referindo à estrutura administrativa, isto é, como a Aeronáutica está organizada, a palavra será Comando da Aeronáutica.

## CONCLUSÃO

O presente artigo teve como objetivo discutir o significado das palavras Aeronáutica, Força Aérea e Comando da Aeronáutica. Observou-se que é usual tratar essas palavras como tendo o mesmo significado, independentemente do contexto em que são utilizadas, fato verificado na imprensa, na Academia e mesmo na Aeronáutica.

O artigo destacou que a definição do que seja a Aeronáutica está estipulada na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, definindo-a como sendo uma das Forças Armadas do Brasil encarregadas da defesa da pátria (BRASIL, 1988).

A Lei Complementar nº 97 estabelece que a Força Aérea seja uma parte da organização Aeronáutica, definição estabelecida em Instrução do Comando da Aeronáutica, cuja definição original foi estabelecida no Decreto 60.521 de 1967 (BRASIL, 1999; 2005; 1967b).

O estudo destacou, também, que o uso inadequado gera conflito legal quando norma inferior (ICA e Decreto) atribui a missão constitucional ao COMAER ao invés de fazê-lo à Aeronáutica, como estabelecido na Constituição. O conflito se estende para a gestão (planejamento estratégico) quando a Política gera objetivos para a instituição, mas a sua Estratégia se resume ao braço operacional (FAB).

Finalmente, o trabalho clarifica o que seja o COMAER, utilizando os conceitos do Direito Administrativo para posicioná-lo como uma estrutura administrativa, um órgão do Executivo, que a Aeronáutica usa para gerir seus negócios e cumprir sua função, a defesa da pátria.

Dessa forma, o estudo demonstrou que as palavras têm significados diferentes, porque conceitualmente são distintas e suas definições estão estipuladas em normas, e, para aplicá-las, é preciso observar o contexto em que serão empregadas de forma que sejam compreendidas em seu real sentido.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição (1937). **Constituição dos Estados Unidos do Brasil**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao37.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao37.htm) > Acesso em: 7 maio 2012.

\_\_\_\_\_. Constituição (1946). **Constituição dos Estados Unidos do Brasil**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao46.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao46.htm) > Acesso em: 7 maio 2012.

\_\_\_\_\_. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm) >. Acesso em: 10 fev. 2012.

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº. 2.961, de 20 de janeiro de 1941a**. Cria o Ministério da Aeronáutica. Disponível em: < [http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=2961&tipo\\_norma=D&EL&data=19410120&link=s](http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=2961&tipo_norma=D&EL&data=19410120&link=s) >. Acesso em: 20 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº. 3.302, de 22 de maio de 1941b**. Dá nova denominação às Forças Aéreas Nacionais e aos seus estabelecimentos. Disponível em: < [http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=3302&tipo\\_norma=DEL&data=19410522&link=s](http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=3302&tipo_norma=DEL&data=19410522&link=s) >. Acesso em: 8 mar. 2008.

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº. 4.478 de 14 de julho de 1942**. Organiza a Força Aérea Brasileira em tempo de paz e dá outras providências. Disponível em: < [legis.senado.gov.br/sicon/index.jsp?action=LegislacaoTextual](http://legis.senado.gov.br/sicon/index.jsp?action=LegislacaoTextual) >. Acesso em: 24 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº. 9.888, de 16 de setembro de 1946**. Lei de Organização do Ministério da Aeronáutica. Disponível em: < <http://legis.senado.gov.br/sicon/index.jsp?action=LegislacaoTextual#> >. Acesso em: 24 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº. 200, de 25 de fevereiro de 1967a**. Estabelece Diretrizes para a Reforma Administrativa. Disponível em: < [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0200.htm#art63](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0200.htm#art63) > Acesso em: 12 set. 2008.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº. 60.521, de 31 de março de 1967b**. Estabelece a Estrutura Básica do Ministério da Aeronáutica. Disponível em: < <http://legis.senado.gov.br/sicon/index.jsp?action=LegislacaoTextual> >. Acesso em: 25 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº. 6.834, de 30 de abril de 2009.**

Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão do Grupo de Direção e Assessoramento e das Funções Gratificadas do Comando da Aeronáutica e dá outras providências. Disponível em: <[www4.planalto.gov.br/legislacao/legislacao-1/decretos1/decretos1/2009#content](http://www4.planalto.gov.br/legislacao/legislacao-1/decretos1/decretos1/2009#content)>. Acesso em: 10 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira:** (DCA 1-1). [S.l.: s.n.]: 2012.

\_\_\_\_\_. Diretriz do Comando da Aeronáutica. **Política Militar Aeronáutica:** (DCA 14-5). [S.l.: s.n.]: 2008a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Estratégia Militar da Aeronáutica:** (DCA 15-1). [S.l.: s.n.]: 2008b.

\_\_\_\_\_. Diretriz do Comando da Aeronáutica. **Política da Aeronáutica para o Controle do Espaço Aéreo Brasileiro:** (DCA 351-1). [S.l.: s.n.]: 2010.

\_\_\_\_\_. Diretriz do Comando da Aeronáutica. **Sistemática de Planejamento Institucional da Aeronáutica:** (DCA 11-1). [S.l.: s.n.]: 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Missão da Aeronáutica:** (ICA 11-1). [S.l.:s.n.]: 2007.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº. 97, de 9 de junho de 1999.** Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LCP/Lcp97.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp97.htm)>. Acesso em: 13 maio 2012.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº. 136, de 25 de agosto de 2010.** Altera a Lei Complementar nº. 97, de 9 de junho de 1999, que “dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas”, para criar o Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas e disciplinar as atribuições do Ministro de Estado da Defesa”. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao/legislacao-1/leis-complementares-1/leis-complementares-1/2010#content>>. Acesso em: 13 maio 2012.

\_\_\_\_\_. Escola Superior de Guerra. **Fundamentos da Escola Superior de Guerra (ESG):** elementos Fundamentais, ESG: Rio de Janeiro, 2009. v. 1.

DOUHET, G. **O domínio do ar.** Tradução: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica. Belo Horizonte: Itatiaia; Instituto Histórico da Aeronáutica, 1988.

LAVENÈRE-WANDERLEY, N, F. **História da Força Aérea Brasileira.** Rio de Janeiro: Ministério da Aeronáutica; Biblioteca do Exército, 1966.

LISTA de discussão Política no Brasil. **Nota do Ministério da Aeronáutica garante a desmilitarização do controle aéreo.** Mensagem enviada em 01 abr 2007. Disponível em: <<http://br.groups.yahoo.com/group/politica-br/message/60289>>. Acesso em: 16 maio 2013.

MEDAUAR, O. **Direito administrativo moderno.** 5. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001.

REVISTA AEROVISÃO. Brasília, DF: CECOMSAER, ano 30, n. 205, out-dez 2002.

# Análise das necessidades atuais de especialidades de manutenção de aeronaves para a Força Aérea Brasileira

Analysis of the current needs of specialties in aircraft maintenance for the Brazilian Air Force

Análisis de las necesidades actuales de especialidades de mantenimiento de aeronaves para la Fuerza Aérea Brasileña

Ten Cel Fot Antonio Celio Pereira de Mesquita  
Mestre em Engenharia de Sistemas Logísticos  
Instituto de Logística da Aeronáutica - ILA  
Divisão de Ensino  
Guarulhos/SP - Brasil  
celiomesquita@usp.br

## RESUMO

Tendo em vista a diversidade das frotas de aeronaves da Força Aérea Brasileira (FAB), os tipos de operação e os tipos de manutenção modernamente praticados, além da tendência mundial de terceirização dos serviços de manutenção de aeronaves, buscou-se identificar, por meio deste estudo, as necessidades atuais, em termos qualitativos, de especialistas em manutenção de aeronaves. O método utilizado concentrou-se em agrupar tarefas de manutenção com base nas suas naturezas, nos seus relacionamentos e nas interconexões dos componentes dos subsistemas de aeronaves e comparar os grupos de tarefas gerados com as especialidades dos técnicos da FAB. Essas especialidades foram também comparadas às da Força Aérea dos Estados Unidos da América e também às da Força Aérea do Canadá. Essas comparações permitiram verificar a tendência generalista das especialidades de Estruturas e Pintura (BEP), Eletricidade e Instrumentos (BEI) e Manutenção de Aeronaves (BMA), concluindo-se que, embora generalistas, atenderão às necessidades atuais da FAB, desde que sejam implementadas as recomendações de mudança na formação sugeridas neste trabalho.

**Palavras-chave:** Aeronave. Especialidade. Especialista. Manutenção.

Recebido / Received / Recibido  
24/07/12

Aceito / Accepted / Acepto  
28/01/13

## ABSTRACT

*Given the diversity of aircraft fleets of the Brazilian Air Force (BAF), the types of operations, and the types of maintenance currently practiced, as well as the worldwide trend in outsourcing aircraft maintenance services, this paper sought to identify, qualitatively, the current needs for aircraft maintenance specialists. The method employed consisted on grouping the maintenance tasks based on their natures, in their relationships, and in the interconnections of the components of the aircraft subsystems, and compare the generated groups of maintenance tasks with the BAF's maintenance specialties. These specialties were also compared with the United States Air Force's and the Canada Air Force's maintenance specialties. These comparisons helped to verify the generalists trends of the specialties Structures and Painting (BEP), Electricity and Instruments (BEI), and Aircraft Maintenance (BMA), leading to the conclusion that, even generalists, they will fit to the current needs of the BAF, since the change recommendations in the basic training courses be implemented as suggested in this work.*

**Keywords:** Aircraft. Specialty. Specialist. Maintenance.

## RESUMEN

*Teniendo en cuenta la diversidad de flota de aeronaves de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), los tipos de operación y los tipos de mantenimiento practicados en la modernidad, además de la propensión mundial de externalización de los servicios de mantenimiento de aeronaves, se buscó identificar, a través de este estudio, las necesidades actuales, en términos cualitativos, de expertos en mantenimiento de aeronaves. El método utilizado se concentró en agregar tareas de mantenimiento basadas en sus naturalezas, en sus relaciones y en las interconexiones de los componentes de los subsistemas de aeronaves y comparar los grupos de tareas generados con las especialidades de los técnicos de la FAB. Esas especialidades fueron comparadas también a las de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos de América y también a las de la Fuerza Aérea de Canadá. Esas comparaciones permitieron chequear la propensión generalista de las especialidades Estructuras y Pintura (BEP), Electricidad e Instrumentos (BEI) y Mantenimiento de Aeronaves (BMA), se concluyó que, aunque sean generalistas, que satisfarán las necesidades actuales de la FAB, si se implementan las recomendaciones para el cambio en la formación que se sugieren en este trabajo.*

**Palabras-clave:** Aeronave. Especialidad. Experto. Mantenimiento.

---

## INTRODUÇÃO

Nos anos iniciais da aviação, a manutenção de aeronaves era realizada somente quando necessária e, geralmente, requeria várias horas de serviço em solo para cada hora voada. As principais atividades de manutenção consistiam em revisões gerais, periódicas, de quase todos os componentes da aeronave.

Com o aumento da complexidade das aeronaves e de seus sistemas embarcados, os custos com manutenção cresceram na mesma proporção. Segundo Blanchard (2004), as atividades de manutenção tornaram-se mais complexas e seus programas de manutenção são requisitos de análise nas fases iniciais de cada projeto. Esses programas foram desenvolvidos para serem adaptáveis às condições em que a aeronave irá operar.

Na Instrução do Comando da Aeronáutica, ICA 11-1 (BRASIL, 2007), que define a missão do Comando da Aeronáutica, consta: “Manter a soberania no espaço aéreo nacional com vistas à defesa da Pátria”. Assim, qualquer possibilidade de ameaça ao cumprimento dessa missão precisa ser detectada e analisada para que possa ser tratada de forma oportuna e apropriada.

É nesse contexto que se procurou realizar as análises a seguir, pois se entende que as tarefas de manutenção da disponibilidade requerem profissionais proficientes na sua execução, a fim de se minimizarem as ameaças ao contingente deslocado para a região de conflito e à soberania do espaço aéreo brasileiro.

## 1 CONCEITOS IMPORTANTES

Este trabalho trata, primordialmente, da manutenção de aeronaves. Assim, é essencial que as definições relativas à manutenção sejam apresentadas, *a priori*.

**Manutenção** é o conjunto de ações tomadas para manter as funcionalidades do equipamento ou restaurá-lo às condições especificadas, incluindo a inspeção, teste, modificação, reparo, recuperação, reconstrução, salvamento e canibalização (NATO, 2010).

A Diretriz do Comando da Aeronáutica, DCA 2-1 (BRASIL, 2003), classifica as atividades de manutenção como: inspeção, teste, delineamento, conservação, reparo, recuperação, modificação, fabricação, depanagem, neutralização, reabastecimento, salvamento, calibração e planejamento/controlado da manutenção. Ainda segundo essa diretriz, as manutenções podem ser divididas em: **corretivas, preventivas, modificadoras e preditivas**.

A manutenção **corretiva** é realizada após a detecção de uma pane ocasionada por uma falha, com o objetivo de restabelecer a funcionalidade do item (NATO, 2010).

A **preventiva** é realizada com o objetivo de prevenir ou minimizar a probabilidade de falha ou perda da funcionalidade (NATO, 2010).

A manutenção **modificadora** consiste nas ações destinadas a adequar o equipamento às necessidades ditadas pelas exigências operacionais, melhorar o desempenho de equipamentos existentes ou, ainda, otimizar os trabalhos da própria manutenção (BRASIL, 2003).

Já a **preditiva** se caracteriza por ação baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes do equipamento. Essas condições podem ser obtidas por meio de acompanhamento do desgaste de partes importantes do sistema. Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos dessas partes (BRASIL, 2003).

**Falha, pane ou defeito?** Segundo a Norma Brasileira, NBR 5462, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994), **falha** é perda da funcionalidade. Uma bomba falha quando para de bombear o fluido para a qual foi projetada, na pressão e na vazão definidas em projeto. **Pane** é o estado em que se encontra a bomba após a falha. **Defeito** é o estado após falha de projeto ou de fabricação. Se houve um erro na montagem da bomba, ela falhou por defeito, que

pode ser oriundo das instruções de montagem, da falta de habilidade do montador ou mesmo em decorrência de projeto ou desenho mal elaborado.

As especialidades de manutenção da FAB, analisadas neste estudo, são:

BEI – Básico de suboficiais e sargentos da especialidade de Eletricidade e Instrumentos de aeronaves.

BEP – Básico de Estruturas e Pintura de Aeronaves.

BMA – Básico de Manutenção de Aeronaves.

BET – Básico de Eletrônica.

BEV – Básico de Equipamentos de Voo (equipamentos de salvamento, segurança e sobrevivência).

BMB – Básico de Material Bélico.

SML – Serviços de suboficiais e sargentos da especialidade de Metalurgia.

## 2 CONSIDERAÇÕES RELEVANTES

No Plano do Comando da Aeronáutica PCA 11 - Plano Setorial do Comando-Geral de Apoio (BRASIL, 2012), constam a “consolidação da política de capacitação da indústria nacional para manutenção de 3º nível para os sistemas aplicáveis.” e a “manutenção das aeronaves e seus sistemas, como fator que assegura a capacidade de pronto emprego da FAB, provendo os índices de disponibilidade estabelecidos pelo COMAER”.

Ambas as diretrizes apontam duas direções: fortalecer a indústria nacional para a manutenção de terceiro nível, de Nível Parque, e assegurar a capacidade de pronto emprego da FAB. Isso indica que a formação dos mecânicos deverá tender às atividades de aplicação operacional, ou seja, manter as aeronaves na linha de voo.

Em vista do exposto e devido à diversidade tecnológica das modernas aeronaves, as complexidades dos aviônicos, dos grupos motopropulsores e dos sensores, depreende-se que a formação do mecânico deverá ser cada vez mais especializada em nível de sistema, delegando-se as entranhas dos equipamentos às empresas do suporte logístico contratado e às oficinas especializadas dos Parques de Material Aeronáutico e Bélico.

## 3 GRUPOS DE TAREFAS DE MANUTENÇÃO

As aeronaves são mantidas operacionais por meio de tarefas de manutenção, realizadas em seus diversos sistemas. Essas tarefas podem ser agrupadas,

levando-se em consideração as interconexões dos componentes reparáveis, as naturezas e os relacionamentos entre as tarefas e as semelhanças da instalação, da remoção, da montagem, da desmontagem, dos reparos e dos testes realizados nos componentes ou sistemas (KINNISON, 2004). Assim, buscou-se, a seguir, **agrupar as tarefas** de manutenção de aeronaves com base nesses critérios. Abaixo seguem os referidos agrupamentos:

I) **Tarefas no grupo motopropulsor:** tarefas em motores convencionais, a jato, turbo-hélice e turbo eixo, caixa redutora, acessórios do motor, asas rotativas, rotores e transmissão, hélices, governadores de hélices, sistema de combustível, sistema de ignição e partida, bem como Equipamentos de Apoio no Solo (EAS), específicos do grupo motopropulsor.

II) **Tarefas estruturais na célula<sup>1</sup>:** tarefas em fuselagem, empenagem, superfícies de sustentação e de controle de voo, nacele, canopy, para-brisas, tanques de combustível, serviços de selagem, lavagem, solda, usinagem, tratamento anticorrosivo e pintura de aeronaves, bem como os EAS específicos. Enfim, tudo que, para ajustes na instalação, dependa de eventuais ajustes nas estruturas principais da aeronave ou uso de gabaritos estruturais.

III) **Tarefas em componentes mecânicos:** mecanismos de controle de voo, pilones, berços de motor, acumuladores hidráulicos, centrais hidráulicas, trem de pouso, cubo de roda, pneus, cabos de comando, rampa de carga, porta de carga e atuadores hidráulicos, mangueiras e tubulações diversas, equipamentos de oxigênio e pressurização, bem como os EAS específicos. Ou seja, todos os componentes mecânicos que se fixam à célula da aeronave, exceto o grupo motopropulsor.

IV) **Tarefas nos sistemas elétricos:** tarefas em subsistemas de energia: geradores, motores de partida e baterias; em acessórios elétricos: atuadores elétricos, cabeamento, conectores, chaves, relés e contactoras; em subsistemas de iluminação; bem como os EAS específicos para esse tipo de serviço e demais acessórios elétricos de aeronaves. Enfim, os sistemas elétricos são caracterizados pelos níveis tipicamente elevados de corrente elétrica, o que requer componentes e conexões mais rústicos.

V) **Tarefas nos sistemas aviônicos:** tarefas em computadores de dados atmosféricos, subsistemas de controle de atitude, subsistemas de autodefesa, de controle do armamento, de controle dos sensores de reconhecimento, *head up display* (HUD), *multifunction display* (MFD), tubos de pitot, antenas e outros sensores e instrumentos, equipamentos de navegação, comunicação e meteorológicos, casulos de reconhecimento, câmeras sensores de reconhecimento, câmera do visor de tiro/ HUD, imageadores Radar, imageadores noturnos, equipamentos de medidas de apoio à guerra eletrônica (MAGE) e equipamentos Forward Looking Infra Red (FLIR), bem como os EAS específicos (MCCLAMROCH, 1993). Enfim, os sistemas aviônicos manipulam sinais digitais e analógicos de alta frequência, conduzidos muitas vezes por cabos coaxiais, antenas ou por cabos de fibra óptica.

VI) **Tarefas nos sistemas bélicos:** tarefas em canhões, metralhadoras, mísseis, casulos de armamento, pilones de armamento, visores de tiro e assento ejetável, bem como os EAS específicos.

VII) **Tarefas nos acessórios de Segurança, Salvamento e Sobrevivência(SSS):** tarefas em equipamentos infláveis (botes e coletes salva-vidas), conjuntos de sobrevivência, capacetes, máscaras de oxigênio e paraquedas, bem como EAS específicos.

VIII) **Tarefas de metalurgia:** tarefas de retificação em torno mecânico ou de comando numérico, fabricação, têmpera, colocação de helicoil (um tipo de rosca especial para alojamento de parafusos) e outros tratamentos em pinos de asa, componentes de fixação das estruturas de sustentação e controle de voo, soldagens e tratamentos superficiais, bem como componentes do trem de pouso e de outros acessórios de aeronaves.

#### 4 GRUPOS DE TAREFAS X ESPECIALIDADES DO COMAER

Este capítulo apresenta a correlação existente entre os grupos de tarefas definidos no item anterior e as especialidades de manutenção de aeronaves do Comando da Aeronáutica (COMAER).

<sup>1</sup> Célula é o nome dado à estrutura principal da aeronave, retirando-se o grupo motopropulsor, os equipamentos sensores, de navegação, de comunicação, os acessórios hidráulicos, pneumáticos, elétricos, o assento ejetável, os pilones de armamento/reconhecimento e o trem de pouso.

**Tabela 1:** Comparação entre os grupos de tarefas e as especialidades do COMAER.

TAREFAS	BEI	BMA	BEP	BEV	BET	BMB	SML
01 Grupo motopropulsor		X					
02 Células de aeronaves			X				
03 Componentes mecânicos estruturais		X					
04 Sistemas elétricos de aeronaves	X						
05 Sistemas aviônicos	X				X		
06 Sistemas bélicos de aeronaves							X
07 Acessórios SSS				X			
08 Metalurgia (usinagem e solda)							X

Fonte: Relacionamento realizado pelo autor com base em Brasil (1993).

A construção da Tabela 1 foi realizada com base no MMA 39-1 Padrão de Desempenho de Especialidades (BRASIL, 1993), documento que normaliza as competências de cada especialidade de graduados do COMAER.

Observa-se, na Tabela 1, que as especialidades BEI e BMA podem ser associadas a dois grupos de tarefas e as demais, a um grupo de tarefas. Observa-se, também, que há redundância nas especialidades BEI e BET quanto às tarefas nos sistemas aviônicos.

A Tabela 1 pode indicar que as especialidades BEI e BMA possuem tendências generalistas, ou seja, conhecimentos sobre maior diversidade de assuntos com menos proficiência técnica em cada assunto individualmente.

Essa tendência generalista das especialidades BEI e BMA pode ser prejudicial à demanda de prontidão operacional, exigida pelas unidades aéreas, pois o mecânico, hoje, precisa conhecer, com proficiência, os sistemas da sua especialidade, não no nível de componentes, mas no nível de identificação e substituição, com presteza, do módulo defeituoso.

Considerações adicionais sobre o generalismo dessas especialidades se encontram mais adiante, neste trabalho.

## 5 MANUTENÇÃO DE NÍVEL ORGÂNICO

De acordo com a Diretriz do Comando da Aeronáutica DCA 2-1 (BRASIL, 2003), escalão de manutenção é o grau ou amplitude de trabalho requerido nas atividades de manutenção, em função da complexidade do serviço a ser executado e da quantidade de homens-hora necessária à execução do

mesmo. Essa diretriz classifica a manutenção em quatro níveis: Orgânico, Base, Parque e Indústria.

Do ponto de vista da manutenção de primeiro escalão (manutenção realizada nas unidades aéreas, nas aeronaves orgânicas), é necessário que se disponha de especialistas em cada um dos grupos de tarefas, descritos no item 3. Esses especialistas deverão ser capazes de manter a aeronave na linha de voo por meio da capacidade de substituição dos itens substituíveis na linha de voo (do inglês, *line replaceable units - LRU*) e realizar os ajustes e testes eventualmente necessários, sem a necessidade de bancadas de teste. Essa capacidade de manutenção confere ao esquadrão a característica de mobilidade esperada.

Outra capacidade importante a ser exercitada é o reparo de aeronaves em danos de combate (do inglês, *Aircraft Battle Damage Repair - ABDR*). Como dizem os americanos, é *"quick fix and get it in the air again"*. Segundo West (1993), muitos danos nos *Phantom F-4*, no Vietnã, foram rapidamente reparados por meio de métodos não convencionais que, estudados, deram origem ao ABDR. Os esquadrões de suporte logístico ao combate receberam a tarefa de aprender a lidar com reparos em condições não ideais, muitas vezes sob fogo inimigo. A *United States Air Force (USAF)* desenvolveu Ordens Técnicas para descrever os métodos de ABDR.

Atualmente, esse programa mantém mecânicos e engenheiros treinados em ABDR, com o fito de conferir-lhes aptidão para avaliar se os danos são reparáveis na janela de tempo considerada, decidir que materiais podem ser utilizados e prescrever instruções precisas sobre o quê e como reparar (WEST, 1993).

Obviamente que, nessas eventualidades, a equipe de engenharia da Manutenção de Nível Parque ou mesmo do Suporte Logístico Contratado oferecerá o apoio às prescrições sobre o quê e como reparar. Assim, é importante ressaltar a necessidade de técnicos com competências para manutenções desse nível, pois, em caso de conflito armado, os vetores atingidos pela artilharia inimiga precisarão estar disponíveis em curtíssimo tempo.

Pode-se depreender que, em situação de conflito armado, a existência de uma equipe de mecânicos multidisciplinares e bem liderada pode ser mais útil do que uma equipe de generalistas, com conhecimento demasiado superficial de cada sistema da aeronave. Em vista disso, é de praxe que os mecânicos recém-chegados a cada esquadrão sejam previamente treinados na aeronave que irão trabalhar.

## 6 MANUTENÇÕES DE NÍVEIS BASE E PARQUE

No caso de intervenções de manutenção que requeiram maior aprofundamento técnico, manutenções de segundo e terceiro escalão, podem-se empregar os especialistas típicos de oficina: os técnicos eletrônicos; os especialistas em estruturas; os especialistas em metalurgia; e, no caso de não haver contratação específica de serviços de manutenção, outros especialistas que possuam treinamentos especiais e experiência nesse nível de intervenção.

Em todos esses sistemas, há subsistemas específicos da aviação militar e subsistemas comuns à aviação civil. Assim, há a possibilidade de contratos específicos de suporte logístico, sendo esperado que estes ocorram com maior facilidade para a manutenção de acessórios e de alguns grandes componentes, como, por exemplo, motores, geradores, unidades de controle de combustível (do inglês, *Fuel Control Unit - FCU*) e unidades de força auxiliar (do inglês, *Auxiliary Power Unit - APU*), etc., em uso comum na aviação civil.

Mesmo com a existência de contrato de suporte logístico, torna-se imprescindível a disponibilidade de técnicos habilitados em cada grupo das tarefas descritas no item 3, pois isso possibilitará o recebimento qualitativo e quantitativo dos serviços, com segurança para os agentes da administração pública.

## 7 REESTRUTURAÇÃO DAS ESPECIALIDADES DA FORÇA AÉREA DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (UNITED STATES AIR FORCE – USAF)

Em 2007, a USAF encomendou estudos à *RAND Corporation* quanto à análise e sugestões de reestruturação dos quadros e especialidades dos graduados (*Enlisted*) e dos oficiais (*Commissioned Officers*), verificando-se a sua adequabilidade ao cenário atual das aviações, das novas tecnologias e das novas missões.

Conforme Conley e Robbert (2009), o agrupamento do pessoal da USAF em especialidades estabelece as áreas de formação e atuação profissional de acordo com as habilidades requeridas, com o nível de educação exigido para os cargos e de acordo com os treinamentos recebidos (*Knowledge, Skills, and Abilities - KSA*).

As especialidades combinam grupos de encargos e tarefas que serão atribuídas a pessoas com aptidões, atributos e qualificações especialmente desenvolvidas para as atividades que desempenharão, dadas as novas missões do encargo da USAF, as mudanças na natureza do trabalho, as movimentações e as renovações de pessoal especializado.

A primeira conclusão do trabalho citado é que não foram necessárias grandes modificações na estrutura

de especialidades da USAF, tendo sido oferecidas pequenas recomendações para algumas especialidades.

A segunda conclusão é de que as especialidades atuais precisam de atualizações periódicas, principalmente quanto à evolução tecnológica, e das melhores práticas de cada especialidade.

A estrutura de especialidades da USAF permite que cada especialidade receba, em suas siglas (*Air Force Specialty Code - AFSC*), códigos adicionais que reflitam experiências especiais obtidas pelo militar.

A classificação dos *KSA* em grupos segue os princípios apresentados em Conley e Robbert (2009):

1. Identificar os requisitos e os cursos/treinamentos aplicáveis;
2. Criar siglas ou códigos AFSC que façam sentido na estrutura da USAF;
3. Criar siglas ou códigos simples e de fácil associação lógica;
4. Prover plano de carreira, visível, para oficiais e graduados;
5. Prover a capacidade de identificar planos de carreira, especialidades, subespecialidades e níveis de habilidade;
6. Prover a capacidade de identificar requisitos, cargos e tarefas especiais;
7. Eliminar redundâncias de especialização; e
8. Manter o equilíbrio entre a especialização e a generalização das competências, visando-se à máxima eficiência e à isonomia nas oportunidades de promoção.

Segundo o relatório da *RAND Corporation* (CONLEY e ROBBERT, 2009), o corpo de graduados da USAF é dividido em 204 especialidades, sendo apresentadas abaixo apenas as especialidades de manutenção de aeronaves, por serem o foco deste estudo.

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre essas especialidades com as congêneres do Comando da Aeronáutica (COMAER). Observa-se na tabela que as especialidades BEI, BMA e BEP podem ser associadas a seis ou mais especialidades da USAF.

Pode-se perceber, ainda, que as especialidades BEI, BMA e BEP apresentam tendência generalista, ou seja, conhecimentos sobre maior diversidade de assuntos com menos proficiência técnica, diferentemente da estrutura de especialidades da USAF, que conta com 18 especialidades de mantenedores de aeronaves e seus sistemas.

**Tabela 2:** Comparação entre as especialidades da USAF com as do COMAER.

Especialidades da USAF	Especialidades do COMAER						
	BEI	BMA	BEP	BEV	BMB	BET	SML
01 Estação de testes em aviônicos e seus componentes	X					X	
02 Sistemas aviônicos das aeronaves A-10, F-15 e U-2 <sup>a</sup>	X						
03 Sistemas aviônicos das aeronaves F-16, F-117, RQ-1 e CV-22	X						
04 Manutenção tática em aeronaves	X	X	X				
05 Manutenção aeroespacial	X	X	X				
06 Manutenção de helicópteros	X	X	X				
07 Sistemas aviônicos integrados	X						
08 Propulsão aeroespacial		X					
09 Equipamentos de apoio no solo		Não há especialidade equivalente na FAB					
10 Sistemas de ejeção da tripulação				X	X		
11 Sistemas de combustível de aeronaves		X	X				
12 Sistemas hidráulicos de aeronaves		X					
13 Sistemas elétricos e de pressurização	X						
14 Tecnologias dos metais utilizados em aeronaves			X				X
15 Ensaio não destrutivo		Não há especialidade equivalente na FAB					
16 Manutenção de estruturas de aeronaves		X	X				
17 Equipamentos de sobrevivência				X			
18 Sistemas de armamento de aeronaves						X	

**Fonte:** Nomes das especialidades traduzidos pelo autor com base em Conley e Robbert (2009).

Essa análise foi realizada com base no MMA 39-1 Padrão de Desempenho de Especialidade (BRASIL, 1993), documento que normatiza as competências de cada especialidade de graduados do COMAER, e no relatório da *RAND Corporation*, realizado por Conley e Robbert (2009).

## 8 ESPECIALIDADES DA FORÇA AÉREA DO CANADÁ (*CANADIAN AIR FORCE - CAF*)

Segundo Barker (2012), a Força Aérea do Canadá possui as seguintes especialidades:

- Técnico em aviação: técnico generalista, semelhante ao BMA, mas que também executa as tarefas de instalação/remoção de itens bélicos, SSS, estruturas, trem de pouso, comandos de voo e aviônicos, nas aeronaves;
- Técnico em aviônica: técnico semelhante ao BEI, que também realiza tarefas em radares, dispositivos elétricos, guias de onda, comunicação, navegação e equipamentos eletrônicos de autodefesa;

- Técnico em estruturas de aeronaves: técnico semelhante ao BEP, mas que também executa tarefas de usinagem e solda;
- Técnico em armamento aéreo: técnico semelhante ao graduado BMB do COMAER; e
- Técnico em ensaios não destrutivos: não existe especialidade semelhante no COMAER. Os BMA, BEI, BEP e SML são treinados nessas atividades, caso trabalhem na Divisão de Engenharia de um Parque de Material Aeronáutico ou Bélico.

A Tabela 3 apresenta uma comparação entre essas especialidades e as congêneres do Comando da Aeronáutica (COMAER). Observa-se, na Tabela 3, que a especialidade técnico em aviação é bastante generalista, já que são executadas também as tarefas realizadas pelos graduados BEI, BEP, BEV e BMB do COMAER, porém somente nas instalações/remoções dos itens na aeronave, excluindo-se os reparos realizados em oficinas.

**Tabela 3:** Comparação entre as especialidades da CAF e as do COMAER.

Especialidades da CAF	Especialidades do COMAER					
	BEI	BMA	BEP	BEV	BMB	BET SML
1 Técnico em aviação	X	X	X	X	X	
2 Técnico em aviônica	X					X
3 Técnico em estruturas de aeronaves			X			X
4 Técnico em armamento aéreo					X	
5 Técnico em ensaios não destrutivos	Não há especialidade equivalente na FAB					

**Fonte:** Nomes das especialidades traduzidos pelo autor com base em Barker (2012).

Observa-se, ainda, que não há especialista em Equipamentos SSS, equivalente ao graduado BEV do COMAER, sendo essas tarefas realizadas pelo técnico em aviação.

Outra observação interessante é que as tarefas de metalurgia e usinagem são realizadas pelo técnico em estruturas, ou seja, a CAF não possui um técnico em metalurgia à semelhança do graduado SML do COMAER.

Com base nas análises e nas considerações apresentadas até este ponto do trabalho, seguem-se as recomendações de adequação na formação e na carreira dos graduados BMA, BEI e BEP do COMAER.

## 9 RECOMENDAÇÕES QUANTO À FORMAÇÃO

O agrupamento das tarefas, descrito no item 3, gerou oito grupos de tarefas (Grupo motopropulsor; Células de aeronaves; Componentes mecânicos estruturais; Sistemas elétricos de aeronaves; Sistemas aviônicos; Sistemas bélicos de aeronaves; Tarefas em acessórios SSS; e Tarefas de metalurgia). Isso poderia indicar uma situação ideal para o corpo de pessoal graduado do COMAER que teria, ao todo, oito especialidades ligadas à manutenção de aeronaves.

Conforme visto no item 7, A USAF dispõe de 18 especialidades, possivelmente devido à quantidade, à diversidade e à excelente tecnologia dos seus vetores de combate, vigilância, transporte, asas rotativas e veículos remotamente pilotados.

Já a Força Aérea do Canadá (*Canadian Air Force* - CAF) optou por agrupar essas tarefas em apenas cinco especialidades, apresentando tendência mais generalista, principalmente quanto às atribuições do **técnico em aviação**.

## 9.1 RECOMENDAÇÕES PARA A ESPECIALIDADE DE ESTRUTURAS (BEP)

Analisando-se o contido no Padrão de Desempenho de Especialidade - PDE (BRASIL, 1993) relativo à especialidade BEP e comparando-se com a especialidade correlata da CAF, quanto às atribuições do Técnico em Estruturas, verificou-se que o graduado BEP executa as tarefas estruturais na célula e poderia executar também as tarefas de metalurgia, descritas no item 3. Assim, visando ao pronto emprego do graduado BEP no apoio às operações aéreas, especificamente nos reparos de danos de combate, sugere-se que a sua formação seja complementada com as seguintes disciplinas:

- técnicas de usinagem e solda;
- reparos em tanques de combustível, haja vista este componente ser parte integrante da célula da aeronave;
- sistemas de pressurização e ar-condicionado, haja vista serem estes componentes fortemente dependentes dos reparos estruturais que envolvem pressurização; e
- reparos em materiais compostos, haja vista que as aeronaves modernas possuem grande quantidade de componentes estruturais construídos com materiais compostos.

## 9.2 RECOMENDAÇÕES PARA A ESPECIALIDADE DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES (BMA)

Analisando-se o PDE relativo à especialidade BMA, verificou-se que, nessa especialidade, são executadas as **tarefas no grupo motopropulsor** e as **tarefas em componentes mecânicos**, descritas no item 3. Assim, visando ao pronto emprego do graduado BMA no apoio às operações aéreas, inclusive podendo atuar como mecânico de voo, sugere-se que a sua formação seja complementada com as seguintes disciplinas:

- sistemas hidráulicos, trem de pouso e componentes pneumáticos;
- geradores e sistemas de partida elétricos e pneumáticos; e
- proficiência na manutenção de motores a jato e turbo-hélice.

### 9.3 RECOMENDAÇÕES PARA A ESPECIALIDADE DE ELETRICIDADE E INSTRUMENTOS (BEI)

Analisando-se o PDE relativo à especialidade BEI, verificou-se que este especialista executa as **tarefas nos sistemas elétricos** e as **tarefas no sistemas aviônicos** descritas no item 3. Assim, com vistas ao pronto emprego do graduado BEI no apoio às operações aéreas, sugere-se que a sua formação seja complementada com as seguintes disciplinas:

- eletromagnetismo;
- funcionamento de *Multifunction display (MFD)*;
- funcionamento de *Head up display (HUD)*;
- controle do armamento;
- reparos eletrônicos básicos;
- tipos de baterias e seus carregadores;
- sistemas de proteção elétrica, antigelo e antichama; e
- *link* de comunicação de dados.

Outra recomendação acerca da especialidade BEI diz respeito à mudança do nome da especialidade para Básico em Avionica (BAV ou BAVI), a exemplo da USAF e da CAF.

### 9.4 RECOMENDAÇÕES ADICIONAIS

Embora as recomendações anteriores reforcem o generalismo das competências de cada especialidade, é esperado que, ao longo da carreira, os graduados se especializem em determinados sistemas de alguns tipos de aeronaves. Isso foi observado nas considerações do trabalho da *RAND Corporation* (CONLEY e ROBBERT, 2009).

A estrutura de especialidades da USAF permite que cada especialidade receba, em suas siglas (*Air Force Specialty Code - AFSC*), códigos adicionais que reflitam as experiências especiais obtidas pelo militar. Assim, sugere-se que códigos semelhantes sejam apostos às siglas das especialidades atuais da FAB, ao longo da carreira, com o objetivo de direcionar as movimentações dos mecânicos entre organizações que operem aviações da sua área de especialização e experiência profissional. Isso evitaria, a título de exemplo, que um graduado com formação e experiência em asas rotativas fosse classificado em um esquadrão de transporte com asa fixa ou em unidade de caça, o que demandaria investimentos em novos treinamentos.

## 10 CONCLUSÃO

Com base na diversidade das frotas de aeronaves da FAB e nos tipos de operação e de manutenção modernamente praticados nela aplicados, buscou-se identificar as necessidades atuais, em termos qualitativos, de especialistas em manutenção de aeronaves.

O método utilizado consistiu em agrupar tarefas de manutenção com base nas suas naturezas, nos seus relacionamentos e nas interconexões dos componentes dos subsistemas de aeronaves e em comparar os grupos de tarefas de manutenção criados com as especialidades dos mecânicos da FAB, bem como com as especialidades da USAF e da CAF.

A análise comparativa entre as especialidades da FAB, da CAF e da USAF proporcionou a verificação do caráter generalista das especialidades BEI, BMA e BEP e das especialidades da CAF, relativamente às especialidades correlatas da USAF. Porém, devido à tendência cada vez maior da terceirização dos serviços no nível de componente, nos terceiro e quarto escalões de manutenção, e do maior emprego dos mecânicos de aeronaves nos reparos em nível de equipamento por substituição de módulos, concluiu-se que as especialidades do COMAER, como estão hoje estruturadas, são adequadas ao cenário atual, podendo ter seu desempenho melhorado por meio das mudanças sugeridas na formação básica e na carreira, descritas no capítulo anterior.

Assim, dadas a diversidade tecnológica das modernas aeronaves, a complexidade dos modernos aviônicos, dos grupos motopropulsores e dos sensores, bem como os novos materiais compostos que compõem a estrutura aerodinâmica, pode-se pressupor que a formação deverá ser mais especializada em nível de sistema, deixando as partes internas dos equipamentos a cargo das empresas do suporte logístico contratado e das oficinas especializadas dos Parques de Material Aeronáutico e Bélico.

A primeira conclusão deste trabalho é semelhante à conclusão do trabalho realizado pela *RAND Corporation* (CONLEY e ROBBERT, 2009). Assim como na USAF, também não se sugeriram grandes modificações na estrutura de especialidades da FAB, tendo sido oferecidas poucas, mas relevantes, recomendações para as especialidades BEI, BEP e BMA.

Outra conclusão importante é de que as especialidades precisam de atualizações periódicas na sua grade curricular, principalmente quanto à evolução tecnológica e à crescente tendência à terceirização dos serviços de manutenção de terceiro escalão, observada na área logística do COMAER e, conforme Barker (2012), em outras Forças Aéreas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

BARKER, M.R. Palestra sobre manutenção de aeronaves na Força Aérea Canadense. Primeiro Simpósio de Logística da Aeronáutica. ILA. 08-11 nov. 2012.

BLANCHARD, Benjamin S. **Logistics engineering and management**. 6.ed. Upper Saddle River, EUA: Prentice Hall, 2004.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 2-1**: Doutrina de Logística da Aeronáutica. Brasília, 2003.

\_\_\_\_\_. **ICA 11-1**: Missão da Aeronáutica. Brasília, 2007.

\_\_\_\_\_. **MMA 39-1**: Padrão de Desempenho de Especialidade. Brasília, 1993.

\_\_\_\_\_. **PCA 11-1**: Plano Setorial do COMGAP. Rio de Janeiro, 2011.

CONLEY, Raymond E.; ROBBERT, Albert A. **Air force officer specialty structure**: Reviewing the Fundamentals. Santa Monica, CA: RAND Corporation. 2009.

KINNISON, Harry A. **Aviation maintenance management**. New York: McGrawHill, 2004.

MCCLAMROCH, N.H. **Steady aircraft flight and performance**: aircraft Components and Subsystems. 1993. Disponível em: <press.princeton.edu/chapters/s9497.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2012.

MCCLAMROCH, N.H.: **Steady aircraft flight and performance**: aircraft Components and Subsystems. 1993. Disponível em: <press.princeton.edu/TOCs/041912\_tocs/c9497.html>. Acesso em: 20 jul. 2012.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **NATO**: glossary of terms and definitions: AAP-6. [S.l.: s.n.], EN-NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION NATO STANDARDIZATION AGENCY (NSA). 2010.

WEST, Julia. **Aircraft battle damage repair - ABDR**. 1993. Disponível em: <www.sff.net/people/brook.west/arc/going.html>. Acesso em: 23 jul. 2012.

## NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DA REVISTA DA UNIFA

### INSTRUÇÕES PARA O(S) AUTORE(S)

#### PERFIL TEMÁTICO E OBJETIVOS DA PUBLICAÇÃO

A Revista da Universidade da Força Aérea é um periódico científico de regularidade semestral. Dotada de características multi e interdisciplinar, a publicação dedica-se aos estudos do Poder Aeroespacial, bem como às áreas temáticas de interesse da Força Aérea Brasileira. Além dos elementos constitutivos do Poder Aeroespacial — Força Aérea, Aviação Civil, Infraestrutura Aeroespacial, Indústria Aeroespacial, e Complexo Científico - Tecnológico Aeroespacial —, agregam-se reflexões dedicadas ao desenvolvimento de políticas de defesa, bem como os aspectos correlatos provenientes das aéreas de administração, de ciências da saúde (em especial a Medicina Aeroespacial), humanidades e ciências sociais aplicadas. Estas áreas que se interligam, estimulando a promoção de reflexões sobre os Estudos de Defesa e o Pensamento Estratégico.

#### Regras gerais

As normas utilizadas pela Revista da UNIFA são as de Documentação e Informação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), dentre elas a NBR 6023, NBR 6028 e NBR 10520.

Por imposição de espaço, o redator, sem alterar o sentido e o conteúdo, poderá fazer pequenas alterações no texto original.

Os originais que obtiverem parecer favorável do Conselho Editorial e do Comitê de Ética Institucional aguardarão oportunidade para possível publicação. Os direitos autorais serão cedidos à Universidade da Força Aérea, sem ônus para esta instituição, de acordo com a autorização preenchida pelo Autor(es).

Os conceitos e opiniões expressos nos artigos, bem como a exatidão e a procedência das citações, são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

#### Anonimato do(s) Autor(es)

Considera-se quebra de anonimato:

- qualquer referência explícita da autoria no corpo do texto ou em rodapé;
- marcas de revisão presentes no texto, oriundas de ferramentas de informática, como as marcas inteligentes, que permitam a identificação da autoria;

- nome do usuário cadastrado no “*Microsoft Word*”;
- citação, vinculada ao nome do autor, do orientador da dissertação, tese do autor ou outra obra/publicação; e
- qualquer referência dos autores dos trabalhos em relação às respectivas participações em grupos de pesquisa.

Para evitar a identificação de seu artigo, após a finalização do texto, abra o arquivo a ser encaminhado, e faça o seguinte procedimento:

1. selecione a opção “Ferramentas”;
2. depois “Opções”;
3. em seguida, a opção “Segurança”;
4. marque o item “remover informações pessoais das propriedades de arquivo ao salvar”;
5. clique em Usuário. Retire as Informações de usuário;
6. clique em Ok; e
7. salve o arquivo.

Para verificar se os dados de autoria foram retirados, proceda da seguinte maneira:

1. abra o arquivo;
2. clique em Arquivo – Propriedades;
3. clique em resumo e verifique se constam dados de autoria; e
4. clique em estatísticas e verifique em “Gravado por” se aparece o nome do autor.

Caso utilize uma versão mais recente do *Word for Windows*, proceda da seguinte maneira:

1. clique em Arquivo – Preparar – Inspeccionar Documento; e
2. clique em Inspeccionar e Remova as informações de autoria.
3. clique em Revisão;
4. clique em Controlar Alterações;
5. clique em Alterar nome de usuário. Altere o nome do usuário e clique em Ok; e
6. clique em Arquivo – Preparar – Propriedades e verifique se aparecem dados de autoria. Caso ainda apareçam, remova-os e clique em X.

### TIPOS DE ARTIGOS ACEITOS

#### Artigos originais

São trabalhos científicos que comunicam resultados de pesquisas concluídas ou em andamento, que discutem

ideias, métodos, técnicas, processos e resultados e apresentem dados originais de descobertas com relação a aspectos experimentais, observacionais ou documentais, com autoria declarada, das diversas áreas do conhecimento.

### Tamanho do artigo

- máximo de 4.500 palavras, incluindo o resumo, as referências, tabelas e ilustrações; e
- numeração a partir da segunda página, no canto superior direito, em fonte 10.

### Estrutura formal

Introdução, desenvolvimento (deve conter uma revisão da literatura, os materiais e métodos utilizados, os resultados e/ou discussões obtidos) e uma conclusão.

### Formatação

- arquivos em *Word for Windows*, páginas com formato A4; margens superior, inferior, esquerda e direita a 3cm, 2cm, 3cm, 2cm, respectivamente; fonte Arial, tamanho 12, com espaçamento entrelinhas 1,5;
- caso utilize uma versão mais recente do Word, proceda da seguinte maneira para salvar os arquivos em word (doc):
  1. abra o arquivo;
  2. clique na opção “Arquivo Salvar Como”;
  3. selecione “Documento do Word 97-2003”; e
  4. clique em salvar.
- as citações diretas com mais de três linhas, notas de rodapé, paginação e legendas das tabelas e das ilustrações devem ser digitadas em fonte Arial, tamanho 10;
- todo artigo deve ser precedido por: título e subtítulo (se houver), separados por dois-pontos (:), o título em negrito, na língua do texto, alinhado à esquerda e em fonte tamanho 16. O título deverá ter a primeira letra da primeira palavra em letra maiúscula e o subtítulo deverá ser todo em minúsculas, salvo regras gramaticais;
- evitar abreviaturas e nomes científicos no título. Quando imprescindível, deverá ser inserida nota de rodapé explicativa; e
- título, e subtítulo (se houver) em inglês seguem a mesma padronização do título em português, acrescentando-se o itálico.

### Dados de Identificação e afiliação

O(s) nome(s) completo(s) do(s) autor(es), qualificação, instituição de pesquisa, cidade e estado, email para divulgação e endereço para correspondência deverão ser transcritos abaixo do título, alinhados à direita e com fonte Arial 10.

### Resumo em Português

- de 100 a 250 palavras, seguido de 4 (quatro) palavras-chave (em português, separadas entre si por ponto. No caso de expressões, apenas a primeira letra da primeira palavra ficará em maiúscula); e
- deve ser escrito sem parágrafos, em espaçamento simples e fonte tamanho 10.

### Resumos em inglês e espanhol

- seguem as mesmas regras do resumo em português; e
- os resumos enviados poderão sofrer pequenas alterações feitas pelos revisores.

### Tabelas e Ilustrações

Para tabelas seguir as orientações das normas de apresentação tabular do IBGE (1993).

- o máximo de tabelas e ilustrações (figura, fotografia, fluxograma etc) não poderá ultrapassar o número de 15 por artigo.
- as tabelas devem ter numeração em arábico. Títulos localizados acima e alinhados à esquerda;
- as ilustrações devem ter numeração também em arábico. Títulos e fonte localizados acima e alinhados à esquerda;
- a fonte deve ter tamanho 10, conforme a ABNT NBR 6029. No caso da fonte ser o(s) próprio(s) autor(es), não mencionar, pois ficará subentendido.
- fotos e desenhos devem estar digitalizados e nos formatos .TIFF ou .JPEG; e
- se o Autor for o responsável pela tabela ou figura, omitir a fonte.
- as imagens devem vir em arquivo digital em formato .TIFF, .JPG, com resolução mínima de:
  - 1) 300 dpi para fotografias comuns.
  - 2) 600 dpi para fotografias que contenham linhas finas, setas, legendas etc.
  - 3) 1.200 dpi para desenhos e gráficos.

## Citações

- todas as citações se baseiam na NBR 10520 da ABNT (Citações em Documentos – Apresentação); e
- não utilizar termos latinos na referência de citações. Exemplos: Idem, Id., Ibidem, Ibid., Opus citatum, opere citato, op. cit., Passim, loco citado, loc. Cit..

## Referências

- as referências devem ser reunidas no final do artigo, em ordem alfabética, e alinhadas à margem esquerda do texto, em espaço simples e separadas entre si por espaço duplo, de acordo com a NBR 6023 da ABNT (Referências – Elaboração); e
- mínimo de 05 referências bibliográficas.

## Notas de rodapé

Utilizar notas de rodapé somente se imprescindível, para esclarecimentos adicionais do texto, não podendo exceder 10 linhas por página.

## Negrito e itálico

Utilizar **NEGRITO** para:

- o título do artigo;
- os títulos das referências;
- palavras designativas (resumo, *resumen*, *abstract*, palavras-chave, *palabras-clave*, *keywords*);
- tabelas, figuras, gráficos, quadros e demais ilustrações; e
- realce de palavra ou texto.

Usar **ITÁLICO** para:

- palavras estrangeiras.

## Numeração Progressiva

Em relação à numeração progressiva, a Revista se baseia na ABNT NBR 6024. Todas as divisões do texto (seções) são numeradas progressivamente. A numeração das seções inicia-se com a primeira seção a “Introdução...”, (ou sua equivalente, por exemplo, “Considerações iniciais...” etc) e termina na “Conclusão” (ou sua equivalente, por exemplo, “Considerações finais...”), não se enumerando a referência. Só será permitida a subdivisão até a seção terciária e os destaques para a numeração progressiva das seções deverão ser:

- 1 SEÇÃO PRIMÁRIA (todas maiúsculas);
- 1.1 Seção secundária (somente a primeira maiúscula); e
- 1.1.1 Seção terciária (somente a primeira maiúscula).

Todos os títulos de seção ficarão alinhados à esquerda e o espaçamento entre o título e o texto deverá ser de um espaço de 1,5.

## Estudo de caso

São artigos científicos que procuram descobrir o que há de mais essencial e característico numa situação, através da investigação profunda de um fenômeno, inserido em um contexto da vida real, com vistas a explicar os vínculos causais entre fenômenos.

O estudo de caso possui forte cunho descritivo e profundo alcance analítico, e utiliza grande variedade de instrumentos e estratégias de recolhimento de dados.

A sua estrutura deve apresentar, no mínimo, os seguintes tópicos: introdução, explicando a relevância do caso; apresentação estruturada do caso e discussão.

Devem-se seguir os mesmos critérios de formatação dos artigos originais.

## Artigos de revisão

Preferencialmente solicitados pelos Editores, ou eventualmente por demanda espontânea, são artigos que englobam e avaliam criticamente os conhecimentos que estão disponíveis a respeito de um determinado tema, com comentários de trabalhos de outros autores e bibliografia abrangente sobre o assunto. O autor, grande conhecedor da área, descreve e discute analiticamente uma literatura voltada à comunidade científica. Uma lista abrangente de referências bibliográficas deve aparecer no final do texto.

Devem-se seguir os mesmos critérios de formatação dos artigos originais.

## Artigos de atualização

São avaliações críticas que relatam informações atuais sobre temas de interesse (novas técnicas, doutrinas, equipamentos, legislações, manuais, outros), menos completos que os artigos de revisão.

- além da introdução, discussão e conclusões/considerações finais, a organização do texto fica a critério do autor; e
- orienta-se para um mínimo de 20 referências bibliográficas.

## Artigos de opinião

São artigos nos quais o autor, grande conhecedor de determinado assunto, faz uma análise e reflexão de algum fato ou problema relevante, apoiado em teoria pertinente.

Os autores, em geral, são indicados pelo editor chefe, não sendo essa uma categoria de livre submissão.

- limitados a 3 (três) páginas; e
- orienta-se para um mínimo de 10 referências bibliográficas.

## PROCESSO DE JULGAMENTO DE MANUSCRITOS

Os artigos não podem ter sido publicados anteriormente em nenhum outro periódico ou anais completos de congressos e similares.

É realizada uma análise prévia dos trabalhos antes de submetê-los à avaliação científica. Na primeira etapa, são considerados aspectos como ética, escopo e apresentação do artigo segundo as normas da revista da UNIFA. Na segunda etapa, os manuscritos que estejam de acordo com o perfil editorial da Revista serão encaminhados para avaliação por pares.

### AVALIAÇÃO POR PARES (*PEER REVIEW*)

Os originais encaminhados pelo autor considerados aptos na etapa anterior serão encaminhados a profissionais de sua respectiva área temática, que emitirão pareceres quanto ao conteúdo da pesquisa. Os pareceres serão analisados pelos editores, que decidirão sobre a aprovação ou não do manuscrito.

Os trabalhos serão julgados por pelo menos dois revisores. Dois pareceres negativos desqualificam o trabalho; havendo discordância de pareceres, é solicitado um terceiro.

Se a matéria for aceita para publicação, a revista permite-se introduzir ajustes de formatação ou mesmo pequenos ajustes de conteúdo, ratificados pelo autor.

Os manuscritos considerados inaptos para publicação poderão ser reenviados aos autores com sugestões para reformulações, podendo dar início posteriormente a outro processo de avaliação.

O anonimato é garantido durante todo o processo de julgamento.

## PRINCÍPIOS DE RESPONSABILIDADE E CONFLITOS DE INTERESSE

Os Conflitos de interesses devem ser reconhecidos e mencionados pelos autores. Entre essas situações, menciona-se a participação societária nas empresas envolvidas na pesquisa ou equipamentos citados ou utilizados no trabalho, assim como em concorrentes da mesma. São também consideradas fontes de conflito os auxílios recebidos, consultorias etc.

O(s) autor(es) são inteiramente responsável pelas opiniões contidas no artigo submetido.

É necessário informar que as entrevistas e experimentações que envolveram seres humanos obedeceram aos procedimentos éticos estabelecidos para a pesquisa científica.

## PUBLICAÇÃO, LICENCIAMENTO E DIREITOS AUTORAIS

Os artigos serão publicados na forma eletrônica (PDF) e de forma dinâmica, ou seja, os números dos periódicos serão disponibilizados.

Após a aceitação do artigo o(s) autor(es) deverão enviar assinado o Termo de Cessão de Direitos Autorais para o e-mail da Revista da UNIFA em formato .JPG.

Caso haja mais de um autor, cada um deverá assinar e o autor responsável pela submissão deverá enviar o Termo digitalizado.

O acesso será irrestrito e a documentação disponibilizada sobre a Creative Commons Licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/br>), permitindo assim o acesso e distribuição das informações, entretanto não autorizando a comercializar e/ou alterar as informações dos artigos e demais textos do Periódico Eletrônico.

## PERIODICIDADE

Os números do Periódico Eletrônico serão publicados semestralmente, totalizando assim dois números por ano. Entretanto, de acordo com a demanda de trabalho, essa periodicidade poderá ser reduzida ou ampliada.

## REVISÃO EDITORIAL

Os manuscritos aceitos serão editados e as provas gráficas enviadas à revisão técnica para a correção de erros de impressão.

O ato de envio de um original implica, automaticamente, a cessão dos direitos autorais a ele referentes, devendo a revista ser consultada em caso de republicação. A publicação de artigos não é remunerada. Será remetido a cada autor um

exemplar impresso da revista em que for publicada a sua contribuição.

## SUBMISSÃO

Somente serão aceitas submissões em mídia eletrônica e em Língua Portuguesa.

Os artigos devem ser enviados para os seguintes endereços eletrônicos: [revistadaunifa@unifa.aer.mil.br](mailto:revistadaunifa@unifa.aer.mil.br) ou [revistadaunifa@gmail.com](mailto:revistadaunifa@gmail.com)



Portão da Guarda da UNIFA.

**OS ARTIGOS DEVEM SER ENVIADOS PARA:  
UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA – REVISTA DA UNIFA**

Av. Marechal Fontenelle, 1200 - Campo dos Afonsos

Rio de Janeiro - RJ

CEP 21740-000

Tels.: (21) 2157-2783

Ou para os seguintes endereços eletrônicos:

**Email:** [revistadaunifa@gmail.com](mailto:revistadaunifa@gmail.com); [revistadaunifa@unifa.aer.mil.br](mailto:revistadaunifa@unifa.aer.mil.br)

**Website:** [www.revistadaunifa.aer.mil.br](http://www.revistadaunifa.aer.mil.br)