



ESPAÇO EXTERIOR:
**UM OLHAR
MULTIDISCIPLINAR
SOBRE O FUTURO DA
HUMANIDADE**

Organizadores

Flavio Neri Hadmann Jasper

Carlos Eduardo Valle Rosa

Marcio Akira Harada



ESPAÇO EXTERIOR:
**UM OLHAR
MULTIDISCIPLINAR
SOBRE O FUTURO DA
HUMANIDADE**

Organizadores

Flavio Neri Hadmann Jasper

Carlos Eduardo Valle Rosa

Marcio Akira Harada

EDUNIA 

Reitor da UNIFA

Maj Brig Ar Max Cintra Moreira, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Vice-Reitor da UNIFA

Cel Av R/1 Valdomiro Alves Fagundes, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Pró Reitor de Apoio à Pesquisa e ao Ensino

Cel Av R/1 Toni Roberto Carvalho Teixeira, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Coordenadora da Editora e Editora-Chefe

Profª. Drª. Karina Coelho Pires, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Conselho Editorial Científico

Prof. Dr. Amit Gupta, Forum of Federations, Ottawa, Canadá

Prof. Dr. Claudio Rodrigues Corrêa, CMG, Escola de Guerra Naval, EGN, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Eduardo Svartman, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Dr. Erico Duarte, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Dr. Fabio Walter, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Paraíba, Brasil

Prof. Dr. Fernando de Souza Costa, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Flavio Neri Jasper, Cel Av R1, Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica, SEFA, Distrito Federal, Brasil

Prof. Dr. Francisco Eduardo A. de Almeida, CMG, Escola de Guerra Naval, EGN, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. German Wedge Rodríguez Pirateque, Mayor Eng, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, EPFAC, Bogota, Colombia

Prof. Dr. Gills Vilar Lopes, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Guilherme S. Góes, CMG, Escola Superior de Guerra, ESG, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Howard H. Hensel, United States Air Force, USAF, Alabama, Estados Unidos

Prof. Dr. João Roberto Martins Filho, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Joseph Devanny, King's College London, KCL, Londres, Inglaterra

Prof. Dr. Koshun Iha, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Lamartine N. F. Guimarães, Instituto de Estudos Avançados, IEAv, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Marcelo de A. Medeiros, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Pernambuco, Brasil

Prof. Dr. Marco Antonio S. Minucci, Cel Eng R1, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, IEAv, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Scott Tollefson, National Defense University, NDU, Washington, Estados Unidos

Prof. Dr. Stephen Burgess, United States Air Force, USAF, Alabama, Estados Unidos

Profª. Drª. Selma Lúcia de Moura Gonzales, TCel, Escola Superior de Defesa, ESD, Brasília, Brasil

Profª. Drª. Thais Russomano, King's College London, KCL, Londres, Inglaterra

Prof. Dr. Vantuil Pereira, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Vinícius Carvalho, King's College London, KCL, Londres, Inglaterra

Revisão Técnica

1º Ten BIB Leandro Henrique de Oliveira Spinola, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

2º Ten BIB Júlio César Carmelio da Costa, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

2º Ten BIB Nadjane Carvalho de Rezende, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Revisor de Língua Inglesa

Prof. Dr. Gilberto Alves Araújo, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Equipe de Edição

SO SDE Samuel Gonçalves Mastrange, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

SO SDE Edson Galvão, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

CB SGS Lessandro Augusto da Silva Queluci, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil



ESPAÇO EXTERIOR:
**UM OLHAR
MULTIDISCIPLINAR
SOBRE O FUTURO DA
HUMANIDADE**

Organizadores

Flavio Neri Hadmann Jasper

Carlos Eduardo Valle Rosa

Marcio Akira Harada



Todos os direitos desta edição reservados à Editora da Universidade da Força Aérea.
Proibida a reprodução total ou parcial em qualquer mídia sem a autorização escrita da Editora ou dos autores.
Os infratores estão sujeitos às penas da lei.
A Editora não se responsabiliza pelas opiniões emitidas nesta publicação.
© Organizadores (representantes dos autores)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA

E77

Espaço exterior: um olhar multidisciplinar sobre o futuro da humanidade/ organizado por Flavio Neri Hadmann Jasper, Carlos Eduardo Valle Rosa e Marcio Akira Harada – Rio de Janeiro, RJ; EDUNIFA, 2024.

113p.

ISBN: 978-65-89535-19-5

1. Exploração Espacial. 2. Espaço Exterior. 3. Pesquisa Científica. I. Jasper, Flavio Neri Hadmann. II. Rosa, Carlos Eduardo Valle. III. Harada, Marcio Akira. IV. Universidade da Força Aérea. V. Título.

CDU: 341.229

<https://doi.org/10.70689/978-65-89535-19-5>

2024

EDUNIFA

Editora da Universidade da Força Aérea
Av. Marechal Fontenelle, 1000 - Campo dos Afonsos
Rio de Janeiro - RJ - CEP 21740-000
Telephone number: +055 21 21572753
E-mail: editora.unifa@fab.mil.br

Sumário

PREFÁCIO DO COMANDANTE DA UNIFA	7
PREFÁCIO DO PRESIDENTE DA AEB	8
APRESENTAÇÃO DA OBRA	10
Capítulo 1	
UMA PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR PARA O PROBLEMA AMBIENTAL DOS DETRITOS ESPACIAIS	15
Alexandra Borges da Silva	
Capítulo 2	
AS ATIVIDADES ESPACIAIS BRASILEIRAS E O DIREITO ESPACIAL	20
Ian Grosner e Webert Barreto	
Capítulo 3	
CONDICIONANTES DO <i>NEW SPACE</i> PARA AS AGÊNCIAS ESPACIAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA O BRASIL	27
Alexandre Manhães e Gills Vilar-Lopes	
Capítulo 4	
THE PROSPECTS OF BRAZIL'S STRATEGY TOWARDS THE PLEDGE ON NON-DESTRUCTIVE DA-ASAT MISSILE TESTS	36
Bruno Martini, Peter Martinez, Victoria Samson e Maria Célia Barbosa Reis da Silva	
Capítulo 5	
GESTÃO DE RISCOS EM FATORES HUMANOS: FADIGA, DESEMPENHO E SEGURANÇA EM OPERAÇÕES ESPACIAIS	46
Bruno Torido Serra Valente e Ísis Beltrão Pereira	
Capítulo 6	
O NEW SPACE E O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: A EMPRESA PÚBLICA ALADA COMO OPORTUNIDADE DE ALAVANCAGEM DO SETOR	54
Cristiano Manhães e Alexandre Manhães	
Capítulo 7	
A EVOLUÇÃO DOS REGULAMENTOS ESPACIAIS BRASILEIROS (REB) E O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES COMERCIAIS DE LANÇAMENTO NO BRASIL	62
Cristiano Queiroz Vilanova, Marcio Akira Harada e Alysson Nunes Diógenes	

Sumário

Capítulo 8

DETRITOS ESPACIAIS: IMPACTOS E RELEVÂNCIA PARA O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO.....	74
---	-----------

Fernanda Diógenes Gomes Vieira

Capítulo 9

A LOGÍSTICA NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL.....	85
--	-----------

Francisco José Paulos Cabral e Marcio Akira Harada

Capítulo 10

QUO VADIS, ONU? O SENTIDO DA INSTITUIÇÃO INTERNACIONAL NA GUERRA DA UCRÂNIA.....	94
---	-----------

Ísis Beltrão Pereira, Flavio Neri Hadmann Jasper e Bruno Torido Serra Valente

Capítulo 11

O ESPAÇO E A DELIMITAÇÃO DE FRONTEIRAS – OBJETO DE ESTUDO PARA GEOPOLÍTICA E PARA AS RELAÇÕES INTERNACIONAIS.....	100
--	------------

Nacácio Leocádio do Nascimento

Capítulo 12

ESPAÇO EXTERIOR SOB A ÓTICA DA COOPERAÇÃO, DO DESENVOLVIMENTO E DA PAZ.....	107
--	------------

Carlos Eduardo Valle Rosa

Capítulo 13

CROSS-DOMAIN INNOVATION: DEVELOPING A SUPERSONIC RAMJET ANTI-SHIP MISSILE USING SPACE STANDARDS AND ROCKET TECHNOLOGY.....	116
---	------------

Rogério Luiz Verissimo Cruz, Carlos Alberto Gurgel Veras e Olexiy Shynkarenko

BIOGRAFIAS DOS AUTORES.....	129
------------------------------------	------------

Prefácio do Comandante e Reitor da Universidade da Força Aérea (UNIFA)

Em 18 de outubro de 2023, a Agência Espacial Brasileira (AEB) e a Universidade da Força Aérea (UNIFA) firmaram um Acordo de Cooperação Técnica cujo propósito foi estabelecer cooperação técnica e acadêmica entre ambas as Instituições, como forma de fomentar o ensino, a pesquisa e a extensão nos temas associados à exploração da atividade espacial.

Com grande satisfação testemunho o primeiro produto desse Acordo, na forma de um e-book que simboliza plenamente o espírito de cooperação almejado. Trata-se de uma obra literária que terá impacto na comunidade acadêmica em geral, pela amplitude dos temas, densidade das pesquisas e reflexo na melhor compreensão da atividade espacial no Brasil e pelos brasileiros.

O formato digital facilita a divulgação da obra e amplia a demanda de popularização do Programa Espacial Brasileiro, por meio de ensaios objetivos elaborados por docentes, discentes e profissionais da AEB e da UNIFA, conferindo qualidade e credibilidade ao trabalho.

O e-book atende funções críticas de uma Universidade. No ângulo do ensino, reflete a produção de textos de nossos professores e alunos, muitas vezes em parcerias acadêmicas com os profissionais da AEB. No espectro da pesquisa, a obra revela o envolvimento das Instituições nas demandas de aprimoramento de tantos elementos que afetam o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) ou mesmo o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), em áreas como a economia, tecnologia, segurança, direito e tantos outros temas relacionados. Na atividade de extensão, a obra apresenta-se como um insumo significativo para a melhor compreensão nacional das atividades ligadas ao setor espacial, seja na vertente civil ou militar.

A cooperação entre a AEB e a UNIFA não se limita apenas ao compartilhamento de conhecimento técnico, mas se estende à criação de um ambiente propício à formação de novos especialistas e à inovação nas atividades espaciais. Como uma Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação (ICT), a UNIFA integra o Sistema de Inovação da Aeronáutica (SINAER), e por esse motivo tem a responsabilidade de aperfeiçoar processos e investigar temas que levem à inovação pretendida. A associação com a AEB é um forte indicador dessa possibilidade.

Por fim, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos à Agência Espacial Brasileira, assim como aos autores dos ensaios, pela confiança e parceria que possibilitaram a realização deste projeto. A união de esforços entre a academia e a pesquisa governamental é um exemplo claro de como, juntos, podemos construir um futuro mais promissor para a ciência e tecnologia no Brasil.

Espero que este e-book contribua significativamente para o aumento do conhecimento sobre o espaço exterior e inspire novas gerações a se aventurarem na fascinante jornada da exploração espacial.

Ad astra!

Major-Brigadeiro do Ar MAX CINTRA MOREIRA
Comandante e Reitor da Universidade da Força Aérea

Prefácio do Presidente da Agência Espacial Brasileira

O Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais Corpos Celestes, usualmente conhecido como “Tratado do Espaço”, anuncia, em seu preâmbulo, o interesse da humanidade na exploração do espaço para usos pacíficos e nos lembra que esse uso deveria se dar para o bem de todos, independentemente de seu estágio de desenvolvimento econômico e social.

É com esse espírito que a Agência Espacial Brasileira (AEB) e a Universidade da Força Aérea (UNIFA) se uniram para construir o texto que chega agora aos leitores e às leitoras. Entendendo que o espaço é uma oportunidade de desenvolvimento socioeconômico para o País, mas também é uma fronteira a ser desbravada e um caminho para a cooperação, a coletânea que é agora publicada busca explorar temas que emergem hoje na área espacial, frutos de sua nova dinâmica.

De fato, o aumento explosivo do número de objetos em órbita e a forma da nova economia espacial colocaram questões que não existiam no campo espacial há uma vintena de anos. A presença cada vez maior da iniciativa privada em áreas antes reservadas apenas a Estados (lembramos apenas do pouso lunar da cápsula *Odysseus*, da empresa americana *Intuitive Machines* em fevereiro deste ano); a nova corrida espacial entre Estados Unidos e China e a polarização daí decorrente; o crescente aporte de recursos para a área espacial, que atingiu uma taxa de 9% ao ano segundo o Fórum Econômico Mundial, e que se deve particularmente aos investimentos dos Estados em segurança e defesa; e a previsão de valores superiores a um trilhão de dólares anuais daqui a uma década são as razões para essas novas questões sobre as quais os textos desta coletânea se debruçam.

O Brasil se insere nesse quadro a partir de sua longa e consolidada experiência no setor espacial. Apesar dos orçamentos modestos no setor, afinal estamos entre as dez maiores economias do mundo, mas ocupamos apenas o 44º lugar em investimentos na área espacial, o País apresenta um portfólio de realizações importantes, tanto na construção de satélites e foguetes quanto nas aplicações de dados espaciais, a mais notória delas sendo, provavelmente, o monitoramento do desmatamento da floresta amazônica, referência mundial em monitoramento do meio ambiente.

Os avanços dos programas espaciais no mundo levantam imediatamente perguntas sobre a sustentabilidade futura e a longo prazo das atividades espaciais. A ameaça crescente do lixo espacial (*debris*), o verdadeiro congestionamento das órbitas ao redor da Terra com as megaconstelações atuais e previstas, e a constante sombra de armas antissatélite são alguns dos tópicos de reflexão dos textos aqui apresentados.

A preocupação central expressa nesta coletânea é a tensão essencial entre o aproveitamento das vantagens socioeconômicas da atividade espacial e o uso responsável e pacífico do espaço.

A Era dos Tratados parece ter ficado para trás e, no entanto, a nova exploração do espaço, seus benefícios para a humanidade e seu crescimento sem precedentes, exige um repensar das formas de cooperação e regulação internacional, dos usos dos recursos espaciais e do papel dos Estados e das instituições multilaterais.

Este livro é uma contribuição nesse sentido. Escrito por especialistas com longa experiência nos temas apresentados, é uma leitura ao mesmo tempo relevante e agradável para os interessados no assunto, sejam *experts* ou apenas curiosos.

Com uma paleta de temas variados, que inclui a economia espacial, o tratamento de *debris*, direito espacial e regulamentação internacional para o espaço, a exploração comercial da infraestrutura brasileira para o espaço, entre outros, esta coletânea desvela novas facetas do setor espacial no Brasil e no mundo.

Pelo ineditismo e cuidado atento do texto, convido o leitor e a leitora a desfrutarem dessa reflexão sobre o presente e o futuro da atividade espacial. É tempo muito bem investido!

MARCO ANTONIO CHAMON

Presidente da Agência Espacial Brasileira

O espaço exterior é a fronteira da humanidade! A frase que ficou famosa na ficção científica, hoje se transforma em realidade. Além do significado físico de fronteira, há o reconhecimento dessa dimensão geográfica sob pontos de vista econômico, tecnológico, jurídico, ambiental, de segurança, cultural e tantos outros. Essa perspectiva abrangente se reflete na dependência da sociedade contemporânea em torno dos serviços oriundos dos sistemas espaciais. Esses serviços moldam nossa forma de vida, como um sistema técnico e tecnológico, que exerce influência nas atividades rotineiras, como por exemplo: nas previsões meteorológicas e nos fenômenos climáticos; no uso de dispositivos de navegação e localização; no gerenciamento da produção agropecuária; nas telecomunicações globais; ou mesmo ao se utilizar um terminal bancário eletrônico.

Atento a essa realidade, o propósito desta Obra é trazer ao debate temas essenciais da agenda relacionada à atividade de exploração espacial. Essa agenda tem ocupado a mídia, *think tanks*, organizações estatais e privadas, além de muitos indivíduos interessados na temática. Dessa forma, a obra destina-se a leitura de profissionais do setor, acadêmicos, jovens cientistas e aqueles que se interessam pela empolgante atividade espacial.

O *e-book* “Espaço Exterior: Um Olhar Multidisciplinar sobre o Futuro da Humanidade” é fruto do Acordo de Cooperação Técnica (ACT) firmado entre a Agência Espacial Brasileira (AEB) e a Universidade da Força Aérea (UNIFA). Trata-se de um produto acadêmico que contou com a colaboração de representantes de ambas as instituições. Apesar de os capítulos serem de autoria de membros das organizações públicas vinculadas ao ACT, é importante que se diga que o conteúdo, as informações, os dados e as análises presentes em cada ensaio decorrem dos estudos dos autores, originárias de suas pesquisas individuais, portanto não representam a postura oficial da AEB ou da UNIFA, assim como seus respectivos órgãos de subordinação.

Os capítulos são organizados de forma independente, na forma de ensaios, permitindo que o leitor possa partir para um tema de seu interesse diretamente. Apesar disso, sugere-se a leitura completa da obra, pois ela representa um panorama amplo de várias discussões relevantes sobre o espaço exterior. Alguns capítulos foram elaborados em língua inglesa, de forma a favorecer a internacionalização da obra.

O Capítulo 1 – UMA PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR PARA O PROBLEMA AMBIENTAL DOS DETRITOS ESPACIAIS, de autoria de Alexandra Borges da Silva, trata da gestão de detritos espaciais. Compreende que tal problema é um desafio crítico exacerbado pela falta de fronteiras definidas e regulamentações claras no espaço sideral. O ensaio propõe a integração da Economia Circular como uma abordagem estratégica para a gestão sustentável dos resíduos espaciais, enfatizando a importância da delimitação do espaço sideral para a segurança e eficiência das operações espaciais. A Economia Circular promove a redução, reutilização e reciclagem de materiais espaciais,

enquanto a delimitação espacial é essencial para mitigar colisões e garantir a cooperação global na preservação do ambiente cósmico.

O Capítulo 2 – AS ATIVIDADES ESPACIAIS BRASILEIRAS E O DIREITO ESPACIAL, de Ian Grosner e Webert Barreto, busca identificar a importância do Direito Espacial nas atividades espaciais brasileiras, sejam elas civis ou militares, sobretudo por ter o Brasil um programa espacial consolidado entre os países emergentes. A despeito de não dispor de uma disciplina adequadamente incluída nos currículos dos cursos de direito, o estudo do Direito Espacial merece ser valorizado e estimulado nos bancos acadêmicos. Portanto, sugere-se que pode ter chegado o momento de refletir o quadro jurídico existente que regula as utilizações civis e militares do espaço exterior com disposições destinadas a garantir mais segurança para essas atividades.

O Capítulo 3 – CONDICIONANTES DO NEW SPACE PARA AS AGÊNCIAS ESPACIAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA O BRASIL, de Alexandre Manhães e Gills Vilar-Lopes, analisa como o surgimento do New Space, caracterizado pela crescente participação de empresas privadas e novas tecnologias no setor espacial, impacta as agências espaciais, tomando como exemplo a AEB. O New Space trouxe consigo novas dinâmicas e desafios para as agências espaciais tradicionais, como a AEB. A principal característica desse novo cenário é a maior participação de empresas privadas, que investem em tecnologias inovadoras e buscam novos mercados. Aponta a demanda de análise dos ciclos de planejamento estratégico da AEB e sua adaptação ao New Space, discutindo desafios e oportunidades.

O Capítulo 4 – THE PROSPECTS OF BRAZIL'S STRATEGY TOWARDS THE PLEDGE ON NON-DESTRUCTIVE DA-ASAT TESTS, cujos autores são Bruno Martini, Peter Martinez, Victoria Samson e Maria Célia Barbosa Reis da Silva, discute que, enquanto se amplia a relevância do espaço exterior, algumas potências espaciais desenvolvem capacidades contraespaciais para interferir, interromper ou negar as capacidades espaciais de adversários. EUA, Rússia, China e Índia testaram no espaço armas antissatélite (ASAT) de ascensão direta (AD) para destruir seus próprios satélites, causando alguns dos maiores eventos geradores de detritos espaciais, que ameaçam os satélites em operação, astronautas e novos lançamentos. Na ONU uma resolução de 2022 pedindo o banimento destes testes destrutivos recebeu amplo apoio, mas relativamente poucos países efetivamente fizeram este compromisso voluntário e unilateral. Os autores argumentam que tal compromisso contra a testagem destrutiva de ASAT-AD se alinha com a estratégia nacional brasileira de uma potência pacífica emergente que advoga pela segurança e sustentabilidade espacial. Isso não impede que o país desenvolva tal armamento. ASAT-ADs são cada vez mais vistos com de alto custo financeiro e político e baixo valor tático, por destruir um alvo que provavelmente não interromperá o serviço provido por uma constelação satelital, enquanto causa efeitos colaterais prejudiciais à comunidade internacional. Argumenta-se ser mais valioso ao Brasil demonstrar seu compromisso com a acessibilidade e estabilidade do ambiente orbital da Terra, influenciando outros países e assumindo uma posição de liderança na política espacial.

O Capítulo 5 – GESTÃO DE RISCOS EM FATORES HUMANOS: FADIGA, DESEMPENHO E SEGURANÇA EM OPERAÇÕES ESPACIAIS, de autoria de Bruno Torido Serra Valente e Ísis Beltrão Pereira, discute a importância do sono para o desempenho cognitivo de equipes envolvidas em operações espaciais, especialmente no contexto do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE). O programa, que visa garantir a autonomia do Brasil no uso do espaço exterior, exige um alto nível de concentração e tomada de decisão por parte dos operadores. A privação de sono pode levar a diversos problemas cognitivos, como lentidão nas respostas, lapsos de atenção e dificuldades na tomada de decisão. Essas consequências são especialmente perigosas em ambientes como o espacial, onde erros podem ter consequências catastróficas. O texto apresenta estratégias adotadas pela NASA e pela ESA para gerenciar o sono em operações espaciais. O texto conclui que o sono é um fator crucial para o sucesso das operações espaciais. Ao implementar estratégias eficazes de gerenciamento do sono, é possível reduzir o risco de erros humanos, aumentar a eficiência e garantir a segurança das missões. O Brasil, ao investir em pesquisas e práticas relacionadas ao sono, pode se posicionar como um líder em segurança e inovação no setor espacial.

O Capítulo 6 – O NEW SPACE E O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: A EMPRESA PÚBLICA ALADA COMO OPORTUNIDADE DE ALAVANCAGEM DO SETOR, de Cristiano Manhães e Alexandre Manhães, analisa o potencial da criação da empresa pública ALADA para impulsionar o setor espacial brasileiro. Os autores argumentam que a criação de empresas estatais, como a Embrapa no setor agrícola, tem sido historicamente importante para o desenvolvimento de setores estratégicos no Brasil. A ALADA, ao seguir um modelo semelhante, poderia desempenhar um papel crucial na inovação e no desenvolvimento tecnológico do setor espacial brasileiro.

O Capítulo 7 – A EVOLUÇÃO DOS REGULAMENTOS ESPACIAIS BRASILEIROS (REB) E O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES COMERCIAIS DE LANÇAMENTO NO BRASIL, de Cristiano Queiroz Vilanova, Marcio Akira Harada e Alysson Nunes Diógenes tem por objetivo apresentar um breve histórico das iniciativas de Atividades Comerciais de Lançamento no Brasil, assim como apresentar as atualizações realizadas nos regulamentos espaciais brasileiros para se adequarem às realidades do desenvolvimento dessas atividades no Brasil. Desta forma, pretende-se demonstrar que as iniciativas regulatórias devem estar alinhadas às iniciativas de exploração comercial das atividades de lançamento, para que seja possível o atingimento das metas estabelecidas de maneira segura e sustentável.

O Capítulo 8 – DETRITOS ESPACIAIS: IMPACTOS E RELEVÂNCIA PARA O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO, de Fernanda Diógenes Gomes Vieira, retoma a questão dos detritos espaciais, pois eles são obstáculos graves para a sustentabilidade do meio ambiente espacial. O ensaio tem por propósito questionar se o Brasil deve adotar medidas mitigatórias de detritos espaciais em prol do desenvolvimento sustentável

do espaço ainda que tenha poucos objetos lançados. Analisa os impactos decorrentes dos detritos espaciais, conceitua de detritos espaciais e define suas características. Além disso, busca indicar os riscos ambientais, sociais, econômicos e políticos resultantes dos detritos e suas consequências. Por final, procura verificar a posição brasileira em relação ao problema e a sua relevância para o programa espacial brasileiro.

O Capítulo 9 – A LOGÍSTICA NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL, de Francisco José Paulos Cabral e Marcio Akira Harada, apresenta o papel da logística na realização das atividades espaciais. As atividades de logística no espaço apoiam principalmente o transporte e a manutenção de equipamentos de telecomunicações e de pesquisa e serviços voltados para a Estação Espacial Internacional. O programa Artemis da NASA e a Doutrina da Força Espacial dos Estados Unidos enfatizam a importância da Logística para o sucesso de missões civis e militares. A Logística Espacial se refere às atividades dedicadas a projetos e sistemas espaciais, realizadas tanto no espaço quanto na Terra. Seu objetivo é maximizar o potencial das ações, aumentando a eficiência e eficácia dos processos. Ela inclui a execução de diversas atividades, dentre as quais o transporte de pessoas e cargas da terra para o espaço. O transporte espacial é a atividade de transportar pessoas ou cargas “para”, “através”, e “de volta” do espaço exterior. Uma das possibilidades do Transporte espacial é o Transporte Intercontinental, utilizando o trânsito pelo espaço, encurtando o tempo de viagem de um ponto a outro na Terra. Outra possibilidade é o transporte de pessoas, equipamentos e suprimentos para a órbita terrestre e espaço exterior, alcançando estações espaciais ou outros corpos celestes. O laboratório de Engenharia Estratégica MIT é o principal colaborador no estudo da Logística Espacial.

O Capítulo 10 – QUO VADIS, ONU? O SENTIDO DA INSTITUIÇÃO INTERNACIONAL NA GUERRA DA UCRÂNIA, de Ísis Beltrão Pereira, Flavio Neri Hadmann Jasper e Bruno Torido Serra Valente, analisa a guerra na Ucrânia sob uma perspectiva inovadora, explorando o impacto do conflito no espaço exterior e o papel do *United Nations Office for Outer Space Affairs* (UNOOSA) nesse contexto. Destaca que a guerra na Ucrânia não se limita ao terreno terrestre, mas se estende ao espaço, com o uso de tecnologias como satélites e sistemas de comunicação. Quanto à UNOOSA, órgão da ONU responsável pelos assuntos espaciais, aponta que tem um papel crucial na promoção da cooperação internacional e na utilização pacífica do espaço. A teoria do institucionalismo neoliberal é aplicada para analisar o papel das instituições internacionais, como o UNOOSA, na resolução de conflitos e na promoção da cooperação. O texto argumenta que a guerra na Ucrânia tem implicações globais e que o espaço exterior se tornou um novo campo de batalha. O UNOOSA tem um papel fundamental na promoção da cooperação internacional e na prevenção de uma escalada do conflito para o espaço. A teoria do institucionalismo neoliberal oferece uma perspectiva útil para entender o papel das instituições internacionais nesse contexto.

O Capítulo 11 – O ESPAÇO E A DELIMITAÇÃO DE FRONTEIRAS – OBJETO DE ESTUDO PARA GEOPOLÍTICA E PARA AS RELAÇÕES INTERNACIONAIS, de Nacácio Leocádio do Nascimento aponta como o espaço exterior se tornou uma nova questão a ser compreendida e estudada do ponto de vista de como delimitar novos limites e estabelecer fronteiras. Isso se dá pelo fato de no espaço exterior não existir um divisor geográfico nítido, como ocorre na superfície terrestre. Aponta como as Relações Internacionais e a Geopolítica podem se tornar novos orientadores de discussões de como interpretar e apresentar áreas de soberania e controle do espaço exterior.

O Capítulo 12 – ESPAÇO EXTERIOR SOB A ÓTICA DA COOPERAÇÃO, DO DESENVOLVIMENTO E DA PAZ, de Carlos Eduardo Valle Rosa, propõe um contraponto à caracterização do espaço exterior como um espaço congestionado, competitivo e contestado, conhecidos como os “3 C”. Os argumentos se desenvolvem em torno de um espaço exterior observado sob a perspectiva da cooperação internacional, do desenvolvimento socioeconômico e do progresso pacífico da humanidade.

O Capítulo 13 - CROSS-DOMAIN INNOVATION: DEVELOPING A SUPERSONIC RAMJET ANTI-SHIP MISSILE USING SPACE STANDARDS AND ROCKET TECHNOLOGY, de Rogério Luiz Verissimo Cruz, Carlos Alberto Gurgel Veras e Olexiy Shynkarenko, explora a inovação entre domínios, aproveitando os padrões espaciais e os perfis de foguetes para o desenvolvimento de um míssil antinavio supersônico *ramjet* usando parafina sólida como propulsor. O processo de desenvolvimento segue as diretrizes da *European Cooperation for Space Standardization* (ECSS). A Marinha do Brasil foi identificada como o principal cliente, fornecendo os requisitos necessários para o sistema de mísseis superfície-superfície. O código principal empregado no estudo usa um modelo de dois graus de liberdade para a análise de missão de voo, abrangendo as fases de ascensão, cruzeiro e descida de um míssil supersônico alimentado por um *ramjet* de combustível sólido.

Convidamos os leitores à leitura dessa primeira obra fruto do ACT entre a AEB e a UNIFA, cuja meta é a popularização do conhecimento científico vinculado à exploração espacial, atividade de fundamental importância para a humanidade.

Os Organizadores.

Capítulo 1

UMA PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR PARA O PROBLEMA AMBIENTAL DOS DETRITOS ESPACIAIS

Alexandra Borges da Silva

Introdução

A poluição no espaço atual é um desafio complexo e urgente que ultrapassa as fronteiras da Terra, exigindo uma análise minuciosa para compreender sua magnitude. A poluição espacial é caracterizada pelo aumento constante de detritos orbitais, que surgem de diversas fontes, como fragmentos de satélites desativados, estágios de foguetes e colisões entre objetos em órbita. Esses detritos, que se espalham em diferentes altitudes e trajetórias, representam uma grande ameaça para a integridade e sustentabilidade do espaço sideral, pondo em perigo tanto satélites operacionais quanto futuras missões espaciais.

Os resíduos espaciais são detritos gerados pelas atividades humanas no espaço, representando uma crescente preocupação devido aos seus potenciais riscos para o meio ambiente e a segurança pública. Esses detritos podem ser categorizados em várias classes distintas, incluem satélites inativos que excederam sua vida útil, fragmentos resultantes de colisões entre satélites, além de pequenos objetos como parafusos. De acordo com Bittencourt Neto (2011), objeto espacial é todo engenho humanolanzado no espaço, dessa forma, o lixo espacial também seria um objeto espacial.

Ao explorar a complexidade desse fenômeno, torna-se imperativo analisar a origem e a distribuição dos detritos em órbita, destacando a dinâmica que contribui para sua geração e propagação. A compreensão desses aspectos é crucial para fundamentar estratégias eficazes de mitigação e preservação do ambiente espacial, visando assegurar a continuidade das atividades espaciais e a manutenção da órbita terrestre em condições sustentáveis.

Nesse contexto, o presente ensaio científico propõe uma análise crítica da Economia Circular como resposta aos desafios da poluição espacial no espaço sideral, fundamentada nos princípios de redução, reutilização e reciclagem, essa abordagem busca otimizar o gerenciamento dos resíduos espaciais e promover práticas mais sustentáveis, além de repensar a produção e utilização de satélites e equipamentos espaciais, visa incorporar estratégias circulares para minimizar o impacto dos detritos já presentes em órbita.

1 O PANORAMA ATUAL DA POLUIÇÃO ESPACIAL: ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO DOS DETRITOS EM ÓRBITA

O cenário contemporâneo da poluição espacial emerge como uma problemática global que transcende as fronteiras terrestres, demandando uma compreensão aprofundada de seus elementos constituintes. A poluição espacial refere-se à acumulação de detritos orbitais, provenientes de uma variedade de fontes, incluindo satélites desativados, estágios de foguetes e fragmentos resultantes de colisões entre objetos em órbita.

O lixo espacial é gerado pelos mais diversos componentes, pedaços e restos de foguetes e satélites já sem utilidade. Eles se chocam constantemente, produzindo mais e mais detritos, cada vez menores. Surgem até mesmo lascas de carcaças e pintura. Por vezes, formam-se nuvens de partículas com enorme poder destrutivo, pois voam à velocidade de 28 mil km por hora, bem superior à de um tiro de revólver (Monserrat Filho, 2007, p. 20).

Para uma compreensão abrangente da poluição espacial atual, é essencial mapear a origem e distribuição dos detritos, fundamentando assim estratégias eficazes para mitigação e preservação do ambiente espacial. A crescente acumulação de detritos em órbita terrestre representa um desafio significativo tanto para as operações espaciais quanto para a sustentabilidade do ambiente orbital.

Alguns desses detritos tombam na Terra e queimam na atmosfera ou caem no oceano, especialmente na área conhecida como “cemitério de naves espaciais” no Oceano Pacífico. Outros são deliberadamente afastados da Terra para as chamadas “órbitas necrópole”, situadas cerca de 320 milhas além das órbitas operacionais normais. No entanto, muitos desses objetos permanecem em órbita, representando uma ameaça iminente para os satélites ativos e futuras missões espaciais.

Agências espaciais desenvolveram estratégias de monitoramento e catalogação de detritos, mas a ameaça persiste, aumentando a necessidade de estratégias eficazes de mitigação. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) define detritos espaciais como objetos criados pelos humanos e que se encontram em órbita ao redor da Terra, mas que não desempenham mais nenhuma função útil. Estes podem incluir peças pequenas, como ferramentas e luvas, ou estágios de foguetes e satélites desativados que congestionam o espaço em volta da Terra, causando risco de acidentes tanto em órbita quanto durante a reentrada na atmosfera terrestre (INPE, 2024).

A problemática dos detritos orbitais foi identificada como um desafio desde 1978. Desde então, governos e empresas privadas têm financiado missões de exploração espacial sem adotar estratégias significativas para conter o crescimento da população de detritos orbitais. Portanto, é essencial que sejam implementadas medidas concretas para controlar e reduzir a quantidade de detritos orbitais, garantindo a sustentabilidade das atividades espaciais futuras.

2 FALTA DE LIMITES CLAROS NO ESPAÇO SIDERAL E LIMITAÇÕES NAS REGULAMENTAÇÕES

A falta de fronteiras geográficas definidas no espaço sideral e a ausência de regulamentações específicas intensificam os desafios associados à gestão de detritos espaciais, enfatizando a urgência de adotar uma abordagem mais abrangente e eficaz.

O Direito Espacial é uma vertente do Direito Internacional Público que regula a exploração e o aproveitamento do espaço cósmico, estabelecendo normas que governam tanto o espaço exterior quanto os corpos celestes resultantes das atividades realizadas por Estados, entidades públicas e privadas, e organizações internacionais intergovernamentais (Monserrat Filho, 1998, p. 10).

Sua esfera de abrangência inclui os princípios e normas internacionais que orientam as diversas atividades espaciais. Em termos de nomenclatura, o Direito Espacial pode ser referido como Direito do Espaço Exterior, Direito Planetário, Direito Interplanetário, Direito Cósmico, Direito Astronáutico, Direito Supra-Atmosférico ou, simplesmente, Direito Espacial (Silva, 2015). No contexto da economia espacial, a delimitação do espaço sideral assume um papel importante ao estabelecer as fronteiras e parâmetros normativos que regem as atividades extraterrestres.

Não existiam normas ou entendimentos internacionais que proibissem os países mais poderosos de reivindicarem soberania sobre o espaço sideral (Silva, 2015). Bittencourt Neto aborda essa questão destacando o debate sobre o direito de apropriação do espaço sideral, questionando se ele seria de livre conquista, como um novo continente a ser explorado. A perspectiva de colonização do espaço sideral pelas superpotências, como ocorrera nas Américas, África, Ásia e Oceania, não era bem-vista pela comunidade internacional (Bittencourt Neto, 2011, p. 100).

A falta de limites claros e regulamentações específicas contribuem para a proliferação descontrolada de detritos, resultando de colisões e fragmentação de objetos em órbita. Ao implementar uma delimitação rigorosa, é possível estabelecer padrões para a concepção de satélites, controlar o lançamento de novas espaçonaves e promover práticas de fim de vida útil que minimizem a geração de detritos. Portanto, a delimitação do espaço sideral não apenas resguarda interesses econômicos, mas também emerge como uma ferramenta estratégica para enfrentar efetivamente os desafios contemporâneos relacionados à sustentabilidade e preservação do ambiente cósmico.

3 INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR À DELIMITAÇÃO DO ESPAÇO SIDERAL

A Economia Circular, enquanto paradigma econômico inovador, propõe uma abordagem sistêmica para otimizar o uso de recursos, minimizar desperdícios e promover a sustentabilidade.

Em contraste com o modelo linear tradicional de produção e consumo, a Economia Circular visa fechar o ciclo dos materiais, fomentando a reutilização, reciclagem e a redução na geração de resíduos. No contexto da delimitação do espaço sideral, a importância da integração da Economia Circular emerge como uma alternativa estratégica e eficaz para enfrentar os desafios impostos pela poluição espacial.

A Economia Circular apresenta uma série de vantagens para a gestão de detritos espaciais, destacando-se pela sua capacidade de promover um ciclo de vida mais sustentável para satélites e equipamentos espaciais. Em sua essência, essa abordagem busca maximizar o valor dos materiais ao longo de seu ciclo de vida, minimizando a geração de resíduos e, conseqüentemente, a proliferação de detritos em órbita. No âmbito espacial, isso implica no projeto de satélites e espaçonaves que possam ser facilmente desmontados, reutilizados ou reciclados ao final de sua vida útil, reduzindo a necessidade de lançamento de novos objetos e mitigando o risco de colisões em órbita.

Essa perspectiva também foi discutida em um artigo publicado em 1982 por Walter Stahel, cuja contribuição é agora destacada no trabalho da Ellen MacArthur Foundation sobre economia circular. A extensão do ciclo de vida do produto era considerada uma estratégia para prevenir resíduos, sendo percebida como fundamental para a transição para práticas sustentáveis de produção e consumo (Cooper, 2005; 2010).

A aplicação dos princípios da Economia Circular às normas de delimitação do espaço sideral contribui significativamente para a mitigação do lixo espacial. Ao incentivar a reutilização de materiais e a reciclagem de componentes, a Economia Circular não apenas reduz a dependência de recursos finitos, mas também minimiza o impacto ambiental das operações espaciais. Essa abordagem promove a sustentabilidade das atividades espaciais a longo prazo. Além disso, a integração da Economia Circular nas normas de delimitação do espaço sideral facilita a implementação de políticas e regulamentações mais eficazes, alinhadas com os princípios da sustentabilidade e da responsabilidade ambiental.

A adoção de práticas circulares na gestão de detritos espaciais envolve uma série de estratégias, incluindo o desenvolvimento de tecnologias avançadas para a captura e reciclagem de detritos em órbita, a promoção de parcerias internacionais para a gestão compartilhada de recursos e a implementação de normas e diretrizes para a concepção e operação de satélites e espaçonaves. Essas iniciativas, alinhadas aos princípios da Economia Circular, não apenas contribuem para a redução da poluição espacial, mas também fomentam a inovação e a competitividade no setor espacial.

Considerações finais

A análise da delimitação do espaço sideral e sua intersecção com os desafios ambientais e a Economia Circular revela a importância de uma abordagem integrada e sustentável para

a gestão dos detritos espaciais. A compreensão da origem e distribuição dos detritos, aliada à implementação de tecnologias inovadoras e políticas eficazes, é essencial para mitigar os riscos associados à poluição espacial e garantir a sustentabilidade das atividades espaciais a longo prazo.

A economia circular emerge como um paradigma promissor para enfrentar esses desafios, promovendo a reutilização, reciclagem e redução de resíduos. Ao mesmo tempo, a delimitação clara do espaço sideral facilita a implementação de regulamentações e normas que promovem a sustentabilidade. A integração dessas abordagens não só contribui para a mitigação da poluição espacial, mas também fomenta a inovação e a competitividade no setor espacial, assegurando um futuro sustentável para as atividades humanas no espaço.

A sinergia entre a economia circular e a delimitação clara do espaço sideral oferece uma abordagem holística para enfrentar os desafios da poluição espacial. Essa combinação permite uma gestão mais eficiente dos recursos e promove práticas que minimizam a geração de detritos, garantindo a manutenção da integridade do ambiente espacial.

Portanto, a combinação de regulamentações eficazes e práticas circulares promove um ambiente espacial mais seguro, sustentável e propício à inovação contínua. Este enfoque integrado assegura a mitigação dos riscos associados aos detritos orbitais e estabelece as bases para um futuro sustentável para as atividades humanas no espaço, fortalecendo tanto a preservação do ambiente orbital quanto o avanço tecnológico no setor espacial.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT NETO, Olavo de Oliveira. **Direito Espacial Contemporâneo: Responsabilidade Internacional**. Curitiba: Juruá, 2011, p. 100.

COOPER, Tim. **Slower consumption: Reflections on product life spans and the “throwaway society”**. *Journal of Industrial Ecology*, v. 9, n. 1-2, p. 51-67, 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1162/1088198054084671> Acesso em: 16/09/2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **O que é lixo espacial?** INPE, 2024, disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/principais-produtos-e-servicos-do-inpe/satelites/o-que-e-lixo-espacial>. Acesso em: 20/09/2024.

MONSERRAT FILHO, José. **Introdução ao Direito Espacial**. Rio de Janeiro: Editora: Sociedade Brasileira de Direito Aeroespacial, 1998. p.10.

MONSERRAT FILHO, José. **Direito e Política na Era Espacial: Podemos Ser Mais Justos no Espaço do que na Terra?** Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2007. p. 20.

SILVA, Américo Luís Martins. **Direito Aeronáutico e do Espaço Exterior: infrações administrativas aeronáuticas – Direito do Espaço Exterior e Nacional e internacional – Sistema Brasileiro de Atividades Espaciais – SBAE**. 4º volume. 2ª edição revisada e atualizada. 1ª ed. (e-Book Kindle). 2015.

Capítulo 2

AS ATIVIDADES ESPACIAIS BRASILEIRAS E O DIREITO ESPACIAL

Ian Grosner
Webert Barreto

Introdução

A era Espacial, ainda em descoberta para a grande parte do mundo acadêmico e jurídico, é um cenário desafiador que pode ser cindido em duas premissas: busca constante de uma cobertura jurídica espacial e enfrentamento de uma mobilização interna para ser um vetor de desenvolvimento.

Ab initio, como definido no art. 142 da Constituição Federal de 1988, as Forças Armadas, constituídas pela Marinha, pelo Exército e pela Aeronáutica, são instituições nacionais permanentes e regulares, organizadas com base na hierarquia e na disciplina, sob a autoridade suprema do Presidente da República e destinam-se à defesa da Pátria, à garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem.

Cabe também às Forças Armadas o cumprimento das atribuições subsidiárias explicitadas na Lei Complementar nº 97/99, em comprometimento de sua destinação constitucional. Essa LC é a que dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas.

Nesse ponto, é útil destacar que o art. 18, III, da LC nº 97/99 aponta que cabe à Aeronáutica, como atribuição subsidiária particular, dentre outras, contribuir para a formulação e condução da Política Aeroespacial Nacional.

Ocorre que o Poder Militar Aeroespacial está definido na Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira, DCA 1-1/2020, como sendo a parte integrante do Poder Aeroespacial que compreende a Força Aérea, suas Bases e suas estruturas de C², logísticas e administrativas, bem como os meios adjudicados pelos Poderes Naval e Militar Terrestre e outros meios, quando vinculados ao cumprimento da missão do Poder Militar Aeroespacial e submetidos a algum tipo de orientação, comando ou controle de Autoridade Militar Aeroespacial (Brasil, 2020, pág. 12).

Associada à discussão conceitual em torno do Poder Aeroespacial, a expressão Força Aérea Brasileira é compreendida como o instrumento militar de cumprimento das obrigações legais atinentes à Aeronáutica. Basicamente, é a ferramenta de aplicação do componente militar do Poder Aeroespacial, seja em tempo de paz ou nas crises e conflitos armados (Brasil, 2020, pág. 28).

Para tanto, vislumbra-se que a Doutrina Básica 1-1, de 2020, se estrutura com base em um documento dinâmico e mutável à medida que o cenário aeroespacial e as capacidades operacionais necessárias da Força Aérea evoluem.

Nesse contexto, o preparo e o emprego da Força Aérea Brasileira são orientados por três elementos fundamentais: a Visão, a Missão e a Doutrina (Brasil, 2020); sendo esse terceiro o conjunto de princípios, conceitos, normas e procedimentos, exposto de forma integrada e harmônica, destinado a estabelecer linhas de pensamentos e a orientar ações. Nesse ponto, ao adquirir aeronaves, incorporar tecnologias e implantar sistemas que modifiquem a forma de entender e de aplicar o Poder Aeroespacial, justifica-se a atualização dos ditames regulamentares ora em vigor.

Desenvolvimento

No início da conquista do ar, algumas iniciativas isoladas levaram as autoridades militares a impulsionarem a formação escolar de pilotos militares e, também, ocasionaram o desenvolvimento, ainda que incipiente, da indústria e da infraestrutura aeroespacial. Assim, a criação do então Ministério da Aeronáutica¹ e da participação deste na Segunda Guerra Mundial esboçou os primeiros ensaios doutrinários do Poder Aeroespacial (Mesquita, 2018).

Em verdade, a essência do Poder Aeroespacial encontra-se na Força Aérea Brasileira, cuja missão institucional retrata a preocupação de controle e defesa aeroespacial, mantendo a soberania do espaço aéreo e integrando o território nacional, com vistas à defesa da pátria – sendo o espaço a nova dimensão da segurança e defesa de um país.

O Poder Aeroespacial é um multiplicador de força para cada Comando militar, fornecendo aos comandantes (do nível tático ao estratégico) enormes efeitos de aumento de força, combinando eficácia de combate no processamento do teatro operacional. Os sistemas espaciais podem melhorar significativamente a capacidade militar de atacar o centro de gravidade² do inimigo, paralisando o adversário e tornando mais fácil para suas próprias forças terrestres, marítimas e aéreas dominarem rapidamente o cenário de batalha (Calderón; Gutiérrez, 2019).

¹ O Ministério da Aeronáutica era independente até a data de 10 de junho de 1999, quando, junto com o Ministério da Marinha e do Exército, foram substituídos pelo Ministério da Defesa (MD) por meio da Lei Complementar nº 97 de 9 de junho de 1999. Com a centralização administrativa, os três braços das Forças Armadas do Brasil se transformaram em Comandos do Ministério da Defesa – Comando do Exército, Comando da Marinha e Comando da Aeronáutica (COMAER).

² Sobre o centro de gravidade, é importante anotar que Warden (1988) propõe que o inimigo, tal qual um sistema, seja paralisado e analisado em cinco anéis concêntricos, representando sistemas vitais para o oponente, com a liderança no centro. Isto é, associando à ideia a palavra estratégica, porém sob o ponto de vista sistêmico do oponente. Assim, concebe o inimigo como um sistema, resgata a ideia de centro de gravidade e apresenta o modelo dos cinco anéis concêntricos: a liderança, os sistemas essenciais, a infraestrutura, a população e as forças militares (BRASIL, 2020, pág. 26).

Desse modo, a definição da missão da Força Aérea Brasileira dá relevo à Defesa Aeroespacial, a qual se caracteriza em ter a Instituição castrense o dever de defender o Brasil, impedindo o uso do espaço aéreo brasileiro e do espaço exterior para a prática de atos hostis ou contrários aos interesses nacionais. Em essência, o defender refere-se à garantia da soberania do espaço aéreo, que inclui todo território nacional e suas fronteiras, e também se relaciona com a defesa dos interesses nacionais na chamada Zona Econômica Exclusiva, totalizando doze milhões de quilômetros quadrados (Brasil, 2018).

A Capacidade de Proteção do território e da população brasileira exprime o mais relevante objetivo nacional, o de garantir a soberania, o patrimônio nacional e a integridade territorial. Nesse cenário, reforçar a capacidade de proteção requer a adequação legislativa das atividades espaciais brasileiras, ainda mais porque em 23 de junho de 2020 ocorreu a inauguração das instalações do Centro de Operações Espaciais (COPE), em Brasília, sendo este Centro o fruto da linha diretiva do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE).

A valer, falta um pano de fundo para as atividades espaciais em âmbito interno, qual seja um Código Espacial, certamente. Isso pois o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) tem como ambição elevar a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) ao status de uma política de Estado, de modo a oferecer a autonomia e a soberania ao país no setor (Alvarenga dos Santos; Noronha de Souza; Grosner, 2020).

Por meio do Decreto nº 9.279, de fevereiro de 2018, deu-se a criação de um Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB), que tinha como objetivo principal estabelecer as diretrizes e as metas para um programa espacial nacional mais robusto. Em junho de 2019, por meio do Decreto nº 9.839, esse escopo foi ampliado (houve a revogação do Decreto nº 9.279/2018), e dentre as suas atividades estava a possibilidade de criação de Grupos Técnicos (GTs). Assim, foi criado, dentre outros, o GT-12 (Lei geral do espaço). Esse Grupo era composto por representantes da Casa Civil da Presidência da República, do Ministério da Defesa (MD), do Ministério das Relações Exteriores (MRE), do então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), e do Gabinete de Segurança Institucional (GSI) da Presidência da República, sob a coordenação do MCTIC. O relatório final do GT foi aprovado em sessão plenária de 30 de setembro de 2020, no entanto, seu conteúdo ainda não foi publicado.³ O fato é, que até a presente data, o Poder Executivo Federal ainda não apresentou seu Projeto de Lei sobre o tema.⁴

Apesar de o Brasil fazer parte de quatro dos Tratados da ONU, o do Espaço (1967), o de Salvamento de Astronautas e Restituição de Astronautas e de Objetos

³ Considera-se tal informação até a data de 30.04.2024.

⁴ Considera-se tal informação até a data de 30.04.2024.

lançados no espaço (1968), o de Responsabilidade internacional por danos causados por objetos espaciais (1972) e o de Registro de objetos lançados no espaço (1974), a legislação espacial nacional carece de um conjunto geral de disposições que abarque as diretrizes básicas para as atividades espaciais (Alvarenga dos Santos; Noronha de Souza; Grosner; Malhadas, 2021).

Ao considerar os novos cenários do espaço (uso civil e militar, sobretudo), é oportuno que a distinção entre atividades civis (aquelas abarcadas pela pesquisa e pelo desenvolvimento de tecnologias espaciais – coordenada pela Agência Espacial Brasileira) e atividades de Defesa aeroespacial deve ficar clara na lei geral espacial pretendida. Não por isso que em 29 de dezembro de 2021, a Portaria AEB nº 756, publicada no Diário Oficial da União nº 247, de 31 de dezembro de 2021, aprovou o conteúdo do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) para o período de 2022 a 2031, o qual se caracteriza como o instrumento de planejamento das atividades espaciais brasileiras para a próxima década – o órgão responsável pelo Programa é a Agência Espacial Brasileira (AEB), conforme ditam a Lei nº 8.854/94 e o Decreto nº 1.332/94. O PNAE aduz, inclusive, que a dimensão setorial do planejamento das atividades espaciais do País, quando aplicável e em consonância com as questões de Segurança Nacional, se torna fundamental. E mais: estabelece que um dos cinco fatores críticos para o fortalecimento do Setor Espacial Brasileiro é a harmonização de iniciativas civis e de defesa nacional no setor espacial.

É útil destacar, sobretudo, a existência de um Projeto de Lei (PL nº 1006/2022), de autoria parlamentar, que institui a Lei Geral das Atividades Espaciais e altera a Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994.⁵ Ainda que meritória a proposta, entendem os autores que este projeto de lei padece de inconstitucionalidade formal, na medida em que viola o disposto no art. 61, § 1º, da Constituição Federal. Neste sentido, para fins de registro, foi elaborada a Nota Jurídica nº 00022/2023/PF/AEB/PFEAEB/PGF/AGU.

Em busca do arcabouço jurídico espacial, cabe evidenciar que o Direito Espacial surgiu quase que concomitantemente à corrida espacial. Na verdade, pode-se afirmar que sua origem se deu antes mesmo do primeiro objeto ser lançado ao espaço, o Sputnik 1, em 1957. A primeira obra jurídica que fez menção ao Direito Espacial foi escrita em 1910 pelo jurista belga Emile Laude, abordando que uma nova lei regeria as novas relações jurídicas, não sendo mais direito aéreo, mas, sem dúvida, um direito espacial (Da Silva; Grosner, 2023).

Os primeiros autores da América Latina foram o argentino Aldo Armando Cocca e o brasileiro Haroldo Valladão, que publicaram suas primeiras obras na área de Direito Espacial em 1957, sendo que Valladão publicou o trabalho “Direito Interplanetário e Direito Inter Gentes Planetárias” apenas alguns meses depois do lançamento do *Sputnik 1* (Da Silva; Grosner, 2023).

⁵ PL 1006/2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2320339>. Acesso em: 07 ago. 2023.

Pode-se conceituar o Direito Espacial como o ramo do Direito Internacional Público que regula as atividades dos Estados, de suas empresas públicas e privadas, bem como das organizações internacionais intergovernamentais, na exploração e uso do espaço exterior, e estabelece o regime jurídico do espaço exterior e dos corpos celestes. Esta definição deriva do Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na exploração e Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais Corpos Celestes, mais comumente conhecido como Tratado do Espaço, incorporado em nosso ordenamento jurídico pelo Decreto nº 64.362, de 17 de abril de 1969.

Atualmente, a majoritária corrente de doutrinadores dedicados ao tema entende que o Direito Espacial é uma *lex specialis* quando comparado ao corpo muito mais antigo do Direito Internacional geral, sendo derivado dele, tendo em vista as peculiaridades do espaço como um campo de direito próprio. O fato é que o Direito Espacial se vale de conceitos, fontes e princípios próprios que, eventualmente, se socorrem de outras fontes do Direito Internacional Público, por exemplo, quando se socorre do princípio do poluidor pagador na questão da mitigação dos detritos espaciais.

Portanto, vê-se que o Direito Espacial é de suma importância para assegurar a cooperação, a paz e a segurança no espaço, bem como para proteger os interesses e os direitos dos envolvidos nas atividades espaciais. Este cintilante ramo do direito é um campo dinâmico e desafiador que enfrenta novas questões e problemas devido ao progresso tecnológico, à diversidade dos atores espaciais, à comercialização das atividades espaciais e à crescente demanda por recursos e serviços espaciais. Diversos tópicos incluem: a gestão global do espaço; a segurança e a sustentabilidade do espaço; a mineração e a exploração de recursos naturais; o turismo e a colonização espacial; a proteção dos patrimônios culturais e naturais no espaço; os direitos humanos e as questões éticas no espaço; dentre outros.

Cabe destacar, por oportuno, que as atividades espaciais são duais desde o seu início, ou seja, militares (defesa e segurança) e civis, dependendo dos objetivos e das finalidades dos agentes que as realizam. As atividades civis têm como objetivo o progresso científico, tecnológico, econômico e social da humanidade, como o lançamento e a operação de satélites de comunicação, de observação da Terra, de meteorologia, de navegação e de pesquisa; a exploração e o uso dos recursos naturais do espaço; o turismo e a colonização espacial. Por sua vez, as atividades militares são aquelas que visam à defesa nacional, à segurança estratégica ou à projeção de poder dos Estados, como, por exemplo: o lançamento e a operação de satélites de reconhecimento, de alerta antecipado, de comunicação militar, de posicionamento global e de defesa antimísseis; o uso do espaço para fins de inteligência, de vigilância, de comando e controle, de dissuasão ou de ataque; entre outras.

Neste contexto, o Direito Espacial é relevante para as atividades civis e militares, uma vez que estabelece normas e princípios que norteiam o comportamento dos agentes espaciais e definem os seus direitos e deveres. Sobre isso, o principal instrumento jurídico que trata desse tema é o Tratado do Espaço, de 1967, que proíbe o uso de armas nucleares no espaço e limita o uso da Lua e de outros corpos celestes apenas para fins pacíficos.⁶ Contudo, é importante salientar que este tratado não impede o uso de armas convencionais ou não-letais no espaço, nem define de forma clara o que são fins pacíficos. Além disso, o documento não aborda os desafios atuais, como a crescente militarização e comercialização do espaço, a proliferação de satélites e detritos espaciais, bem como os riscos de colisões e interferências.

Dessa forma, é necessária uma atualização das regras do espaço, de modo a assegurar um maior nível de segurança, transparência e cooperação nas atividades espaciais. A Organização das Nações Unidas tem um papel relevante nesse processo, através da Conferência sobre o Desarmamento (CD) e do Comitê sobre os Usos Pacíficos do Espaço Exterior (COPUOS).

Considerações finais

As atividades espaciais trazem diversos benefícios para a humanidade, tais como resolver problemas, gerar crescimento econômico, proteger o patrimônio nacional e melhorar a qualidade de vida da população. São, pois, essenciais e estratégicas para qualquer nação que busque desenvolvimento sustentável para suas atividades, sejam elas de defesa ou civis.

Para isso, começar a compreender o Direito Espacial é fundamental para que as atividades espaciais estejam alinhadas aos ditames internacionais e, assim, fazer valer a cooperação, a paz e a segurança no espaço.

O estudo do Direito Espacial merece ser valorizado e estimulado nos bancos acadêmicos. É inconcebível que o Brasil, cujo programa espacial é um dos mais antigos e consolidados entre os países emergentes, não disponha de uma disciplina adequadamente inclusa nos currículos dos cursos de direito.

Portanto, pode ter chegado o momento de refletir o quadro jurídico existente que regula as utilizações civis e militares do espaço exterior com disposições destinadas a garantir um maior grau de segurança para essas atividades.

⁶ Art. IV do Tratado do Espaço. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d64362.html. Acesso em 30 abr. 2024.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA DOS SANTOS, M.; NORONHA DE SOUZA, P.; GROSNER, I. *A Necessidade de uma Lei Geral do Espaço no Brasil (The Need For A Brazilian Space Law)*. Direito. UnB – Revista de Direito da Universidade de Brasília, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 106–138, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/revistadedireitounb/article/view/34672>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- ALVARENGA DOS SANTOS, M.; NORONHA DE SOUZA, P.; GROSNER, I.; MALHADAS, S.C. *Brazilian National Law in Space. How Important is It?* 72nd International Astronautical Congress (IAC), Dubai, United Arab Emirates, 25-29 October 2021. In BLOUNT, P.J. *et al. Proceedings of the International Institute of Space Law 2021*. Den Haag: Eleven, 2022.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição da DCA 11-45 “Concepção Estratégica – Força Aérea 100”. *Boletim do Comando da Aeronáutica*, Rio de Janeiro, n. 180, 15 out. 2018.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1). *Boletim do Comando da Aeronáutica*, Rio de Janeiro, nº 205, 12 nov. 2020.
- CALDERÓN, Carlos Enrique Álvarez; GUTIÉRREZ, Carlos Giovanni Corredor. *El Espacio Exterior: Una Oportunidad Infinita para Colombia*. Bogotá.: Escuela Superior de Guerra General Rafael Reyes Prieto y Fuerza Aérea Colombiana, 2019. E-ISBN:978-958-99118-8-4.
- DA SILVA, Bernardino C.; GROSNER, Ian. GROSNER, Ian (org.). *Série Direito e Política Espacial: volume 1: Direito Espacial Internacional: contextualizado e comentado*. São Paulo: Editora Dialética, 2023.
- MESQUITA, Ivan Muniz de. *O Poder Aeroespacial e Direito Aeronáutico*. Rio de Janeiro: Editora Luzes – Comunicação, Arte & Cultura, 2018.

Capítulo 3

CONDICIONANTES DO *NEW SPACE* PARA AS AGÊNCIAS ESPACIAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA O BRASIL

Alexandre Manhães
Gills Vilar-Lopes

Introdução

O objetivo principal deste ensaio é compreender como o atual dinamismo do setor espacial, conhecido por *New Space*, impõe condicionantes e limitações às agências espaciais. A fim de ilustrar essa preocupação, escolhe-se como estudo de caso a Agência Espacial Brasileira (AEB), em que se analisam seus três ciclos de planejamento estratégico (2017-2019; 2020-2023; e 2023-2026), levando-se em conta seus aspectos centrais: visão, missão e objetivos estratégicos.

Ao estabelecer e perseguir tais referenciais, condicionados ao nível internacional, a atuação da AEB impacta a condução de políticas públicas para o setor espacial brasileiro, gerando – ou não – efeitos e benefícios desejados. Portanto, defini-los adequadamente é condição *sine qua non* para orientar a execução e consecução do Programa Espacial Brasileiro (PEB) e da Política Espacial Brasileira relacionada.

Para atingir o objetivo supracitado, o presente ensaio se divide em duas seções principais. Na primeira, discorre-se sobre o *New Space* e seu papel de promover mudanças estruturais no ecossistema espacial em voga, em especial nas agências espaciais. Já na segunda seção, estuda-se o caso da AEB à luz das principais tendências e constrangimentos impostos pelo *New Space*.

1 NEW SPACE: NOVA CONJUNTURA E NOVOS DESAFIOS

A definição de *New Space* não consta em documentos oficiais brasileiros. De forma geral, o termo surgiu nos Estados Unidos da América (EUA) para qualificar o atual ciclo de desenvolvimento espacial, cuja principal característica é a participação e o protagonismo de agentes privados e a criação de novos serviços e tecnologias nesse setor. Ainda nos EUA, os agentes privados têm participado do desenvolvimento espacial, há várias décadas, por meio de parcerias público-privadas (PPP). Entretanto, o desenvolvimento de novas tecnologias e a maior parte do ciclo de produção, lançamento e operação de ativos aeroespaciais era completamente financiada e protagonizada pelos agentes governamentais, cabendo aos entes privados um papel secundário (Paikowsky, 2017).

Como se observa, os períodos pretéritos do setor espacial foram marcados pelo direcionamento e financiamento única e exclusivamente do poder público. No entanto, a dinâmica do *New Space* se opõe a essa conjuntura, sendo marcada pelo surgimento de novos atores, em particular, do setor privado, os quais estão sendo capazes de reduzir custos de operação e avançar nas tecnologias espaciais (Vernile, 2018).

Desta forma, a síntese das características-chave do *New Space* é: (i) novos entrantes e empreendedores, como firmas, *startups* e capital de risco (*venture capital*) do setor de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC); (ii) abordagens industriais inovadoras, com o emprego de novos processos para o desenvolvimento de projetos ambiciosos; (iii) soluções disruptivas para o mercado, com menores preços, complexidade e tempo de produção (*lead time*) e maior desempenho, além da integração de serviços; (iv) investimentos privados substanciais, crescentes e diversificados; (v) novos mercados e setores industriais que buscam atender às novas demandas espaciais; e (vi) arranjos inovadores para aquisições públicas, compartilhamento de riscos e custos entre entes privados e públicos e novos mecanismos de financiamento para pesquisa e desenvolvimento (P&D) (Vernile, 2018).

Assim, nos primeiros anos da década de 2000, o termo *New Space* se referia à participação dos agentes privados na indústria espacial no contexto americano. Com o tempo, o setor privado amadureceu tecnologias e processos, conseguindo trazer autonomia e influenciar o direcionamento ao setor espacial por meio de capacidades espaciais e crescentes fontes de receita. Desta forma, tem-se que o termo evoluiu e passou a englobar não só a participação desses atores, como também a relação entre agentes públicos e privados que atuam em prol do setor espacial (Vernile, 2018).

É nessa direção que a Agência Espacial Europeia (ESA) estabeleceu o conceito de *Space 4.0* para se referir a essa nova dinâmica de múltiplos atores e suas diversas formas de interação. Se trata da Era da Participação, caracterizada por diversos atores e seus modelos de interação, com destaque para os agentes públicos (governos) e privados (empresas). Seus principais intentos são o fomento e o desenvolvimento da interconectividade entre indústria, sociedade, ciência e política. O *Space 4.0*, portanto, sucede a Era da Cooperação Internacional (*Space 3.0*)¹, cujo símbolo é a Estação Espacial Internacional (ISS, em inglês), e se desenvolve associada diretamente aos adventos da Indústria 4.0, refletindo no espaço os seus ganhos tecnológicos (ESA, 2016a; 2016b). Guardadas algumas peculiaridades, pode-se dizer que *Space 4.0* é a forma europeia de abordar o mesmo fenômeno que os EUA chamam de *New Space*.

Diante dessa nova conjuntura, entre os aspectos citados anteriormente, o que mais se sobressai é o dos novos mecanismos e disponibilidade para financiar as atividades espaciais no seu mais amplo sentido, em particular as PPP. Isso se deve em razão de os recursos para o setor espacial terem se tornado escassos nas últimas décadas, e agora há um movimento no sentido de abrir novos mercados naquela dimensão. Assim, os modelos de PPP entram no cerne da questão, buscando estabelecer os riscos e responsabilidades das partes envolvidas. É o papel que até recentemente coube às agências espaciais mediarem. Assim sendo, emerge a discussão de como toda essa dinâmica de atores, interações e modelos impacta o papel dessas agências.

Petroni *et al.* (2009) estudaram as diretrizes estratégicas de agências espaciais de países relevantes no setor, à época, como Brasil, Europa, França, Índia, Japão e Rússia, em um

¹ A primeira Era, *Space 1.0*, se refere aos primeiros estudos da astronomia/astrologia; a segunda, *Space 2.0*, à corrida espacial que culminou com as missões Apollo, sendo marcada pela competição entre os países (ESA, 2016a).

período em que o *New Space* estava emergindo. Os autores identificaram três formas, não mutuamente exclusivas, de atuação das agências que servem de instrumento para: (i) a liderança política ou político-militar no âmbito internacional – isto é, projeção de poder – para o desenvolvimento interno de (ii) aplicações civis e (iii) do setor industrial.

Kommel *et al.* (2020), por sua vez, estudaram as diversas agências espaciais formadas entre 2014 e 2019, como as de Luxemburgo e dos Emirados Árabes Unidos, em que o princípio racional motivador das suas criações é a importância comercial e econômica das atividades espaciais para os países que não as estabeleceram ainda. Nesse prisma, eles trazem recomendações para esses países, tais como expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Recomendações para o estabelecimento de agências espaciais, conforme Kommel *et al.* (2020).

(i) estabelecer um planejamento estratégico para a agência;
(i i) estabelecer estruturas regulatórias que atendem às políticas comerciais e públicas relacionadas à comercialização das atividades espaciais;
(iii) priorizar a obtenção de capacidades;
(iv) participar de órgãos multilaterais sobre o espaço;
(iv) promover a cooperação nacional e internacional, seja entre agentes públicos, seja entre privados. Para os países com agências já estabelecidas, recomendam o engajamento com países que ainda não atingiram tal patamar, de modo a, principalmente, fomentar parcerias internacionais, estabelecer trocas de aprendizados e difundir boas práticas de exploração da dimensão espacial.

Fonte: Elaboração própria.

Merhaba *et al.* (2019, p. 1), por sua vez, analisam o papel das agências espaciais em um cenário de *Space 4.0*, termo que usam como sinônimo de *New Space*. Para esses autores, vive-se, atualmente, uma transição de paradigma que passa de poucos países atuando na área espacial para vários, impulsionados não só por financiamentos governamentais, mas, também, privados, em uma nova era de comercialização, participação e inovação no espaço. Por meio de estudos de caso, eles afirmam que há seis papéis para as agências espaciais do futuro, compilados na Tabela 2.

Tabela 2 – Papéis para as agências espaciais do futuro, conforme Merhaba *et. al.* (2019).

(i) estabelecer uma estrutura regulatória estratégica, viável e confiável;
(i i) fomentar o crescimento do setor privado e atrair negócios e investimentos estrangeiros;
(iii) representar o setor nacional no âmbito internacional;
(iv) conduzir atividades espaciais estratégicas, inclusive as que não são prioridades para outros atores do setor, mas que sejam importantes para os interesses nacionais;
(v) viabilizar o setor espacial nacional, de modo que os agentes públicos e privados tenham acesso a financiamentos, infraestrutura e pessoal capacitado;
(vi) definir e comunicar uma visão e estratégia claras, por meio de prioridades e objetivos de longo prazo para o setor.

Fonte: Elaboração própria.

Tugnoli e Wells (2019), por sua vez, buscaram compreender o papel das agências a partir do estudo de instituições localizadas em países ocidentais e desenvolvidos, como Europa e EUA. Os autores convergem com Merhaba *et al.* (2019) ao sintetizar as três tarefas centrais para uma agência espacial, já atribuídas antes do *New Space* e que persistem na atual dinâmica: (i) propor e (ii) implementar a política espacial e (iii) atender ao papel de representante nacional e internacional das atividades espaciais.

Assim como Kommel *et al.* (2020) e Merhaba *et al.* (2019), Tugnoli e Wells (2019) veem a comercialização do espaço como o motor do desenvolvimento espacial atual, e identificam um decorrente aumento de atribuições para as agências, contrariando a suposição de que haveria uma contenção das suas funcionalidades diante do crescente protagonismo dos agentes privados no *New Space*.

Dentre estas novas atribuições está a de estabelecer contratos que viabilizem os programas e projetos espaciais – não só financeiramente – por meio de modelos que compartilhem adequadamente os riscos e responsabilidades e definam requisitos a serem atendidos do ponto de vista técnico e do usuário. Assim, para continuar relevante, a agência deve atuar transversal a todos os setores e servir de ponto focal para atender às exigências dos consumidores (Kommel *et al.*, 2020; Merhaba *et al.*, 2019; Tugnoli e Wells, 2019).

Isto posto, parte-se para verificar quais são as estratégias da AEB nesta nova dinâmica imposta pelo *New Space*.

2 NEW SPACE E A ESTRATÉGIA DA AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB)

Criada em 1994, a AEB atua como órgão central na implementação da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) e, por conseguinte, do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), e do PEB propriamente dito. A Agência brasileira coordena o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE) e promove P&D do setor espacial, além do desenvolvimento da indústria de bens e serviços, recursos humanos e relações de cooperação internacional. Ela também, certifica, normatiza e fiscaliza as atividades espaciais no País (Brasil, 2021).

Em suma, há um direcionamento das atividades espaciais (PNDAE), um rol de programas e projetos a serem realizados (PNAE), uma estrutura de governança para o setor (SINDAE) e um agente diretor desses componentes (AEB), evidenciando a responsabilidade e importância da Agência para o desenvolvimento das atividades espaciais brasileiras.

Urge, portanto, a relevância de se entender o direcionamento estratégico da AEB, que, a propósito, se apresenta em ciclos, sendo o mais recente correspondendo a 2023-2026 (BRASIL, 2023). O sumário do planejamento estratégico é apresentado na forma de um mapa estratégico, composto por missão, visão, valores e objetivos estratégicos. Exceto os valores, os demais componentes apresentam elementos necessários ao direcionamento da Agência, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Compilação dos mapas estratégicos da AEB.

	1º Ciclo (2017/2019)	2º Ciclo (2020/2023)	3º Ciclo (2023/2026)
Missão	Promover atividades espaciais de interesse nacional visando o desenvolvimento da sociedade brasileira		Coordenar e fortalecer o setor espacial nacional para o desenvolvimento da sociedade
Visão	Consolidar o Programa Espacial Brasileiro em articulação com os agentes governamentais, sociais e econômicos	Ser uma organização reconhecida na promoção do desenvolvimento sustentável e da segurança operacional das atividades espaciais	Ser a instituição estratégica de Estado responsável por conectar soluções espaciais aos desafios da sociedade
Objetivos Estratégicos	Alinhar o Programa Espacial às demandas da sociedade brasileira	Fortalecer o Programa Espacial brasileiro de forma a atender às necessidades da sociedade	Promover o atendimento dos Objetivos Estratégicos de Espaço definidos no PNAE
	Fortalecer a Indústria Espacial brasileira	Contribuir para o fortalecimento da Indústria Espacial Brasileira	Promover o desenvolvimento de infraestruturas espaciais
	Desenvolver tecnologias críticas e capital humano necessários ao fortalecimento do Programa Espacial	Promover o desenvolvimento de tecnologias que atendam às necessidades do setor espacial	Ampliar e aprimorar a cooperação internacional
	Desenvolver capital humano e tecnológico para fortalecer o Programa Espacial Brasileiro	Desenvolver capital humano para fortalecer o Programa Espacial Brasileiro	Modernizar as infraestruturas institucionais
	Fortalecer as parcerias internacionais e nacionais	Fortalecer e buscar novas parcerias em prol do Programa Espacial Brasileiro	Fortalecer a governança corporativa
	Formalizar e implementar a gestão estratégica	Fortalecer e aprimorar a gestão estratégica	Contribuir para a governança no setor espacial
	Ampliar investimento no setor espacial	Ampliar o financiamento no setor espacial	Promover o fortalecimento da imagem institucional
	Desenvolver ações de relacionamento governamental	Promover a governança e o ambiente institucional, político e legal favorável para o desenvolvimento sustentável das atividades espaciais nacionais	Fortalecer o capital humano
	Mapear processos da instituição em todas as áreas e níveis	Aprimorar o processo de gestão de portfólios e projetos espaciais	Estimular a diversificação do financiamento no setor espacial
	Aprimorar o processo de adoção de missões e a gestão de projetos espaciais	Fortalecer a imagem, a comunicação e a representação institucional	Promover um ambiente de negócios favorável
	Fortalecer a imagem, a comunicação e a representação institucional	Aprimorar a Política de Gestão de Pessoas	Fortalecer a proteção de conhecimento sensível
	Aprimorar controles internos e a gestão de riscos na instituição	Garantir a execução eficiente dos recursos orçamentários	
	Fortalecer o sistema de comunicação interna	Garantir a efetividade da prestação de serviços de TIC	
	Aprimorar o processo de gestão orçamentário	Implementar a política de gestão do conhecimento	
	Aprimorar a infraestrutura de TI, de Comunicação e Segurança		
Implementar a política de gestão do conhecimento por meio das gestões por Competência, Processos e Qualidade de Vida			

Fonte: Elaboração própria.

Quanto aos objetivos estratégicos, estes reduziram ao longo dos ciclos, entretanto, um deles, no presente ciclo, remete aos sete Objetivos Estratégicos de Espaço (OEE) – vide Tabela 4 – presentes no PNAE, fazendo com que a atual rodada estratégica tenha, na verdade, 17 objetivos ao todo. Também, é possível identificar um amadurecimento na busca de alguns objetivos, como nos relacionados à gestão estratégica e de pessoas (BRASIL, 2022).

Tabela 4 – Objetivos Estratégicos de Espaço.

Objetivos Estratégicos de Espaço (PNAE 2022 - 2031)
Estabelecer, desenvolver e manter um Programa Espacial Brasileiro de Estado, com garantia de recursos de curto, médio e longo prazos
Promover o atendimento efetivo às necessidades da sociedade e do Estado em geral
Desenvolver a indústria nacional de maneira a consolidá-la competitivamente nos mercados de bens e de serviços espaciais e gerar benefícios socioeconômicos ao País
Estimular os negócios e empreendedorismo no setor privado nacional para o desenvolvimento e para a utilização de bens e de serviços espaciais
Fomentar o desenvolvimento de competências científica, tecnológica e de inovação para o setor espacial
Garantir a não dependência no desenvolvimento e no controle dos sistemas espaciais nacionais
Consolidar de forma ativa, em todos os setores da sociedade, o entendimento sobre os benefícios diretos e indiretos, existentes e potenciais, do setor espacial para o Brasil

Fonte: Elaboração própria.

Outrossim, é possível verificar a persistência de determinadas questões inerentes à incursão rumo ao *New Space*, como o papel internacional da Agência, da governança interna e do próprio setor, do financiamento e do desenvolvimento tecnológico. Todas elas estão prescritas por Petroni *et al.* (2009), Kommel *et al.* (2020), Merhaba *et al.* (2019) e Tugnoli e Wells (2019), exceto a questão da governança. No caso da AEB, essa discussão pode ter relação com o debate sobre o nível de maturidade institucional de países em desenvolvimento, como o Brasil, em que se suscitam dúvidas quanto à eficiência de o Estado ser, concomitantemente, administrador e financiador do setor espacial, por exemplo.

De forma geral, os objetivos estratégicos da AEB estão condizentes com as prescrições da literatura revisada sobre *New Space*, evidenciando uma Agência atenta aos desafios da atual conjuntura. Destaque para a inserção do objetivo de promoção de um ambiente propício aos negócios, ratificando a relevância da questão comercial do setor espacial. Além disso, peculiaridades do *New Space*, como estímulo à participação de agentes privados e busca por comercialização de produtos e serviços espaciais obtidos pela iniciativa privada, já estão na Lei de criação da AEB (BRASIL, 1994).

Neste ponto, pode-se perguntar se seria necessária a criação de uma nova agência espacial brasileira para encarar os desafios do *New Space*. A resposta seria não necessariamente, haja vista que o Brasil já possui uma, que vem se esforçando para permanecer atual e relevante para a Política Espacial e para PEB, o que inclui perspectivas de inserção nesse novo movimento espacial mundial, como a estratégica utilização do Centro Espacial de Alcântara (CEA) a nações amigas. As funções esperadas para uma agência espacial já estão incorporadas às atuais normativas e ao planejamento estratégico da AEB, demonstrando que ela, neste quesito, está a par das suas congêneres de maior destaque mundial.

É, sim, de questionar-se o quanto a AEB está conseguindo executar suas tarefas. A PNDAE ainda é de 1994, e uma nova versão não foi aprovada. Por conta da não tramitação da Política Nacional do Espaço (PNE), a alternativa foi incorporar os OEE no PNAE e no Planejamento Estratégico da Agência. Questiona-se, neste sentido, em que medida a AEB tem conseguido exercer suas funções, no que cabe às instâncias superiores darem continuidade aos processos, e o quanto isso condiciona e limita a Política Espacial, seus projetos e programas.

Considerações finais

Diante do exposto, vislumbra-se que uma agência espacial para o *New Space* precisa se agregar a outros domínios, além do espacial, como o ciberespaço e o aéreo, seguindo a prescrição de Tugnoli e Wells (2019). Isto é ir além da promoção do ambiente de negócios favorável, abrangendo a abertura de novos mercados, pois a economia global espacial segue se expandindo por, pelo menos, 15 nichos, para além da agricultura, telecomunicações e defesa².

Neste sentido, a AEB poderia, em seu próximo ciclo estratégico, no eixo econômico, incorporar um objetivo relacionado a essa pauta: *estimular novos mercados da economia espacial*, promovendo editais para fomentar tais iniciativas em parceria com a iniciativa privada – e, em particular, os *venture capitals*.

Além disso, a AEB pode continuar seguindo as recomendações de Kommel *et al.* (2020) para as agências já estabelecidas, *i.e.*, em particular com parcerias internacionais com países que estão estabelecendo suas agências – especialmente os da América Latina e África –, no sentido de exportar conhecimento nacional e contribuir para fortalecer a esfera de influência brasileira neste domínio.

Por fim, para seguir relevante no *New Space*, a Agência Espacial Brasileira deve continuar no esforço de fazer os financiamentos de agentes públicos e privados – nacionais e internacionais – serem viabilizados por meio de contratos equilibrados em riscos e responsabilidades e direcionados para programas e projetos estratégicos adequadamente priorizados do ponto de vista dos consumidores.

² Os 15 nichos são: agricultura, proteção ambiental e climática; energia; construção, reparos e engenharia, atividades extrativistas; turismo, cultura e entretenimento; segurança e defesa; comércio e finanças; saúde, medicina e farmacêutico; atividades ilícitas; logística; manufatura; ciência, pesquisa e educação; telecomunicações; e transporte (BLACK, SLAPAKOVA, MARTIN, 2022).

REFERÊNCIAS

- BLACK, J., SLAPAKOVA, L., MARTIN, K. **Future Uses of Space Out to 2050**. Emerging threats and opportunities for the UK National Space Strategy. RAND Corporation, 2022. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RRA600/RRA609-1/RAND_RRA609-1.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.
- BRASIL. Agência Espacial Brasileira. **Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) (2022-2031)**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/programa-nacional-de-atividades-espaciais>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- BRASIL. Presidência da República. Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994. **Cria, com natureza civil, a Agência Espacial Brasileira (AEB) e dá outras providências**, 1994. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8854.htm. Acesso em: 07 ago. 2024
- BRASIL. Agência Espacial Brasileira. **Plano Estratégico da Agência Espacial Brasileira (2023-2026)**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/aceso-a-informacao/planejamento-estrategico/plano-estrategico-da-agencia-espacial-brasileira-2023-2026>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- KOMMEL, R. L.; PETER, A.; PUIG-HALL, M.; RIESBECK, L. **Exploring Insights from Emerging Space Agencies**. The George Washington University. Elliott School of International Affairs. October, 2020. Disponível em: https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2020/10/2020_GWU_ExploringInsights_FINAL_2nd-Edits-101920-compressed.pdf. Acesso em: 30 jun. 2024.
- MERHABA, A.; AINARDI, M.; AEBI, T.; KHAIRAT, H. **The Space Agency of the Future**. Arthur D. Little Institute, 2019. Disponível em: <http://www.adl.com/FutureSpaceAgency>. Acesso em: 04 jul. 2024.
- PAIKOWSKY, D. What Is New Space? the changing ecosystem of global space activity. **New Space: the journal of space entrepreneurship and innovation**, v. 5, n. 2, p. 84-88, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/space.2016.0027>. Acesso em: 04 jul. 2024.
- PETRONI, G.; VENTURINI, K.; VERBANO, C.; CANTARELLO, S. Discovering the basic strategic orientation of big space agencies. **Space Policy**, n. 25, p. 45 – 62, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964608001069#:~:text=Understanding%20the%20basic%20strategic%20orientation,their%20resources%20have%20been%20allocated>. Acesso em: 04 jul. 2024.
- THE EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). Ministerial Council 2016. **What is space 4.0?**, 2016a. Disponível em: https://www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2016/What_is_space_4.0. Acesso em: 25 jun. 2024.

THE EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). Ministerial Council 2016. **European ministers ready ESA for a United Space in Europe in the era of Space 4.0**, 2016b. Disponível em: https://www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2016/European_ministers_ready_ESA_for_a_United_Space_in_Europe_in_the_era_of_Space_4.0. Acesso em: 25 jun. 2024.

TUGNOLI, M.; WELLS, L. **ESPI Report 70 - Evolution of the Role of Space Agencies**. Full Report. European Space Policy Institute (ESPI). Wien, 2019. Disponível em: <https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2022/06/ESPI-Public-Report-70-Evolution-of-the-Role-of-Space-Agencies-Full-Report.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2024.

VERNILE, A. **The Rise of Private Actors in the Space Sector**. European Space Policy Institute (ESPI). Wien: Springer, 2018.

Capítulo 4

THE PROSPECTS OF BRAZIL'S STRATEGY TOWARDS THE PLEDGE ON NON-DESTRUCTIVE DA-ASAT MISSILE TESTS

Bruno Martini

Peter Martinez

Victoria Samson

Maria Célia Barbosa Reis da Silva

The counterspace capabilities background

Outer space is essential to meeting many daily-life needs of citizens and the smooth functioning of the world economy in the 21st century (ACSC, 20023; Space Foundation, 2023), while it is also becoming increasingly relevant for military operations, enabling and enlarging the amount of force multiplier options and opening fresh and innovative possibilities in times of peace or war. Thus, some military powers are actively seeking counterspace capabilities to interfere with, disrupt, or deny the space capabilities of potential adversaries (Brown, 2006; ACSC; AWC, 2023).

Since 2018, unclassified, open-source reports by the Secure World Foundation (SWF) and the Center for Strategic and International Studies (CSIS) have annually documented the growing inventory of counterspace capabilities being developed, tested, and operationalized by an increasing number of States. Currently, counterspace capabilities can be broadly classified into two categories: kinetic and non-kinetic. Kinetic anti-satellite (ASAT) weapons are those designed to destroy a targeted space object through a collision or an explosion. Non-kinetic ASAT weapons include directed energy weapons, radiofrequency interference, and cyber-attacks. These two different kinds of weapons have various results on the targeted satellite and the space environment. Kinetic ASAT weapons are designed to destroy a satellite, producing a large amount of orbital debris, also producing effects that are permanent and irreversible. Non-kinetic ASAT weapons can be designed to disrupt or disable a satellite, either temporarily or permanently, and their effects can sometimes be reversed. Kinetic ASATs can be further classified into two subcategories; they can be direct-ascent (DA) when launched from Earth to strike a target in space directly, or they can be co-orbital, meaning that they only strike after they are placed in orbit some time before (Weeden; Samson, 2024; Swope *et al.*, 2024).

The Secure World Foundation and CSIS reports document the conduct of ASAT tests. To date, only the United States, Russia, China, and India (in chronological order) have conducted destructive ASAT tests in orbit. The reports also document the counterspace capabilities currently being developed by Australia, France, Iran, Israel, Japan, North Korea, South Korea, the United Kingdom, and even non-State actors (Weeden; Samson, 2024; Swope *et al.*, 2024).

While no country has ever destroyed another country's spacecraft, the sixteen destructive tests conducted since the 1960s have constituted the most significant space debris-producing events in Earth's orbit since the beginning of the Space Age in 1957 (Martinez, 2023). Most of these tests were performed by the United States and the former Soviet Union during the Cold War. Then, there were no such tests from the mid-1990s to the mid-2000s. However, in this century, there have been direct-ascent anti-satellite missile tests performed by China (2007), the U.S. (2008), India (2019), and the Russian Federation (2021).

This recent reality is concerning because such tests can produce long-lived debris that can pose a collision risk to current and future satellite operations, space launches, and manned missions. Altogether, these tests have created over 6,800 trackable pieces of orbital debris, of which more than 3,400 are still in orbit and pose hazards to satellites and human spaceflight (Weeden; Samson, 2024). The Chinese test in 2007 was the highest registered cause of debris generation, with 3,533 trackable pieces cataloged, and the Russian test in 2021 came in second place with more than 1,807 trackable pieces (Pardini; Anselmo, 2023; Weeden; Samson, 2024). Additionally, the sheer energy of impact can spread debris from these tests out well beyond the impact altitude, as much as hundreds or even 1,000-plus kilometers farther above the impact altitude. This dynamic is significant because the higher up the debris is, the longer it will take to deorbit (which could take decades or even centuries), and thus, the longer it can threaten other space objects, satellites, or space stations (Murtaza *et al.*, 2020).

Debris from the most recent test, conducted in 2021 by the Russian Federation, has threatened the International Space Station (ISS) and the Tiangong Chinese Space Station (CSS), endangering the lives of all ten humans in space (Bartels, 2021; Pardini; Anselmo, 2023). It created surges of close approaches, in some cases tens of thousands in a week, dubbed "conjunction squalls" by the space situational awareness company COMSPOC. These were conjunctions with active remote sensing satellites in sun-synchronous low Earth orbit (LEO). This debris also posed thousands of potential close approaches with some satellites from the Starlink constellation (Langster, 2022) and even with some Brazilian military satellites, such as a couple of Lessonia Synthetic Aperture Radar (SAR) (Martini *et al.*, 2023), requiring a commensurate number of Predetermined Debris Avoidance Maneuvers (PDAMs), which decrease the satellite's useful operational lifespan because of the fuel used for these maneuvers.

The continued performance of destructive anti-satellite tests in the absence of an international outcry can establish a sort of negative norm that debris-producing ASAT weapon tests are acceptable and thus encourage more countries to conduct them. That, in turn, runs the risk of leading to the proliferation of such direct-ascent anti-satellite (DA-ASAT) capabilities and inadvertent escalation or even possible deliberate use of such weapons during a conflict.

Because of such concerns by a growing number of States, in December 2022, the United Nations General Assembly passed resolution 77/41, which calls upon States to voluntarily pledge not to conduct such destructive direct-ascent anti-satellite missile tests. Brazil was among the 155 States that voted favorably for that resolution (2022b).

Accordingly, this study aims to examine how a potential Brazilian commitment to non-destructive DA-ASAT testing could align with its strategy and contribute to its leadership in advocating for responsible space activities. This research is crucial to understanding the potential implications of Brazil's strategic position towards this pledge called for by the U.N. It contributes to international efforts to promote responsible behavior in outer space and mitigate the risks associated with its weaponization.

1 CURRENT INTERNATIONAL MEASURES AND BRAZIL'S APPROACH

Given the growing global reliance on satellites and space applications, many in the international community began calling for a ban or prohibition on the testing of destructive ASAT weapons in space. However, such a call carried little weight unless at least one of the central space powers with this capability would be prepared to step up to make such a commitment. In April 2022, the United States became the first country to declare a commitment to no longer conduct destructive DA-ASAT missile tests. In announcing this unilateral measure, Vice President Kamala Harris said that the U.S. would seek to establish this measure of restraint as “a new international norm for responsible behavior in space” (United States, 2022).

This movement gained further momentum when, in late 2022, fifty-two countries co-sponsored a United Nations General Assembly (UNGA) resolution to draw attention to this issue at the highest levels of global governance. On December 7th, 2022, the UNGA adopted Resolution 77/41, which, in its preamble, notes with concern that the use of hit-to-kill anti-satellite systems might have widespread and irreversible impacts on the outer space environment sustainability. This resolution “calls upon all States to commit not to conduct destructive direct-ascent anti-satellite missile tests” as “an urgent, initial measure [...] while also contributing to the development of further measures for the prevention of an arms race in outer space”.

The resolution was passed with the overwhelming support of one hundred fifty-five countries that voted in favor, nine countries that voted against the resolution, and nine that abstained (U.N., 2022a). Brazil was a co-sponsor of UNGA Resolution 77/41 and also voted in support of it. To date, thirty-seven countries have made the commitment envisaged in this UNGA document. Resolution 77/41 was one of several resolutions connected to preventing an arms race in outer space (U.N., 2022b). In addition to supporting such a resolution, Brazil also supported a long-standing No First Placement of weapons in space and a “bottom-up” approach, where States voluntarily commit themselves to some principles before discussing some normative legally binding instruments (LBI). Its representatives stated, “The commitment to end these tests would be a first but significant step towards an improved environment for the negotiations on outer space security, notably on PAROS”, the Prevention of an Arms Race in Outer Space (Sooi, 2023).

Industry has also added its voice to the calls for ending destructive anti-satellite tests in orbit. In November 2023, close to the second anniversary of the 2021 anti-satellite test, more than two dozen companies released an industry statement calling for an end to hit-to-kill direct-ascent anti-satellite missile tests, and more companies have joined this group since then; as of this writing, there are 49 companies from 14 countries who have signed this statement of concern (SWF, 2023).

2 BRAZIL AS AN EMERGING PEACEFUL POWER

Brazil positions itself as a peaceful leader on the global stage and has been a proactive participant in international organizations like the U.N., advocating for worldwide cooperation and sustainability, leading climate change dialogues, and promoting biodiversity conservation.

In 2012, the former Brazilian Minister of Foreign Relations (1993-1995 and 2003-2010) and then Minister of Defense (2011-2015), Celso Amorim, wrote an article about the “Defense Policy From a Peaceful Country” in which he argued on Brazil’s aspiration to enforce itself as a peaceful growing power, an intention formalized in the country’s National Defense Strategy (END) since 2008, in the National Defense Policy (PND) since 2012, and in the Brazilian Defense White Paper (LBDN) also from 2012. This peaceable principle has been reinforced in all the 2024 versions of those documents.

Brazil seems to bet on its soft power as a primary source of smart power in international relations. Even though this statement is subject to debate and will likely always be, it gains credibility when some indicators are observed. The country has the 5th largest national territory, the 7th biggest population, and the 11th Gross Domestic Product (GDP) in 2024 (WBG, 2024). These metrics underscore its potential influence on the global stage. Its hard power — typically associated with military might and economic leverage — also remains abstract and hard to measure. Analytical methods used to evaluate hard power often face criticism for their subjective nature and variability. For

instance, Global Firepower ranks Brazil 12th out of 145 in terms of military strength (GFP, 2024). However, its military spending is relatively modest, ranking 18th globally, with \$ 50.7 billion, or 1.1% of its GDP (Tian *et al.*, 2023). The intention here is not to conclusively prove that Brazil's soft power outweighs its hard power in shaping its overall smart power. Instead, this discussion aims to position soft power as a complementary and perhaps crucial element of Brazil's strategic approach. Soft power is inherently aligned with Brazil's diplomatic identity and international behavior, emphasizing cultural influence, diplomatic engagement, and the promotion of peace and sustainability.

Brazil and its governmental institutions are fully committed to democracy and individual freedom. Internationally, it supports the self-determination of all countries and follows a non-interventionist approach. World War II was the last time Brazil took part in a war, among the Allies, which ended on September 2nd, 1945, with Japan's surrender. This means that Brazil will reach 80 years of formal peace in 2025. The country is committed to diplomatic resolution of international conflicts, recognizing the U.N. as the forum for achieving such peaceful agreements. Since the Roboré Accords in 1958 (Conduru, 2001), it has had no formal frontier disputes with any of its ten bordering countries, nor any major diplomatic conflict with any of those ten bordering countries or the two non-bordering South American countries, namely Chile and Ecuador. At the same time, Brazil offers support to U.N. peace operations abroad, as when it led the U.N. Stabilization Mission in Haiti called MINUSTAH.

Along with India, Germany, and Japan, Brazil is part of the G4 Nations, bidding together to reform the U.N. Security Council (UNSC). Each one of them has asked for a permanent seat on the UNSC, which presently has only five permanent members (the P5): China, France, Russia, the United Kingdom, and the United States, with the power of veto. The self-commitment to ban destructive DA-ASAT missile experiments would be another showcase of Brazil's peaceful intentions and dedication to responsible behavior, supporting its request for a permanent seat at the UNSC.

The Brazilian Space Agency Strategic Plan (2023-2026) (AEB, 2023) relies on secure and continued access to space to foster its Space Activities National Programme (PNAE) (AEB, 2022a). The agency falls under the Ministry of Science, Technology, and Innovation (MCTI). To this end, much effort has been directed to turn the Alcântara Launch Site (CLA) into an operational and competitive spaceport (AEB, 2022b). Even its defense counterpart, the Space Systems Strategic Program (PESE), under the Ministry of Defense (M.D.), aims to promote dual-purpose space systems, not only for defense, but with scientific, exploratory, and commercial intents for society. Destructive DA-ASAT missile tests would create debris that would undermine this dual-purpose approach prioritized by the PESE. This reflects Brazil's intention to ensure that its military activities in space will not undermine the country's ability to access and conduct civilian and military operations in outer space in the future, thus extending the thinking of environmental sustainability towards outer space.

3 WHY DESTRUCTIVE DA-ASAT MISSILE TESTS MIGHT NOT BE STRATEGICALLY ADVANTAGEOUS

DA-ASATs demand high investments in technology development, testing, maintenance, and deployment (Murtaza *et al.*, 2020). In an era of low-cost small satellites, this makes them more costly than most of their potential targets. Disabling satellites is literally the dirtiest option, as a single successful strike can generate hundreds to thousands of orbital debris. And that debris poses a danger to any space operation as it travels at extremely high speed. Such destruction may cause fragmentation that could lead to an even higher amount of debris, increasing the danger to other orbital assets in a decades-long cascade effect known as Kessler Syndrome (Kessler; Cour-Palais, 1978).

So, if Brazil chose to develop and test such a capability, it would endanger its seventeen current active payloads on orbit (Celestrak, 2024), the satellites from other countries it relies on, and future missions to LEO from all countries.

A DA-ASAT attack would, in effect, not only be against a targeted country but likely against the whole world since even the non-space-faring nations rely on services provided by orbital systems. Such damage to the crucial space infrastructure would be scientifically, economically, and diplomatically harmful. This move, either as a proof-of-concept against one of a country's own assets or as a military operation against an enemy, could even encourage some military retaliation from non-presumed and/or unpredicted adversaries, resulting in conflict escalation and might not necessarily be restricted to the space domain. In any case, it would potentially be a strategic setback.

Additionally, given how many operators are shifting to a proliferated constellation model (ACSC, 20023; Space Foundation, 2023), there is a decreasing amount of military utility in DA-ASATs because a kinetic strike in a more congested orbital environment severely increases the Kessler Syndrome threat. And even if a very precise strike takes out a satellite and does so while creating only a limited amount of debris, it would still be of limited benefit since the other satellites in the constellation could offer redundancy and work together to ensure the mission's objective was still carried out (known as mission resilience). Moreover, a DA-ASAT has highly visible, permanent, and irreversible results, and there is no plausible deniability in terms of who launched it (Weeden; Samson, 2024).

As such, it is increasingly perceived as an unusable weapon (Rao, 2023), raising the question of why a country would want to invest in developing or acquiring such a capability that harms the operating environment indiscriminately and provides little military benefit. Considering the limited resources available to Brazil (or any country) to choose its weapon systems smartly, the DA-ASAT covers an extremely unlikely scenario for Brazil's interests since a kinetic strike against a satellite is often seen as a last resort that risks hindering or precluding space operations in the affected orbits for long periods. Strategically, DA-ASATs are not cost-effective.

Since weapons designed for other uses could be adapted as DA-ASATs, they work both as deterrent and insurance policy, making such spaceflight-testing “unwise and unnecessary” (Krepon; Black, 2009). Indeed, there are much cleaner, more precise, more discrete, and even affordable means of space defense to disable or disrupt satellites and/or deny an adversary the use of their space capabilities. Electronic warfare and Cyber ASAT strikes leave few “fingerprints”, making it hard for both to attribute responsibility (Swope *et al.*, 2024). Their tests are less available to Open-Source Intelligence (OSINT) and public acknowledgment. Electronic warfare and Cyber ASATs may result in damages that are reversible, resulting in the temporary disruption of the target’s operation, thus avoiding permanently turning the targeted satellites into large, persistent, and harmful orbital debris.

Furthermore, while the DA-ASAT test moratorium pledge requires refraining from destructively testing them in orbit, it does not prevent the research and development of this type of capability, should Brazilian strategists and decision-makers decide Brazil still wants to investigate it. So, the pledge does not limit the country’s hard power options but rather increases its soft power.

Final considerations

Space lies at the nexus of national and global development, peace, and security. Space is both a subject and an object of national policies and part of a nation’s ability to project and exercise both soft and hard power. At the same time, space is a shared domain, and as it becomes more congested, the importance of safe and responsible behaviors will increase. Political scientists carefully ponder how promoting responsible behaviors through space policy could offer Brazil some opportunities to be both a global leader and to shape international conversations about space security and long-term space sustainability, influencing the future governance framework.

This work offers an example of where Brazil could make a unilateral commitment not to conduct destructive DA-ASAT missile tests, later seeking to lead other like-minded States to advocate for international sanctions against such tests for the benefit of orbital longevity in terms of access and stability.

This, combined with Brazil’s non-alignment and commitment to any parties in any armed conflicts post-World War II, could strengthen its position to lead some of the current multilateral discussions, particularly those on outer space policies, norms, rules, and principles that will shape the evolution of the global space arena for generations to come.

Brazil’s commitment to abstain from destructive DA-ASAT testing seems to align with its broader diplomatic ethos, reinforcing its image as a nation that prioritizes the long-term security and sustainability of internationally shared domains. This approach could not only enhance Brazil’s international reputation but also solidify its influence in shaping policies that favor collective security and peaceful coexistence.

REFERÊNCIAS

AIR COMMAND AND STAFF COLLEGE - ACSC. Schriever Space Scholars Air War College (AWC) West Space Seminar. **AU-18 Space Primer**. Air University, Alabama: 2023.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA - AEB. **Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) 2022-2031**. Published on 04 Apr. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/pnae-2022-2031-esta-disponivel>. Acesso em: 29 maio 2024.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA - AEB. PDI-CEA: **Programa de Desenvolvimento Integrado para o Centro Espacial de Alcântara**. Brasília, 2022a.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA - AEB. **Plano Estratégico da Agência Espacial Brasileira (2023-2026)**. Publicado em 06/02/2023. Atualizado em 06/02/2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/acao-a-informacao/planejamento-estrategico/plano-estrategico-da-agencia-espacial-brasileira-2023-2026> Acesso em 29 maio 2024.

AMORIM, Celso. A política de defesa de um país pacífico. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 27, n. 54, p. 7-15, 2012.

BARTELS, M. Space debris forces astronauts on space station to take shelter in return ships. **Space.com**. (November 15th, 2021). Retrieved from <https://www.space.com/space-debris-astronauts-shelter-november-2021>.

BRASIL. Ministério da Defesa, Estado-Conjunto das Forças Armadas. MD20-S-01, 2018. **Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE)**. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a_sa_01a_programaa_estrategicoa_dea_sistemasasa_espaciaisa_peseda_2018.pdf Acesso em 29 maio 2024.

BRASIL. Estratégia Nacional de Defesa. Ministério da Defesa - MD. **Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008**, Brasília: Casa Civil, 2008. Available at: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6703.htm. Access: 13 Feb. 2023.

BRASIL. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília. DF: Ministério da Defesa, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/2012/mes07/lbdn.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2024.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2012. Acesso em: 23 mai. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/END-PNDa_Optimized.pdf.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Ministério da Defesa - MD. Submetida em 22 de julho de 2020 ao Congresso Nacional, Brasília: Casa Civil, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/estrategia-nacional-de-defesa. Acesso em: 23 mai. 2024.

BROWN, Kendall K. **Space Power Integration Perspectives from Space Weapons Officers.**, Alabama: Air University Press, 2006.

CELESTRAK. **SATCAT Boxscore.** Disponível em: <https://celestrak.org/satcat/boxscore.php>. Acesso em: 25 março 2024.

CONDURU, G. **The Robore Agreements (1958).** A Case Study of Foreign Policy Decision-Making Process in the Kubitschek Administration. University of Oxford Centre for Brazilian Studies Working Paper CBS-24-01, 2001.

GLOBAL FIREPOWER - GFP. 2024 **Brazil Military Strength.** Disponível em: [https://www.globalfirepower.com/country-military-strength-detail.php?country_id=brazil#:~:text=GFP%20annual%20ranking-,Brazil%20is%20ranked%2012%20of%20145%20out%20of%20the%20countries,population%20\(effecting%20overall%20manpower\)](https://www.globalfirepower.com/country-military-strength-detail.php?country_id=brazil#:~:text=GFP%20annual%20ranking-,Brazil%20is%20ranked%2012%20of%20145%20out%20of%20the%20countries,population%20(effecting%20overall%20manpower)).

KESSLER, Donald J.; COUR-PALAIS, Burton G. Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt. **Journal of Geophysical Research: Space Physics**, v. 83, n. A6, p. 2637-2646, 1978.

KREPON, Michael; BLACK, Samuel. **Space Security or Anti-Satellite Weapons?** Washington D.C.: Henry L. Stimson Center, 2009.

LANGSTER, Travis. **COMSPOC.** 24th annual FAA Commercial Space Transportation Conference February 17th, 2022, Washington DC.

MARTINEZ, Peter. **A Multi-Faceted Approach to Space Sustainability.** Secure World Foundation September 2023. Disponível em: https://swfound.org/media/207645/pp23_02_multifaceted-approach-to-spacesustainability.pdf. Acesso em: 05 maio 2024.

MARTINI, B.; NOHRA, Luis Felipe; SILVA, M. C. B. R. Counterspace Weapons Strategic Implications for Emerging Spacepower Nations. **Journal of the Americas**, v. 5, n. 2, 2023.

MURTAZA, Abid; PIRZADA, S. J. H.; XU, T.; JIANWEI, L. Orbital debris threat for space sustainability and way forward. **IEEE Access**, v. 8, p. 61000-61019, 2020.

PARDINI, Carmen; ANSELMO, Luciano. The short-term effects of the Cosmos 1408 fragmentation on neighboring inhabited space stations and large constellations. **Acta Astronautica**, v. 210, p. 465-473, 2023.

RAO, Anand. A Voluntary Kinetic ASAT Test Ban is Merely Symbolic. Center for Air Power Studies - CAPS. **Forum for National Security Studies.** 2 Feb. 2023. Acesso em June 25th. 2024. Disponível em: <https://capsindia.org/a-voluntary-kinetic-asat-test-ban-is-merely-symbolic/>.

SECURE WORLD FOUNDATION - SWF. **Space Industry Statement in Support of International Commitments not to Conduct Destructive Anti-Satellite Testing.** December 1st, 2023.

SPACE FOUNDATION. **The Space Report**: the authoritative guide to global space activity, Q4, 2023.

SOOI, Ching Wei. **Direct-Ascent AntiSatellite Missile Tests: State Positions on the Moratorium, UNGA Resolution, and Lessons for the Future**. Secure World Foundation, Swiss Existential Risk Initiative. Washington, DC: SWF, 2023.

SWOPE, Clayton; BINGEN, Kari. A.; YOUNG, Makena; CHANG, Madeleine; SONGER, Stephanie; TAMMELLEO, Jeremy. **Space Threat Assessment 2024**. Center for Strategic and International Studies. Washington, DC: CSIS, 2024.

TIAN, Nan; SILVA, Diego Lopes; LIANG, Xiao; SCARAZZATO, Lorenzo. **Trends in World Military Expenditure**. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), 2023. https://www.sipri.org/sites/default/files/2024-04/2404_fs_milex_2023.pdf.

UNITED NATIONS - U.N. **Prevention of an arms race in outer space**. Report of the First Committee. General Assembly. Seventy-seventh session Agenda item 97. Rapporteur: Mr. Nazim Khaldi (Algeria). Distr.: General November 14th, 2022a.

UNITED NATIONS - U.N. **Prevention of an arms race in outer space**. Report of the First Committee. General Assembly. Seventy-seventh session Agenda item 97. A/RES/77/41. Resolution adopted by the General Assembly on December 7th, 2022. Distr.: General December 12th 2022b.

UNITED STATES. The White House. **Fact Sheet Vice President Harris Advances National Security Norms in Space**. Washington, D.C.: White House, 2022.

WEEDEN, Brian; SAMSON, Victoria. **Global Counterspace Capabilities: An Open Source Assessment**. 2024. Secure World Foundation. Washington, DC: SWF, 2024.

WORLD BANK GROUP - WBG. World Bank Open Data. **GDP (current US\$)**. Disponível em: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?most_recent_value_desc=true. Acesso em 26 junho 2024.

Capítulo 5

GESTÃO DE RISCOS EM FATORES HUMANOS: FADIGA, DESEMPENHO E SEGURANÇA EM OPERAÇÕES ESPACIAIS

*Bruno Torido Serra Valente
Ísis Beltrão Pereira*

Introdução

O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), instituído em 2012, é uma iniciativa que visa garantir a autonomia do Brasil no uso do espaço exterior, atender às necessidades do Ministério da Defesa (MD) e das Forças Armadas brasileiras, e fornecer produtos satelitais de uso dual (civil e militar). Esse programa busca implementar sistemas espaciais avançados que suportem uma ampla gama de aplicações, incluindo observação terrestre, telecomunicações, geoposicionamento e monitoramento, com o objetivo de atender diferentes segmentos da sociedade e fortalecer os meios de defesa nacional (Brasil, 2018).

Com o PESE, o Brasil pretende controlar constelações de satélites em órbita terrestre baixa (*Low Earth Orbit* - LEO) e satélites geoestacionários (*Geostationary Earth Orbit* - GEO), fornecendo capacidades para o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA), o Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS), e outros sistemas de defesa. Este programa, além de impulsionar a autonomia tecnológica e operacional do Brasil no espaço, também contribui para o desenvolvimento socioeconômico do país, gerando diversos benefícios diretos e indiretos para a sociedade civil (Andrade *et al.*, 2021).

No entanto, para que o PESE atinja seus objetivos estratégicos, é necessário que as diversas equipes envolvidas com a operação de satélites, que desempenham um papel central na execução dos sistemas implementados, mantenham um desempenho cognitivo elevado. A implantação de uma estrutura de controle de sistemas espaciais de funcionamento contínuo, 24 horas por dia, 7 dias por semana, envolve a realização rotineira de trabalho noturno (Valente, 2024). O sono, como um fator crítico para essa capacidade operacional, emerge como um elemento central para a segurança e eficácia de operações dessa natureza.

A área espacial, assim como a aviação, exige operações contínuas e de alta demanda neuro cognitiva, tornando a gestão da fadiga um aspecto crítico. A transferência dos conceitos e estratégias de gerenciamento de fadiga desenvolvidos na aviação para o setor espacial pode ser considerado um ponto de partida para esse estudo interdisciplinar, embora adaptações específicas sejam necessárias para aplicar esses conceitos no contexto das operações espaciais.

Emerge, assim, um cenário no qual a atividade executada exige alto desempenho cognitivo operacional, ou seja, demanda que o julgamento e a tomada de decisão dos profissionais devem ser sustentados e efetivamente gerenciados pela cognição humana, a fim de reduzir erros humanos e falhas catastróficas, em meio a um contexto operacional avançado, onde vários estressores fisiológicos e psicológicos abundam (Thomas; Russo, 2007). O nível da cognição exigido envolve processos mentais relacionados ao processamento e ao uso de conhecimento, incluindo a percepção, a atenção, o raciocínio, a resolução de problemas e, finalmente, a tomada de decisão.

Desta forma, pode-se considerar que o sono é um fator importante para o desempenho cognitivo operacional das diversas equipes envolvidas nas operações satelitais, seja do segmento espacial ou segmento de solo. Nesse contexto, é necessário estabelecer o desenvolvimento humano operacional para o espaço como um aspecto essencial para a eficácia e segurança das operações de satélites estabelecidas pelo PESE, na mesma medida que o gerenciamento de fadiga é considerado fundamental para a segurança da aviação.

Este ensaio visa explorar essa questão ao abordar a importância do sono no desempenho cognitivo e destacar os riscos associados à privação de sono e suas consequências para as operações espaciais. Além disso, será citado o exemplo histórico do *space shuttle Challenger* como resultado de falha humana causada pela fadiga cognitiva relacionada à restrição de sono. Finalmente, serão apresentadas estratégias de gerenciamento do fator sono utilizadas pela Agência Espacial Norte Americana (*National Aeronautics and Space Administration – NASA*) e pela Agência Espacial Europeia (*European Space Agency - ESA*), como referências de práticas bem-sucedidas. Tais exemplos podem ser estudados a fim de garantir que os operadores de sistemas espaciais e de infraestrutura espacial no Brasil possam manter um desempenho cognitivo otimizado, em prol da segurança e da eficácia das missões estabelecidas no PESE.

1 RESTRIÇÃO DE SONO: IMPACTOS NO RITMO CIRCADIANO

Para explorar a correlação entre sono e atividades espaciais, faz-se necessário estabelecer definições. O ritmo circadiano é um ciclo biológico de aproximadamente 24 horas, essencial para a regulação dos padrões de sono e vigília nos seres humanos. Este ciclo é influenciado por fatores externos, como a luz solar, e desempenha um papel fundamental (e muitas vezes negligenciado) na manutenção da saúde e no funcionamento eficiente do corpo humano (Logan; Mcclung, 2019).

A importância do ritmo circadiano para a prevenção de acidentes espaciais pode ser explicitada por meio de estudos que demonstram que em setores industriais e de transportes há uma forte tendência ao risco de acidentes que acompanha a tendência ao sono durante o período de 24 horas, sendo mais elevada na madrugada no período entre 2 h 00 min e 4 h 00 min (Costa, 2015). Esse aumento do risco

durante a madrugada está diretamente relacionado com as variações naturais do ritmo circadiano que afetam a vigilância e a capacidade de resposta dos indivíduos.

Além disso, a fadiga é amplamente reconhecida como um fator de risco significativo no setor da aviação. A Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) define a fadiga como uma condição fisiológica que degrada a performance humana, sendo inevitável em todos os setores que operam 24 horas por dia (International Civil Aviation Organization, 2016). A ICAO enfatiza a importância de estratégias eficazes de gerenciamento de fadiga para mitigar seus efeitos adversos na segurança operacional.

Nesse contexto, destacam-se os efeitos profundos no desempenho cognitivo e motor de indivíduos causados pela privação de sono. Lim e Dinges (2008) ressaltam que os principais *déficits* de atenção que resultam da privação de sono são: lentidão geral nas respostas; aumento na propensão para lapsos; aumento de tempo em tarefas; e padrões de comportamento imprevisíveis. Esses *déficits* neuro cognitivos são particularmente críticos em ambientes que exigem alta concentração e precisão, como a operação de sistemas espaciais e de infraestrutura espacial.

Para ilustrar a relevância desta discussão e destacar a importância de considerar o fator humano em operações espaciais, é útil examinar um caso histórico que demonstra essa conexão: o acidente do *Space Shuttle Challenger*.

2 O SPACE SHUTTLE CHALLENGER

Ocorrido em 28 de janeiro de 1986, o acidente do *Space Shuttle Challenger* serve como um evento catastrófico amplamente estudado que destaca as consequências de se subestimar os riscos associados ao desempenho humano. Após o evento, que vitimou todos os tripulantes, todas as missões do programa *Space Shuttle* foram suspensas por quase três anos enquanto uma comissão presidencial investigava a causa do desastre e implementava mudanças necessárias. A investigação revelou falhas críticas na cultura organizacional da NASA, especialmente em termos de comunicação e priorização de segurança sobre prazos operacionais (Mitler *et al.*, 1988).

A análise detalhada do acidente do Challenger demonstra como a falta de consideração dos fatores humanos, como a privação de sono e a comunicação eficaz, pode levar a erros de julgamento críticos e, em última instância, a desastres. Assim, o estudo desse acidente mostra a necessidade de aliar práticas de gestão de risco e protocolos de segurança que abordem os principais aspectos humanos nas operações espaciais.

O acidente do *Space Shuttle Challenger* foi causado principalmente por uma falha nos anéis de vedação, conhecidos como “*o-rings*”, nos módulos de combustível sólido. Esses anéis eram responsáveis por selar as juntas que evitariam os vazamentos de gases quentes durante a ignição e a subida. No dia do lançamento, as temperaturas no Centro Espacial Kennedy, em Cabo Canaveral, na Flórida, estavam anormalmente

baixas, e bem abaixo das condições nas quais esses anéis haviam sido projetados e testados. O frio intenso fez com que os anéis perdessem sua flexibilidade, resultando em um vazamento de gases quentes que rapidamente se transformou em uma falha catastrófica (Altabbakh *et al.*, 2013).

Essa condição, embora conhecida, foi ignorada pela gerência da NASA mesmo após advertências dos engenheiros da empresa fabricante de componentes Morton Thiokol, que recomendaram adiar o lançamento devido ao risco de colapso na vedação em temperaturas frias (McDonald, 2004). Durante a subida, o vazamento de gases quentes danificou a estrutura do foguete, levando à desintegração do tanque de combustível e à explosão que resultou na perda da nave e da tripulação.

Na esteira deste acidente, a Comissão Presidencial de investigação destacou a contribuição de erros humanos e julgamentos deficientes relacionados à privação de sono e trabalho em turnos durante as primeiras horas da manhã. A decisão de lançar o Challenger deveria ter sido baseada nos pareceres de engenharia; no entanto, a comunicação e a troca de informações foram dificultadas por fatores relacionados ao efeito das horas de trabalho irregulares e da insuficiência de sono dos gerentes.

O relatório da Comissão Presidencial destacou que os gerentes seniores do Marshall Space Flight Center experimentaram uma perda substancial de tempo de sono causada por uma teleconferência noturna em 27 de janeiro de 1986. Certos gerentes-chave dormiram menos de duas horas na noite anterior e estavam de serviço desde 1:00 da manhã (Mitler *et al.*, 1988). A comissão recomendou que a NASA avaliasse as consequências dos horários de trabalho como parte de seu esforço para reformular seus procedimentos operacionais, reconhecendo que a pressão do tempo e a falta de sono podem aumentar o potencial de erros de julgamento e desempenho.

Embora seja necessário pontuar que a complexidade do comportamento humano e a natureza multifacetada desse tipo de catástrofe indiquem outras causas para o acidente além de questões relacionadas ao sono, é importante que as lições aprendidas no acidente do Challenger sejam revisitadas no que se refere à importância de aspectos de desempenho humano operacional para o espaço. Isso inclui estudar os impactos cognitivos da restrição de sono, garantindo que os horários de trabalho permitam descanso adequado, promovendo uma cultura organizacional que não comprometa aspectos de segurança e promova a valorização do efetivo.

A tragédia do Challenger serviu como um marco histórico no setor espacial para o estabelecimento de políticas voltadas para o fator humano. O desenvolvimento de pesquisas nessa área pode levar à aplicação de novas práticas que mitiguem esses riscos, contribuindo para a criação de um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente para todos os envolvidos em operações espaciais, incluindo as planejadas no PESE. A última seção deste ensaio aborda as estratégias já desenvolvidas pela NASA e ESA para mitigação do risco dessa natureza.

3 FORMAS DE GERENCIAMENTO DO FATOR SONO RECOMENDADAS PELAS AGÊNCIAS ESPACIAIS

A NASA começou a estudar o sono em astronautas em meados dos anos 1960, com a implementação da polissonografia durante voos espaciais. Este marco permitiu a identificação de problemas de sono específicos no ambiente espacial e o desenvolvimento de contramedidas para garantir a saúde e o desempenho ideal dos astronautas em missões de longa duração (Zhang *et al.*, 2024). Durante a realização destes estudos, a NASA identificou erros operacionais devido à privação de sono e ritmos circadianos alterados como fatores de risco importantes para voos de longa duração. Atualmente, pesquisadores da NASA estudam estratégias para mitigar a fadiga em tarefas complexas no *Fatigue Countermeasures Lab* (FCL) do Centro de Pesquisas Ames, localizado no Vale do Silício (“Fatigue Countermeasure Laboratory @ NASA Ames - Home”, [s.d.]).

As estratégias desenvolvidas pela NASA para gerenciar os ritmos circadianos e o sono no espaço podem ser aplicadas para equipes em solo, em particular, operadores de sistemas espaciais e de infraestrutura espacial. Uma medida eficaz e particularmente barata é educar continuamente as equipes sobre a importância do sono e estratégias para melhorar sua qualidade. Programas de gestão de fadiga que incluam o uso de tecnologias de iluminação, como painéis de luz azul para aumentar o estado de alerta durante turnos noturnos, também foram recomendados. Além disso, monitorar os padrões de sono através de ferramentas como diários e actigrafia pode ajudar a ajustar os horários de trabalho para maximizar o desempenho e a vigilância (Flynn-Evans; Caddick; Gregory, 2016).

Para as equipes em solo, a NASA recomenda criar ambientes de trabalho e descanso otimizados, que sejam escuros, silenciosos e confortáveis, minimizando a interferência com os ritmos circadianos naturais. Além disso, é fundamental a gestão eficaz dos turnos, respeitando os picos de alerta natural dos operadores, e garantindo pausas adequadas. Adotando essas práticas abrangentes de gestão de fadiga, baseadas nas lições aprendidas pela NASA, as equipes em solo podem sentir uma redução na fadiga e melhorar a produtividade, de forma que os operadores permaneçam alertas e eficientes durante suas tarefas críticas (Stampi, 1994).

Um exemplo interessante é a experiência da NASA durante a missão do *Phoenix Mars Lander*, que teve como objetivo o envio de uma sonda à região polar de Marte. A missão exigia que o pessoal terrestre operasse em um cronograma de 24,65 horas para sincronizar com o dia marciano, cujo período de rotação é um pouco maior que o terrestre. A maioria dos participantes adaptou-se com sucesso ao ciclo, graças ao programa de gestão de fadiga implementado pela Agência que incluiu a educação sobre a importância do sono, o uso de painéis de luz azul para aumentar o estado de alerta e o monitoramento dos padrões de sono, além de uma gestão de turnos baseada em horários sincronizados com ritmos

circadianos e pausas regulares. Os resultados da intervenção mostraram que houve uma diminuição dos níveis de fadiga e sonolência relatados, especialmente quando o trabalho foi agendado em fases circadianas apropriadas (Barger *et al.*, 2012).

Em uma abordagem mais relacionada aos aspectos de saúde, a ESA realiza periodicamente uma triagem para síndrome da apneia obstrutiva do sono, conduzida pelo Departamento de Saúde Ocupacional da Agência. A apneia obstrutiva do sono pode ser prejudicial para a vigília por interromper o sono reparador, resultando em fadiga diurna, diminuição da capacidade cognitiva e aumento da propensão a erros. Desde janeiro de 2016, a ESA tem realizado exames como polissonografia para detectar apneia do sono em funcionários que apresentaram queixas durante exames médicos periódicos. Os testes indicaram que 59% dos funcionários testados tiveram indicativo de algum grau de apneia de sono (Delaunay; Marchon, 2017).

A saúde do sono afeta diretamente o desempenho e a segurança dos trabalhadores. Funcionários bem descansados têm melhor capacidade cognitiva, maior atenção e menos propensão a cometer erros. A política da ESA de incluir a triagem regular de saúde do sono em funcionários que realizam tarefas críticas tem como meta que todos estejam operando em seu melhor estado, reduzindo riscos operacionais e aumentando a eficiência.

Assim, aplicar essas estratégias aos operadores de sistemas espaciais e de infraestrutura espacial brasileiros pode trazer benefícios semelhantes. O monitoramento personalizado dos padrões de sono, a gestão de turnos que respeitem os ritmos circadianos naturais dos operadores, a educação contínua sobre a importância do sono, a triagem de saúde para distúrbios do sono, e o uso de tecnologias de *feedback* podem maximizar o desempenho humano operacional para o espaço.

Considerações finais

O PESE viabilizou a implementação de sistemas espaciais que fornecem serviços essenciais à sociedade, contribuindo de maneira inédita para a autonomia espacial do Brasil e para os benefícios socioeconômicos a eles associados. Para atingir os objetivos estratégicos das futuras expansões do Programa, é fundamental preocupar-se com o elevado desempenho cognitivo das equipes envolvidas, especialmente devido às crescentes demandas especializadas de trabalho contínuo e noturno.

A implementação de boas práticas relacionadas ao controle de fadiga na gestão dos sistemas espaciais do PESE, baseadas nas lições aprendidas pela NASA e pela ESA, pode melhorar significativamente a saúde e a produtividade dos especialistas, favorecendo que estes permaneçam alertas e eficientes. Ao priorizar a saúde do sono, haverá a proteção do bem-estar dos profissionais com foco no aumento da eficiência operacional e no sucesso das missões espaciais do país. O compromisso com essas práticas não só fortalece as capacidades técnicas dos operadores, mas também colocará o Brasil na vanguarda da segurança e da inovação no setor espacial.

REFERÊNCIAS

- ALTABBAKH, H. *et al.* Variations in risk management models: A comparative study of the space shuttle challenger disasters. **EMJ - Engineering Management Journal**, [s.l.], v. 25, n. 2, p. 13–24, 1 jun. 2013.
- ANDRADE, I. *et al.* O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) do Brasil. **Revista Profissional da Força Aérea dos EUA**, [s.l.], p. 133–154, 2021.
- BARGER, L. K. *et al.* Learning to live on a Mars day: Fatigue countermeasures during the Phoenix Mars Lander mission. **Sleep**, [s.l.], v. 35, n. 10, p. 1423–1435, 1 out. 2012.
- BRASIL. Portaria Normativa n. 41/MD, de 30 de julho de 2018. Aprova o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 149, p. 18, 03 ago. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a_sa_01a_programaa_estrategicoa_dea_sistemas_espaciais_pesee_ed-2018.pdf. Acesso em: 7 mar. 2024.
- COSTA, G. Sleep deprivation due to shift work. **Handbook of clinical neurology**, [S.l.], v. 131, p. 437-446, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444626271000238?via%3Dihub>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- DELAUNAY, N.; MARCHON, M. Obstructive sleep apnoea syndrome: a screening test for periodical medical examinations? **ERJ Open Research**, v. 3, n. suppl 1, 1 abr. 2017.
- Fatigue Countermeasure Laboratory @ NASA Ames - Home**. Disponível em: <https://hsi.arc.nasa.gov/groups/fatigue/>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- FLYNN-EVANS, E. E.; CADDICK, Z. A.; GREGORY, K. **Sleep Environment Recommendations for Future Spaceflight Vehicles**. [s.l.]: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.sti.nasa.gov>>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- LIM, J.; DINGES, D. Sleep Deprivation and Vigilant Attention. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 1129, n. 1, p. 305-322, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18591490/>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- LOGAN, R. W.; MCCLUNG, C. A. Rhythms of life: circadian disruption and brain disorders across the lifespan. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 20, n. 1, p. 49-65, 2019.
- MCDONALD, A. J. Lessons learned but forgotten from the Space Shuttle Challenger Accident. In: **Space 2004 Conference and Exhibit**. San Diego, p. 5830, 2013.
- MITLER, M. M. *et al.* Catastrophes, sleep, and public policy: consensus report. **Sleep**, New York, v. 11, n. 1, p. 100-109, 1988. Disponível em: <https://academic.oup.com/sleep/article/11/1/100/2742652?login=false>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- STAMPI, C. Sleep and Circadian Rhythms in Space. **The Journal of Clinical Pharmacology**, v. 34, n. 5, p. 518–534, 1994. Disponível em: <https://accp1.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1552-4604.1994.tb04996.x>. Acesso em: 30 jun. 2024.

THOMAS, M. L.; RUSSO, M. B. Neurocognitive monitors: toward the prevention of cognitive performance decrements and catastrophic failures in the operational environment. **Aviation, space, and environmental medicine**, v. 78, n. 5, p. B144-B152, 2007. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/ asem/2007/00000078/A00105s1/art00023>. Acesso em: 31 jul. 2024.

VALENTE, B. **Mitigação do risco associado ao fator humano nas operações espaciais da Força Aérea Brasileira**: uma ferramenta quantitativa. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: http://www.eaoar.intraer/images/CAP/TCC/CAP_1_2024/035TORIDOBrunoToridoSerraValenteTCC.pdf. Acesso em: 30 jun. 2024.

ZHANG, C. *et al.* Sleep-Monitoring Technology Progress and Its Application in Space. **Aerospace Medicine and Human Performance**, [s.l], v. 95, n. 1, p. 37-44, 2024. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/amhp/2024/00000095/00000001/art00010>. Acesso em: 30 jun. 2024.

Capítulo 6

O NEW SPACE E O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: A EMPRESA PÚBLICA ALADA COMO OPORTUNIDADE DE ALAVANCAGEM DO SETOR

*Cristiano Manhães
Alexandre Manhães*

Introdução

O setor espacial mundial vive um novo paradigma que tem sido designado como *New Space* (Martin, 2014; Tugnoli e Wells, 2019; Vernile, 2018) ou, também, *Space 4.0* (THALES ALENIA SPACE, 2020; THE EUROPEAN SPACE AGENCY, 2016; Wörner, 2016), este último fazendo referência ao paralelismo com a atual revolução industrial 4.0. Ambas as classificações concordam que o *New Space* é marcado pela entrada de novos atores no setor, majoritariamente privados, pelo início da comercialização das atividades espaciais, e pelo surgimento de novos modelos de interação entre agentes públicos e privados, para financiamentos, compartilhamento de riscos e responsabilidades (Vernile, 2018).

Entretanto, em um *boom* de agentes privados adentrando o setor espacial ao redor do mundo, o Brasil está em vias de estabelecer a Empresa de Projetos Aeroespaciais do Brasil S/A - ALADA, um empreendimento público em concepção desde pelo menos 2012, quando foi feita a proposta pela Aeronáutica (Brasil, 2023, s. p.). Não se trata de uma atitude inédita no Brasil: o estabelecimento de empresas estatais e federais (EEFs) acontece desde o período que Bresser-Pereira (2021) classifica como “Ciclo Nação e Desenvolvimento”, o qual é marcado pela fundação de empresas públicas estratégicas responsáveis por levar adiante o desenvolvimento de setores considerados estratégicos.

Destacam-se aí empreendimentos icônicos, como a Petróleo Brasileiro (Petrobras) (1953), a Empresa Brasileira de Aeronaves (Embraer) (1969) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa¹) (1973). Em suma, é o histórico brasileiro da busca por autonomia e do desenvolvimento econômico pela via desenvolvimentista.

Neste sentido, o objetivo deste ensaio é refletir sobre a relação entre desenvolvimento econômico de determinado setor e o estabelecimento de EEFs, em busca de perspectivas para o que esperar para o setor espacial diante da criação da ALADA. Para tanto, serão empregadas fontes ostensivas, e será realizado um estudo do caso da Embrapa, por se distinguir quanto aos benefícios que tem trazido para o seu setor, o agrícola.

¹ Foram identificadas referências aos acrônimos EMBRAPA e Embrapa. Optou-se por usar este último por ser o qual a própria Embrapa usa em seu sítio eletrônico e publicações (Embrapa, s.d).

Para tanto, esta produção se organiza em três seções: a primeira que trata do potencial das EEFs de colaborar com a inovação no país, a segunda que aborda o caso do modelo embrapiano, e a terceira que discute o caso da Empresa ALADA, buscando e propondo perspectivas.

1 AS EMPRESAS ESTATAIS FEDERAIS (EEFS) E SUA CAPACIDADE DE INOVAÇÃO

O sistema nacional de inovação de um país depende da organização dos seus setores público e privado, do qual resulta a sua capacidade de promover (ou não) o seu desenvolvimento. Ao ente público, cabe o fomento de políticas públicas, demanda por novas tecnologias e parcerias, tendo empresas estatais por intermédio ou não. Na iniciativa privada, por sua vez, cabe às empresas desenvolverem suas inovações e criarem redes de cooperação (Paula, 2018).

A lógica por trás de empresas estatais e privadas é diferente. Enquanto as de natureza não estatal buscam em última instância o lucro e remunerar os seus sócios e acionistas, as estatais procuram, segundo Paula (2018, p. 116) “desenvolver uma indústria estratégica, corrigir falhas de mercado, ajudar a distribuir renda, manter preços em níveis aceitáveis, proteger empregos ou diminuir impactos ambientais e sociais negativos”², tornando o lucro algo secundário.

Sobre os benefícios das inovações por parte das EEFs, Paula (2018) afirma que deter empresas públicas, ainda mais aquelas inovadoras, representa benefício para um país por inúmeras formas. Para o autor, “empresas estatais podem ter uma maior habilidade de gerar conhecimento, por terem maior facilidade de trocar informações com outras indústrias e empresas e de gerenciar redes de alianças”, justamente por terem o aval do Estado (Paula, 2018, p. 118). Além do mais, elas costumam ter uma maior habilidade de cultivar conexões significativas com os governos em esfera central e local, o que facilita a obtenção de recursos tanto financeiros quanto comerciais em prol de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), reforça Paula (2018).

Finalmente, Paula (2018) complementa que, apesar de serem empresas de naturezas distintas e deterem objetivos divergentes, dentro do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) elas são complementares. Essa complementaridade é similar à ideia de Mazzucato (2014), isto é, em cenários adversos onde existem crise econômica e fiscal, o Estado é o maior responsável por assumir riscos e realizar pesquisas a longo prazo - o que a autora denomina de Estado Empreendedor. Por outro lado, as empresas de âmbito privado aproveitam essa exposição das empresas públicas e desenvolvem pesquisas no curto e médio prazo, por meio de cooperação e, assim, empregam esse conhecimento para criar tecnologias que serão de fato lançadas no mercado (Paula, 2018).

² Para o autor, essas são as prioridades das empresas estatais e os objetivos a serem alcançados. Além do mais, Paula (2018) critica o olhar dicotômico e simplista entre empresas privadas e estatais, afirmando que é um ponto de vista ultrapassado.

2 AS EMPRESAS ESTATAIS FEDERAIS (EEFS) COMO CATALISADORAS DO DESENVOLVIMENTO SETORIAL

Em 2022, o Brasil possuía 130 empresas públicas, separadas em oito setores de atuação: abastecimento alimentar, saúde, tecnologia da informação e comunicação, indústria, pesquisa e gestão de projetos e contratos, infraestrutura e transportes, financeiro, e petróleo, gás e energia. Os setores mais atuantes são os financeiro e petróleo, gás e energia, representando 35,3% e 36,1%, respectivamente (Boletim das Empresas Estatais Federais, 2022).

No âmbito da Defesa, existem quatro empresas: a Amazônia Azul Tecnologia de Defesa S/A - AMAZUL, a Empresa Gerencial de Projetos Navais - EMGEPRON (setorizadas em pesquisa e gestão de projetos e contratos), a Indústria de Material Bélico do Brasil - IMBEL (setorizada na indústria), e a NAV Brasil Serviços de Navegação Aérea S.A - NAV Brasil (setorizada em infraestrutura e transportes). Todavia, ainda não há nenhuma voltada para o setor espacial, a despeito da crescente importância deste setor ao longo das últimas três décadas deste século, e apesar de a Empresa ALADA ter sido proposta em 2012.

No universo das EEFs, destaca-se a Embrapa, com a qual o Comando da Aeronáutica (COMAER) firmou parceria neste ano (Brasil, 2024). A Embrapa possui atuação com abrangência setorial, e seu modelo embrapiano pode servir para perspectivas relevantes para a ALADA, no que tange ao setor espacial. Vieira Filho e Fishlow (2017) veem o êxito do modelo em quatro pilares: i) garantia de autonomia na esfera política e financiamento público; ii) aplicação em desenvolvimento de pessoal; iii) desenvolvimento de redes estratégicas de inovação; e iv) aprimoramento das diretrizes institucionais e políticas de propriedade intelectual. Além do mais, pelas décadas de 1960 e 1970, o Brasil tinha um problema específico a ser resolvido, que era como ampliar a produtividade agrícola pois “entendia-se que as tecnologias disponíveis no Brasil não eram suficientes para manter a extensão rural no médio e longo prazo” (Vieira Filho, 2022, pp. 20-21), e a Embrapa foi a solução.

Sobre os pilares, o primeiro, seria necessária a garantia que a instituição teria independência nas decisões políticas e que recebesse orçamento apropriado do governo. No entanto, a condição *sine qua non* para que isso acontecesse se deu por meio das entregas dos resultados prometidos por parte da empresa pública (Vieira Filho; Fishlow, 2017). O segundo seria no tocante ao investimento na capacitação de pessoal com a finalidade de melhorar as habilidades e conhecimentos de pesquisadores envolvidos no ecossistema da agricultura. Portanto, internamente, a Embrapa adotou uma política de recursos humanos com um olhar específico em desenvolver o seu próprio capital humano. Diante disso, conforme Vieira Filho e Fishlow (2017, p. 112) “estabeleceu-se uma carreira focada na qualificação científica dos pesquisadores, criando três níveis de progressão funcional”³. Esse pilar mostrou a importância de se ter um pessoal altamente capacitado dentro dessa empresa pública.

³ Esses três níveis são de conhecimento no âmbito acadêmico: graduação, mestrado e doutorado.

O terceiro pilar teve a sua importância em como estruturar e desenvolver redes colaborativas com os olhos na inovação, isto é, a necessidade de conectar *stakeholders* e recursos interessados na inovação da agricultura (Vieira Filho; Fishlow, 2017). Esse esforço foi fundamental para que fossem buscadas soluções na esfera tecnológica que o país enfrentava. Para isso a Embrapa adotou alguns caminhos de ações, parcerias e cooperações bilaterais e multilaterais internacionais, rendendo ganhos mútuos para as partes envolvidas (Vieira Filho; Fishlow, 2017)⁴. Assim, evidencia-se o papel relevante da Embrapa para o estabelecimento de uma rede cooperativa com ganhos não só relacionais, mas também tecnológicos.

O último pilar teve como foco estabelecer e fomentar diretrizes institucionais, cuja função seria proteger e promover os direitos de propriedade intelectual da empresa. Por meio desse esforço, primeiramente, a Embrapa possibilitaria alternativas de pesquisa para aplicar as soluções tecnológicas desenvolvidas pelo seu pessoal. Segundo, para que a empresa estimulasse o mercado houve a criação de uma sólida política de transferência de conhecimento (Vieira Filho; Fishlow, 2017). Desta forma, a Embrapa facilitou o processo de gestão, proteção e propagação do conhecimento relacionado com o setor agrícola.

3 A ALADA E O SETOR ESPACIAL: VELHAS SOLUÇÕES PARA NOVOS DESAFIOS?

Ainda carecem de mais estudos e informações a respeito da ALADA, tendo em vista que ela se encontra em processo de concepção. Suas origens estão no Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB), entidade colaborativa interministerial, cujo objetivo é fortalecer o Programa Espacial Brasileiro (PEB). O Comitê é composto por vinte e um Grupos Técnicos (GTs), sendo que os GT-4 e o 18 tratam especificamente da ALADA. O GT-4 elaborou a proposta inicial e a estrutura legal de uma empresa pública com fins de desenvolver tanto projetos quanto equipamentos aeroespaciais. Já o GT-18 surgiu como desdobramento do GT-4 e entregou um projeto de lei que autorizaria a criação da ALADA e o seu modelo de negócio (Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República, s.d.).

Por mais que as informações sobre a ALADA ainda não estejam disponíveis ostensivamente, há dois trabalhos que a abordam: o primeiro, de Da Costa (2021), ocupou-se em compreender como a embrionária empresa pública poderia contribuir com a Mobilização Aeroespacial por meio de um estudo de caso. O segundo, de Nascimento (2023), procurou clarear as formas que essa estatal poderia ajudar o desenvolvimento para que o Programa Espacial Brasileiro (PEB) evoluísse.

Da Costa (2021) sustenta a hipótese de que a ALADA teria um papel fundamental para promover o desenvolvimento tecnológico em prol do Sistema de Mobilização

⁴ Vale destacar que a empresa pública também abriu suas portas para que pesquisadores estrangeiros desenvolvam suas pesquisas nas unidades da Embrapa.

Aeroespacial (SISMAERO)⁵ em um Planejamento Baseado em Capacidades (PBC)⁶. Isso seria possível, segundo o autor dada a interface que a Empresa de Projetos Aeroespaciais do Brasil S/A faria no âmbito comercial nas esferas nacional e internacional. De forma semelhante à Embrapa, Da Costa (2021, p. 22) defende que, uma vez criada a empresa, “facilitaria a contratação de recursos humanos especializados e otimizaria o processo de aquisição de bens e serviços relativos à CT&I”. Através disso, a ALADA seria responsável por dirimir esses desafios.

Por se tratar de um estudo de caso, o autor ouviu a opinião de especialistas da Aeronáutica em termos de CT&I. O resultado indica que há uma convergência do benefício que a ALADA traria para as estratégias contidas no Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Aeronáutica contribuindo, assim, para a concepção das capacidades da Força Aérea. Isto seria semelhante ao que a Embrapa teria feito para o setor agrícola desde a sua criação, ao fomentar o desenvolvimento de um setor estratégico para o Brasil, e de grande peso para o seu Produto Interno Bruto (PIB).

Nascimento (2023) traz uma análise importante na esfera institucional e de forma complementar ao Da Costa (2021) no sentido da capacidade que esta empresa seria positiva no desenvolvimento econômico brasileiro. Todavia, ele traz um ponto importante que acontece no PEB, isto é, a falta de uma “*prime contractor*”, cuja função seria executar projetos mais complexos - de grande escala - obedecendo os prazos e orçamentos pré-estabelecidos.

Adicionalmente, Nascimento (2023) compara a ALADA com a ANTRIX Corporation Limited, empresa estatal indiana subordinada à Organização Indiana de Pesquisa Espacial (ISRO, acrônimo em inglês). Esta organização atua, conforme Nascimento (2023, p. 282) “como intermediária entre a agência espacial indiana e várias organizações, nacionais e internacionais que demandam por serviços relacionados ao espaço”. É o que acontece com a Embrapa, no caso do setor agrícola, conforme visto anteriormente.

Finalmente, em termos de Administração Pública, Nascimento (2023) aponta que, pelo fato da Agência Espacial Brasileira (AEB) ser uma autarquia pública, ela não possui respaldo jurídico e administrativo para explorar atividades econômicas, algo que uma empresa de natureza privada ou pública detém legalidade. Neste ponto, a criação da ALADA poderia suprir esta lacuna, contribuindo para fomentar novos mercados relacionados ao setor espacial⁷, para que o Brasil se insira e explore.

⁵ A Mobilização Aeroespacial faz parte do conjunto de atividades para se fazer frente a uma situação emergencial ou relacionada à uma hipótese de emprego. O SISMAERO é composto por órgãos e entidades civis e militares que conduzam atividades de interesse da Mobilização Aeroespacial e sua finalidade é viabilizar a gestão relacionada à essa Mobilização. (NSCA 410-1/2020).

⁶ Segundo Davis (2002), e conforme anuído por Brasil (2024), o PBC é uma ferramenta de planejamento estratégico para se prover as capacidades adequadas para enfrentar os desafios de Defesa impostos, dentro de um cenário econômico de restrições orçamentárias.

⁷ Estima-se que haverá 15 nichos da economia espacial do futuro (2050), quais sejam: agricultura, proteção ambiental e climática; energia; construção, reparos e engenharia, atividades extrativistas; turismo, cultura e entretenimento; segurança e defesa; comércio e finanças; saúde, medicina e farmacêutico; atividades ilícitas; logística; manufatura; ciência, pesquisa e educação; telecomunicações; e transporte (BLACK, SLAPAKOVA, MARTIN, 2022).

Isto posto, em síntese, três pontos do modelo embrapiano podem servir de referência para o futuro da empresa ALADA. O primeiro, diz respeito à aceitação tanto do governo quanto sociedade sobre o estabelecimento e a manutenção da Embrapa, em outras palavras, há uma aceitação pública desta empresa. O segundo, é na forma que a empresa se consolidou pelo território nacional, que, ao invés de se consolidar em um único ponto no país, optou-se por unidades descentralizadas, no entanto, sempre vinculadas a um mesmo planejamento central. O terceiro ponto é sobre o papel fim da empresa, isto é, não cabe à empresa pública comercializar tecnologias ou competir com a iniciativa privada, mas, sim, fomentar o mercado e formar parcerias com o setor privado.

Considerações finais

Ao se analisar a Embrapa, verifica-se que ela adotou um objetivo específico bem definido, bem como desenvolveu uma rede estratégica de inovação tecnológica. Além do mais, foram observados pilares de cunho estratégico para alcançar tais objetivos. Estas percepções parecem permear outras EEFs nacionais, sugerindo-se, portanto, que outros estudos as considerem em busca de mais perspectivas, aproveitando o histórico nacional de Empresas deste tipo.

Quanto à Empresa ALADA, é importante observar tais pontos supracitados, de modo que ela não venha a ser mais uma instituição que apenas deixe o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE) mais complexo de ser gerenciado, vindo a se tornar mais um ente a competir pelos escassos recursos governamentais. Mas que contribua decisivamente para ordenar a rede colaborativa do setor espacial, fomentar o desenvolvimento de capital humano especializado e focar em alcançar objetivos específicos e bem definidos.

REFERÊNCIAS

- BLACK, J., SLAPAKOVA, L., MARTIN, K. **Future Uses of Space Out to 2050**. Emerging threats and opportunities for the UK National Space Strategy. RAND Corporation, 2022. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RRA600/RRA609-1/RAND_RRA609-1.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.
- BOLETIM DAS EMPRESAS ESTATAIS. Ministério da Economia, Secretaria Especial de Desestatização, Desinvestimento e Mercados, Secretaria de Coordenação e Governança das Empresas Estatais. Vol. 23 (Set. 2022). Brasília: Sest/ME, 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Mobilização. **Estrutura, Atribuições e Funcionamento do Sistema de Mobilização Aeroespacial** –

SISMAERO (NSCA 410-1). Brasília-DF, 2020. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=36484&tipoMidia=0>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Planejamento. **Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Aeronáutica (PCA 11-127)**, Brasília-DF, 2021. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=30682&tipoMidia=0>. Acesso em: 07 ago. 2024.

BRASIL. Centro de Lançamento de Alcântara recebe comitiva interministerial. 15 dez. 2023. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/41977/>. Acesso em: 04 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Planejamento. **Metodologia de Planejamento Baseado em Capacidades no Comando da Aeronáutica (DCA 11-146)**, Brasília-DF, 2024. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=37372&tipoMidia=0>. Acesso em: 07 ago. 2024.

BRASIL. FAB e EMBRAPA firmam parceria para aplicações de tecnologias agropecuárias. 09 jan. 2024. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/42047/>. Acesso em: 04 jul. 2024.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **A construção política e econômica do Brasil: sociedade, economia e Estado desde a Independência**. - São Paulo: Editora 34, 2021.

CARDOSO, C. E. **Os Acordos de Compensação (Offset) da aeronave KC-390 e sua contribuição para a Base Industrial de Defesa / Cel Av Cláudio Evangelista Cardoso** - Rio de Janeiro: ESG, 2017.

DA COSTA, U. C. **A implantação de uma Empresa Pública Aeroespacial: análise da contribuição para a Mobilização Aeroespacial**. 2021. Tese de Doutorado. Escola de Comando e Estado Maior da Aeronáutica.

DALLA COSTA, A.; DE SOUZA-SANTOS, E. R. Embraer, história, desenvolvimento de tecnologia e a área de defesa. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 6, n. 3, 2010.

DAVIS, P. K. **Analytic Architecture for Capabilities-Based Planning, Mission-System Analysis, and Transformation**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2002.

EMBRAPA. Sobre a Embrapa. **A Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/sobre-a-embrapa>. Acesso em: 13 ago. 2024.

GABINETE DE SEGURANÇA INSTITUCIONAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA [GSI]. Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro. Disponível em: <https://www.gov.br/gsi/pt-br/colegiados-do-gsi/cdpeb-comite-de-desenvolvimento-do-programa-espacial-brasileiro>. Acesso em: 09 ago. 2024.

- MARTIN , G. L. **NewSpace**: The Emerging Commercial Space Industry. International Space University Space Studies Program (SSP14). Montreal, Canada, 2014. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20140011156>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor**: desmascarando o mito do setor público x setor privado. São Paulo: Portofolio-Penguin, 2014.
- NASCIMENTO, J. D. Projeto alada: uma reflexão sobre a instrumentalidade empreendedora do estado brasileiro diante do potencial desenvolvimentista do setor espacial. Publicações da Escola Superior da AGU, v. 15, n. 01, 2023.
- PAULA, F. O. Inovação nas Empresas Estatais Federais Brasileiras: fatores influentes e agenda para pesquisas futuras. **Boletim de Análise Político-Institucional**, v. 15, p. 115-122, 2018.
- RIBEIRO, C. G. Desenvolvimento Tecnológico Nacional: o Caso KC-390. In: André Tortato Rauhen. (Org.). Políticas de Inovação pelo lado da demanda no Brasil. 1ed. Brasília: IPEA, 2017, v. 1, p. 235-288.
- TUGNOLI, M.; WELLS, L. **ESPI Report 70 - Evolution of the Role of Space Agencies**. Full Report. European Space Policy Institute (ESPI). Wien, 2019. Disponível em: <https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2022/06/ESPI-Public-Report-70-Evolution-of-the-Role-of-Space-Agencies-Full-Report.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2024.
- THALES ALENIA SPACE. **Space 4.0**: Unlocking value via the Digital Transformation. Thales, 2020. Disponível em: <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/news/space-40-unlocking-value-digital-transformation>. Acesso em: 31 jul. 2024.
- THE EUROPEAN SPACE AGENCY. What is space 4.0? **Ministerial Council 2016**, 2016. Disponível em: https://www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2016/What_is_space_4.0. Acesso em 31 jul. 2024.
- VERNILE. A. **The Rise of Private Actors in the Space Sector**. European Space Policy Institute (ESPI). Wien: Springer, 2018.
- VIEIRA FILHO; J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil**: inovação e competitividade. - Brasília: Ipea, 2017.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. **Texto para discussão: o Desenvolvimento da Agricultura do Brasil e o Papel da Embrapa**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. - Brasília: Rio de Janeiro, 2022.
- WÖRNER, J. #Space4.0. **European Space Agency**. European Parliament Committees, 2016. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/111744/ITRE2016%20-%20ESA%20-%20point%2013.pdf>. Acesso em 31 jul. 2024.

Capítulo 7

A EVOLUÇÃO DOS REGULAMENTOS ESPACIAIS BRASILEIROS (REB) E O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES COMERCIAIS DE LANÇAMENTO NO BRASIL

*Cristiano Queiroz Vilanova
Marcio Akira Harada
Alysson Nunes Diógenes*

Introdução

As atividades espaciais no Brasil tiveram início na década de 60. Contudo, o primeiro projeto mobilizador de maior escala do Programa Espacial Brasileiro foi a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) na década de 80 pela Exposição de Motivos da Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) nº 3.583-COBAE de 27 de novembro de 1979 (Brasil, 1979), aprovada pelo Poder Executivo em 1980 pelo Aviso nº 0001/4aSC/051/80 de 22 de abril de 1980 (Brasil, 1980). A MECB tinha por objetivo o atingimento de três metas: desenvolver um lançador de satélites, desenvolver satélites de monitoramento ambiental e operacionalizar o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA).

Devido às dificuldades encontradas no desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites (VLS), principalmente em decorrência de diversos obstáculos tecnológicos e problemas com a importação de componentes, o projeto apresentou recorrentes atrasos em seu cronograma de desenvolvimento. Em 1996, a AEB e o Ministério da Aeronáutica (MAer) à época, buscando outras opções para o desenvolvimento das atividades de lançamento no Brasil, firmaram o Termo de Convênio nº 001/DEPED/96-MAer/nº 001/96/001- INFRAERO, de 01 de novembro de 1996 (Brasil, 1996) com a INFRAERO para a comercialização do CLA (Montserrat Filho, 2018; Nascimento, 2023).

A assinatura do convênio permitiria a INFRAERO:

Efetivar contratos de concessão de uso de áreas localizadas no Setor Operacional do CLA para a implantação de sítios de lançamento espaciais, por empresas, entidades nacionais, internacionais e países amigos, que assim o desejarem, bem como comercializar toda a gama de serviços oferecidos pelo Centro no segmento de lançamento de foguetes e outras atividades aeroespaciais pacíficas (Vasconcellos, 2018, p. 1).

Para que essa pretendida atividade comercial fosse possível, uma vez que a época cerca de 80% de toda tecnologia espacial produzida no mundo era de propriedade dos EUA (Montserrat Filho, 2018), o Estado Brasileiro, iniciou as tratativas com o Estado Americano para a assinatura do Acordo de Salvaguardas Tecnológica (AST) entre Brasil e EUA.

Conforme Lima Junior *et al.* (2020), em decorrência dessas iniciativas, a República Federativa do Brasil celebrou um acordo com a Ucrânia, resultando na criação da empresa binacional *Alcantara Cyclone Space* (ACS). A constituição dessa empresa foi realizada conforme os artigos 2º e 3º do Tratado entre a República Federativa do Brasil e a Ucrânia sobre Cooperação de Longo Prazo na Utilização do Veículo de Lançamento Cyclone-4 no CLA, assinado em Brasília em 21 de outubro de 2003.

A ACS foi estabelecida com a missão de desenvolver e operar a plataforma de lançamento do foguete Cyclone-4, localizada no CLA, no Maranhão, Brasil. Suas responsabilidades abrangiam a construção da infraestrutura necessária para a preparação e lançamento do Cyclone-4, a preparação e integração das espaçonaves, bem como a implementação dos sistemas auxiliares e demais equipamentos essenciais. A empresa foi criada para fornecer serviços de lançamento tanto para os programas espaciais nacionais dos países signatários quanto para clientes comerciais (Lima Junior *et al.*, 2020).

Em 2015, a iniciativa foi descontinuada após o Brasil decidir, de forma unilateral, retirar-se do acordo, o que resultou no encerramento da ACS. A decisão de deixar o Tratado sobre a Cooperação de Longo Prazo na Utilização do Veículo de Lançamento Cyclone-4 foi oficializada pelo Decreto nº 8.494, de 24 de julho de 2015 (Brasil, 2015), devido à alegada falta de viabilidade comercial. No contexto internacional, a denúncia é o ato pelo qual um país comunica sua intenção de sair de um acordo. Conforme o estatuto da ACS, a empresa deveria ser dissolvida em caso de denúncia por uma das partes envolvidas (Brasil, 2018).

Desta forma, com a denúncia do acordo e sem a assinatura do AST, as atividades de lançamento comerciais no Brasil ficaram sem um rumo definido.

Em 2019, após 19 anos do início das negociações, Brasil e EUA finalmente assinaram o AST (Brasil, 2020a). Essa assinatura deu um novo fôlego para as atividades de lançamento espaciais comerciais no Brasil.

Em continuidade às tratativas para a realização de lançamento comerciais, em 2020 a AEB assinou com o Estado Maior da Aeronáutica (EMAER), o Acordo de Cooperação Técnica nº 01/2020 (Brasil, 2020b) que viabilizou a realização de 2 (dois) editais de chamamentos públicos para a exploração comercial das infraestruturas do CLA.

A AEB ficou com as atribuições de: a) Coordenar a divulgação, visando a captar interessados em operar no CEA; b) Coordenar a elaboração e realização de Chamamento Público para utilização do CEA, com base nos parâmetros predefinidos pelo EMAER; c) Receber os operadores que tenham interesse em realizar lançamentos a partir do CEA e realizar as tratativas iniciais; d) Realizar o processo de licenciamento; e) Emitir licença de operadores; f) Emitir a autorização de lançamento ou reconhecimento de autorização emitida por outro país; g) Coordenar o processo

de análise das propostas, com vistas ao início da negociação contratual; h) Assessorar o EMAER no processo de negociação e contratação com interessados em utilizar o CEA; i) Colaborar com as atividades de investigação de acidentes relacionados às atividades espaciais no CEA; e j) Coordenar as atividades licenciamento, elaboração e atualização de normas de segurança e inspeção das atividades espaciais no CEA.

Já o EMAER ficou com as seguintes atribuições: a) Definir os parâmetros a serem utilizados pela AEB para elaboração das regras do Chamamento Público; b) Definir, por meio do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), a disponibilidade de utilização do CEA e informar à AEB; c) Participar, como membro consultivo junto à AEB, do processo de Chamamento Público de utilização do CEA; d) Participar, por meio do DCTA, do processo de licenciamento, elaboração e atualização de normas de segurança e inspeção das atividades espaciais no CEA; e) Coordenar o processo de avaliação das propostas finais, com vistas ao início da negociação contratual; f) Definir o(s) operador(es) licenciados que irão iniciar a fase de negociação contratual, com base no processo de avaliação das propostas finais; g) Coordenar, por meio do DCTA, a negociação contratual para a utilização do CEA; h) Assinar, por meio do DCTA, o contrato de utilização do CEA; e i) Atuar, por meio das Organizações Militares designadas, na investigação de acidentes e incidentes ocorridos nas operações visando ao lançamento de veículos espaciais no CEA.

Esses editais resultaram, até o ano de 2024, na assinatura de (02) dois contratos de prestação de serviços entre empresas de transporte espacial e a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE) da FAB.

Com o passar dos anos os normativos e regulamentos da AEB foram sendo modificados e aprimorados para se adequarem aos diversos modelos de operação comercial que foram adotados ao longo do desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro.

Os normativos da AEB e os regulamentos de segurança contém as regras a serem aplicadas em atividades espaciais que caracterizam o Brasil como Estado Lançador (Brasil, 2006), onde o termo significa: (a) o Estado que lança ou promove o lançamento de um objeto espacial; ou o (b) O Estado de cujo território ou base é lançado um objeto espacial.

Em seguida será abordado o desenvolvimento dos normativos e regulamentos de segurança da AEB.

Desenvolvimento

O Artigo VII do Decreto nº 64.362, de 17 de abril de 1969 (Brasil, 1969), que promulgou o Tratado sobre Exploração e Uso do Espaço Cósmico, versa sobre a responsabilidade “do ponto de vista internacional pelos danos causados a outro Estado parte do Tratado ou as suas pessoas naturais” por “qualquer Estado parte, cujo território ou instalações servirem ao lançamento de um objeto”.

Com a finalidade de mitigar os riscos associados à responsabilidade internacional pelos lançamentos realizados a partir de seus territórios, os países costumam criar ou designar instituições nacionais para regular as atividades de lançamento comerciais realizadas dentro de suas fronteiras.

No Brasil a instituição nacional responsável por regular as atividades espaciais comerciais é AEB, conforme o inciso XIII do Art. 3º da Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994 (Brasil, 1994a) que afirma que compete à agência “estabelecer normas e expedir licenças e autorizações relativas às atividades espaciais no país”.

Ainda no contexto das atividades comerciais, a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), estabelecida pelo Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994 (Brasil, 1994b), tem como uma de suas diretrizes incentivar iniciativas de exploração comercial, prioritariamente pelo setor privado, de serviços e produtos decorrentes ou associados às atividades espaciais.

Com relação ao Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE 2022-2031), instrumento de planejamento decenal sob responsabilidade da AEB, as atividades de licenciamento e autorização estão contempladas nos Objetivos Estratégicos de Espaço (OEE) 1, 2, 4 e 6 (Brasil, 2021).

Já no ano 2000 o Conselho Superior da AEB editou a Resolução nº 44, de 2 de março de 2000 (Brasil, 2020), que considerando a inexistência de norma brasileira específica sobre segurança de bases de lançamentos determinou que a Norma ISO 14625, - *Space systems - Ground support equipment for use at launch, landing or retrieval sites - General requirements*, fosse aplicada em todos os lançamentos comerciais a partir do Centro de Lançamento de Alcântara - CLA, antes mesmo da criação dos processos de licenciamento e de autorização de lançamentos espaciais.

A primeira iniciativa regulatória de transporte espacial no Brasil teve sua gênese na Resolução nº 51/CSP/AEB, de 26 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001a) que estabeleceu as diretrizes a serem observadas pela AEB para fins de concessão, fiscalização e controle de licença relativa a lançamentos espaciais, de natureza comercial, a partir do território brasileiro, enquanto esta não dispusesse de uma legislação específica.

Esta legislação específica, foi estabelecida 1 (um) mês depois pela Portaria nº 8, de 14 de fevereiro de 2001 (Brasil, 2001b), que aprovou o regulamento sobre procedimentos e definição de requisitos necessários ao requerimento, avaliação, expedição, controle, acompanhamento e fiscalização de licença para execução de atividades espaciais no território brasileiro.

Ainda no mesmo ano a Resolução nº 55/CSP/AEB, de 24 de outubro de 2001 (Brasil, 2001c), estabeleceu as diretrizes a serem observadas pela AEB para fins de expedição, fiscalização e controle de autorizações para lançamentos espaciais, de natureza comercial, a partir do território brasileiro, enquanto esta não dispusesse de uma legislação específica.

No ano seguinte, a AEB editou então a Portaria nº 5, de 21 de fevereiro de 2002 (Brasil, 2002), que aprovou o regulamento sobre procedimentos de autorização para a operação de lançamento espacial no território brasileiro, em atendimento à Resolução nº 55/CSP/AEB.

Cabe salientar que o parágrafo 1º do Artigo 5º da Portaria nº 8, dentre outros requisitos, determinava que a documentação técnica apresentada pela empresa deveria estar em conformidade com “as normas de segurança estabelecidas pela AEB e pelo respectivo Centro de Lançamento.”.

Em seguida, após a conclusão dos trabalhos realizados pela Comissão 04/03, criada pela Resolução nº 59, de 20 de novembro de 2003 (Brasil, 2003), do CSP da AEB o Regulamento de Segurança para Lançamentos Espaciais a partir do Território Brasileiro foi então publicado pela Resolução nº 67, de 23 de fevereiro de 2005 (Brasil, 2005).

O regulamento publicado pela Resolução nº 67 era um documento inspirado na experiência adquirida pela Força Aérea na realização de lançamentos espaciais de seus dois centros de lançamento, mas de difícil aplicação no caso concreto, a época em que se desenhava uma operação de lançamentos comerciais a partir de uma empresa binacional brasileira-ucraniana.

Desta forma o CSP da AEB criou a Comissão 07/05, com representantes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dos Comandos do Exército e da Aeronáutica, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), do Ministério de Relações Exteriores (MRE) e do setor industrial, para trabalharem numa proposta de atualização do Regulamento de Segurança para Lançamentos Espaciais a partir do Território Brasileiro.

Este trabalho foi finalizado pela publicação da Resolução nº 71 do CSP da AEB, de 05 de dezembro de 2007 (Brasil, 2007) que publicou os Regulamentos da Segurança Espacial em dois volumes: o Volume 1, Regulamento Geral da Segurança Espacial, e o Volume 2, Regulamento Técnico Geral da Segurança, dividido em sete partes: Parte 1, Espacial, Parte 2, Ambiental, Parte 3, para Lançamento de Voo, Parte 4, para Carga Útil, Parte 5, para Complexo de Lançamento, Parte 6, para Veículo Lançador, e Parte 7, para Intersítios.

Cabe mencionar que, estes regulamentos de Segurança de Lançamento foram inspirados nos regulamentos utilizados pelo Centro Espacial Guianês (CSG) em Kourou, segundo relato do coordenador de normatização e licenciamento da AEB à época (Brasil, 2007). Acreditava-se que esse modelo seria mais adequado para a regulação das operações comerciais da recém-criada *Alcântara Cyclone Space* (ACS).

Por fim a Portaria nº 160, de 16 de setembro de 2009 (Brasil, 2009) aprovou a Instrução Normativa sobre procedimentos e atribuições aplicáveis ao Operador da Segurança do Centro (OCS) e ao Organismo de Certificação Espacial (OCE) para a execução da avaliação da conformidade pertinente ao Procedimento Integrado de Certificação e Submissão na emissão de Licença e Autorização para lançamento Espacial em território brasileiro.

Toda essa sequência de normativos publicados, tinha por objetivo estabelecer requisitos mínimos de segurança para a operação da empresa binacional ACS, e com a denúncia do tratado em 2015 e posterior extinção da empresa, a AEB não teve a oportunidade de efetivamente testar o arranjo regulatório que havia sido estabelecido.

No decorrer dos anos a Portaria nº 8, de 14 de fevereiro de 2001 chegou a ser atualizada algumas vezes, para refletir as mudanças da estrutura interna da AEB, sem, no entanto, ter a sua essência modificada, os demais normativos permaneceram inalterados.

Em 2019 com a assinatura do AST com os EUA e de modo paralelo aos preparativos para a assinatura do Acordo de Cooperação Técnica nº 01/2020, a AEB iniciou um processo de revisão de todos os seus normativos e regulamentos ligados a operações de lançamentos comerciais.

Além dos regulamentos antigos e desatualizados, os Regulamentos da Segurança Espacial eram baseados em uma lógica de garantia do sucesso da missão e de certificação de produtos. Este modelo talvez fosse adequado para um modelo de negócios onde a totalidade dos lançamentos comerciais seriam realizados por uma única empresa binacional.

O cenário em 2020 era outro: com a assinatura do AST empresas que utilizassem componentes americanos poderiam finalmente se instalar no Brasil e para além disso o rápido avanço tecnológico e o surgimento do “new space” demandavam um modelo regulatório mais ágil e que fosse menos restritivo ao surgimento de novas tecnologias.

Em virtude da larga experiência da *Federal Aviation Administration* (FAA) dos EUA com atividades de transporte espacial comercial, em temas como regulação, autorização e licenciamento, a AEB buscou parceria com o intuito de subsidiar as atividades de revisão dos regulamentos de segurança.

Desta forma a AEB se inspirou nos regulamentos americanos publicados pela FAA localizados no capítulo III do título 14 do Código de Regulações Federais dos EUA, em especial na sua parte 450.

Esses regulamentos, diferentemente dos antigos regulamentos brasileiros, consideram a atividade de lançamento de foguetes como intrinsecamente perigosa tem por objetivo apenas a garantia da segurança de terceiros, ou seja, de pessoas e de infraestruturas que não estejam ligadas diretamente à operação de lançamento.

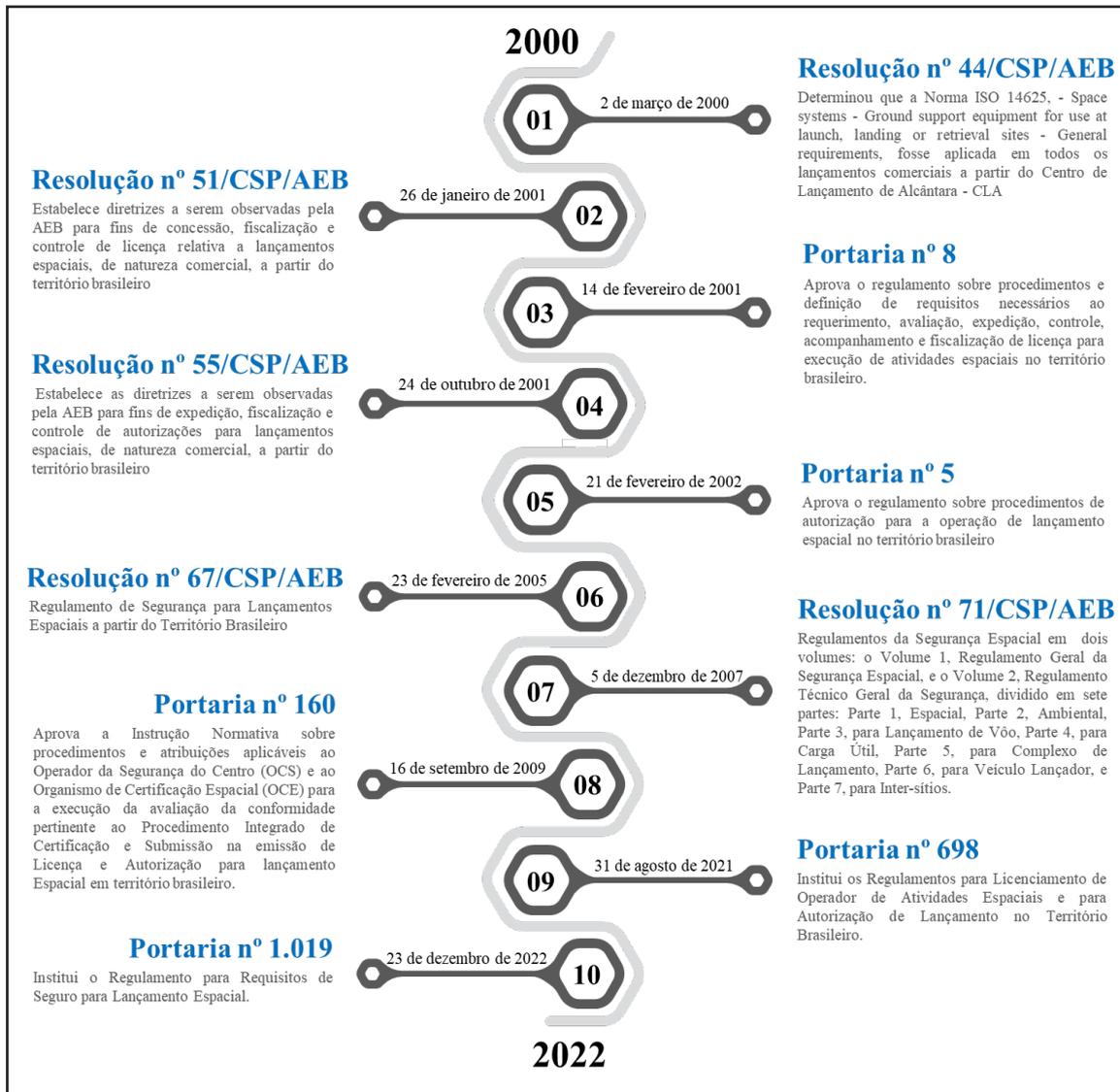
Diferentemente da abordagem de garantia do sucesso da missão e da certificação de produtos, a abordagem utilizada pela FAA permite que as empresas possam explorar os limites das soluções tecnológicas, contanto que não coloquem terceiros em risco.

Desta forma, em 2021, teve início na AEB o processo de atualização dos regulamentos referentes à emissão de Licença de Operador e Autorização de Lançamento identificados como Regulamento Espacial Brasileiro (REB) - Parte 01 e 02 respectivamente e foram formalizados pela Portaria nº 698, de 31 de agosto de 2021 (Brasil, 2024). A atualização desses normativos foi necessária para o início da operação comercial de atividades de lançamento a partir de centros de lançamento brasileiros.

Em 2022 a AEB publicou o regulamento com os Requisitos de Seguro para Lançamento Espacial identificado com REB - Parte 03 e foram formalizados pela Portaria nº 1.019, de 23 de dezembro de 2022. Para a obtenção de uma Autorização de Lançamento, o requerente deverá fornecer as informações exigidas pela metodologia emitida pela AEB (Brasil, 2022).

A linha do tempo dos normativos relativos à regulação no Brasil estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Linha do tempo dos normativos relativos à regulação.



Fonte: Os autores (2024).

Complementarmente, as operações de lançamento devem seguir o regramento estabelecido pelo manual de segurança operacional do CLA que, em sua versão mais recente, estabeleceu como objetivos: estabelecer a política e os requisitos de segurança do CLA; atribuir responsabilidades aos Operadores de Lançamento e ao CLA; padronizar os modelos de documentações a serem entregues ao Centro de Lançamento; e descrever os critérios que regem as atividades de apoio ao lançamento de veículos espaciais (Brasil, 2024).

A FAA realizou o licenciamento de 117 lançamentos comerciais durante o ano de 2023 (FAA, 2023), tendo conseguido atingir seu objetivo de garantir a segurança de terceiros em todos esses lançamentos, desta forma acredita-se que o REB por garantir o mesmo nível de segurança dos regulamentos da FAA possa apresentar o mesmo nível de sucesso nas operações comerciais no Brasil.

Adicionalmente, essa similaridade entre os dois regulamentos, poderá viabilizar um acordo de reconhecimento mútuo de licenças e autorizações de lançamento conforme o amadurecimento das atividades de lançamento comerciais no Brasil.

Recentemente foi aprovada a Lei nº 14.946, de 31 de julho de 2024, que institui normas aplicáveis a atividades espaciais nacionais (Brasil, 2024c). Ela representa um marco importante na regulação do setor espacial, com novos dispositivos que exigirão uma revisão do arcabouço regulatório atual.

Considerações finais

As iniciativas para o estabelecimento de um arcabouço regulatório para as atividades espaciais começaram no início dos anos 2000 na mesma época em que foram iniciadas as primeiras políticas públicas com vistas ao desenvolvimento das atividades de lançamento comerciais no Brasil.

Até julho de 2024, o Brasil ainda não conseguiu realizar seu primeiro lançamento comercial a partir de seu território. A expectativa é que este primeiro lançamento ocorra em 2025 como fruto do Acordo de Cooperação Técnica nº 01/2020 que viabilizou até o momento, a realização de 2 (dois) editais de chamamentos públicos para a exploração comercial das infraestruturas do CLA.

Por meio do Regulamento Espacial Brasileiro, espera-se que este lançamento ocorra de maneira segura e sustentável e se torne um marco para as atividades de lançamento no Brasil.

A oferta de infraestrutura pública por meio de chamamentos públicos, assim como a publicação do REB contribuem para o atingimento do ODS 8 - Trabalho decente e crescimento econômico e do ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura da Agenda 2030 da ONU.

Com a perspectiva de novos chamamentos com novas empresas e lançamentos, espera-se que os regulamentos passem por processos de revisão e aperfeiçoamento para se adequarem aos possíveis problemas encontrados, quando de sua aplicação.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. **Acordo de Cooperação Técnica nº 01/2020 entre AEB e EMAER**. Define atribuições e processos de trabalhos na fase de implantação e operação do CEA, 2020b.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. **Regulamentos de Segurança da AEB**. Brasília: AEB, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/servicos/licenciamento>. Acesso em: 23 jun. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Portaria nº 160, de 16 de setembro de 2009. Aprova a Instrução Normativa sobre procedimentos e atribuições aplicáveis ao Operador da

Segurança do Centro - OSC e ao Organismo de Certificação Espacial - OCE para execução da avaliação da conformidade pertinente ao Procedimento Integrado de Certificação e Submissão na emissão de Licença e Autorização para lançamento Espacial em território brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 40, 18 set. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/servicos/licenciamento/regulamentos-antecedentes/portaria-160-16set2009.pdf/view>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Portaria nº 5, de 21 de fevereiro de 2002. Aprova o Regulamento sobre procedimentos de autorização para a operação de lançamento espacial no território brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 37, 25 fev. 2002. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=10&data=25/02/2002>. Acesso em: 15 jun. 2024

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Portaria nº 698, de 31 de agosto de 2021. Regulamento Espacial Brasileiro Parte 1 e Parte 2 - Institui os Regulamentos para Licenciamento de Operador de Atividades Espaciais e Para Autorização de Lançamento no Território Brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 105, 31 ago. 2021. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-698-de-31-de-agosto-de-2021-341897559>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Resolução nº 51/CSP/AEB, de 26 de janeiro de 2001. Define as diretrizes para fins de concessão, fiscalização e controle de licença relativa a lançamentos espaciais, de natureza comercial, a partir do território brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 13, 31 jan. 2021a.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Portaria nº 8, de 14 de fevereiro de 2001. Aprova o Regulamento sobre procedimentos e definição de requisitos necessários ao requerimento, avaliação, expedição, controle, acompanhamento e fiscalização de licença para execução de atividades espaciais no território brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 111, 19 fev. 2001b. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=111&data=19/02/2001>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Resolução nº 55/CSP/AEB, de 24 de outubro de 2001. Estabelece as diretrizes a serem observadas pela AEB para fins de expedição, fiscalização e controle de autorizações para lançamentos espaciais, de natureza comercial, a partir do território brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 129, 26 out. 2001c. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=129&data=26/10/2001>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Portaria nº 1.019, de 23 de dezembro de 2022. Institui O Regulamento Para Requisitos de Seguro Para Lançamento Espacial. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 24, 28 dez. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/servicos/licenciamento/normas-para-atividades-espaciais/REB/portaria-no-1-019-de-23-de-dezembro-de-2022.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Resolução nº 59/CSP/AEB, de 20 de novembro de 2003. ° Criar uma Comissão - CO 04/03, com a incumbência de analisar o Regulamento de Segurança para Lançamentos Espaciais a partir do Território Brasileiro. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 237, 05 dez. 2003. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=20&data=05/12/2003> Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira. Resolução nº 71/CSP/AEB, de 05 de dezembro de 2007. Divulga a aprovação dos Regulamentos da Segurança Espacial. Brasília: **Diário Oficial da União** seção 1, Brasília, DF, p. 240, 14 dez. 2007. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=8&data=14/12/2007>. Acesso em: 03 jul. 2024.

BRASIL. **Aviso nº 0001/4aSC/051/80, de 22 de abril de 1980**. Do Secretário Geral do Conselho de Segurança Nacional ao Ministro Chefe do Estado-Maior das Forças Armadas. Brasília, 1980.

BRASIL. Clovis Martins de Souza *et al.* Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). **Manual de Segurança Operacional do CLA**. 4. ed. Alcântara: CLA, 2024. 54 p. MAN-SGO-001. Disponível em: https://cla.dcta.mil.br/images//pdf/Manual_do_CLA_20_2024-04-11_signed.pdf. Acesso em: 23 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 14.946, de 31 de julho de 2024. Institui normas aplicáveis a atividades espaciais nacionais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2024c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14946.htm Acesso em: 17 ago. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Termo de Convênio nº 001/DEPED/96-MAer/nº001/96/001- INFRAERO**, de 01 de novembro de 1996.

BRASIL. Decreto nº 10.220, de 5 de fevereiro de 2020. Promulga o acordo entre o governo da República Federativa do Brasil e o governo dos Estados Unidos da América sobre Salvaguardas Tecnológicas relacionadas à participação dos Estados Unidos da América em lançamentos a partir do Centro Espacial de Alcântara, Firmado em Washington, D.C., em 18 de março de 2019. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 fev. 2020a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10220.htm. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 5.806, de 19 de junho de 2006. Promulga a Convenção Relativa ao Registro de Objetos Lançados no Espaço Cósmico, adotada pela Assembleia-Geral das Nações Unidas em 12 de novembro de 1974, e pelo Brasil em 17 de março de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jun. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5806.htm. Acesso em: 29 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 64.362, de 17 de abril de 1969. Promulga o Tratado sobre Exploração e Uso do Espaço Cósmico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 abr. 1969. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d64362.html. Acesso em: 30 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 8.494, de 24 de julho de 2015. Torna pública a denúncia, pela República Federativa do Brasil, do Tratado entre a República Federativa do Brasil e a Ucrânia sobre Cooperação de Longo Prazo na Utilização do Veículo de Lançamentos Cyclone-4 no Centro de Lançamento de Alcântara, firmado em Brasília, em 21 de outubro de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 set. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8494.htm. Acesso em: 12 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994. Cria, com natureza civil, a Agência Espacial Brasileira (AEB), e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1994a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8854.htm. Acesso em: 12 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994. Aprova a atualização da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais – PNDAE. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1994b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1332.htm. Acesso em: 12 jun. 2024.

BRASIL. **EM nº 3583-COBAE, de 27 de novembro de 1979**. Do Ministro Chefe de Estado Chefe do Estado-Maior das Forças Armadas ao Excelentíssimo Senhor Presidente da República. Brasília, 1979.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Conselho Superior da AEB aprova Regulamento de Segurança Espacial. Brasília, DF: **Sala de Imprensa**, 2007. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1264. Acesso em: 22 jun. 2024.

BRASIL. Janary Júnior. **Câmara dos Deputados**. MP extingue empresa espacial criada com Ucrânia para explorar base de Alcântara. 2018. Agência Câmara de Notícias. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/548506-mp-extingue-empresaespecial-criada-com-ucrania-para-explorar-base-de-alcantara>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. PNAE. **Programa Nacional de Atividades Espaciais (2022-2031)**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Agência Espacial Brasileira, 2021.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Commercial Space Transportation**. 31 aug. 2023. Disponível em: https://www.faa.gov/data_research/commercial_space_data. Acesso em: 02 jul. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: **ISO 14.625**: Space systems - Ground support equipment for use at launch, landing or retrieval sites - General requirements, 2023.

LIMA JUNIOR, Jayme Benvenuto *et al.* Tratado de cooperação espacial entre Brasil e Ucrânia: reflexões sobre sua criação e extinção. **Revista Direito**. Unb, Brasília, v. 5, n. 2, p. 65-90, abr. 2021. ISSN 2357-8009.

MONSERRAT FILHO, José. A parceria entre Brasil e Ucrânia para o uso comercial do Centro de Lançamento de Alcântara. **Revista Brasileira de Direito Aeroespacial**. 2018. Disponível em: <https://sbda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/1751.htm>. Acesso em: 12 jun. 2024.

MONSERRAT FILHO, José; LEISTER, Valnora. The Discussion in the Brazilian National Congress of the Brazil-USA Agreement on Technology Safeguards Relating to the Use of Alcântara Spaceport. **Revista Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <https://sbda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/1727.htm>. Acesso em: 12 jun. 2024.

NASCIMENTO, Jefferson Dalamura. Projeto ALADA: Uma reflexão sobre a instrumentalidade empreendedora do estado brasileiro diante do potencial desenvolvimentista do setor espacial. **Publicações da Escola Superior da AGU**, Brasília, p. 258-286, 14 set. 2023.

VASCONCELLOS, Paulo Miranda. Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO). **Revista Brasileira de Direito Aeroespacial**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://sbda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/1640.htm>. Acesso em: 12 jun. 2024.

Capítulo 8

DETRITOS ESPACIAIS: IMPACTOS E RELEVÂNCIA PARA O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

Fernanda Diógenes Gomes Vieira

Introdução

Ao longo dos anos, o homem vem compreendendo a importância do meio ambiente para o seu próprio bem-estar e isso tem refletido na maneira com que tem explorado e transformado os recursos naturais disponíveis no mundo. A corrida tecnológica aeroespacial iniciada na década de 1950, impulsionada pelos programas espaciais dos Estados Unidos da América e da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, possibilitou que a nossa sociedade ultrapassasse a fronteira atmosférica e começasse a explorar o meio ambiente espacial, o que parecia transformar a ficção científica em realidade.

Apesar do grande ganho no campo científico-tecnológico para a humanidade, a exploração e o uso desse recurso natural resultaram no surgimento de um sério problema representado pelos detritos espaciais, os quais vem gerando consequências ambientais preocupantes, que podem inviabilizar a utilização do ambiente espacial e colocar em risco a sociedade. Esses detritos são também denominados de lixos, resíduos, dejetos espaciais ou, em inglês, *space debris*, *orbital debris* ou *space junk*.

A legislação espacial, cujo documento principal regulatório é o Tratado do Espaço Exterior, instituído em 1967, é contemporânea em relação às atividades espaciais, sendo utilizada até hoje. Segundo Masson-Zwaan e Hofmann (2019), a preocupação dos legisladores dos tratados internacionais sobre matéria espacial era relativa a um contexto bélico e não havia como prever, na década de 1960, as proporções que os detritos espaciais representariam para o meio ambiente espacial.

Assim, buscou-se desenvolver esse estudo como forma de responder ao seguinte problema de pesquisa: o Brasil deve adotar medidas mitigatórias de detritos espaciais em prol do desenvolvimento sustentável do espaço ainda que tenha poucos objetos lançados?

A presente pesquisa tem como objetivo geral analisar os impactos decorrentes dos detritos espaciais. Já os objetivos específicos são: i) identificar o conceito de detritos espaciais e suas características; ii) indicar os riscos ambientais, sociais, econômicos e políticos resultantes dos detritos e suas consequências; iii) verificar a posição brasileira em relação ao problema e a sua relevância para o programa espacial brasileiro.

Desse modo, a escolha do tema se justifica pela importância do assunto do ponto de vista social e acadêmico. Quanto ao aspecto social da pesquisa, essa abordagem traz notoriedade para a importância da preservação e proteção do meio ambiente espacial pelos Estados, incluindo o Brasil, bem como o dever da segurança nacional. No que diz respeito ao âmbito acadêmico, pode-se proporcionar novas pesquisas acadêmicas e disseminar informações a título de conhecimento às pessoas, o que consequentemente contribui para implementação de medidas em nome da proteção ambiental.

1 CONCEITUAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS DETRITOS ESPACIAIS

Os detritos espaciais se dividem em duas categorias: artificiais e naturais. São compostos pelos detritos orbitais artificiais e pelos meteoroides naturais. Os meteoroides são encontrados, principalmente, percorrendo a órbita em torno do Sol e são caracterizados por serem pequenos fragmentos de matérias rochosas, metálicas ou a combinação das duas oriundas de cometas e asteroides, podendo se transformar em meteoros e meteoritos. No entanto, o estudo em questão se dá baseado nos detritos espaciais artificiais.

Os detritos espaciais artificiais são objetos feitos pelo homem, embora permaneçam localizados nas órbitas terrestres, principalmente na órbita baixa da Terra (Low Earth Orbit - LEO) e na órbita geoestacionária (Geostationary Orbit - GEO), não executam mais nenhuma função útil (Moreno, 2008). Nesse sentido, salienta-se que o Tratado do Espaço Exterior de 1967 não traz uma definição sobre os detritos espaciais em seu texto, cabendo ao subcomitê técnico-científico do Comitê para uso pacífico do espaço exterior (Committee for the Peaceful Uses of Outer Space - COPUOS) apresentar em primeira mão uma conceituação sobre a temática no Relatório Técnico sobre Detritos Espaciais:

Detritos espaciais são todos os objetos feitos pelo homem, incluindo seus fragmentos e partes, quer seus proprietários possam ser identificados ou não, na órbita da Terra ou reentrando nas camadas densas da atmosfera, que não são funcionais, sem expectativa razoável de que possam assumir ou reassumir as funções a que se destinam ou outras funções para as quais estejam ou possam vir a ser autorizados (Scientific and technical subcommittee of the uncopuos 1999, p. 2, tradução nossa).

Com base no documento supracitado, outras propostas de conceitos de lixo espacial foram feitas por algumas instituições, como o Comitê de Coordenação de Detritos Espaciais Interagências (Interagency Space Debris Coordination Committee - IADC), para tentar abranger ao máximo todas as características inerentes desses objetos espaciais. Assim, a definição mais utilizada atualmente acerca de detritos espaciais é a do IADC: “todos os objetos feitos pelo homem, incluindo fragmentos e elementos dos mesmos, na órbita da Terra ou reentrando na atmosfera, que não são funcionais” (Costa, 2021, p. 61, tradução nossa).

Segundo a Agência Espacial Europeia (European Space Agency - ESA), estima-se que há mais de 630 eventos de fragmentações ocorridos em toda a História e 246 fragmentações nos últimos 20 anos. Em razão disso, existem diversos tamanhos de detritos espaciais vagando pelo meio ambiente espacial (ESA SDO, 2022). Assim, os números apresentados pelas redes de vigilâncias da NASA (Garcia, 2021) e da ESA (ESA, 2024) sobre os detritos espaciais encontrados hoje ao redor da Terra indicam que há entorno de 27.000 a 35.150 resíduos orbitais, bem como a quantidade de lixo espacial maior que 10cm é entre 23.000 e 36.500, de 1cm a 10cm é entre 500.000 e 1.000.000, e de 1mm a 1cm é entre 1 milhão e 130 milhões.

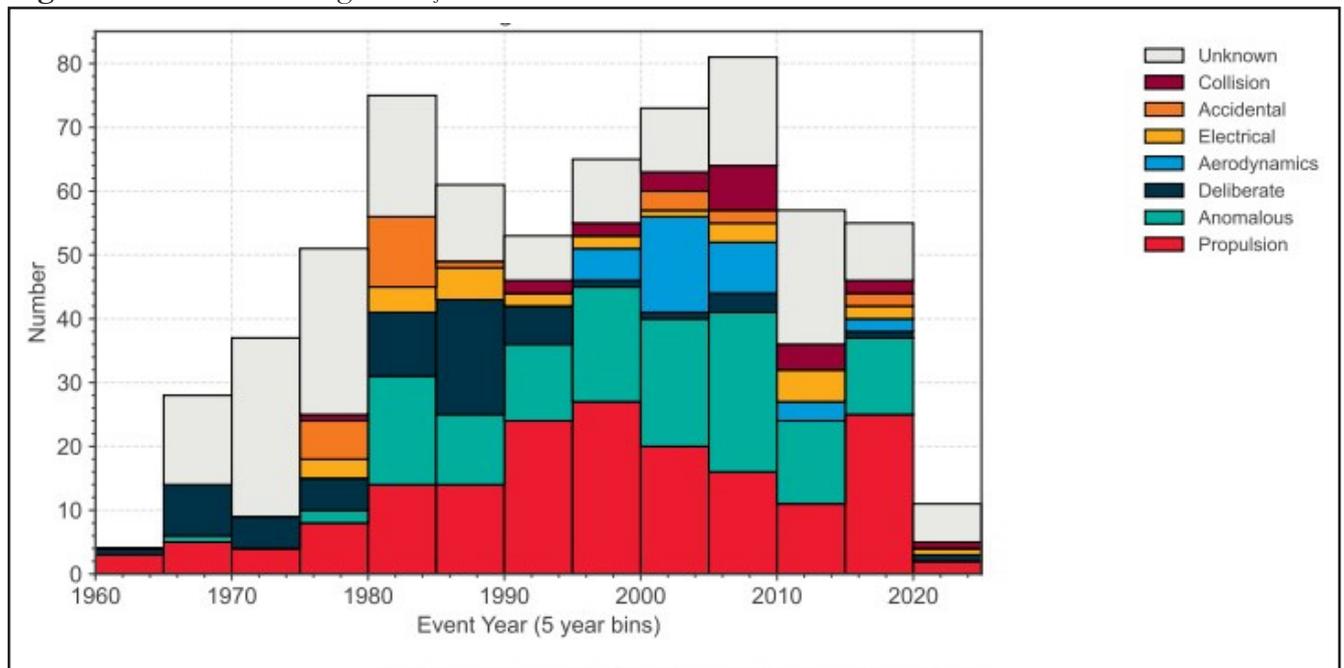
Os detritos espaciais podem ser variados em formas e tamanhos. Três categorias foram definidas para um melhor monitoramento e agrupamento do lixo espacial no que diz respeito a sua ameaça em potencial: pequenos, são os objetos menores que 1cm; médios, são os objetos entre 1cm a 10cm; e grandes, são os objetos maiores que 10 cm, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Medida, Quantidade e Riscos do lixo espacial.

Size of Debris		Amount in LEO	Potential Risk
10 cm and larger		At least 26,000	Catastrophic
1 cm and larger		Over 500,000	Mission-ending threat due to penetration of thermal protective systems, critical infrastructure (e.g., fuel tanks), and spacecraft cabins
1 mm and larger		Over 100 million	Significant impact or loss of mission due to penetration of fuel tank and other critical infrastructure; erosion of surfaces; potential to crack windows and in the case of human space flight, penetrate spacesuits

Fonte: NASA OIG (2021, p. 3).

Os eventos de fragmentações são considerados a maior fonte de geração de detritos espaciais e são categorizados conforme a causa de separação do debris, os quais são: acidental; aerodinâmica; anômalo; colisão; deliberado; elétrica; propulsão e desconhecido (ESA SDO, 2022). Nessa acepção, a Figura 2 traz os dados da quantidade de eventos de fragmentações dos objetos espaciais durante o período de 5 anos, compreendido entre os anos de 1960 e 2020 conforme o tipo de causa do evento:

Figura 2 – Eventos de fragmentação dos *debris*.

Fonte: ESA SDO (2022, p. 19).

Além da incidência dos eventos de fragmentações, há o efeito conhecido por Síndrome de Kessler, teoria criada pelo astrofísico americano Donald J. Kessler, em 1978. Trata-se de eventos de fragmentações dos objetos espaciais em virtude das colisões entre eles que são retroalimentadas pela gravidade, especialmente na LEO, resultando no chamado “efeito dominó”.

Como forma de ilustração desse efeito, tem-se as cenas do filme Gravidade de 2013, estreladas pela atriz Sandra Bullock, que mostram uma quantidade demasiada de lixo espacial produzido devido às sucessivas colisões após o choque do telescópio Hubble com a nuvem de detritos espaciais. Ao levar em consideração a situação atual das órbitas terrestres e a referida síndrome, a Agência Espacial Europeia prevê um aumento exponencial no número de colisões catastróficas de aproximadamente 1000 até o ano de 2225 (ESA SDO, 2022, p. 116). Já dados fornecidos pela ferramenta LEGEND da NASA apontam que o número de lixo espacial maior ou igual a 5mm pode chegar a mais de 2.500.000 durante o período compreendido entre 1950 e 2110 (Pulliam, 2011).

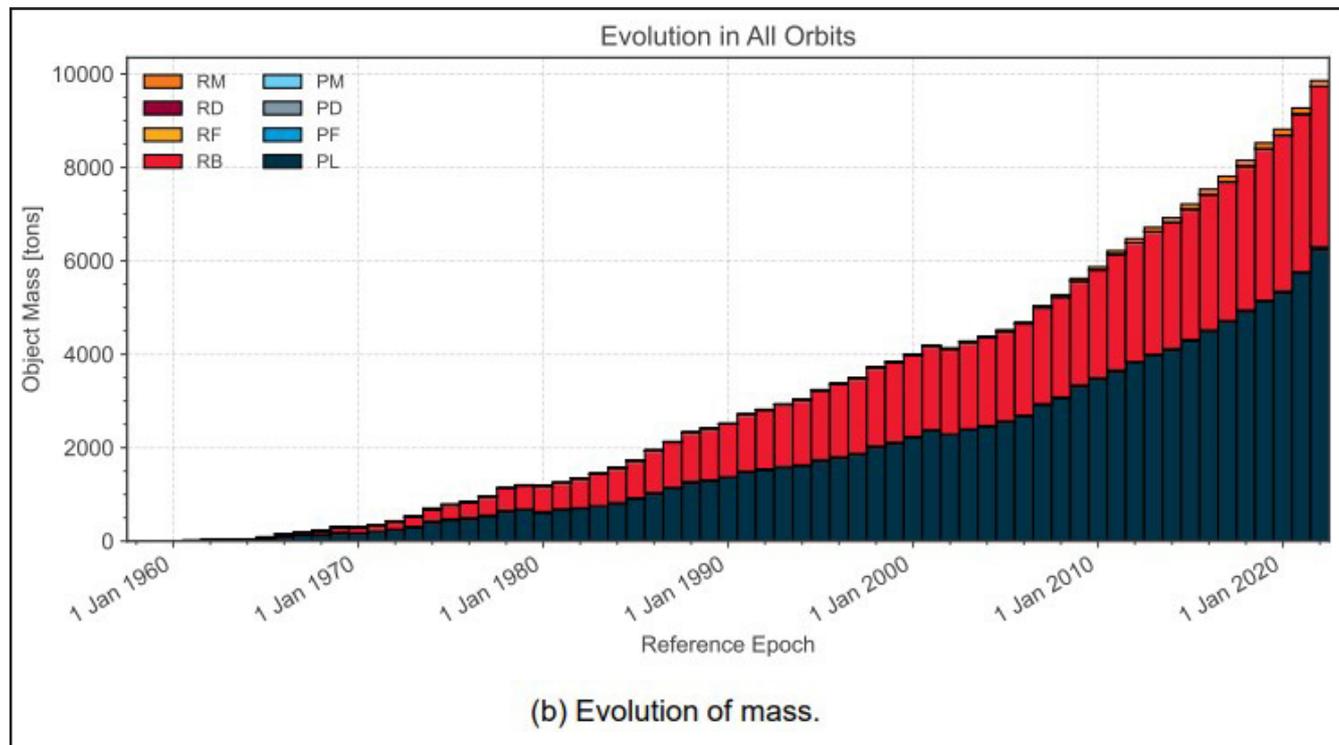
2 IMPACTOS CAUSADOS PELOS DETRITOS ESPACIAIS

Faz-se necessário compreender que o ambiente espacial é uma ampliação do meio ambiente terrestre, além de ser um instrumento funcional de serviços tecnológicos para toda a humanidade, por essa razão todos devem contribuir para a preservação e proteção dele. Em conformidade com Borges (2003, p. 479-480), “qualquer atividade humana está sujeita a produzir impactos no meio ambiente,

sejam benéficos ou prejudiciais”. À vista disso, a presente pesquisa examinará os impactos gerados pelos detritos espaciais sob a ótica socioambiental, além da política e da econômica.

No que diz respeito ao impacto ambiental oriundo dos *debris*, tem-se que a permanência desses objetos espaciais artificiais desativados ao redor das órbitas terrestres finitas já caracteriza uma modificação nociva do meio ambiente espacial, sendo causa de impacto ambiental no local em que se concentram. A massa total de todos os objetos espaciais presentes nas órbitas terrestres ultrapassa 11.500 toneladas (ESA, 2024) e eles podem ser classificados da seguinte forma: detritos de fragmentação de carga útil, objetos relacionados à missão de carga útil, detritos de carga útil, corpo do foguete, detritos de fragmentação de foguetes, detritos de foguetes, objetos relacionados à missão de foguetes e objetos não identificados (ESA SDO, 2022). Nesse sentido, a Figura 3 mostra a evolução da massa dos objetos espaciais durante os anos de 1960 a 2020, sendo constatado uma grande quantidade de massa de corpo do foguete (RB):

Figura 3 – Quantidade de massa dos objetos espaciais nas órbitas.



Fonte: ESA SDO (2022, p. 19).

Há ainda a questão da degradação de componentes estruturais dos detritos espaciais, como os sólidos (metais), os líquidos tóxicos e gases provenientes da queima de combustíveis, ocorrida por influência do clima espacial, falhas operacionais, fragmentações ou qualquer outra razão, pode resultar na poluição do ecossistema exterior.

Há a possibilidade do risco de detritos maiores que 10cm, ao serem desorbitados de maneira controlada, adentrarem na atmosfera terrestre de forma fragmentada e

caírem espalhados nas águas do Oceano Pacífico. Principalmente, na região chamada de “Área Desabitada do Pacífico Sul”, “Polo Oceânico da Inacessibilidade” ou “Ponto Nemo”, também conhecida como o cemitério espacial, onde se encontram uma grande quantidade de lixo espacial submerso que contamina e degrada o ambiente marinho local. Conforme Lucia e Iavicoli (2018), desde 1971, há mais de 263 detritos espaciais concentrados no Ponto Nemo. Dentre eles, 190 resíduos são russos, incluindo a Estação Espacial Mir, em 2001, e 3 (três) estações espaciais militares Salyut, assim como 52 pedaços são americanos, como a estação espacial Skylab, 8 destroços são europeus, 6 detritos são japoneses e os demais são de iniciativas privadas.

Outra situação arriscada envolvendo o *debris*, é quando ao caírem em Terra de maneira descontrolada, podem fazer vítimas ou danificar patrimônios públicos ou privados, como o acidente com um pedaço do foguete americano Saturno-5, usado na missão Apollo 11, que caiu em 1969 e acabou atingindo um barco alemão no mar (Nascimento, 2019). Outro caso de acidente sério foi relativo à queda de um satélite soviético no Cazaquistão em 1969, que ocasionou a morte de 350 (trezentos e cinquenta) habitantes locais (White, 2003).

Quanto aos impactos sociais, tem-se que com a exploração comercial voltada ao turismo espacial pode haver ocorrências de colisões das naves espaciais com os detritos e resultar em acidentes graves com a tripulação a bordo durante a viagem turística. Além de que pode afetar ainda a segurança de voo dos astronautas, trazendo riscos operacionais nas missões (Palmroth, 2021). A Estação Espacial Internacional (ISS), que é um importante instrumento de cooperação internacional, servindo como base para acolher astronautas, cosmonautas e taikonautas, já sofreu inúmeras ameaças de colisões, a exemplo dos detritos do Cosmos 1408 em 2021 (Wattles; Hunt, 2022).

No tocante às questões políticas, envolve-se o âmbito da cooperação internacional, trazendo divergências entre a legislação vigente e o exercício das atividades espaciais. O Tratado do Espaço Exterior de 1967 (Outer Space Treaty - OST), referendado pelo Brasil em 1969, postula em seu o artigo 9º, que versa acerca do princípio da cooperação, a demanda pela prevenção de efeitos de contaminação do espaço exterior em função da exploração e dos interesses dos países membros (Brasil, 1969).

Com base no que foi demonstrado acima, a exploração espacial é de interesse comum dos países, mas trouxe riscos ambientais ao espaço por meio do acúmulo de detritos espaciais nas órbitas terrestres, fato este que põe em contradição às normas atuais. Além disso, o artigo 3º do mesmo tratado dispõe que as atividades espaciais devem ser efetuadas baseadas no Direito Internacional Público (DIP) (Brasil, 1969). O Direito Internacional Público (DIP) assegura à soberania, à integridade territorial, à segurança e à defesa nacional de um país, mas foi visto que os riscos de colisões e de entradas na superfície terrestre pelo lixo espacial pode impactá-los diretamente.

Destaca-se ainda que, segundo o artigo 1º do Tratado do Espaço Exterior, o meio ambiente espacial é um bem comum, não sendo objeto de apropriação nacional por qualquer Estado e todos devem assegurar o direito a um ambiente saudável para as gerações presentes e futuras (Brasil, 1969). Além da possível violação ao texto do Tratado do Espaço Exterior de 1967, tem-se o descumprimento dos objetivos sustentáveis elencados na Agenda 2030, reiterados na Agenda *Space2030*, ambas provenientes dos princípios da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Brasil, 2015).

Em relação aos impactos econômicos, tem-se que o espaço é um meio funcional para a prestação de vários serviços por meio de satélites, como sensoriamento remoto e conectividade de banda larga, e as tecnologias usadas deles são adaptadas para inúmeras finalidades aqui na Terra, que são os chamados *spin off*. Para que esse fornecimento de serviços e produtos não sejam prejudicados, é preciso evitar a ocorrência de colisões entre os detritos espaciais e os satélites em funcionamento, que são vitais para diversos serviços necessários ao bom funcionamento da sociedade. Portanto, a viabilidade dos lançamentos de satélites nas órbitas terrestres e até mesmo a sua permanência segura devem ser garantidas por todos os países lançadores, pois caso não seja feito, pode ocasionar prejuízos econômicos de grande monta, culminando na paralisação das atividades cotidianas em Terra. Segundo o relatório da *Satellite Industry Association* (SIA) de 2023, a receita gerada pela indústria de satélites foi em torno de 384 bilhões de dólares em 2022, dentre esse valor, 113.3 bilhões são de serviços satelitais, 145 bilhões de dólares são de equipamentos de solo, 15.8 bilhões de dólares são de fabricação de satélites e 7 bilhões de dólares são de lançamento.

Dessa maneira, a exploração espacial intensa sem as devidas medidas preventivas de geração de lixo espacial, oriunda da atividade irresponsável de alguns atores, poderá impor custos altos a toda humanidade, gerando efeitos negativos, como os impactos ambientais, sociais, políticos e econômicos demonstrados, ao invés de satisfazer as demandas mundiais de produtos e serviços dos sistemas espaciais. As iniciativas para o estabelecimento de um arcabouço regulatório para as atividades espaciais começaram no início dos anos 2000 na mesma época em que foram iniciadas as primeiras políticas públicas com vistas ao desenvolvimento das atividades de lançamento comerciais no Brasil.

3 PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO - POSICIONAMENTO E RELEVÂNCIA

A participação brasileira no setor aeroespacial não é um fato recente, haja vista que o Brasil foi um dos pioneiros na criação de seu programa espacial nacional na década de 1960 durante a corrida tecnológica espacial. Tornou-se signatário do Tratado do Espaço Exterior de 1967, incorporando-o por meio do Decreto nº 64.362, de 17 de abril de 1969, e permanece até os dias atuais (Brasil, 1969).

O Brasil é qualificado como um Estado-lançador por possuir objetos lançados no espaço fruto de relevantes cooperações internacionais, conforme previsto no artigo 1º, alínea “c”, da Convenção sobre Responsabilidade Internacional por danos causados por objetos espaciais (Brasil, 1973). Assim, são exemplos de satélites postos em órbita: SPORT, Carcará II e I, Amazônia 1, SGDC, SCD-1, ITASAT, AlfaCruX, SCD-2, NanoSatC-Br2 e FloripaSat-1. Além de acordos bilaterais e multilaterais com Argentina, Canadá, Chile, Colômbia, EUA, Peru, Venezuela, Índia, Japão, Alemanha, Bélgica, França, Itália, Polônia, Portugal, Rússia, Suécia, Ucrânia e ESA.

A Constituição Federal de 1988 traz em seu art. 22, inciso I, a expressa determinação de que compete à União legislar de forma privativa sobre o Direito Espacial. Assim, o legislador mostra que o ente central da federação brasileira tem competência exclusiva para normatizar tal matéria em âmbito nacional (Brasil, 1988). Apesar disso, não foi encontrada nenhuma lei nacional que regulamente as diretrizes referentes ao manejo dos detritos espaciais decorrentes das operações de lançamento a partir do solo brasileiro. Todavia, foi identificada uma iniciativa normativa no âmbito do Poder Legislativo. Trata-se do Projeto de Lei nº 1006/22 concebido pelo deputado federal Pedro Lucas Fernandes (União-MA) que pretende instituir a Lei Geral das Atividades Espaciais por meio de regramentos gerais acerca do arcabouço institucional, da autorização de lançamentos espaciais e do licenciamento de empresas (Brasil, 2022).

No que tange à matéria de sustentabilidade das atividades espaciais em solo brasileiro, esse projeto de lei traz, em seu art. 3º, inciso IV, a obediência ao princípio do respeito ao meio ambiente (Brasil, 2022). Atualmente, esse projeto está em análise na Câmara dos Deputados, aguardando a continuidade dos procedimentos legislativos.

Em relação à relevância ao programa espacial brasileiro, é preciso relacionar os bens protegidos pela legislação brasileira com os impactos gerados pelos detritos levantados na pesquisa, a fim de buscar meios de mitigar o problema iminente. De acordo com a Constituição Federal de 1988, cabe ao Estado a proteção e preservação do meio ambiente espacial, conforme os artigos 23, inciso VI e 225; a garantia à vida, à segurança e à propriedade, segundo o artigo 5º; a salvaguarda à exploração e ao uso do espaço exterior, consoante o artigo 21, inciso XI, alínea “c”; a proteção à soberania nacional, à integridade territorial e à segurança e defesa do país, conforme artigos 1º, inciso I, 4º, inciso VI, 22, inciso I e X, 178 (Brasil, 1988).

O Brasil possui um vasto território, sendo considerado o país de maior extensão geográfica na América Latina, suscetível grandemente aos riscos iminentes gerados pelos detritos espaciais, a exemplo de um destroço do foguete Falcon 9 da SpaceX que caiu em São Mateus do Sul - Paraná em 2022 e, por sorte, não houve nenhum dano significativo seja físico ou material (Lixo espacial, 2022). Outro exemplo é a colisão entre o satélite militar russo defunto e o satélite americano Iridium que resultou em uma nuvem de *debris* que quase atingiu o satélite sino-brasileiro CBERS-2B responsável pelo monitoramento do desmatamento na Amazônia (ASSOCIATED PRESS, 2009).

Diante de tal cenário, a temática dos detritos espaciais carece de um tratamento adequado no Programa Espacial Brasileiro, em virtude dos aspectos apresentados que não podem ser ignorados e negligenciados em prol do desenvolvimento sustentável do meio ambiente espacial.

Considerações finais

As órbitas terrestres são espaços limitados e finitos, por essa razão são motivos de disputas geopolíticas entre os Estados, dada sua importância para a soberania, segurança e defesa nacional de um país. Como se pode perceber nos dias atuais, as órbitas terrestres estão sendo exauridas devido à superexploração espacial que vem ocorrendo desde 1950, ao ponto de gerar poluição e seus impactos serão de curto e a longo prazo para toda humanidade, apesar de haver tratados internacionais, estes não são fortes e completos suficientes para impedir essa problemática.

A complexidade que é a questão dos detritos espaciais deve ser enfrentada como interesse mundial, cabendo a todos, Estados, organizações internacionais, empresas públicas e privadas, se unirem mediante cooperação internacional em busca de medidas mitigatórias eficazes para sanar o atual problema. Apesar do Brasil ser um país lançador de objetos espaciais, este não possui uma quantidade expressiva se comparado a outros Estados, como Estados Unidos e Rússia, os quais são pioneiros na exploração do espaço. Contudo, foi visto que os impactos decorrentes dos *debris* podem afetar a todos, independentemente de ser o país que maior produz ou o que não tem nenhum objeto lançado.

Dessa forma, a matéria sobre os detritos espaciais é de extrema relevância para o Programa Espacial Brasileiro, pois o Estado detém a responsabilidade de assegurar a proteção do cidadão brasileiro, o desenvolvimento sustentável espacial e a segurança nacional conforme previsão constitucional, visando elaborar medidas públicas que possam mitigar os *debris* provenientes da exploração espacial desenfreada, a fim de impedir que as consequências danosas ocorram.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATED PRESS. Restos de colisão espacial serão ameaça por 10 mil anos. **Folha de São Paulo**, Ciência, São Paulo, 14 fev. 2009. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1402200902.htm>. Acesso em: 27 maio 2024.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 18 abr. 2022.

BRASIL. Decreto n. 64.362, de 17 de abril de 1969. Promulga o Tratado sobre Exploração e Uso do Espaço Cósmico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 abril 1969. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D64362.html. Acesso em: 04 de jul. de 2020.

BRASIL. Ministério da Cidadania. **Resolução A/RES/70/1, de 25 de setembro de 2015**. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Brasília, DF: Ministério da Cidadania, 2022. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 21 jun. 2022.

BRASIL. Decreto n. 71.981, de 22 de março de 1973. Promulga a convenção sobre Responsabilidade Internacional por Danos Causados por Objetos Espaciais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 março 1973. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D71981.html. Acesso em: 04 de jul. de 2020.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1006, de 25 de abril de 2022**. Institui a Lei Geral das Atividades Espaciais e altera a Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2022. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2160326. Acesso em: 12 mar. 2023.

BORGES, Leonardo Estrela. Os impactos do terrorismo no meio ambiente. In: BRANT, Leonardo Nemer Caldeira (Coord.). **Terrorismo e direito: os impactos do terrorismo na comunidade internacional e no Brasil: perspectivas político-jurídicas**. Rio de Janeiro: Forense: 2003. p. 379-509.

COSTA, Francisco Campos da. **Detritos Espaciais em órbita terrestre baixa: mecanismos regulatórios e sustentabilidade das atividades satelitais**. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade Católica de Santos, Santos, 2021. Disponível em: <https://tede.unisantos.br/bitstream/tede/6665/1/Francisco%20Campos%20da%20Costa.pdf>. Acesso em: 04 maio 2022.

GARCIA, Mark. **Space debris and human spacecraft**. NASA, Estação Espacial, 26 maio 2021. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html. Acesso em: 27 jul. 2021.

LIXO ESPACIAL encontrado no PR pode ser parte de foguete de Elon Musk, dizem especialistas. [S. l.] **G1 PR e RPC Ponta Grossa**, Paraná, 18 mar. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/campos-gerais-sul/noticia/2022/03/18/parte-de-foguete-de-elon-musk-tem-enorme-probabilidade-de-ter-sido-encontrado-no-parana-dizem-especialistas.ghtml>. Acesso em: 18 maio 2022.

LUCIA, Vito de; IAVICOLI, Viviana. From outer space to ocean depths: the ‘spacecraft cemetery’ and the protection of the marine environment in areas beyond national jurisdiction. **California Western International Law Journal**, San Diego, v. 49, n. 2, pp. 346-386, 2018.

MASSON-ZWAAN, Tanja; HOFMANN, Mahulena. **Introduction to Space Law**. Netherlands: Kluwer Law International. 4.ed. 2019.

MORENO, Miguel Fernando. **O Direito Espacial Como Norte da Exploração Espacial**. Trabalho de Conclusão de Curso. UEL – Universidade Estadual de Londrina, 2008, p. 146.

NASA OFFICE OF INSPECTOR GENERAL. **NASA's Efforts to Mitigate the risks posed by Orbital Debris**. NASA OIG, Documents, 27 jan. 2021. Disponível em: <https://oig.nasa.gov/docs/IG-21-011.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2022.

NASCIMENTO, Juliana Cristina Silva do. **Resíduos Espaciais: Impactos às missões no espaço e poluição do meio ambiente**. Monografia (Curso de Engenharia Ambiental & Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

PALMROTH, M. *et. al.* Toward Sustainable Use of Space: Economic, Technological, and Legal Perspectives. **Space Policy**, v. 57, pp. 2-12, agosto/2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964621000205?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=71fdff2ac81f51e0. Acesso em: 23 jun. 2022.

PULLIAM, Wade. **Catcher's Mitt Final Report**. Virgínia: DARPA, 2011.

SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION. **State of the Satellite Industry Report**. Sia.org, News & Resources, jun. 2023. Disponível em: <https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>. Acesso em: 24 maio 2024.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUBCOMMITTEE OF THE UNCOPUOS. **Technical Report on Space Debris**. 1st edition. New York: United Nations Publication, 1999. Disponível em: https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/un_report_on_space_debris99.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

THE EUROPEAN SPACE AGENCY. **Space debris by the numbers**. ESA, Space safety, 2024. Disponível em: https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers. Acesso em: 26 maio 2024.

THE EUROPEAN SPACE AGENCY SPACE DEBRIS OFFICE. **ESA's Annual Space Environment Report**. 22 apr. 2022. Disponível em: https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf. Acesso em: 30 maio 2022.

WATTLES, Jackie; HUNT, Katie. **Estação Espacial Internacional faz manobra para desviar de satélite russo destruído**. CNN, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/estacao-espacial-internacional-faz-manobra-para-desviar-de-satelite-russo-destruido/#:~:text=A%20queima%20elevou%20a%20altitude,peda%C3%A7os%20de%20detritos%20espaciais%20rastre%C3%A1veis>. Acesso em: 21 maio 2024.

WHITE, Michael. **Rivalidades Produtivas: disputas e brigas que impulsionaram a ciência e a tecnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2003.

Capítulo 9

A LOGÍSTICA NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL

Francisco José Paulos Cabral
Marcio Akira Harada

Introdução

O objetivo do presente ensaio é o de apresentar o papel da logística na realização das atividades espaciais, com destaque a uma de suas principais atividades: o transporte de pessoas e materiais entre a Terra e o espaço exterior

A exploração do espaço exterior é atualmente um dos grandes desafios da humanidade. Segundo Shull *et al.* (2006), uma das maiores dificuldades no planejamento de missões para exploração espacial humana interplanetária é a gestão logística.

Desde a Segunda Guerra Mundial, um grande número de princípios e técnicas científicas foram desenvolvidos para melhorar a eficácia e eficiência das cadeias logísticas de suprimentos nos setores privado e militar. Entretanto, os benefícios desta área do conhecimento são ainda pouco estudados no contexto da exploração espacial.

Atualmente, as atividades de logística no espaço apoiam principalmente o transporte e a manutenção de equipamentos de telecomunicações e de pesquisa (satélites, sondas, telescópios) e serviços voltados para a *International Space Station* (ISS). No entanto, no futuro, com base na observação dos planos das principais agências espaciais, bem como de empresas privadas interessadas no espaço, o uso da logística se expandirá para apoiar missões voltadas para atividades de mineração, turismo espacial e gestão de resíduos (Baraniecka, 2019).

A exploração espacial do futuro exigirá um gerenciamento adequado da cadeia de suprimentos no espaço, pois, ao contrário da missão Apollo, onde todo o material de apoio era levado na própria missão, as próximas missões terão que contar com uma complexa cadeia de suprimentos no solo e no espaço, pois a falta de um item crítico pode implicar no fracasso da missão (Grogan, 2010).

O programa Artemis da NASA, que levará astronautas novamente à Lua, tem como um dos objetivos principais adquirir os conhecimentos necessários para montar uma missão tripulada à Marte. Segundo a Agência Espacial Americana, a Logística Espacial é parte fundamental para o sucesso do programa (NASA, s.d). O *Gateway* é uma parte crítica dos planos de exploração do espaço profundo, juntamente com o foguete *Space Launch System* (SLS) e a espaçonave Orion.

No campo militar, a importância da Logística Espacial para o sucesso das operações militares no espaço foi destacada pela Doutrina da Força Espacial dos Estados Unidos (*US Space Force*) publicada em 2020, que aponta a “Mobilidade Espacial e Logística” como uma

das cinco competências essenciais que a *US Space Force* precisa desempenhar com sucesso para cumprir sua missão (USSPACEFORCE, 2020).

A partir da publicação da Doutrina da *US Space Force* houve um crescente interesse de empresas privadas no desenvolvimento de tecnologias voltadas ao reabastecimento, manutenção, montagem e fabricação de componentes no espaço, além do desenvolvimento de outras operações logísticas espaciais, especialmente no gerenciamento das mega constelações de satélites na órbita da Terra (Ho, 2023).

Dadas essas considerações, percebe-se a importância da Logística Espacial para o desenvolvimento das modernas atividades espaciais, sejam elas civis ou militares. A seguir, serão apresentadas considerações sobre a Logística e suas principais áreas de atuação nesta nova fase da exploração espacial.

1 A LOGÍSTICA E AS ATIVIDADES ESPACIAIS

1.1 Teoria da logística

Segundo o *Merriam-Webster Dictionary* (Logística, 2024), logística é o “aspecto da ciência militar que lida com a obtenção, a manutenção e o transporte de material militar, de instalações e de pessoal”. Contudo, este seria um conceito voltado exclusivamente às atividades militares.

Um conceito mais abrangente de Logística, segundo Ballou, é aquele apresentado pelo *Council of Logistic Management* (CLM), que define Logística como sendo o “processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadoria, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes” (Ballou, 2006, p. 27).

Dentro do escopo proposto no presente ensaio temos a logística de transporte, que pode ser definida como a parte da logística dedicada ao planejamento e à execução do deslocamento seguro de bens, do ponto de origem ao de destino, no prazo estabelecido e a baixo custo. É classificada como o principal componente logístico de uma organização, envolvendo os modais de transporte, equipamentos de apoio, recursos humanos, rede logística e a gestão desta rede (Cardoso, 2022).

Quanto aos modais de transporte logístico, classicamente a doutrina descreve seis modos: o rodoviário, o ferroviário, o aéreo, o aquaviário, o dutoviário e o digital, sendo que cada modal apresenta características diferentes, apresentando maior ou menor adequabilidade em função do tipo de produto a ser transportado, distâncias, prazos, custos e segundo o ambiente em que é empregado. (Farahani; Rezapour; Kardar, 2021).

Atualmente, a maioria dos bens é entregue pelo modal rodoviário, o que não implica na utilização de um único modo, pois a intermodalidade, que é a utilização de mais de um modal para transportar uma mercadoria, do seu ponto de origem até a entrega no destino, tem sido uma constante.

Porém, uma nova modalidade de transporte se apresenta cada vez mais viável para a humanidade: o transporte de pessoas e cargas utilizando-se do espaço. O Transporte Espacial pode ser entendido como a atividade de transportar pessoas ou cargas “para”, “através”, e “de volta” do espaço exterior.

Segundo Gerhard e Reutzel (2017), o transporte espacial pode ser realizado em contextos diversos e para variados propósitos, seja para a exploração espacial, seja para o transporte ao longo do globo terrestre. Uma primeira possibilidade, já em prática atualmente, é o transporte de pessoas ou cargas da Terra para o espaço exterior, para a realização de atividades específicas e posteriormente retornar à Terra. O exemplo mais claro dessa modalidade é o transporte para a Estação Espacial Internacional (ISS) ou a instalação de satélites na órbita terrestre.

Uma segunda possibilidade apontada por esses autores, é o transporte de pessoas ou cargas através do espaço com retorno à Terra, sem que haja a saída dos ocupantes ou da carga do veículo de transporte. Exemplos desta modalidade seriam os voos turísticos e o transporte intercontinental de passageiros e cargas. Exemplos recentes dessa possibilidade incluem as missões de turismo espacial realizadas pelas empresas Virgin Galactic e Blue Origin, bem como a encomenda realizada pela Força Espacial dos EUA à empresa SpaceX para desenvolver um sistema de transporte ponto a ponto de até 100 toneladas, utilizando o foguete Starship.

Uma terceira possibilidade de transporte espacial são as missões que visam alcançar regiões além da órbita terrestre, como a Lua ou outros corpos celestes. Um exemplo significativo disto são as missões do Programa Artemis que prevê a presença humana permanente na Lua, e as futuras missões de exploração do planeta Marte.

Todas estas possibilidades de utilização do espaço demandam uma logística espacial própria que será melhor abordada a seguir.

1.2 Logística espacial

Com relação às atividades de logística realizadas nas missões espaciais, o *American Institute of Aeronautics and Astronautics* (AIAA), define Logística Espacial como a “teoria e prática de conduzir o projeto do sistema espacial para a operacionalidade e de gerenciar o fluxo de material, serviços e informações necessárias em todo o ciclo de vida do sistema espacial” (AIAA, 2024).

Nessa perspectiva, percebe-se que a Logística Espacial se refere às atividades dedicadas a projetos e sistemas espaciais, realizadas tanto no espaço quanto na Terra, e seu objetivo final é maximizar o potencial das ações, aumentando a eficiência e eficácia dos processos e a capacidade da infraestrutura.

Em seu sentido mais abrangente, a Logística Espacial inclui a execução de diversas atividades, dentre as quais podem ser citadas:

- 1) Transporte de pessoas e cargas da Terra para o espaço;
- 2) Fornecimento de propelente e combustível, por exemplo, reabastecimento para unidades de propulsão de estação espacial;
- 3) Ajuste das órbitas de satélites ou estações espaciais;
- 4) Remoção de resíduos e detritos espaciais, e
- 5) Logística terrestre, como armazenamento, transporte, distribuição e manutenção de materiais destinados às atividades espaciais.

Atualmente, o laboratório de Engenharia Estratégica do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) é o principal colaborador no estudo da Logística Espacial. Seus estudos se concentram no gerenciamento da cadeia de suprimentos e na arquitetura logística.

De acordo com o MIT, a Logística de Sistemas Espaciais é uma área ativa de pesquisa e prática destinada a permitir uma exploração e operações espaciais mais eficazes. Em vez de realizar “uma missão de cada vez”, como foi feito no passado, estuda-se como as campanhas de missões espaciais humanas e robóticas podem ser conduzidas de maneira mais sustentável¹. Isso inclui entender o impacto que novas tecnologias e conceitos podem desempenhar em futuras operações de exploração espacial (MIT, 2022).

De uma forma geral, o principal objetivo da Logística Espacial é desenvolver uma arquitetura de missão espacial viável, confiável, acessível e sustentável, para satisfazer a demanda de exploração espacial. Por exemplo, segundo a NASA, um dos principais problemas da Logística Espacial é determinar a demanda de tripulação, consumíveis, equipamentos, e como e quando todos esses suprimentos poderiam ser transportados para o destino da missão (NASA, 2005).

As recentes evoluções técnicas na exploração espacial têm transformado o modo tradicional de realização das atividades espaciais, que eram conduzidas exclusivamente pelo Estados, e têm permitido uma crescente participação de entes privados na exploração e comercialização de produtos espaciais, com sistemas e custos menores, oferecendo uma maior produtividade a seus clientes.

O incremento destas atividades, que caracterizam o movimento chamado de “*New Space*”, torna o setor de transporte espacial ainda mais atrativo para empresas tradicionais de logística, como a DHL Internacional que, em sua página na internet, dispõe que a logística espacial é um nicho emergente e com enorme potencial, chegando a afirmar que “o espaço se tornou um grande negócio” (DHL, 2021).

Para a DHL (2023), a tarefa da Logística Espacial é colocar os sistemas espaciais em órbita, mantê-los funcionais e apoiar a sua operação, sendo responsável por sua manutenção ao longo de todo o ciclo de vida destes sistemas espaciais.

¹ O aumento exponencial das atividades espaciais resultou no crescente acúmulo de detritos no espaço, especialmente na órbita da Terra. Esses detritos representam uma ameaça significativa para a exploração futura do espaço. A exploração espacial sustentável visa encontrar formas eficazes de reduzir ou eliminar a formação de detritos durante a realização das missões espaciais. Brigadeiro Newton Braga foi organizado pela Prof. Dra. Jussara Cassiano Nascimento Coordenadora Pedagógica, desse segmento de ensino no período de 2018 a 2020.

1.3 Da Logística espacial intercontinental

Segundo Tanja Masson-Zwaan e Steven Freeland, o transporte intercontinental por meio de foguetes espaciais implica em transitar pelo espaço, a fim de encurtar substancialmente o tempo de viagem de um ponto a outro na Terra. Em 2010, os autores destacaram que este conceito de transporte era bastante atrativo para o uso militar, mas que, à época, os desafios técnicos eram enormes, especialmente quanto à quantidade de combustível necessária e quanto à proteção térmica para a reentrada, desestimulando as pesquisas e projetos nesta área (Masson-Zwaan; Freeland, 2010).

No entanto, visando superar aqueles desafios técnicos existentes em 2010, a empresa SpaceX apresentou, em 2017, um projeto para utilizar seu foguete Starship para viagens “Terra-Espaço-Terra”, ou seja, com capacidade de acessar o espaço e retornar com segurança à superfície terrestre, despertando o interesse do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD).

Em 2019, atenta à inovação e ao desenvolvimento de novas capacidades tecnológicas, a Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) incluiu o programa *Rocket Cargo* como um de seus programas *Vanguard*². O *Rocket Cargo* visa explorar a capacidade de transporte de carga dos foguetes comerciais atuais, para suprir as necessidades logísticas do DoD em qualquer ponto da Terra (USAF, 2021).

Segundo o site do *Air Force Research Laboratory* (AFRL), a utilidade militar desta nova capacidade inclui suporte à missão de reabastecimento do Comando de Transporte dos Estados Unidos (USTRANSCOM), com entrega mais rápida e potencialmente a um custo menor, podendo transportar contêineres de 30 a 100 toneladas a áreas remotas do planeta em até 90 minutos (AFRL, s.d.).

Em janeiro de 2022, a USAF contratou a SpaceX para desenvolver um sistema de transporte de até 100 toneladas, ponto a ponto na Terra, utilizando o foguete Starship (Gohd, 2022). Após apresentar falhas em seus três primeiros lançamentos, no dia 06 de junho de 2024, o Starship realizou com sucesso o seu 4º voo de teste, aprimorando ainda mais o conceito de missão: o reaproveitamento do foguete propulsor, chamado de Super Heavy, que pousou sete minutos após o lançamento, e o retorno à Terra da espaçonave Starship, após uma hora de voo no espaço (Batista, 2024).

Este evento é certamente um marco histórico para a Logística Espacial, apresentando soluções viáveis para o desenvolvimento do transporte logístico utilizando o espaço para “encurtar” distâncias na Terra.

Outra possibilidade apresentada pela logística espacial é transporte de pessoas, equipamentos e suprimentos para a órbita terrestre e espaço exterior, alcançando estações espaciais ou outros corpos celestes, como a Lua ou Marte, caracterizando a Logística Espacial Interplanetária.

² O Programa Vanguard da USAF visa o desenvolvimento de sistemas de armas e conceitos de combate emergentes por meio de prototipagem e experimentação (AFRL, 2019).

1.4 Da Logística espacial interplanetária

A exploração espacial além da órbita terrestre exigirá um gerenciamento adequado da cadeia de suprimentos interplanetária. Ao contrário das missões Apollo, onde todo o material necessário era levado na própria missão e descartado quando não tinha mais serventia, a exploração espacial sustentável terá que contar com uma complexa rede de cadeia de suprimentos no solo e no espaço.

Uma cadeia de suprimento interplanetária inclui a transferência de bens, serviços e informações associadas, a partir dos fornecedores em solo terrestre, para os pontos de lançamento, a integração de cargas nos veículos espaciais de transporte, a colocação em órbita dessas cargas, e sua transferência entre estações na órbita terrestre, a Lua e Marte e o descarte do material que não será mais utilizado.

O MIT, a *United Space Alliance* (USA), o *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) e a *Payload Systems Inc* tem estudado formas de viabilizar a Logística Interplanetária por meio do Projeto *Interplanetary Supply Chain Management and Logistic Architectures* (ISCM&LA).

O objetivo principal do projeto ISCM&LA é desenvolver uma abrangente estrutura de gerenciamento da cadeia de suprimentos e uma ferramenta de planejamento para a logística espacial. Nesse contexto, ele visa desenvolver uma capacidade integrada para orientar o desenvolvimento da cadeia de suprimentos interplanetária que será necessária para permitir a exploração espacial do sistema Terra-Lua-Marte, além de se tornar primordial para a sustentabilidade das atividades espaciais.

Conceitualmente, uma rede de distribuição espacial é muito similar à utilizada pelas grandes empresas de logística aqui na Terra, mas com uma diferença significativa: a mecânica orbital, uma vez que os hubs logísticos estarão em constante movimento no espaço. Resolver esse problema é um desafio que se coloca aos planejadores da Logística Espacial, além de ser um ótimo tema para pesquisas acadêmicas.

Com base em pesquisa sobre modelo de estratégia de logística terrestre, Gene Lee e Robert Shishko do JPL, Erica L. Gralla, Sarah Shull do MIT desenvolveram uma estrutura de modelagem para logística espacial e gerenciamento de cadeias de suprimentos interplanetárias. Eles desenvolveram, também, uma ferramenta de planejamento logístico chamada SpaceNet, um software computacional que fornece aos usuários uma ferramenta para definir, simular, avaliar e otimizar as estratégias logísticas nas missões espaciais (Lee; Jordan; Shishko; Weck; Armar; Siddiqi, 2008).

Por fim, destaca-se que a crescente complexidade das missões espaciais nos próximos anos apresentará grandes desafios operacionais e logísticos, exigindo o

desenvolvimento de novos conceitos na área da Logística Espacial, oferecendo novas oportunidades de negócios e de pesquisas, modificando, com certeza, a presença humana tanto na Terra quanto no Espaço.

Considerações finais

Este ensaio teve por objetivo apresentar uma visão geral do papel da Logística nas atividades espaciais, especialmente nesta nova fase da exploração espacial, onde o uso comercial do espaço e a participação de atores privados é cada vez maior.

Pôde-se perceber que a Logística Espacial é um campo com grande potencial de crescimento no século XXI, seja para o transporte rápido de pessoas e carga de um ponto a outro do planeta (logística intercontinental) seja para o suporte em operações no espaço sideral (logística interplanetária).

Esse potencial tem movimentado instituições de pesquisa, públicas e privadas, além de empresas comerciais ao redor do mundo, envolvendo grandes cifras de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento na busca de uma arquitetura de exploração do transporte espacial confiável, acessível e sustentável.

Conclui-se, portanto, que sucesso da exploração espacial dependerá de uma logística compatível com a complexidade que a atividade requer, sendo fundamental a participação ativa do setor público e privado para o sucesso na exploração espacial.

REFERÊNCIAS

- AFRL, **Rocket Cargo for agile global logistics**. [s.d.]. Disponível em: <https://afresearchlab.com/technology/successstories/rocket-cargo-for-agile-global-logistics/>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- AIAA, **AIAA Space Logistics Technical Committee**. Disponível em: <https://www.aiaa-sltc.org/home>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- BALLOU, Ronald. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. tradução Raul Rubenich. 5.ed. – Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARANIECKA, Anna. **Space Logistics - Current Status and Perspective**. Research Journal of the University of Gdansk - Transport Economic and Logistic. Vol. 82, 2019.
- BATISTA, Everton Lopes. **SpaceX atinge marco inédito em quarto teste de lançamento do foguete Starship**. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/foguete-starship-da-spacex-faz-teste-mais-ambicioso-ate-o-momento-assista/>. Acesso em: 23 jun. 2024.

CARDOSO, Fabio Ayres. **Sistemas, redes e operações logísticas**. Rio de Janeiro, Brasil. 15 de fevereiro de 2022. Apresentação em PowerPoint. Disponível em: <http://cead.unifaer.mil.br/cead19/login/index.php>. Acesso em: 22 jun. 2024.

DHL. **Globalization – The final frontier**. Janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.dhl.com/global-en/delivered/globalization/space-logistics-satellite-transportation.html>. Acesso em: 20 jun. 2024.

DHL. **Space Logistics – Future or Niche Market?** 16 de junho de 2023. Disponível em: <https://dhl-freight-connections.com/en/business/space-logistics-future-or-niche-market/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FARAHANI, Reza Zanjirani; REZAPOUR, Shabnam; KARDAR, Laleh. **Logistics Operations and Management: Concepts and Models**. Elsevier Inc. 2011.

GERHARD, Michael; REUTZEL, Isabelle. **Law related to space transportation and spaceports**. In Routledge Handbook of Space Law. Ram S. Jakhu and Paul Stephen Dempsey, New York: Routledge. 2017.

GOHD, Chelsea. **SpaceX snags \$102 million contract to rocket military supplies and humanitarian aid around the world: report**. SPACE.COM Disponível em: <https://www.space.com/spacex-air-force-102-million-dollar-contract-rocket-transport>. Acesso em: 21 jun. 2024.

GROGAN, Paul. **A Flexible, Modular Approach to Integrated Space Exploration Campaign Logistics Modeling, Simulation, and Analysis**, Massachusetts Institute of Technology, September 2010, Disponível em: <http://strategic.mit.edu/docs/SM-41-Grogan-PT-2010.pdf> . Acesso em: 19 jun. 2024.

LEE Gene; JORDAN Elizabeth; SHISHKO Robert; WECK, Olivier; ARMAR, Nii; SIDDIQI, Afreen, **SpaceNet: Modeling and Simulating Space Logistics**, AIAA Space Conference & Exposition, San Diego, California, 2008.

HO, Koki. **Modeling and Optimization for Space Logistics Operations: Review of State of the Art**. Acesso em https://www.researchgate.net/publication/371290677_Modeling_and_Optimization_for_Space_Logistics_Operations_Review_of_State_of_the_Art/citation/download. 02 jun 2024.

LOGÍSTICA. In: DICIO, **Dicionário Merriam-Webster**. Massachusetts: Encyclopaedia Britannica company, 2024. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/logistics#:~:text=1,logistics%20of%20a%20political%20campaign>. Acesso em: 23 jun. 2024.

MASSON-ZWAAN, Tanja; FREELAND, Steven. **Between heaven and earth: The legal challenges of human space travel**. Disponível em: <https://scholarlypublications.universiteitleiden.nl/access/item%3A2900966/view>. Acesso em: 22 jun. 2024.

MIT. **Strategic Engineering Research Group**. Disponível em: <http://strategic.mit.edu/logistics.php> Acesso em: 20 jun. 2024.

NASA. **About Deep Space Logistics**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.nasa.gov/gateway-deep-space-logistics/about-gateway-deep-space-logistics> Acesso em: 18 jun. 2024.

NASA. More knowledge needed to determine best alternatives to provide space station logistics support, **United States Government Accountability Office**, GAO-05-488, 2005.

SHULL, Sarah; GRALLA, Erica; SILVER, Matthew; WECK, Olivier. **Logistics information systems for human space exploration: state of the art and emerging Technologies**, SpaceOps, Rome, Italy, 2006.

US Air Force wants a commercial Rocket Cargo Vanguard to fly stuff anywhere on Earth. **Space.com**, New York, EUA, 07 de junho de 2021. Disponível em: <https://www.space.com/air-force-rocket-cargo-vanguard-commercial-rockets>. Acesso em: 22 jun. 2024.

USSPACEFORCE. **Spacepower: Doctrine for Space Forces**. Washington, DC: agosto de 2020. Disponível em: https://https://www.spaceforce.mil/Portals/1/Space%20Capstone%20Publication_10%20Aug%202020.pdf. Acesso em: 16 jun. 2024.

Capítulo 10

QUO VADIS, ONU? O SENTIDO DA INSTITUIÇÃO INTERNACIONAL NA GUERRA DA UCRÂNIA

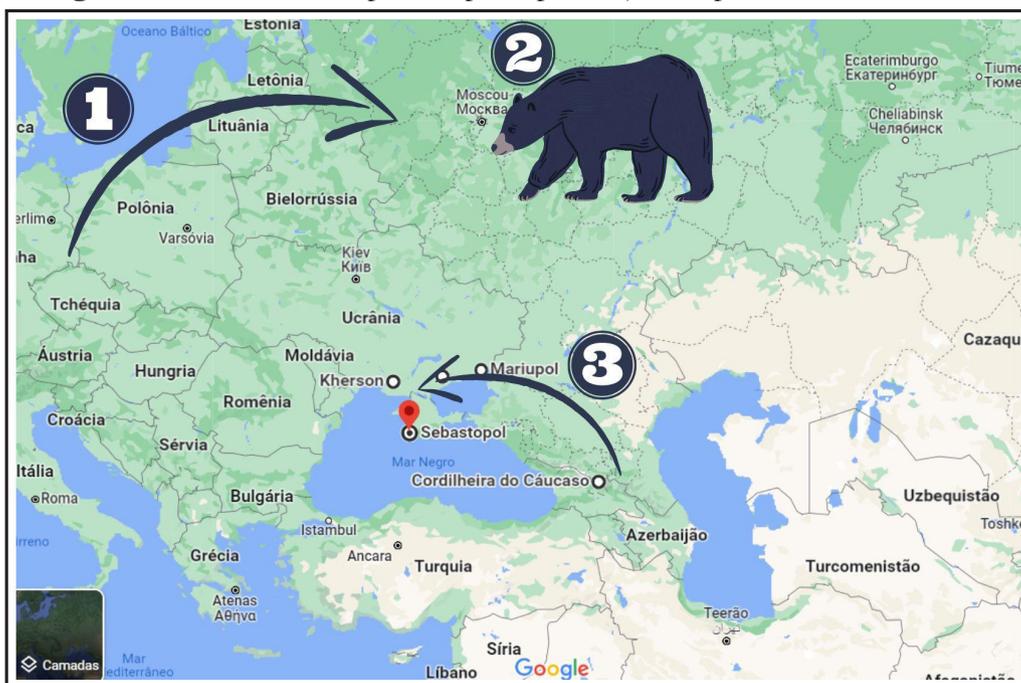
*Ísis Beltrão Pereira
Flavio Neri Hadmann Jasper
Bruno Torido Serra Valente*

Introdução

A expressão em Latim “*quo vadis*” significa para onde vai. Para respostas mais estruturadas em perspectiva futura, é preciso compreender o contexto que levou ao estado atual e, posteriormente, desenhar as projeções futuras. Nesse contexto, o estudo proposto não contempla a origem das instituições, devido ao enfoque no evento bélico, no entanto, destaca a origem do fenômeno a ser estudado.

A análise da guerra na Ucrânia, iniciada originalmente em 2014 e amplificada a partir de 2022, pela Rússia, demanda debates sobre o objetivo político da Rússia (Rosa; Vieira, 2022). Consideradas as limitações de uma análise durante o transcurso bélico, Rosa e Vieira (2022) indicaram três possibilidades para os principais objetivos políticos russos: (1) reação russa à possibilidade de cerco geográfico da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN); (2) ideal nacionalista de Vladimir Putin de resgatar o prestígio internacional da Rússia, degradado desde a dissolução da União Soviética de 1991; e (3) vontade russa de conexão terrestre entre a região do Cáucaso e o porto de Sebastopol, por meio do acesso à península da Crimeia.

Figura 1 – Possibilidades para os principais objetivos políticos russos.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir do Google Maps.

A Figura 1 apresentou a síntese dos possíveis objetivos políticos russos, conforme proposto por Rosa e Vieira (2022). Antagonicamente, o sistema “Google Maps”, a partir do qual foi possível a elaboração da ilustração, poderá ser ameaçado dependendo dos caminhos dessa guerra contemporânea, já que está em jogo o desenvolvimento, também, de uma guerra espacial. Nesse sentido, além das questões mais difundidas e exploradas pelas mídias sociais de destruição de capacidades civis e militares, no contexto terrestre, naval e aéreo da guerra, há outro conjunto de movimentos no espaço exterior. Nessa lógica, percebe-se que o conflito do leste europeu pode estar mais ligado à realidade de qualquer cidadão do globo terrestre do que se podia imaginar.

Do ponto de vista tático e operacional, o conflito entre Rússia e Ucrânia tem sido marcado pelo uso de tecnologia militar, incluindo aeronaves não tripuladas e sistemas espaciais de inteligência, tanto por parte da Rússia quanto da Ucrânia. Para melhor compreensão, os sistemas espaciais são compostos por mecanismos interconectados que permitem diversas operações no ambiente espacial e são divididos em: segmento orbital (ex: satélite artificial); segmento terrestre (ex.: estações de controle e monitoramento, antenas, sítio de lançamento, e equipamento de usuário); e segmento de conexão (sinais do espectro eletromagnético que conecta os dois anteriores). Assim, no âmbito bélico, os sistemas espaciais dão suporte a outros domínios (terra, ar, mar, cibernético), no contexto de operações conjuntas.

1 UNOOSA E A PERSPECTIVA INSTITUCIONALISTA NEOLIBERAL

A guerra espacial deve ser considerada em um escopo amplo, que envolve não apenas o espaço exterior, mas também outros ambientes como a superfície, o espectro eletromagnético e o espaço cibernético (Rosa; Vieira, 2022). Existem diferentes tipos de armas e ações que podem ser usadas para impedir a liberdade de ação dos sistemas espaciais pela parte adversária, como as armas cinéticas de impacto, armas não cinéticas, armas eletrônicas e ações de coerção (Rosa; Vieira, 2022). A ideia de comando do espaço é importante nesse contexto, na medida em que permite o acesso e o uso de linhas celestes de comunicação para apoiar os instrumentos dos poderes de diferentes nações.

Apresentado o recorte da perspectiva espacial da guerra na Ucrânia, a complexidade e o alcance da problemática, é preciso lançar mão de lentes teóricas que possam elucidar o caso. Importante observar a dificuldade de aplicar as teorias tradicionais das Relações Internacionais, notadamente as circunscritas no primeiro grande debate, do período de 1918 a 1950, em um conflito atual. A limitação das teorias tradicionais é a sua pouca aplicabilidade no contexto complexo contemporâneo devido ao seu conservadorismo de perspectiva imutável do objeto de estudo (Nogueira; Messari, 2005).

No debate estratégico bélico, a teoria neorrealista poderia ser considerada em análise de questões de segurança (Keohane, 1993), porém, essa lente teórica tem aplicação mais forte em perspectiva passada do que futura. Isso ocorre porque, em análise “*quo vadis*”, considerando a existência do futuro, os estados possuem interesses

mútuos significativos relacionados à segurança e, assim, a lógica da cooperação institucionalizada é o meio que permite atendê-los (Keohane, 1993).

No momento pós-Guerra Fria, houve o surgimento de um otimismo sobre o papel das organizações internacionais e elas passaram a ser tratadas como atores (Herz; Hoffman; Tabak, 2015). Assim, a postura institucionalista neoliberal defende Instituições que assumam o desafio de propor meios para que, mesmo que em ambiente internacional e, porque não universal, anárquico, reine a cooperação. Independente da linha adotada, o interesse nacional é, em grande perspectiva, a sobrevivência entre os diferentes Estados, e, se ocorre a corrida que culmina no dilema de segurança (Herz, 1950) a instabilidade predomina no contexto e a essência do objetivo final do interesse nacional é abalada. Ademais, a extensão da perspectiva global para universal pode elevar o dilema de segurança para consequências cada vez mais transnacionais.

Assim, mesmo sob a análise de um fenômeno em movimento, pode-se vislumbrar o protagonismo que as Instituições Internacionais terão de assumir para equalizar o denominador comum, a fim de pacificar o contexto entre Rússia e Ucrânia. Se por um lado, a Organização das Nações Unidas (ONU) não foi capaz de evitar a deflagração da guerra; por outro lado, espera-se que o *United Nations Office for Outer Space Affairs* (UNOOSA), o Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Sideral, possa enfrentar o desafio de promover a “cooperação internacional no uso e exploração pacífica do espaço e na utilização da ciência e tecnologia espacial para o desenvolvimento econômico e social sustentável” (UNOOSA, 2023, tradução nossa). Tal proposta, coaduna com um sistema internacional de estrutura anárquica mais madura, conforme abordado por Tanno (2003).

Nesse contexto, é importante clarificar a diferença entre o UNOOSA, que é o gabinete que trabalha para promover a cooperação internacional na utilização pacífica do espaço e o Comitê para o Uso Pacífico do Espaço (*Committee on the Peaceful Uses of Outer Space - COPUOS*), que trata, por consenso, do debate entre países e conta com um Subcomitê Científico e Técnico e um Subcomitê Jurídico. O Subcomitê Científico e Técnico aborda temas como pesquisa espacial, desenvolvimento tecnológico e a aplicação de conhecimentos científicos para a exploração do espaço, podendo alcançar discussões sobre a cooperação internacional em atividades espaciais (UNOOSA, 2023). Paralelamente, o Subcomitê Jurídico trata de aspectos legais e normativos, que envolvem a elaboração e a revisão de tratados e acordos internacionais no âmbito das atividades espaciais. Outra grande discussão desse Subcomitê é sobre os direitos e as obrigações dos estados nas atividades espaciais e a responsabilidade e a gestão no contexto do direito espacial (UNOOSA, 2023), que é peculiar e ainda aguarda definições como alguns parâmetros de limites espaciais. Ademais, o foco acadêmico do trabalho é o UNOOSA por ser a organização da ONU responsável por implementar as políticas e por fornecer o suporte necessário para garantir que as recomendações do COPUOS sejam aplicadas. Contudo, a estrutura do COPUOS subsidia as definições das políticas por meio de discussão e consenso entre os Estados, de forma cooperativa e conforme os princípios do direito internacional.

Mesmo com a existência das mencionadas instituições, a complexidade para contornar o ambiente bélico contemporâneo está majorada sem a atual participação russa no Comitê para Uso Pacífico do Espaço Sideral. Contudo, é uma situação que o UNOOSA, em seu papel institucional, deve se debruçar para decifrar alternativas. As motivações para a causa são muitas, principalmente, ao considerar a possibilidade de projeção universal da guerra. Dentre elas, pode-se destacar a chance de armas antissatélites (ASAT) serem empregadas para destruição de satélites, criando grandes quantidades de detritos espaciais (Rosa; Vieira, 2022). O acúmulo desses objetos espaciais representa um perigo para os satélites e estações espaciais tripuladas dos mais diversos países. Em suma, a preservação do espaço como meio ambiente funcional de demandas tecnológicas é essencial para a humanidade (Rosa; Vieira, 2022), já as consequências de um ataque entre os países beligerantes podem danificar sistemas dos setores de transportes e de comunicações, que são atualmente dependentes de contribuições significativas dos ativos espaciais.

Sob a visão institucionalista da ONU a degradação do espaço pode ameaçar a continuidade das operações espaciais e, ainda, comprometer os objetivos de desenvolvimento sustentável. Paralelamente, há os impactos políticos, econômicos, e geopolíticos da geração de detritos espaciais e a iminente ameaça representada pela realização de testes de ASAT, por parte da Rússia (Rosa; Vieira, 2022).

Se por um lado, a utilização de armas antissatélite ainda é considerada hipotética, por outro lado, o ataque ucraniano ao centro russo de comunicações por satélite de Vitino, na Crimeia, em junho de 2024, evidencia que a área espacial como dimensão de conflito já é realidade. Utilizando mísseis balísticos táticos (*Army Tactical Missile System – ATACMS*), a Ucrânia conseguiu atingir um dos alvos críticos para as operações espaciais russas (Altman, 2024), sublinhando a relevância dos sistemas espaciais na guerra contemporânea, mesmo sem combates diretos no espaço.

Cabe destacar que o centro de comunicações por satélite de Vitino é um dos responsáveis pelo controle, entre outros sistemas, da constelação russa GLONASS (*Global Navigation Satellite System*), internacionalmente utilizada de forma ampla pela sociedade civil como alternativa ao americano GPS (*Global Positioning System*). Face ao exposto, cabe observar que o caráter muitas vezes dual dos sistemas espaciais contemporâneos, que contemplam usos civis e militares, também pode evidenciar o papel protagonista do UNOOSA na proteção de infraestruturas de serviços espaciais considerados essenciais para a sociedade, uma vez que o comprometimento destes podem impactar negativamente o desenvolvimento econômico e social global.

Outrossim, o Tratado do Espaço Sideral¹ também é alinhado com a perspectiva institucionalista neoliberal na medida em que prevê a liberdade de uso e de

¹ Tratado sobre os Princípios que Regem as Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Exterior, incluindo a Lua e Outros Corpos Celestiais.

exploração do espaço exterior em proveito de toda a humanidade e, ainda, a responsabilidade dos Estados lançadores sobre eventuais litígios de âmbito internacional. No mesmo sentido, o acordo firmado entre os signatários positivou a cooperação internacional e as retiradas de armas do espaço para a manutenção da paz, da segurança internacional e do uso pacífico do meio ambiente espacial, o que deveria alicerçar o papel do UNOOSA na guerra na Ucrânia. Novamente, faz-se um chamado ao sistema ONU, para o destaque do espaço exterior como um ativo estratégico de grande valor potencial, e a necessidade de uma atenção maior da comunidade internacional para lidar com o assunto. Coadunaram com essa visão macro, que abarca o Estudo da Segurança Internacional (ESI), Buzan e Hansen (2012), na medida em que defenderam o tema como uma área dinâmica e que evolui de acordo com o seu ambiente político. E, atualmente, as atividades espaciais emergem como elementos cruciais para as grandes economias globais, não apenas impulsionando avanços tecnológicos, mas também fortalecendo a autonomia nacional.

Finalmente, alinhado aos argumentos de Keohane (1993), a cooperação deve ser distinguida da harmonia. Mesmo que em ambiente conturbado e conflituoso da guerra, cabe às Instituições Internacionais, notadamente, no recorte proposto, ao UNOOSA o planejamento e a negociação a fim de propor o ambiente de cooperação das nações, o que já aconteceu, por exemplo, por outros agentes do sistema ONU no conflito Irã – Iraque (1980 - 1988).

Conclusão

A guerra entre Rússia e Ucrânia evidenciou possíveis objetivos políticos russos que envolvem o passado da União Soviética, mas que trazem à tona a eclosão de fragilidades do espaço exterior que, se afetadas pode prejudicar diversos sistemas como geolocalização, telefonia, internet, dentre outros que são adotados tanto pelos países circunscritos quanto pelos não envolvidos no conflito e, dessa forma, torna as consequências prejudiciais de forma global e até mesmo universal.

Assim, considerando a possibilidade da escalada da guerra na Ucrânia a proporções universais, conclui-se que existe benefício comum a ser abordado pela UNOOSA em tratativas entre Rússia e Ucrânia. Tal pano de fundo comum às diversas nações caracteriza o pressuposto de interesse mútuo dos agentes do institucionalismo neoliberal. Por fim, a deliberação do sistema anárquico, sem a participação de uma Instituição, põe em risco não apenas o espectro regional do leste europeu, mas, possivelmente, pode comprometer a existência humana. Por essas razões, em análise “*quo vadis*”, ideias institucionalistas neoliberais permitem projeção de solução futura, enquanto a lógica neorrealista pode limitar às origens passadas do conflito.

REFERÊNCIAS

- ALTMAN, Howard. **Ukraine used prized ATACMS missiles to strike unique Cold War-era space communications station.** *The War Zone*, 24 jun. 2024. Disponível em: <https://www.twz.com/land/ukraine-used-prized-atacms-missiles-to-strike-unique-cold-war-era-space-communications-station>. Acesso em: 3 jul. 2024.
- BUZAN, Barry; HANSEN, Lene. **A Evolução dos Estudos de Segurança Internacional.** Trad. Flávio Lira. São Paulo: Editora Unesp, 2012.
- HERZ, John H. Idealist internationalism and the security dilemma. *World Politics*, v. 2, n. 2, p. 157-180, 1950.
- HERZ, Mônica; HOFFMAN, Andrea; TABAK, Jana. **Organizações internacionais: história e práticas.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2015.
- KEOHANE, Robert. Instituciones Internacionales y poder estatal. Ensayos sobre teoría de las relaciones internacionales, 1993. In: KEOHANE, R. **Institucionalismo neoliberal: uma perspectiva de la política mundial**, p. 13-38, 1993.
- NOGUEIRA, João Pontes; MESSARI, Nizar. **Teoria das Relações Internacionais: correntes e debates.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- ROSA, Carlos Eduardo Valle; VIEIRA, Fernanda Diógenes Gomes. A Guerra na Ucrânia, o Espaço Exterior e os detritos espaciais: implicações para a Geopolítica Aeroespacial. **Revista de Geopolítica**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 1-29, 2022. Disponível em: <http://revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/view/405>. Acesso em: 03 jun. 2023.
- TANNO, Grace. A contribuição da escola de Copenhague aos estudos de segurança internacional. **Contexto Internacional**, v. 25, n. 1, p. 47–80, 2003, Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-85292003000100002>. Acesso em: 03 jun. 2023.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS. About Us. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/index.html>. Acesso em: 03 jun. 2023.

Capítulo 11

O ESPAÇO E A DELIMITAÇÃO DE FRONTEIRAS – OBJETO DE ESTUDO PARA GEOPOLÍTICA E PARA AS RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Nacácio Leocádio do Nascimento

Introdução

Este ensaio discute a questão dos limites geográficos no espaço exterior, tema de relevância para a geopolítica e para as relações internacionais. Limites geográficos ensejam o conceito de fronteira, que a partir do debate teórico será transposto ao espaço exterior, como forma de inserção do tema na Geopolítica. O espaço exterior é um ambiente onde não há divisores geográficos nítidos, como ocorre na superfície terrestre, o que pode direcionar a discussão como um novo orientador de temas como a soberania e controle territorial.

1 A QUESTÃO GEOGRÁFICA E O ESPAÇO

A questão parte do conceito de divisores geográficos oriundo do campo da Geologia e Geografia que aponta o mesmo como “características naturais da paisagem que separam áreas distintas, tanto em termos físicos quanto culturais” (Martins, 2017). Estes divisores podem incluir montanhas, rios, desfiladeiros e outros elementos topográficos que servem como barreiras ou marcos naturais. Esses divisores geográficos, claramente perceptíveis na superfície terrestre, têm a função de delimitar os territórios e as respectivas soberanias.

Com a crescente exploração do espaço, iniciada nos anos 60, a questão veio à tona, por exemplo com as órbitas dos satélites que transgrediam soberanias classicamente estabelecidas no espaço terrestre e no espaço aéreo, haja vista que esses satélites percorriam o globo terrestre sem qualquer restrição de sobrevoos de territórios soberanos. Atualmente, com a dinamização da exploração espacial na direção das órbitas terrestres e da Lua, há a possibilidade de se reivindicar áreas nesse novo ambiente espacial, o que tem levado às discussões com potencial conflituoso. Essa tensão que está em estágios iniciais, em função das limitações tecnológicas e das infraestruturas espaciais, pode derivar em reclamos de soberania nos corpos celestes, por exemplo, à medida que as capacidades espaciais progrediram na direção de eventos exploratórios e colonizadores, fenômeno que tem caracterizado a história humana. Assim sendo, a questão de delimitação fronteiriça é ainda mais desafiadora e não aprofundada.

2 FRONTEIRAS

Quando nos referimos à temática de fronteiras, que advém originalmente do conceito de divisor geográfico aplicado à caracterização de soberania, tratamos de uma porção específica de um território. Segundo Dias (2005), o conceito de fronteira é maleável e varia de um período histórico para o outro, já que ele é recriado pelos olhares humanos de cada período. O geógrafo alemão Friedrich Ratzel foi um pioneiro no estudo desse tema. Ao discutir a geografia política, apresentou o conceito de que uma fronteira seria muito mais do que uma zona ou uma linha, pois “a fronteira é constituída pelos inumeráveis pontos sobre os quais um movimento orgânico é obrigado a parar” (Moraes, 1990 p.182).

Portanto, fronteiras não são apenas linhas estáticas, mas resultados de interações contínuas entre o movimento orgânico e as barreiras físicas, políticas e culturais que as interrompem. Essa visão reconhece a complexidade e a fluidez das fronteiras, refletindo a constante evolução das relações humanas e naturais no espaço geográfico. No caso do espaço exterior, as fronteiras não podem ser constituídas pelos desafios e pelas limitações naturais e artificiais que interrompem o movimento contínuo da exploração. Então, cada avanço na exploração espacial enfrenta múltiplas barreiras que refletem as complexidades das relações internacionais e a necessidade de regulamentações, onde sobressai a Geopolítica, pois ela trata da atuação do Estado soberano em um espaço geográfico.

Assim sendo, o uso da Geopolítica se faz necessário pois o foco é examinar as interações entre os atores políticos e o espaço, investigando o papel dos elementos espaciais nas decisões e nas relações políticas, assim como o efeito das dinâmicas políticas na configuração e no gerenciamento do espaço terrestre (Defarges, 2003). Essas interações se estendem na forma de apropriação e busca de meios para obtenção de como o espaço é apropriado por esses atores, principalmente os atores de cunho estatal onde é fundamental entender o conceito de “espaço vital”, que desempenha um papel central na Geopolítica. Kjellen, consoante com pensamento de Friedrich Ratzel, aponta que o Estado busca o “espaço vital”, para o seu desenvolvimento e crescimento, sendo que isso é necessário para sobrevivência e prosperidade de um Estado (Dias, 2005).

As fronteiras representam um tema desafiador para a geopolítica por várias razões. Primeiramente, são espaços onde diferentes interesses políticos, culturais e econômicos se encontram e frequentemente entram em conflito. O estabelecimento de fronteiras é alvo de interesse estratégico devido à sua importância geopolítica, já que são alvo de competição entre Estados e influenciam as dinâmicas das relações internacionais. Nesse contexto, elas são necessárias para a estabilidade, mas também são áreas de desafio e conflito, especialmente quando se trata de soberania. Segundo Scherma (2012), a escola de pensamento predominante nas Relações Internacionais é o Realismo, que considera as fronteiras como formas estabelecidas, e que essa interação entre Estados de orientação mais brusca podem levar a conflitos, refletindo numa visão pessimista que considera o contexto histórico e a natureza humana.

3 TRATADOS E ACORDOS SOBRE O ESPAÇO

Desde o lançamento do Sputnik pela União Soviética em 1957, o espaço exterior tem sido um campo de competição entre as grandes potências. Durante a Guerra Fria, a corrida espacial refletiu a rivalidade entre os Estados Unidos e a União Soviética, com implicações políticas e estratégicas significativas. A exploração espacial era um ponto crucial na questão de segurança e defesa, e as atuações militares no espaço eram principalmente focadas na defesa entre as superpotências (Dick, 2008). Assim, não havia urgência na discussão sobre as questões de limites e área de domínio, visto que ainda estavam se consolidando, no campo teórico e não prático. Com o avanço da exploração espacial, surgiu a necessidade de regulamentar o uso do espaço exterior para manter a paz e garantir a segurança jurídica (Netto, 2011). Então, foi assinado o Tratado do Espaço Exterior, em 1967 e ratificado pelo Brasil, por meio do Decreto nº 64.362, de 17 de abril de 1969¹, ao qual estabeleceu princípios básicos para o uso pacífico do espaço, mas não impediu a competição geopolítica e estratégica. Em essência, ao se abordar como regulamentar o uso do espaço, temos o destaque como poderíamos abordar uma fronteira espacial, já que ela definiria os limites de uma pretensa soberania. Contudo, a definição e a manutenção dessas fronteiras vão além de uma simples linha ou objeto, isso derivam de acordos internacionais, tratados e, muitas vezes, disputas diplomáticas ou militares. Por exemplo, a própria definições de fronteiras na superfície terrestre ainda é complicada e acirram disputas, como a atual guerra da Ucrânia e Rússia, o conflito Israel e palestinos e outros.

No entanto, com as mudanças geopolíticas no final do século XX e a entrada de novos atores públicos e privados, no domínio espacial, vemos um o reposicionamento estratégico das potências indicado no Ato de Competitividade Espacial dos Estados Unidos conhecido como “*Space Competitiveness Act*” que se refere a uma legislação destinada a manter e ampliar a liderança dos Estados Unidos na exploração e utilização do espaço. Esta legislação tem como objetivo fomentar o desenvolvimento de tecnologias espaciais, incentivar a participação do setor privado e assegurar a posição dos EUA como líder no setor espacial global (United States, 2015). Nesse caso, temos uma alteração do uso do espaço exterior, indicado pelo Tratado de uso do Espaço, em que os bens do espaço e da Lua seriam bens para humanidade e se tornam pela legislação americana como propriedades comerciais, a serem exploradas por empresas privadas; É importante ressaltar que nos encontramos em um ambiente desafiador e inóspito, comparável ao período das descobertas das Américas no século XV, pelo navegador Cristóvão Colombo. Naquele contexto histórico, as consequências abrangeram diversos setores humanos, embora ainda estivéssemos limitados à dimensão geográfica da superfície terrestre.

¹ DECRETO Nº 64.362, DE 17 DE ABRIL DE 1969 – Promulgou o Tratado sobre Exploração e Uso do Espaço Cósmico.

4 COSMOGEOGRAFIA E GEOPOLÍTICA AEROESPACIAL

O espaço exterior é conseqüentemente uma nova dimensão geográfica singular que transcende as fronteiras terrestres, abrangendo uma vasta extensão além da atmosfera da Terra. Enquanto a Geografia tradicional se concentra nos estudos sobre a superfície terrestre e nas características físicas e humanas, os estudos do espaço exterior podem incluir corpos celestes, órbitas e fenômenos cósmicos. Essa nova geografia do espaço exterior, que pode ser denominada de “*CosmoGeografia*” é de uma área de conhecimento derivada da Geografia onde se constitui nos estudos e na dinâmica intensa de várias faces do cosmo, que compreende órbitas, trajetórias de missões espaciais e locais de pouso em corpos celestes, buscando estabelecer limites astro geográficos, que podem ser utilizados como formas de contribuir para o debate do estabelecimento de direitos de soberania e propriedade no espaço. Dentro dessa “*CosmoGeografia*”, pode ser indicar uma Geopolítica Aeroespacial², como uma das tonalidades que usam os contextos da Geopolítica e das Relações Internacionais da superfície terrestre projetada no espaço exterior. A Geopolítica Aeroespacial pode ser um dos instrumentos de assegurar formas de estudar como as nações podem ser relacionar em questionamentos conflituosos, crises, decisões de soberania e de articulação entre Estados. Essa Geopolítica emerge da evolução do poder aéreo para o poder aeroespacial. Esse novo conceito de território considera o ambiente espacial como espaço geopolítico, refletindo a importância crescente do espaço exterior nas dinâmicas globais de poder (Rosa, 2022). Segundo ainda o autor, a Geopolítica Aeroespacial é um campo investigativo que envolve geografia humana, relações internacionais, estudos estratégicos e defesa.

Assim, caracterizar formas ou objetos no espaço exterior que possam ser adequados para construção de limites ou fronteiras, precisamos considerar abordagens legais e práticas. Primeiramente, há uma discussão sobre o direito privado e soberano de propriedade no espaço exterior, que entra em conflito com o Tratado sobre Espaço de 1967, através do Ato de Competitividade Espacial norte-americano. Esse tratado, assinado por várias nações, estabelece que “o espaço cósmico, inclusive a Lua e demais corpos celestes, não poderá ser objeto de apropriação nacional por proclamação de soberania, por uso ou ocupação, nem por qualquer outro meio” (1967, Artigo 1). Mas, temos o uso agora de um direito não somente de uso de posse, mas de propriedade por empresas privadas, e isso pode entrar em conflito com as diretrizes do antigo Tratado, que não foram originalmente concebidas para regular atividades comerciais privadas. Embora a legislação americana, tenha começado a permitir a exploração de recursos espaciais por entidades privadas, essa prática ainda suscita debates sobre a necessidade de atualizar o Tratado para refletir a crescente

² Este campo examina como as nações interagem no espaço, tanto de forma cooperativa quanto competitiva, e como o acesso ao espaço exterior e controle dele podem influenciar as relações internacionais e a segurança global.

participação do setor privado na exploração espacial. Portanto, o avanço tecnológico e as iniciativas privadas no espaço exterior demandam um equilíbrio cuidadoso entre inovação e o respeito às normas internacionais estabelecidas para assegurar que o espaço permaneça acessível por toda a humanidade.

Portanto, a questão dos limites e fronteiras no espaço exterior envolve não apenas desafios técnicos, mas também implicações legais e políticas. A busca por uma abordagem consensual e equitativa para a exploração e uso do espaço sideral continua sendo um tema relevante nas Relações Internacionais e na comunidade científica. Nessa questão, deve ser estabelecido que a própria capacidade tecnológica de exploração espacial à época da constituição do Tratado sobre Espaço ainda estava limitada aos Estados Nacionais e não de uso público ou privado, o que inviabilizava naquele momento histórico, o estabelecimento de regras do uso do espaço, para induções ou questões que entravam no campo de direito privado de propriedade.

Esta situação, no atual momento espacial, é de revisão emergencial, visto que os intensos investimentos e o aumento da capacidade de exploração espacial por empresas de cunho privado, que podem remeter a qual momento se deve entrar na questão de limitação de propriedade privada no espaço exterior e da discussão de soberania e de área comum para humanidade. A falta de regulamentação específica pode levar a conflitos entre nações e empresas, potencialmente resultando em uma nova “Corrida Espacial”, desta vez dominada por interesses comerciais. A atualização do Tratado de Exploração do Espaço de 1967, sobre o uso do espaço de forma privada e a delimitação de possíveis limites de propriedade ou de soberania, deve ser considerada com extrema urgência para abordar esses pontos de discussão, garantindo que a exploração espacial seja realizada de maneira ética, sustentável e benéfica para todos os países, evitando a monopolização de recursos por entidades privadas e discussão de soberanias, de forma a assegurar que o espaço permaneça um patrimônio comum da humanidade.

Percebe-se que não há nenhuma conceituação ou natureza jurídica sobre espaço exterior em vigor, que possa abordar esse novo momento. Então, a própria questão de exploração de recursos futuros no ambiente espacial e sua apropriação, que tange ao direito de propriedade privada ainda é uma área totalmente ainda inexplorada.

5 LIMITES E FRONTEIRAS NO ESPAÇO

A determinação dos limites no ambiente do espaço exterior é complexa, desafiadora e conflituosa, mas existem norteadores para esse tema. Embora, não haja fronteiras visíveis na própria atmosfera, algumas convenções ou organismos internacionais podem ajudar no estabelecimento de limites da atmosfera da Terra com o espaço sideral, pode-se citar:

a) **Linha de Kármán:** Nomeada em homenagem ao engenheiro Theodore von Kármán é uma das convenções mais amplamente aceitas que define o limite entre o espaço aéreo e o espaço cósmico a uma altitude de 100 quilômetros acima do

nível do mar, sendo utilizada e colocada pela Federação Aeronáutica Internacional (FAI, 1960).

b) **Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar:** Embora não trate diretamente da delimitação do espaço aéreo e cósmico, a Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar (UNCLOS, 1982) estabelece princípios de soberania e uso de recursos que podem ser analogamente aplicados ao espaço exterior. A soberania dos Estados se estende a uma certa altitude sobre seu território, geralmente considerada como o limite do espaço aéreo.

c) **Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO):** A ICAO, agência da ONU responsável pela aviação civil, tem interesse em definir a delimitação do espaço aéreo por questões de segurança e regulamentação, embora não tenha uma definição universalmente aplicada para o limite superior do espaço aéreo.

Portanto, esses organismos podem ser o passo inicial para legislações atualizadas sobre o uso do espaço, já que a ausência origina uma incerteza jurídica, que se condiz num futuro próximo, a criação ou discussão de normas jurídicas internacionais para o estabelecimento desse vácuo. E conseqüentemente, envolvem a própria temática de limites e fronteiras espaciais como meios de se caracterizar um identitário privado (uma posse de uma propriedade ou bem no espaço e a sua possível identificação comercial) e que podem lograr a uma questão de soberania nacional, em uma discussão mais ampla de escala.

Assim sendo, o estabelecimento de fronteiras pode envolver a proposta de identificar características naturais e artificiais que podem servir como pontos de separação ou barreiras entre diferentes áreas de influência ou operação. Nesse ponto, há diversos tipos de características a serem talvez apontadas como limitadores, cito três possíveis limites:

a) **Corpos Celestes:** Utilização das órbitas de corpos celestes para definir limites. Por exemplo, a órbita da Lua ao redor da Terra ou a órbita dos planetas ao redor do Sol podem servir como marcadores naturais ou os planos orbitais dos planetas e a eclíptica podem ser usados como referências para delimitar regiões no espaço.

b) **Pontos de Lagrange:** seriam as posições no espaço onde as forças gravitacionais de dois corpos celestes em órbita se equilibram com a força centrífuga sentida por um objeto pequeno. Esses pontos podem ser usados para delimitar áreas de estabilidade gravitacional e limites.

c) **Marcos Artificiais:** objetos criados pelo homem que podem ser colocados em posições fixas ou geossíncronas no espaço.

Porém, tudo isso envolvem Estados que se estabelecem nessa discussão através de Acordos ou Tratados Internacionais.

Considerações finais

Como discutido, não temos divisores geográficos no espaço exterior, criando limitações para a determinação de marcos divisórios. Pode-se identificar características

naturais ou artificiais, que serviriam como pontos de separação entre áreas de influência, delimitação ou operação. Por exemplo as características naturais ou não, como: corpos celestes, pontos de lagrange, marcos artificiais e outros, que podem ser referências para essas discussões. Esses elementos ajudariam a organizar e regular o uso do espaço, garantindo que as atividades sejam realizadas de maneira segura e sustentável e criando regulação delimitadora.

No entanto, a regulamentação e a determinação de limites espaciais exigem revisão dos acordos e tratados internacionais sobre o espaço. Essas discussões envolvem atores estatais e supranacionais, considerando interesses econômicos, privados, militares e estatais.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Decreto nº 64.362, de 17 de abril de 1969.** Dispõe sobre o Tratado sobre Exploração e Uso do Espaço Cósmico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 abr. 1969.
- DEFARGES, P.M. **Introdução à Geopolítica. 1º Edição. Lisboa. Editora Gradiva, 2003.**
- DIAS, C.M.D., **Geopolítica: Teorização Clássica e Ensinos.** Lisboa, Prefácio, 2005.
- DICK, S. J. **Remembering the space age.** Washington, DC, NASA 2008.
- FAI. **100 Km Altitude Boundary For Astronautics.** Washington D.C. Disponível em :<https://www.fai.org/page/icare-boundary>. Acesso em 04 de julho de 2024.
- MARTINS, I. Geraldo. **Da Região Natural à Biorregião: A Natureza como Fundamento para Divisão Geográfica.** Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege). p. 42-72, v.13, n. 21, mai-ago. 2017.
- NETTO, Olavo. O. Bittencourt. **Limite Vertical à Soberania dos Estados: Fronteira entre o Espaço Aéreo e Ultraterrestre.** Tese de Doutorado. Faculdade de Direito do Largo de São Francisco. USP. São Paulo. Maio 2011.
- MORAES, A. C. R. (org). **Ratzel.** São Paulo. Editora Ática, 1990.
- ROSA, C. E. V. **Geopolítica Aeroespacial.** São Paulo: Dialética, 2022.
- SCHERMA, Márcio A. As Fronteiras nas Relações Internacionais. **Revista Monções**, vol.1, Número 1. Pag 102 – 132. Janeiro/Junho de 2012.
- UNCLOS. **United Nations Convention on the Law of the Sea.** Nova Iorque. Disponível em: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf. Acesso em 04 de julho de 2024.
- United States. **U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act.** Washington D.C. Congress, 2015. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/2262>, acesso em 03 de julho de 2024.

Capítulo 12

ESPAÇO EXTERIOR SOB A ÓTICA DA COOPERAÇÃO, DO DESENVOLVIMENTO E DA PAZ

Carlos Eduardo Valle Rosa

Introdução

O Espaço Exterior tem chamado a atenção da mídia, de alguns *think tanks*, de especialistas que, por meio de notícias, relatórios e documentos oficiais enfocam o potencial conflituoso nesse novo domínio geográfico. Essa é uma perspectiva preocupante e merece atenção, em função das consequências que os processos como o de militarização e armamentização do espaço, que efetivamente estão em curso (Dolman, 2002), podem gerar na limitação da utilização das tecnologias espaciais pela humanidade.

Mas qual seria essa perspectiva? Talvez a melhor forma de a caracterizar seria buscar três palavras que têm definido a atividade espacial contemporânea. Na verdade, desde 2011, durante a administração de Barack Obama, os Estados Unidos da América já haviam identificado o espaço exterior a partir dessa caracterização (United States of America, 2011).

Em primeiro lugar, a palavra ‘congestionado’. Ela se refere a uma eventual ocupação das órbitas terrestres de forma que o acúmulo de ativos espaciais transforma essa área geográfica em um espaço onde não haveria lugar para todos. Consoante com essa visão, sobrepõe-se o tema do lixo espacial. De forma crescente e, aparentemente, incontrolável, a geração de lixo espacial em função da atividade humana, desde peças de foguetes que se depreendem nas diversas fases de voo, até os *debris* resultantes de detonações explosivas no espaço, transformariam as órbitas terrestres, em especial as órbitas baixas, em um espaço geográfico não mais habitável por satélites e outros sistemas espaciais. Autores já compararam esse fenômeno do congestionamento a um câncer (Aydin, 2019), que estaria a inviabilizar a ocupação das órbitas e gerar consequências catastróficas para a humanidade.

A outra caracterização da perspectiva que tem sido postulada está na palavra ‘competitivo’. Parte dessa problemática está associada ao conceito de *New Space* (Golkar e Salado, 2021), onde a crescente participação de empresas privadas na exploração espacial estaria trazendo ao mercado espacial fatores de competição comercial diferentes daqueles até então observados. Trata-se de uma expansão da tradicional atividade espacial do setor público e governamental, estatal por natureza, que caracterizou a corrida espacial da Guerra Fria, para um novo perfil da atividade, que tem sido chamada de “segunda corrida espacial” (Fawkes, 2006). Nela,

participam atores estatais clássicos, como Rússia e EUA, novas potências espaciais, como Índia e China, mas também atores com menor dimensão e influência no cenário espacial, estados que buscam desenvolver capacidades espaciais mais significativas, como é o caso do Brasil. Além disso, a entrada das empresas privadas no cenário econômico estaria a tornar a exploração espacial uma atividade competitiva ao extremo.

Completando a caracterização, a palavra ‘contestado’, cujo significado está associado às teorias das relações internacionais de matiz realista, e à própria natureza da geopolítica clássica, como a questão do espaço vital (*o lebensraum*) ou a expansão de fronteiras na direção das regiões politicamente valiosas (Ratzel, 1892), fenômeno que teria caracterizado a expansão de impérios e da própria humanidade ao longo da história.

A ideia em torno desse conceito direciona-se evidentemente para a questão da segurança espacial, especificamente naquilo que tem se chamado de capacidades *counterspace* (contraposição espacial). À luz de alguns relatórios de organizações não-governamentais e de alguns pesquisadores (Swope et al., 2024; Weeden e Samson, 2024), que trabalham com fontes abertas, as principais potências espaciais e alguns estados aspirantes a essa condição estariam a desenvolver armas para uma guerra no espaço. Dentre elas, mísseis antissatélite que destroem sistemas espaciais em órbita, sistemas que realizam operações de proximidade em satélites ou armas de energia dirigida, além dos dispositivos de interferência eletrônica que parecem ser a capacidade mais bem desenvolvida.

Apesar da forte tendência em se explorar a atividade espacial a partir dessas premissas de espaço congestionado, competitivo e contestado (conhecida como “3C”), o enfoque do Ensaio explora argumentos divergentes dessa aproximação. Não se pretende ignorar que haja fundamento nos pontos de vista que levam à caracterização “3C”, que estão, em maior ou menor grau, presentes na contemporaneidade. Entretanto, o ponto de vista discutido no texto pretende oferecer uma visão baseada em premissas distintas, centralizadas na percepção do espaço exterior como espaço geopolítico viável para nossas sociedades.

Assim é que proporemos uma apreciação do espaço exterior sob patamares que focam na cooperação, no desenvolvimento socioeconômico e do progresso pacífico da humanidade, justamente tentando estabelecer uma contraposição às palavras que discutimos anteriormente. Não se trata de uma argumentação idealista, irreal ou utópica. Ao contrário, a proposta é a percepção desse espaço geográfico sob perspectivas integradas, colaborativas e de cunho desenvolvimentista, cujo propósito final é a dinamização da exploração espacial como atividade de interesse da humanidade.

1 COOPERAÇÃO

A palavra cooperação pode substituir a palavra competição. A cooperação pode ser estudada a partir de dois pontos de vista: a cooperação entre os estados e a cooperação entre o setor público e o privado.

A cooperação estatal internacional está na gênese da própria corrida espacial. Mesmo nos anos iniciais da Guerra Fria, ficaram patentes iniciativas como as do presidente Dwight Eisenhower em prol de um ambiente tecnologicamente favorável à cooperação com a União Soviética, por mais improváveis que pudessem parecer, em especial na direção da legislação internacional. Walter McDougall (1997, p. 181) cita que “A cooperação internacional parecia desejável do ponto de vista científico, político e psicológico” aos Estados Unidos, naquele momento crucial das relações internacionais. A missão conjunta Apollo-Soyuz, em 1975, expressa essa possibilidade, quando uma nave espacial americana e uma soviética se encontraram no espaço, simbolizando um marco de cooperação espacial em um momento de tensão global (NASA, 2010).

Há que se reconhecer que, mesmo em períodos conturbados da história, tentativas de cooperação internacional estiveram na agenda dos estados. Sob o ponto de vista da complexidade, tanto política como tecnológica, a Estação Espacial Internacional (*International Space Station* – ISS) talvez seja o exemplo mais duradouro desse tipo de iniciativa (NASA, 2023). A ISS é um esforço global que contempla 15 nações, inclusive EUA e Rússia, em um empreendimento na órbita baixa terrestre que já hospedou 18 astronautas desde 1998, inclusive um brasileiro, conduzindo experimentos científicos de interesse geral. O sentido de compartilhamento de tecnologias, união de esforços, distribuição de conhecimentos e habilidades de diversos países, permite maximizar os resultados e minimizar os custos.

Importante no campo da cooperação estatal internacional é o compartilhamento de consciência situacional espacial, conhecida como SSA (*Situational Space Awareness*). A “Convenção sobre o Registro de Objetos Lançados ao Espaço”, que entrou em efetividade no ano de 1974, é um mecanismo de cooperação internacional relativo à SSA cujo principal objetivo é fornecer aos Estados um meio de auxiliar na identificação de objetos espaciais (UNOOSA, 2024a). Por meio desse registro cartorial, há um compartilhamento de SSA. Além dessa iniciativa, alguns Estados compartilham as informações de seus sensores satelitais permitindo que haja prevenção de colisão de satélites, colaboração internacional no gerenciamento de tráfego espacial e informações essenciais para se evitar os detritos espaciais, que podem causar sérios danos aos sistemas em órbita.

Outra iniciativa colaborativa que merece destaque é o Programa Artemis da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Segundo essa Agência, o Programa visa reiniciar a exploração da Lua com fins científicos, inclusive com a possibilidade de construção de estruturas habitadas em caráter permanente nesse corpo celeste (NASA, 2024). Nas missões do programa estão previstas a ida da primeira mulher e do primeiro homem negro para caminhadas lunares. O programa contempla uma série de acordos internacionais e até o momento 43 países aderiram a esses acordos, inclusive o Brasil (Brasil, 2022), comprometendo-se a estabelecer um futuro pacífico e próspero no

espaço. Além da cooperação estatal, dentro do escopo do Artemis estão concentradas fortes parcerias entre o setor público e empresas privadas. Exatamente esse é o ponto que deriva para a segunda forma de cooperação que gostaríamos de enfatizar.

A colaboração entre o setor público e o privado desempenha um papel crucial na exploração espacial. Governos e agências espaciais, como a NASA e a ESA, fornecem o financiamento inicial e a infraestrutura necessária para a pesquisa e desenvolvimento, enquanto empresas privadas, como *SpaceX* e *Blue Origin*, trazem inovação, eficiência e novas tecnologias para o campo. Este modelo de parceria público-privada permite que projetos espaciais avancem mais rapidamente e de maneira mais econômica. Por exemplo, a *SpaceX* conseguiu reduzir significativamente os custos de lançamento de foguetes através de suas tecnologias de reutilização. Segundo Jones (2018) houve uma redução de US\$ 54.500/kg na carga útil do ônibus espacial, na década de 1980, para US\$ 2.720/kg no foguete *Falcon 9*, da *SpaceX*, para as órbitas baixas terrestres.

No Brasil, há um esforço grande de viabilização do setor espacial por meio desse tipo de parceria. No caso do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), houve um primeiro momento de concretização desse tipo de cooperação. Um foguete da empresa INNOSPACE, sul coreana, foi lançado do CLA, a partir da celebração de um acordo público-privado que viabilizou a operação (AEB, 2023). De forma semelhante, o Estado brasileiro busca incentivar sua indústria aeroespacial na direção de gerar tecnologias que aperfeiçoem nossas capacidades espaciais.

Há muitas vantagens na cooperação. Ela promove a paz e a compreensão entre os povos, utilizando o espaço como uma plataforma para a colaboração pacífica e o desenvolvimento científico global. A sinergia propiciada pela cooperação internacional e público-privada pode potencializar ainda mais os benefícios da exploração espacial. Esforços conjuntos podem inspirar futuras gerações de cientistas, engenheiros e líderes a continuarem expandindo as fronteiras do conhecimento humano.

2 DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO

A exploração espacial desempenha um papel significativo no desenvolvimento socioeconômico global, impactando tanto países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Nas potências espaciais, como os EUA, a Rússia, a China ou a Índia, a indústria espacial é uma fonte crucial de inovação tecnológica e avanço científico. Programas espaciais impulsionam a pesquisa e o desenvolvimento de novos equipamentos e sistemas que frequentemente encontram aplicações práticas na vida cotidiana, como satélites de comunicação, sistemas de navegação GNSS (*Global Navigation Satellite System*) ou tecnologias de monitoramento ambiental e climático. Esses avanços não só melhoram a qualidade de vida, mas também criam novos mercados e oportunidades de emprego, fortalecendo a economia e mantendo a competitividade global desses países (UNOOSA, 2024b).

Para estados em desenvolvimento e países mais pobres, a exploração espacial pode ser uma ferramenta transformadora para o crescimento socioeconômico. Embora esses países possam não ter os recursos para liderar missões espaciais, eles podem se beneficiar significativamente da tecnologia e dos dados gerados por programas espaciais internacionais. Por exemplo, satélites de observação da Terra podem fornecer informações vitais para a agricultura, gestão de recursos naturais, monitoramento de desastres naturais, planejamento urbano ou a aplicação de serviços como a telemedicina ou a teleeducação. Países como o Quênia, o Vietnã e mesmo o Brasil já utilizam dados de satélite para melhorar a produção agrícola e a gestão de recursos hídricos, demonstrando como a tecnologia espacial pode ser aplicada para resolver problemas locais e melhorar o padrão de vida das populações.

Por esses motivos é urgente considerar a questão que a palavra congestionado traz para caracterizar o espaço exterior. Esse adjetivo implica considerar duas perspectivas: o espaço ocupado pela escassez dos *slots* orbitais e o espaço poluído por *debris* de origem humana.

Do ponto de vista de espaço ocupado, da década de 1960 até os dias atuais, houve um crescimento exponencial de ativos no espaço, de nações possuidoras de sistemas em órbita e de foguetes lançados. Essa dinâmica estratégica, apesar de aparentemente difusa, nos leva a observar mais atentamente alguns dados que expressam uma concentração da exploração espacial naqueles estados com maior potencial tecnológico. Um desses dados é exposto pela *Union of Concerned Scientists* (UCS), uma organização norte-americana sem fins lucrativos, que revela em um banco de dados, constantemente atualizado, que cerca de 70% dos satélites em órbita, em 2023, pertencem aos EUA (UCS, 2023).

Mas há um fato que gostaríamos de destacar, e que reforça a demanda por um entendimento coletivo de que o espaço exterior deve ser uma oportunidade de desenvolvimento socioeconômico global: a apropriação das órbitas geoestacionárias que abrigam importantes satélites de telecomunicações. Essas órbitas são espaços geográficos finitos, apesar da imensidão do Cosmos. Calcula-se que haja entre 1.800 e 2.000 *slots* orbitais para aposição de satélites nessas órbitas (Arnopolous, 1982) e que, em dados de 2023, já existam cerca de 600 satélites ocupando essas órbitas. Portanto, o que se deve perguntar é quem tem direito a essa apropriação? Em nossa percepção caberia a ideia de que o espaço deva ser distribuído igualmente, resguardando o princípio do *res communis* (UNOOSA, 1966), ao invés do que parece prevalecer que é o princípio do *uti possidetis*, segundo o qual os que de fato ocupam um território possuem direito sobre este.

Alinhado a esse problema ocorre um fator estratégico adicional, que é regulado pela União Internacional das Telecomunicações (*International Telecommunication Union – ITU*), órgão responsável pela distribuição de frequências entre os estados solicitantes. No caso da alocação de frequências para satélites geoestacionários, a ITU reconhece no Artigo 44 de sua Constituição que se trata de um recurso escasso, e que essa distribuição deve ser baseada em princípios de acesso equitativo e a não exclusão digital, como é o caso de reserva de frequências para países em desenvolvimento (ITU, 2024). Esse debate se

alinha com a questão do limite de *slots* orbitais geoestacionários. Contudo, mesmo que tenha havido avanços recentes no processo de alocação de frequências, enquanto recurso natural escasso há que se perguntar se esse tipo de bem não será, em breve, motivo de cobiça dos Estados mais poderosos tecnológica e militarmente.

Essas questões são vitais para o desenvolvimento socioeconômico, em especial daqueles estados com menor potencial na exploração espacial. Facilitar acesso às tecnologias e aos recursos espaciais fortalece capacidades científicas incipientes, promove a educação e inspira as novas gerações a se envolverem nas questões da exploração do espaço. Isso pode levar ao surgimento de indústrias tecnológicas locais, diversificando a economia e criando empregos qualificados. A exploração espacial é uma atividade que impulsiona a inovação tecnológica, fortalece a economia, oferece ferramentas indispensáveis para o progresso e a melhoria da qualidade de vida.

3 PROGRESSO PACÍFICO DA HUMANIDADE

Historicamente, os teóricos da geopolítica nos contam que a tecnologia tem tido o efeito de alterar o significado de determinadas relações espaciais (Pfaltzgraff Jr., 2011). Tecnologia se refere a um corpo de conhecimentos relativos a meios e métodos de se produzir algo [...] cada vez mais dependente de ciência. A tecnologia espacial tem potencial para tornar o mundo mais pacífico, justamente se opondo à palavra ‘contestado’, permitindo melhores interações sociais que aproximem as civilizações ao invés de distanciá-las.

Hoje, não há mais como se pensar a vida em sociedade sem dispositivos e ferramentas que permitem a conexão global, os serviços que facilitam a integração das populações, e de um sem-número de aplicativos que utilizamos cotidianamente nos aparelhos eletrônicos. Nessas interações efetivas e potenciais, a tecnologia dos sistemas satelitais contribui com impactos decisivos de natureza geopolítica, cujo foco deveria ser pacífico. Vejamos de que forma isso se estabelece.

Em primeiro lugar, na nossa capacidade de percepção espacial. O sensoriamento remoto com satélites nos levou a um repensar da atividade de mapeamento, com maiores detalhes na observação, com uma verdadeira visão global do planeta, e também do Cosmos, com a possibilidade de levantamentos de imagens em tempo real (Becker, 2007). Paradoxalmente, mesmo que tenham sido voltados para a exploração do espaço exterior, os satélites e espaçonaves deram maior impulso ao conhecimento da humanidade ao olhar de forma mais clara e direta à Terra, ao invés de vagamente a outros planetas similares. Nesse sentido, tivemos noção da nossa pequenez em relação ao Universo.

Em segundo lugar, na questão da localização, a tecnologia modifica o sentido de proximidade (Wilbanks, 2004). As telecomunicações permitem trocas de informação,

pelos satélites, que impulsionam mudanças sociais e políticas, dentre outras. Mas também pelo sentido de posicionamento geográfico, percepção dos arredores e interação global, por meio de aplicativos. Estamos mais próximos, independente de nossas crenças, raças ou religiões. A tecnologia espacial nos fez perceber como vizinhos, independente das distâncias. Parece que as dimensões astronômicas tornam irrelevante nosso senso diário de separação física. Basta dizer que a distância da Terra à Lua, o corpo celeste mais próximo, é equivalente a 10 circunferências em torno de nosso planeta.

Na questão do caráter dos lugares e das pessoas que lá vivem, a tecnologia permite comparações e influências sobre os modos de vida (Wilbanks, 2004). Tecnologias que usam a intercomunicação provida por satélites direcionam nossos comportamentos, como por exemplo nas mídias sociais, nos aplicativos de trocas de mensagens, reservas de passagens ou hotéis e mesmo aqueles que favorecem relacionamentos pessoais. O fato é que essas aplicações e as tecnologias associadas desempenham um papel fundamental na sociedade, capaz de afetar nossas vidas pessoais, sistemas políticos e estimular mudanças de grande relevância geopolítica. Toda essa tecnologia nos torna mais iguais, mais próximos e mais conscientes das realidades alheias.

O sentido crucial da tecnologia espacial inspira a humanidade a olhar para além de suas diferenças terrestres e a buscar objetivos comuns de grandeza e exploração (Schetsche, 2011). Quando os seres humanos olham para o Cosmos e contemplam a vastidão do Universo, muitas vezes se sentem unidos por uma impressão de admiração e humildade compartilhadas. Este sentimento de conexão cósmica pode, por sua vez, influenciar as relações internacionais, incentivando as nações a resolverem suas diferenças de maneira pacífica e cooperativa.

Considerações finais

Retomando a ideia dos “3C”, o espaço exterior tem sido amplamente caracterizado por aspectos relacionados a um ambiente congestionado, competitivo e contestado. Em nossa perspectiva, alinhando as ideias ao propósito de construção de um futuro construtivo e estável para essa fronteira da humanidade, o Ensaio ofereceu alguns contrapontos a essa caracterização.

Em síntese, buscou-se emprestar ao espaço exterior um estereótipo diferente, que se baseia em ideias de cooperação internacional, inclusive no escopo público e privado, de desenvolvimento socioeconômico e progresso pacífico para a humanidade.

Nada melhor do que encerrar o texto com uma adaptação da frase de Neil Armstrong, quando se tornou o primeiro homem a pisar na Lua: “A conquista do Espaço é um pequeno passo na história da humanidade, mas um enorme salto para o desenvolvimento e para a paz entre os homens!”.

REFERÊNCIAS

- AEB. Operação Astrolábio: saiba mais sobre o lançamento experimental do foguete HANBIT-TLV. **Agência Espacial Brasileira**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/operacao-astrolabio-saiba-mais-sobre-o-lancamento-experimental-do-foguete-hanbi>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- ARNOPOLOUS, P. The International Politics of the Orbit-Spectrum Issue. **Annals Air & Space Law**, v. 7, 1982. p. 215-240.
- AYDIN, I. **Geopolitics of Outer Space: Global Security and Development**. Washington: Westphalia Press, 2019.
- BECKER, B. K. A Amazônia e a política ambiental brasileira. In: _____ **Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007. p. 22-40.
- BRASIL. Participação no Programa Artemis é grande salto para Programa Espacial Brasileiro, afirma ministro. **Ministério da Ciência e Tecnologia - MCTI**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/06/participacao-no-programa-artemis-e-gran>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- DOLMAN, E. C. **Astropolitik. Classical Geopolitics in the Space Age**. London, Portland: Frank Cass, 2002.
- FAWKES, S. The Second Space Race. **Journal of the British Interplanetary Society**, vol. 59, 2006. p. 364-367.
- GOLKAR, A.; SALADO, A. Definition of New Space: Expert Survey Results and Key Technology Trends. **IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems**, Vol. 2, N° 1, mar. 2021. p. 2-9.
- ITU. **Constitution of The International Telecommunication Union**. Geneva: International Telecommunication Union, 2024. Disponível em: <https://www.itu.int/en/council/Documents/basic-texts/Constitution-E.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- JONES, H. W. **The Recent Large Reduction in Space Launch Cost**. 48th International Conference on Environmental Systems. Albuquerque, New Mexico: 8-12 July. 2018.
- MCDUGALL, W. A. **The Heavens and The Earth: A Political History of the Space Age**. Baltimore, London : The Johns Hopkins University Press, 1997.
- NASA. The Apollo-Soyuz Mission. **NASA**, 2010. Disponível em: <https://www.nasa.gov/missions/apollo-soyuz/the-apollo-soyuz-mission/>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- NASA. International Space Station. **NASA**, 2023. Disponível em: <https://www.nasa.gov/reference/international-space-station/>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- NASA. Artemis. **NASA**, 2024. Disponível em: <https://www.nasa.gov/feature/artemis/>. Acesso em: 08 jul. 2024.

- PFALTZGRAFF JR., R. L. International Relations Theory and Spacepower. In: LUTES, C. D., et al. **Toward a Theory of Spacepower**: selected essays. Washington: National Defense University Press, 2011. p. 37-56.
- RATZEL, F. As Leis do Crescimento Espacial dos Estados. In: MORAES, A. C. R. **Ratzel**. São Paulo: Ática, 1892.
- SCHETSCHKE, M. T. Encounters among the stars – exosociological considerations. In: LANDFESTER, U., et al. **Humans in Outer Space**: Interdisciplinary Perspectives. Mörlenbach: Springer-Verlag/Wien, 2011. p. 102-116.
- SWOPE, C. et al. **Space Threat Assessment 2024**. Washington: Center for Strategic and International Studies, 2024.
- UCS. UCS Satellite Database May 1, 2023. **Union of Concerned Scientists**, 2023. Disponível em: <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- UNITED STATES OF AMERICA. National Security Space Strategy – Unclassified Summary. Washington : Department of Defense and The Office of the Director of National Intelligence, 2011.
- UNOOSA. **Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies**. Viena: United Nations Office for Outer Space Affairs, 1966. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outerspacetreaty.html>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- UNOOSA. Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space. **United Nations Office for Outer Space Affairs**, 2024a. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introregistration-convention.html>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- UNOOSA. **The “Space2030” Agenda**: Space as a Driver of Sustainable Development. Viena: United Nations Office for Outer Space Affairs, 2024b.
- WEEDEN, B.; SAMSON, V. **Global Counterspace Capabilities**: na open source assessment. Washington: Secure World Foundation (SWF), 2024.
- WILBANKS, T. J. Geography and Technology. In: BRUNN, S. D.; CUTTER, S. L.; HARRINGTON JR., J. W. **Geography and Technology**. New York: Springer Science+Business Media, 2004. p. 3-16.

Capítulo 13

CROSS-DOMAIN INNOVATION: DEVELOPING A SUPERSONIC RAMJET ANTI-SHIP MISSILE USING SPACE STANDARDS AND ROCKET TECHNOLOGY

*Rogério Luiz Verissimo Cruz
Carlos Alberto Gurgel Veras
Olexiy Shynkarenko*

Introduction

The vast Brazilian Exclusive Economic Zone, spanning 3.6 million square kilometers, presents significant surveillance and defense challenges for the Brazilian Navy. Securing this region requires advanced anti-ship missiles with medium to long-range capabilities. Historically, Brazil has made substantial progress in developing solid-propellant engines for sounding rockets and short-range surface-to-surface missiles (Garcia et al., 2011). Currently, Brazil is advancing its missile technology with the development of the MANSUP¹, a subsonic missile powered by gas turbine jet engines, capable of a 70 km range (Wiltgen, 2020).

In parallel, ongoing research is exploring the potential of hypersonic technology (Martos, 2017). Nevertheless, Brazil's experience with supersonic missiles remains relatively limited.

Ramjet propulsion offers a promising avenue for supersonic missile development, though it remains a specialized field with limited research worldwide. To address this gap, the current study focuses on developing numerical tools for designing supersonic anti-ship missiles, adhering to European Cooperation for Space Standardization (ECSS) guidelines (ECSS, 2017). These tools include an external ballistics code to model the missile's trajectory, a propulsion system design code for both liquid and solid propellants, and a third code to predict the missile's baseline configuration using established correlations. By integrating an off-the-shelf, space-qualified booster and refining the system iteratively, the study aims to identify a preliminary missile configuration that meets specific mission requirements.

¹ The MANSUP (Míssil Antinavio de Superfície) is a Brazilian all-weather, over-the-horizon anti-ship missile with the goal of achieving performance comparable to that of the Exocet missile Block II.

The findings present a medium-range supersonic missile with a ramjet engine, weighing 253 kg, and capable of carrying a 100 kg payload over 160 km in under four minutes, reaching Mach 2.8 at 13,000 meters.

1 TACTICAL MISSILES AND MISSION CONCEPTS

Missiles, as self-propelled guided weapons, are classified as either strategic or tactical depending on factors such as mission purpose, warhead type, flight range, cost, inventory, and frequency of use in both combat and deterrence scenarios (Fleeman, 2012). While the MANSUP represents a significant advancement in Brazil's tactical missile capabilities, subsonic missiles may face challenges in successfully engaging well-defended naval task forces in highly defended scenarios.

As discussed in Dutta (2014), a ship's defense time (t_1) to intercept the threatening missile, after detection, is given by:

$$t_1 = \frac{r_{L1} - (\tau + t_L)V_{ASCM}}{V_{int} + V_{ASCM}} \quad (1)$$

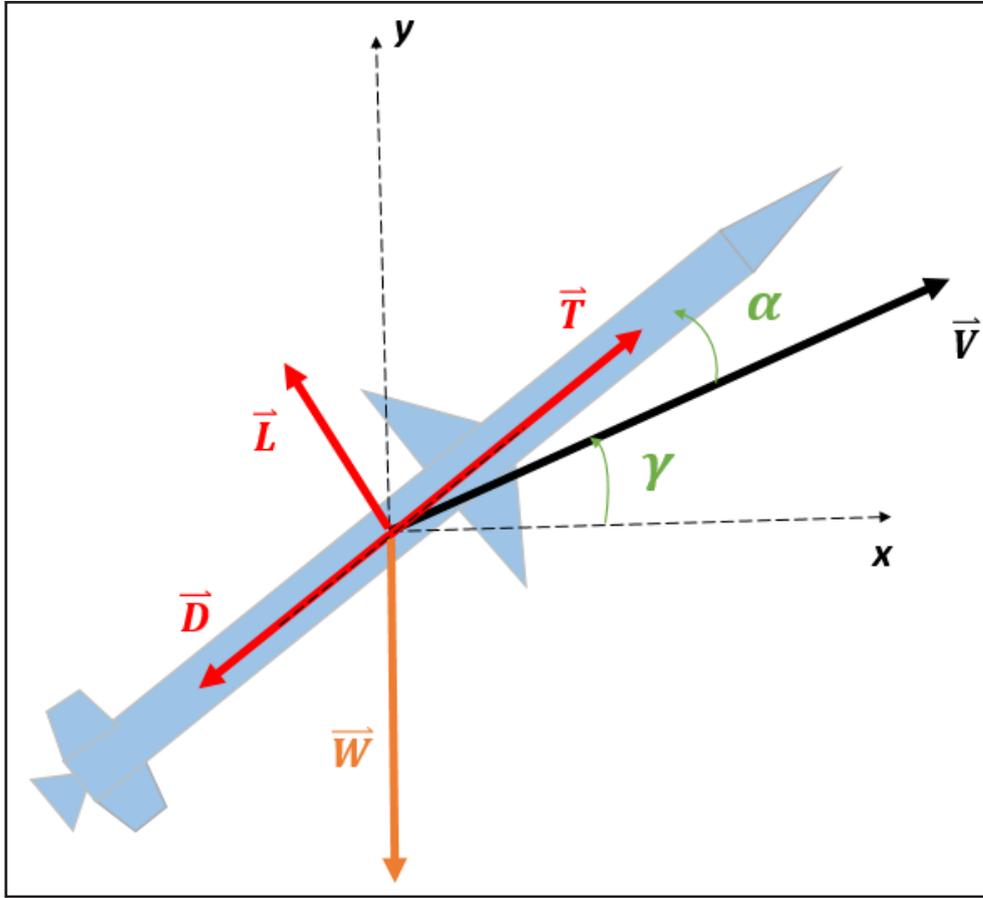
In Eq. (1), r_{L1} represents the interceptor launch range, τ is the initial reaction time, t_{Lis} the inter-firing time, V_{ASCM} is the anti-ship cruise missile velocity, and V_{int} is the interceptor velocity.

The detection range of an attacking missile depends on factors like radar cross-section, radar height, and flight altitude of the Anti-Ship Cruise Missile (ASCM). Low-altitude flight and small-diameter, high-speed missiles reduce interception time, enhancing target hit probability. However, high-speed flight ($M \geq 2.5$) at low altitudes increases drag due to high air stagnation. Therefore, cruising stages are advised at higher altitudes, while coasting phases near the target approach are at lower altitudes. As such, both high-speed and small diameter are critical design inputs for developing process.

2 EXTERNAL BALLISTICS

Figure 1 shows the main forces acting on a missile in flight, with its orthogonal frame in motion. The operational concepts and system architecture follow the aerodynamic, propulsion, and trajectory equations outlined by Fleeman (2012). The missile's flight path is estimated using a force balance approach, factoring in thrust, drag, weight, and lift on a material point. This simplifies the system to a two-degree of freedom model. In Figure 1, the flight path angle (γ) and angle of attack (α) are measured relative to the rocket axis (Campos; Gil, 2018).

Figure 1 – Forces acting on a flying missile (2DOF).



Fonte: Os Autores.

The main equations of motion (2-DOF) are given by:

$$m(t) \frac{dV}{dt} = -W \sin(\gamma) - D \cos(\alpha) - L \sin(\alpha) + T \cos(\alpha + \varphi) \quad (2)$$

$$m(t) V \frac{d\gamma}{dt} = -W \cos(\gamma) - D \sin(\alpha) - L \cos(\alpha) + T \sin(\alpha + \varphi) \pm m(t) VK \quad (3)$$

$$W = m(t)g \quad (4)$$

$$D = \frac{1}{2} C_d(\alpha) A_{ref} \gamma_{air} P_{air} M^2 \quad (5)$$

$$L = \frac{1}{2} C_n(\alpha) A_{ref} \gamma_{air} P_{air} M^2 \quad (6)$$

$$F = (\dot{m}_{air} + \dot{m}_f) V_e - \dot{m}_{air} \dot{V}_{cf} - (P_e - \dot{P}_{cf}) A_e \quad (7)$$

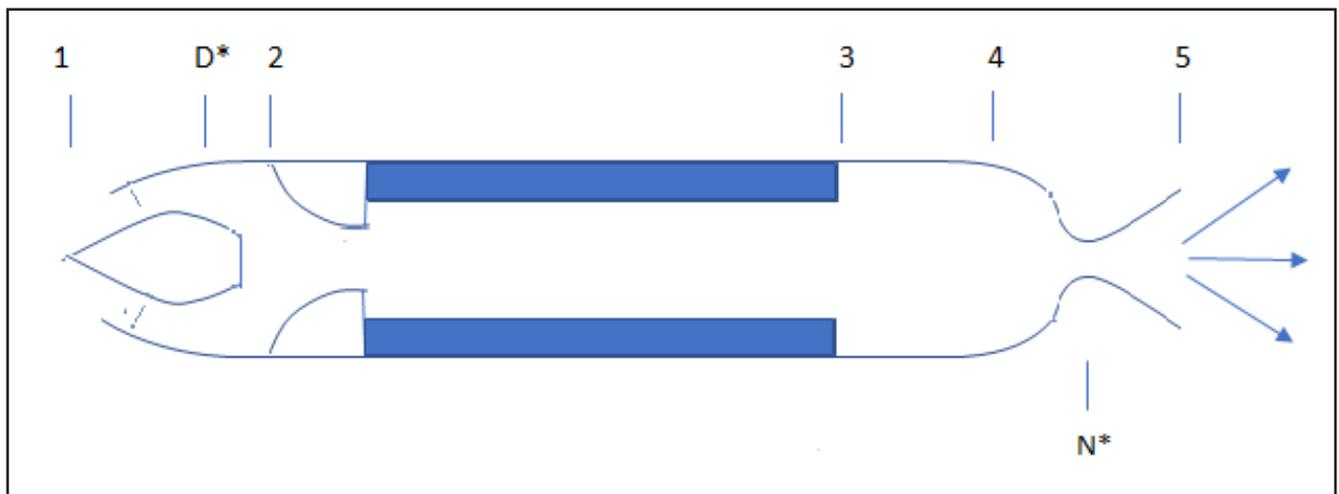
In Eq (5) and (6), $C_d(\alpha)$ and $C_n(\alpha)$ represent the drag and lift coefficients, respectively. A_{ref} refers to the missile's reference area, while γ_{air} and P_{air} denote the air's specific heat ratio and static pressure, respectively. M is the missile's Mach number. The drag and lift

correlations for the body, fins, and tail are extracted from Fleeman (2012). The effects of wave, ram, and skin drag are computed across a range of flight regimes, from low subsonic to high supersonic. Additional equations for flight altitude and range are incorporated into the basic code, as detailed by Cruz (2023). An atmospheric code has been integrated into the main framework to account for air pressure and temperature variations at altitudes up to 50,000 meters. It is assumed that trajectory adjustments are achieved through control surfaces, allowing for changes in flight angles of up to 40 degrees (Lesieutre *et al.*, 1987). For a 2-degree-of-freedom (DOF) model, these path angles are adjusted by appropriately setting a constant $\pm k$ in the equation of motion. The set of equations is implemented in the Engineering Equation Platform, where the combined solution is obtained using the equation-based Integral function directive.

3 INTERNAL BALLISTICS

Engine main parameters at the stations, provided in Fig. 2, are obtained after solving the system of equations for mass and energy conservation, assuming ideal gas behavior and isentropic processes, respectively, where i refers to engine stations (1-5) as depicted in Fig. 2. The ramjet internal ballistics code follows that proposed by Struchtrup (2014). Modeling details can be seen in Cruz (2023).

Figure 2 – Ramjet engine main stations.



Fonte: Os Autores.

An isentropic diffuser is considered in the current design to maximize the ramjet performance. For station $i=1$, pressure and temperature are obtained from the atmospheric condition at the missile flight altitude and velocity. Actual intake pressure recovery is obtained using the NASA (2021) correlation for military application. The combustion process is isobaric, and material constraint limits the exit gas temperature ($T_3 < 1700$ K). The thermodynamic states at the burner exit determine the inlet state of the nozzle

entrance. The remaining thermodynamic conditions at N^* and station 5 are determined using the same methodology as the diffuser's (Struchtrup, 2014). The combustor port area (A_3) is given by the solid fuel combustion regime, which should be dominated by convective heat transfer. The solid fuel mass flux, internal receding area, and density, combined with the average fuel regression rate, help determine the fuel grain length. The literature describes the fuel regression mechanisms and models for paraffin and polyethylene employed in ramjet and hybrid rocket propulsion. The mostly used correlation is in the form of:

$$\dot{r} = \frac{dr}{dt} = aG^n \quad (8)$$

Schulte *et al.* (1987) proposed the following ballistic coefficient for polyethylene burning in hot air: $a = 0.031$ and $n = 0.37$. In Eq. (8), the mass flux is expressed in $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$, and the regression rate in mm/s . Li *et al.* (2020) measured regression rates of 0.198 and 0.218 mm/s for paraffin (PA)/polyethylene (PE) blends under a mass flow of 7.792 $\text{g}/\text{cm}^2\text{s}$ of hot air, compared to 0.927 mm/s for pure paraffin. Azevedo *et al.* (2019) reported regression rates exceeding 1.5 mm/s for pure paraffin in vitiated air, with constants $a = 0.279$ and $n = 0.34$. Kin *et al.* (2015) showed that increasing polyethylene mass fraction in paraffin reduces the regression rate; a 30% decrease is observed with 5% PE (300 $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$). Based on this, suitable blends for average regression rates between pure polyethylene and pure paraffin can be identified. In the absence of a published specific correlation, we suggest altering the coefficient a in Eq. (8) while keeping n , as found by Azevedo *et al.* (2019). For the present study, the proposed regression rate correlation is then $\dot{r} = 0,069G^{0,34}$. At 300 $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$, regression rates below 0.5 mm/s are ideal for long-range missiles, suggesting a polyethylene mass fraction in paraffin of 30% to 50%, consistent with trends observed by Li *et al.* (2020).

4 NUMERICAL SOLUTION AND CODE VALIDATION

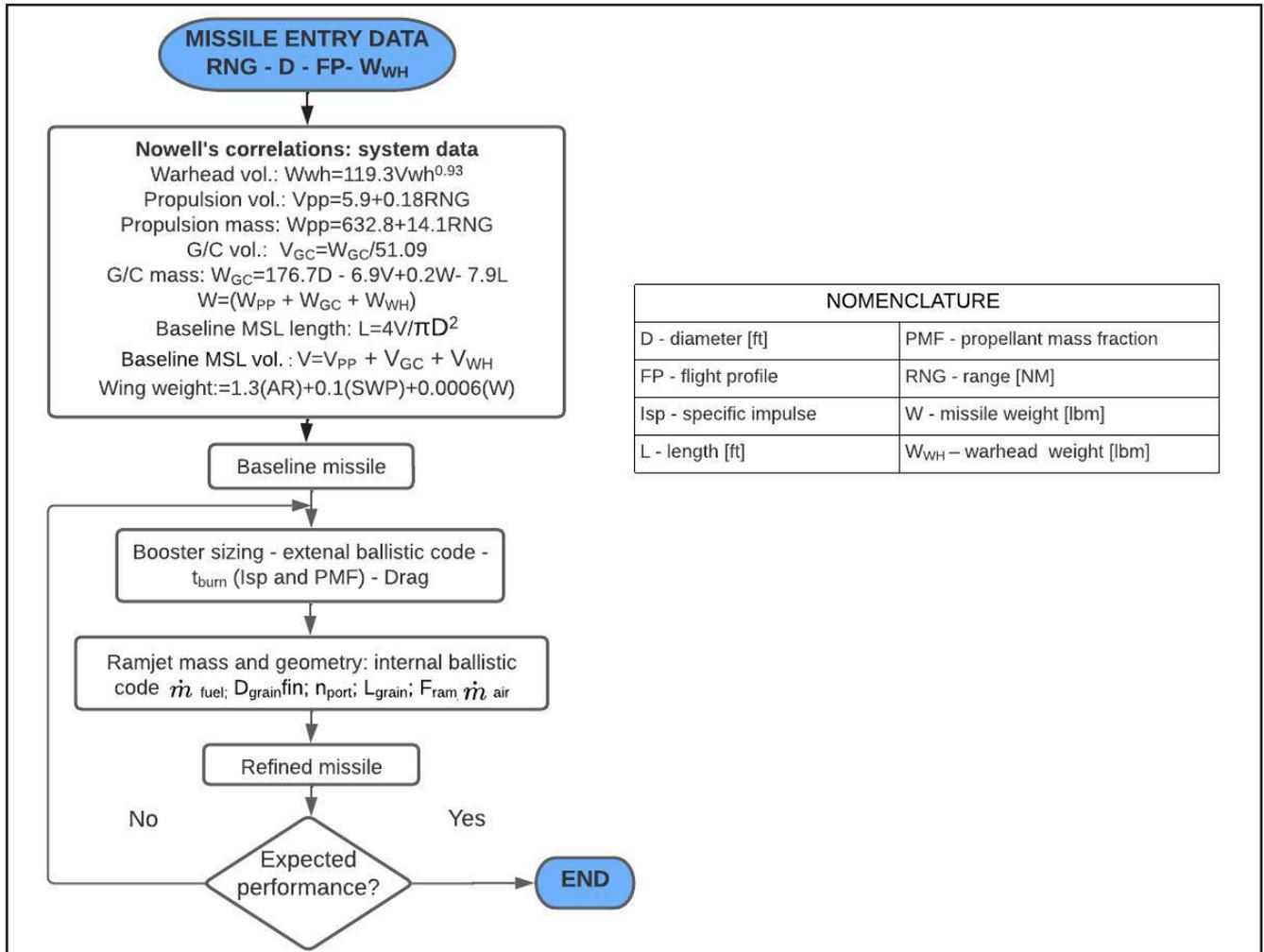
The Engineering Equation Solver (EES) was utilized to implement a set of equations for solving coupled non-linear algebraic and differential equations (Klein, 2013). Drag and lift forces at specific missile angles of attack were computed using correlations from Fleeman (2012), integrated as functions and procedures within the EES external library for accessibility. Air density, static pressure, speed of sound, and temperature variations with altitude were calculated up to 50,000 m using the EAM atmospheric model (2021), ensuring precise thermodynamic data. Validation of the internal ballistics code involved comparing ramjet engine predictions with a multi-platform rocket engine analysis tool (Ponomarenko, 2014), demonstrating deviations in chamber thrust and effective velocity below 2% and chamber geometries exhibiting minor differences (less than 6.5%).

For the external ballistics code validation, we used the mission profile of the Aerobee 150A sounding rocket available in the NASA Technical Report R-226 (Busse, 1966). The result differed by less than 5% from the confirmed sounding rocket flight peak height, as discussed in Cruz (2023).

5 METHODOLOGY

The process begins with defining a basic missile configuration. This is followed by an iterative design phase, refining the solution to meet the specified performance requirements, as shown in Figure 3.

Figure 3 – Flow chart for missile preliminary design.



Fonte: Os Autores.

The baseline missile design is derived from the Nowell (1992) correlation in Fig. 3, which defines the masses and geometries for guidance-control, warhead, and propulsion based on system diameter and range. The warhead mass also is a fixed system requirement. During the system refinement, the masses and geometries of the warhead and guidance-control remain constant. Therefore, the primary goal of the code is to design booster and ramjet sustainer engines capable of meeting the mission’s specifications. The overall system’s mass, as estimated from Nowell’s correlations, is adjusted to account for structural weight using Fleeman (2012) suggestions.

The ramjet engine's dry mass is estimated using the vessel thickness calculation method from Buthod (2001). In the initial refinement, key parameters such as ramjet intake area, initial and final fuel diameters, and engine length are determined. The process continues until the total missile mass change is less than 1% between successive iterations.

6 RESULTS AND DISCUSSIONS

The integration of the space-qualified rocket FTI (Foguete de Treinamento Intermediário) from Avibras into the ramjet missile system significantly reduces both development risks and costs for the overall system. The FTI booster specifications include a mass of 360 kg, length of 3,305 mm, and diameter of 300 mm, utilizing ammonium perchlorate composite propellant with a total mass of 253 kg.

Following the preliminary design approach, integrating the ramjet missile with the FTI booster requires meeting specific requirements, including delivering a 100 kg warhead to a range of 120 km. Using correlations from Figure 3, baseline masses for missile subsystems are determined: 55 kg for guidance control, 581 kg for propulsion, and 100 kg for the warhead. With the FTI booster's weight of 360 kg, the baseline ramjet engine weight is set at 183 kg for refinement. The correlations also predict a total missile mass of 898 kg, length of 9.4 meters, and wing/tail area of 0.26 m².

During the initial simulation run, the booster accelerates the baseline missile to Mach 2.8 at an altitude of 13,000 m before separation. At these conditions, drag forces exceed 11 kN at the start of the cruise phase, primarily due to the ramjet engine intake. The internal ballistic code crucially considers the gross thrust of the ramjet sustainer and its burning characteristics, operating at a maximum temperature of 1,388 K with an initial fuel port diameter of 180 mm, maximum pressure around 3.9 bar, and an intake area of 0.025 m² corresponding to a diameter of 215.6 mm at the diffuser entrance.

The final combustion port diameter was constrained to 296 mm, allowing the ramjet to burn for 143 seconds and achieve a range of 167 km. Table 1 shows the main thermodynamic properties and geometries of the ramjet sustainer:

Table 1 – Ramjet engine main parameters.

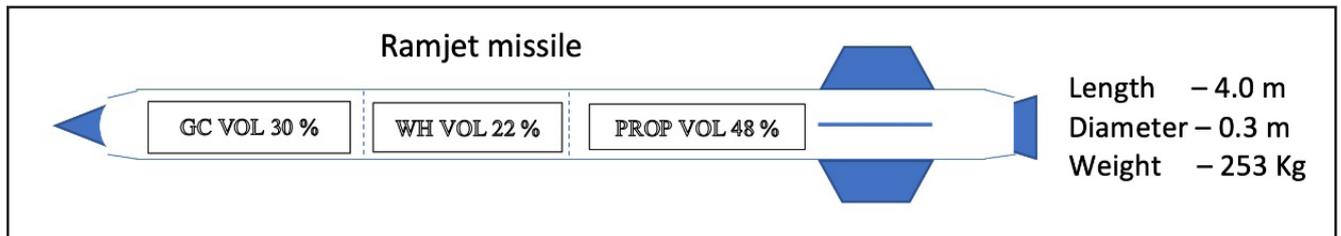
Parameter	Station 1	Station 2	Station 4	Station 5	Engine
P (bar)	0.166	3.314	3.192	0.166	-
T (K)	216.7	553.3	1679 - 1384	714 - 588	-
D (mm)	215.16*	270	295	289.5	-
\dot{m} (kg/s)	8.05	8.05	8.25	8.25	-
Mach (-)	2.8	< 0.3	< 0.1	2.643	-
F (kN)					10.51 (gross)
I_{sp} (s)					1,991
PMF					66%

Fonte: Os Autores.

The ramjet sustainer, totaling 199 kg with dimensions of 4,000 mm in length and generating approximately 11 kN thrust, was further detailed, including a 29 kg propellant and 15 kg dry engine weight. The overall missile subsystem weights and sizes were determined as 613 kg and 7,600 mm long with a 300 mm external diameter. The ramjet exhibited a propellant mass fraction of 66% and a specific impulse of 1,991 s, confirming its efficiency for supersonic flight.

Figure 4 illustrates the configuration of the ramjet missile subsystems, excluding the booster, with the guidance control, warhead, and propulsion subsystems occupying 30%, 22%, and 48% of the total missile volume, respectively.

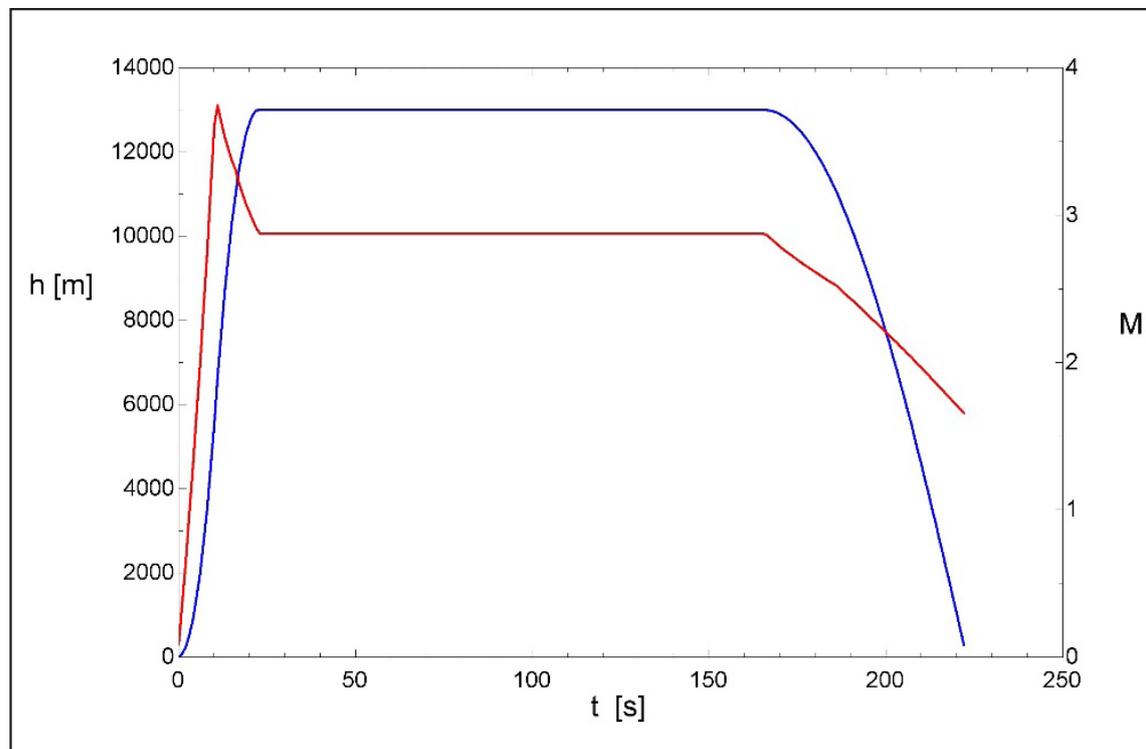
Figure 4 – Subsystems volume arrangement.



Fonte: Os Autores.

Figure 5 depicts the altitude and velocity profiles of the missile across its ascent, cruise, and coasting stages. Notably, the missile achieves speeds up to Mach 3.7 during ascent and maintains Mach 2.8 throughout cruise flight, culminating in impact at Mach 1.65 after 3.7 minutes and a steep descent angle of -41 degrees.

Figure 5 – The missile flight altitude and velocity.

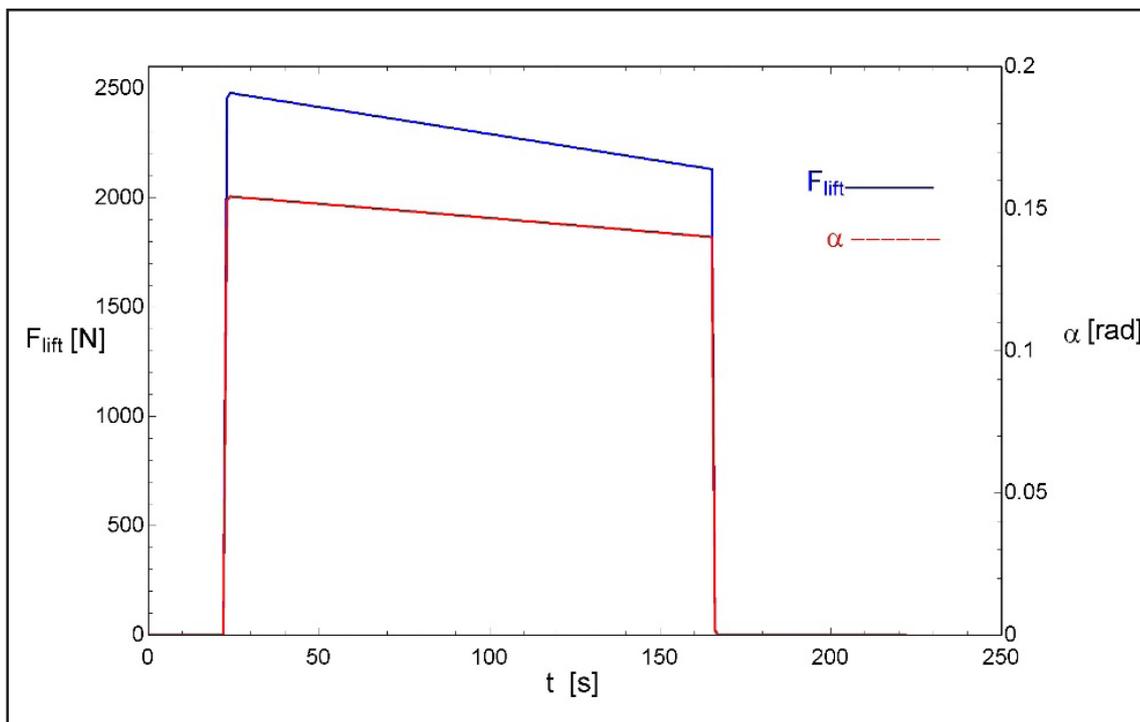


Fonte: Os Autores.

The initial pitch angle (γ) was set to 85 degrees for fast ascension to the cruising conditions at about 8 km from the launch site. The maximum missile velocity occurs 11 s after takeoff, just prior to the booster engine burnout. Booster cold separation follows, and the pitch angle is adjusted for near-horizontal cruising flight, after which the missile ramjet engine is fired up and burns for 143 s.

During the cruise phase, lift counterbalanced gravitational forces by adjusting the angle of attack, as shown in Fig. 6. Lift forces vary from about 2,456 to 2,130 N, with an average angle of attack of 0.14 rad (8.2° degrees). The slight decay of the necessary lift comes from the reduction in system mass due to the consumption of the ramjet solid fuel.

Figure 6 – The lift force and angle of attack during the cruise flight.

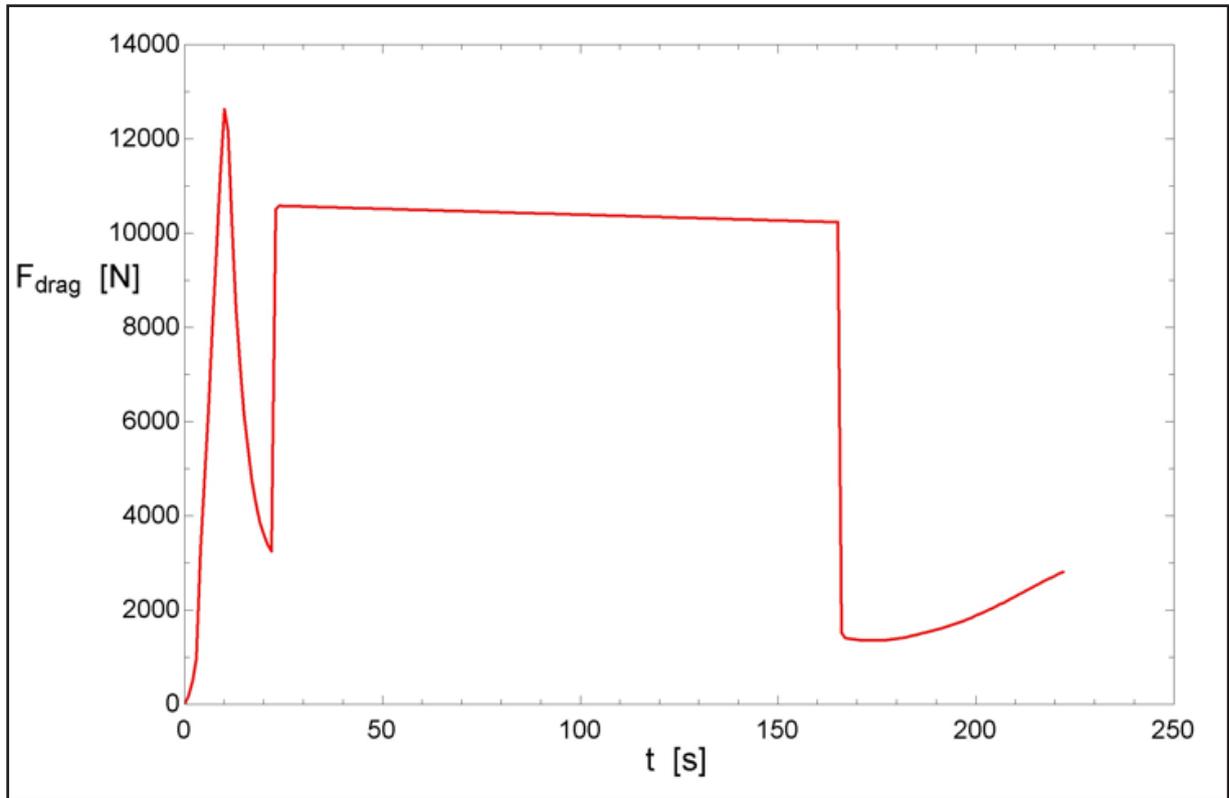


Fonte: Os Autores.

Figure 7 outlines the profile of drag forces experienced over flight time, peaking at 12.7 kN and gradually reducing to 3.6 kN during cruise flight. In the cruising stage, the drag forces range from 10 to 11 kN, and the ramjet intake and missile angle of attack were primary contributors to drag.

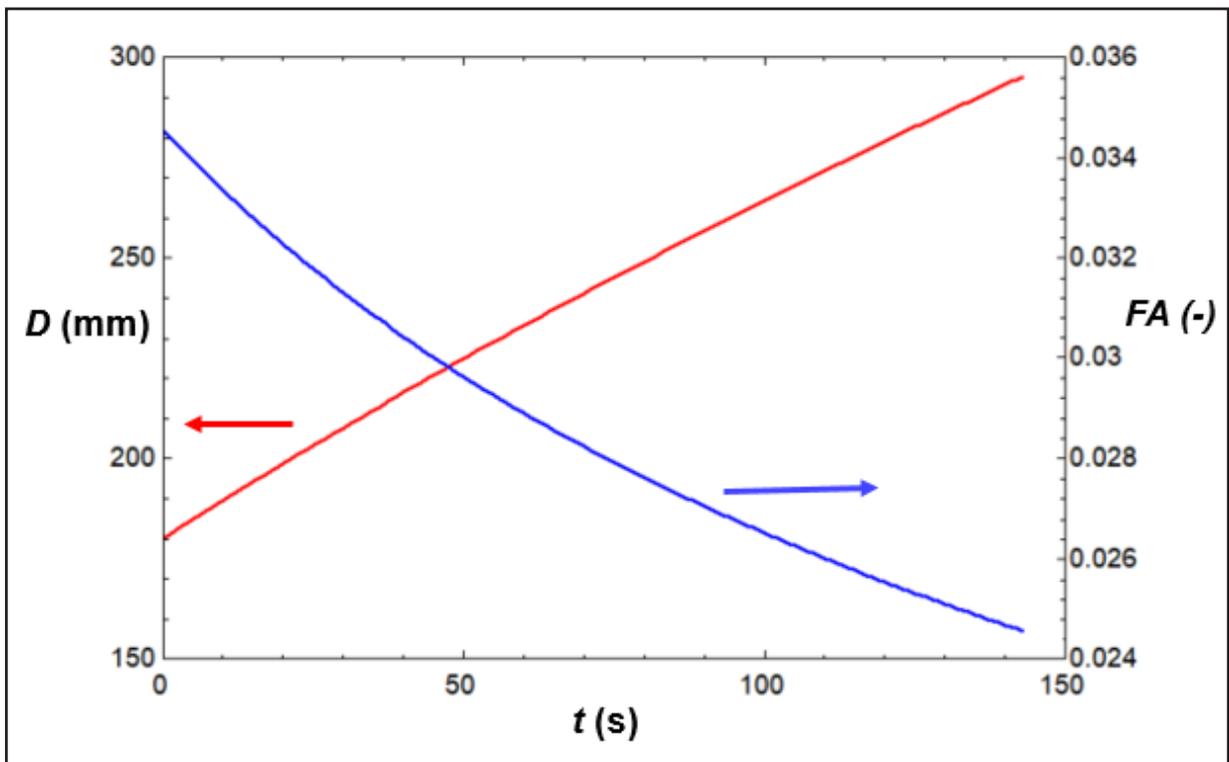
Figure 8 provides insight into the dynamic relationships between fuel grain diameter, fuel-to-air ratio, and cruise flight time. The port diameter ranges from 180 mm to nearly 300 mm throughout the 143-second operation of the ramjet. While the fuel grain length remains constant, the fuel-to-air ratio changes due to a decrease in fuel regression rate (from 0.49 mm/s to 0.35 mm/s).

Figure 7 – Total drag force during the flight



Fonte: Os Autores.

Figure 8 – Fuel grain port diameter and fuel-to-air ratio in cruise flight.



Fonte: Os Autores.

Table 2 summarizes the main parameters of the preliminary system configuration compared to the MGM 140 - BLK B (solid propellant) and the Harpoon (RGM-84) missile (turbojet engine). The proposed configuration performs better in radar signature (lower diameter) and total mass. It also exceeds RGM-84's performance and has a similar profile to MGM140 in range and speed.

Table 2 – Missiles comparison.

Parameter	Proposed missile	MGM-140 (bl. B)	RGM-84
Mass (kg)	613	1,670	683
Length (m)	7.6	4.0	4.6
Diameter (mm)	300	610	340
Density (kg/m ³)	1,179	1,017	1,025
Speed (Mach)	2.8	3.0	0.7
Warhead (kg)	100	160	221
Range (km)	167	165	130

Fonte: Os Autores.

Final considerations

Following ECSS Phase zero execution, the method allowed determining a system's basic configuration to accommodate the main missile subsections, i.e., guidance/control, warhead, and propulsion. Starting from a generic baseline reference grounded in the available correlations, the proposed process iteratively refines the proposed system by designing the ramjet sustainer engine for a set of missile requirements. The resulting prediction was an extended-range missile, based on a solid fuel matrix of paraffin and polyethylene, weighing 613kg, carrying 100 kg of high explosive material, traveling above 13,000 m altitude at near Mach 3, and reaching targets beyond 160 km distance. The system development cost was greatly reduced after integrating the ramjet missile into an existing solid-fuelled booster that is space-qualified and produced by the Brazilian industry.

REFERENCES

- WILTGEN, G. MANSUP: A Construção de um míssil do “impossível” à realidade; **Defesa Aérea & Naval**, [s./], 28 de jan. de 2020. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/naval/mansup-a-construcao-de-um-missil-do-impossivel-a-realidade>. Acesso em: 20 set. 2024.
- Azevedo, V. A.; Alves, I.; Shynkarenko, O. Experimental investigation of high regression rate paraffin for solid fuel ramjet propulsion, **Proceedings of the AIAA Propulsion and Energy 2019 Forum**. Indianapolis, USA, August. DOI: 10.2514/6.2019- 3984, 2019.
- Busse, J. R.; Leffler, M. T. A. “**Compendium of Aerobee Sounding Rocket Launchings from 1959 through 1963**”. NASA Technical Report TR R-226; Goddard Space Flight Center, Greenbelt, USA, 1966.
- Buthod, P. **Pressure Vessel Handbook**. Oklahoma: Tulsa, 2001.
- Campos, L. M. B. C.; Gil, P. J. S. On Four New Methods of Analytical Calculation of Rocket Trajectories, **Aerospace**, 5(3), 88, 2018.
- Cruz, R. L.; Veras, C. A.; Shynkarenko, O. Paraffin-based ramjet missile preliminary design. **Advances in Aircraft and Spacecraft Science**, 10(4), 317, 2023.
- Dutta, D. “Probabilistic Analysis of Anti-ship Missile Defence Effectiveness”, **Defence Science Journal**, 64(2), 123-129. DOI:10.14429/dsj.64.3532, 2014.
- EAM, **Earth Atmosphere Model**; NASA, Cleveland, USA, 2021. Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/atmosmet.html>. Acesso em: 20 set. 2024.
- ECSS, **System Engineering General Requirements: European Cooperation for Space Standardization**, Noordwijk, The Netherlands, 2017. Disponível em: <https://ecss.nl/standard/ecss-e-st-10c-rev-1-system-engineering-general-requirements-15-february-2017/>. Acesso em: 20 set. 2024.
- Fleeman, E. L. **Missile Design and System Engineering**, American Institute of Aeronautics and Astronautics. Inc., USA: Reston, 2012.
- Garcia, A.; Yamanaka, S. S. C.; Barbosa, A. N.; Bizarria, F. C. P.; Jung, W.; Scheuerpflug, F. VSB-30 sounding rocket: History of flight performance, **J Aerosp Technol Manag**, 3, 325-330, 2011.
- Klein, S. A.; Nellis, G. **Mastering EES**, f-Chart software, USA: Madison, 2013.
- Krzycki, L. J. How to design, build and test small liquid-fuel rocket engines. (**No Title**), 1967.
- Lesieutre, D.; Mendenhall, M.; Nazario, S.; Hensch, M. Aerodynamic characteristics of cruciform missiles at high angles of attack. **Proceedings of the 25th AIAA Aerospace Sciences Meeting**. Reno, United States, 1987.
- Li, W.; Chen, X.; Zhao, D.; Wang, B.; Ma, K.; Cai, T. Swirling effect on thermodynamic performance in a solid fueled ramjet with paraffin-polyethylene, **Aerospace Science and Technology**, 107, 2020.

- Martos, J. F. A.; Rêgo, I.S.; Laiton, S. N. P.; Lima, B. C.; Costa, F.J.; Toro, P. G. P. Experimental investigation of Brazilian 14-XB hypersonic scramjet aerospace vehicle, **International Journal of Aerospace Engineering**, 2017.
- NASA, Inlet Performance; National Aeronautics and Space Administration, Cleveland, USA, 2021. Disponível em: www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/inleth.html. Acesso em: 20 set. 2024.
- Nowell Jr, J. B. **Missile total and subsection weight and size estimation equations**, Naval Postgraduate School Monterey CA, 1992.
- Ponomarenko, A. RPA – Tool for rocket propulsion analysis. Proceedings of the Space Propulsion Conference. Cologne, Germany, 2014.
- Schulte, G. Fuel regression and flame stabilization studies of solid-fuel ramjets, *Journal of Propulsion and Power*, 2(4), 301-304, 1986.
- Sidhu, W. P. S. Looking Back: The Missile Technology Control Regime. *Arms Control Today*, 37(3), 45, 2007.
- Struchtrup, H. *Thermodynamics and Energy Conversion*, Springer, Berlin, Germany, 2014.

BIOGRAFIAS DOS AUTORES

Capítulo 1 - UMA PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR PARA O PROBLEMA AMBIENTAL DOS DETRITOS ESPACIAIS

Alexandra Borges da Silva

Graduada em Letras (Português e Espanhol), com pós-graduação em Educação Ambiental. Mestranda em Economia da Defesa e Espacial na Universidade de Brasília UnB. Experiência no ensino de línguas e em projetos de sustentabilidade, com foco na relação entre inovação tecnológica e desenvolvimento econômico no setor espacial. Atualmente trabalha na Assessoria de Cooperação Internacional da Agência Espacial Brasileira (AEB).

Capítulo 2 - AS ATIVIDADES ESPACIAIS BRASILEIRAS E O DIREITO ESPACIAL

Ian Grosner

Procurador Federal lotado na Procuradoria Federal junto à Agência Espacial Brasileira. Mestre em direito aeronáutico e espacial pela Universidade de Leiden (Reino dos Países Baixos). Professor de direito espacial. Presidente do Grupo de Trabalho de Definição e Delimitação do Espaço Exterior junto ao Subcomitê Jurídico do Comitê para os Usos Pacíficos do Espaço Exterior (COPUOS).

Webert Barreto

Capitão Jurídico da Força Aérea Brasileira. Doutor em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Investigador certificado do Space Law Research Centre (SPARC) na NOVA School of Law, em Lisboa, Portugal, Centro em que investiga e promove a sensibilização para tópicos relacionados com Direito e Política Espacial e matérias conexas.

Capítulo 3 – CONDICIONANTES DO NEW SPACE PARA AS AGÊNCIAS ESPACIAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA O BRASIL

Alexandre Manhães

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais (PPGCA) da Universidade da Força Aérea (UNIFA). MBA em Gestão Empresarial e em Gerenciamento de Projetos pela FGV. Project Management Professional (PMP) pelo Project Management Institute (PMI). E-mail manhaesam.91@gmail.com.

Gills Vilar-Lopes

Professor do PPGCA/UNIFA. Doutor em Ciência Política pela UFPE. Realizou estágio pós-doutoral como Professor Visitante no Department of War Studies do

King's College London. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Capítulo 4 – THE PROSPECTS OF BRAZIL'S STRATEGY TOWARDS THE PLEDGE ON NON-DESTRUCTIVE DA-ASAT TESTS

Bruno Martini

A Ph.D. Candidate from the Brazilian Air Force University (UNIFA) and Visiting Scholar at the George Washington University (GW) Space Policy Institute (SPI). Oceanographer, Master in Coastal and Oceanic Systems Dynamics, and trained at the NASA Stennis Space Center.

Peter Martinez

Executive Director of the Secure World Foundation. Chaired the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UN COPUOS) Working Group on the Long-Term Sustainability of Outer Space Activities. Former Chair of the South African Space Council.

Victoria Samson

Chief Director, Space Security and Stability for Secure World Foundation. Political Scientist with a Master's in International Relations. Previously a Senior Analyst on missile defense, nuclear reduction, and space security for the Center for Defense Information (CDI).

Maria Célia Barbosa Reis da Silva

Professor at the Brazilian Air Force University (UNIFA) and at the Higher War School (ESG). Member of the CAPES Project "Incorporation of Aerospace Technology for Defense: organizational, doctrinal and strategic autonomy impacts." Expert in Literature and defense.

Capítulo 5 - GESTÃO DE RISCOS EM FATORES HUMANOS: FADIGA, DESEMPENHO E SEGURANÇA EM OPERAÇÕES ESPACIAIS

Bruno Torido Serra Valente

Especialista em Engenharia de Redes e Telecomunicações pela Faculdade Unyleya (2019). Engenheiro Civil-Aeronáutico pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA (2011). Atua, desde 2015, na área de operações espaciais.

Ísis Beltrão Pereira

Doutoranda em Ciências Aeroespaciais, na linha de pesquisa Poder Aeroespacial Brasileiro, Segurança e Defesa, pela UNIFA. Mestre em Administração, na Área de Concentração Organizações e Competitividade, pela UNISINOS (2022). Instrutora da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica (Rio de Janeiro – RJ).

Capítulo 6 – O NEW SPACE E O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: A EMPRESA PÚBLICA ALADA COMO OPORTUNIDADE DE ALAVANCAGEM DO SETOR

Cristiano Manhães

Bacharel em Relações Internacionais pela Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (FCHS/UNESP). Especialista em Ciência Política pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). Possui o curso de Defesa Nacional pela Faculdade de la Defesa Nacional (FADENA). Atualmente, cursa MBA em Gestão de Projetos na Universidade de São Paulo (USP).

Alexandre Manhães

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais (PPGCA) da Universidade da Força Aérea (UNIFA). MBA em Gestão Empresarial e em Gerenciamento de Projetos pela FGV. Project Management Professional (PMP) pelo Project Management Institute (PMI). E-mail manhaesam.91@gmail.com.

Capítulo 7 – A EVOLUÇÃO DOS REGULAMENTOS ESPACIAIS BRASILEIROS (REB) E O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES COMERCIAIS DE LANÇAMENTO NO BRASIL.

Cristiano Queiroz Vilanova

Coordenador de Licenciamento, Normas e Comercialização da Agência Espacial Brasileira (AEB). Graduado em Engenharia Mecânica e Mestre em Ciências Mecânicas pela Universidade de Brasília (UnB), Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental (PPGAmb) da Universidade Positivo (UP). Desenvolve atividades relacionadas à regulação e normatização das atividades espaciais há 12 anos.

Marcio Akira Harada

Coordenador de Monitoramento e Avaliação da Agência Espacial Brasileira. Doutorando em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA), Mestrado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Graduado em Engenharia Eletrônica/Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Alysson Nunes Diógenes

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (2000) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2009). Atualmente é professor assistente e docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental (PPGAmb) da Universidade Positivo.

Capítulo 8 – DETRITOS ESPACIAIS: IMPACTOS E RELEVÂNCIA PARA O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

Fernanda Diógenes Gomes Vieira

Mestre em Ciências Aeroespaciais pela UNIFA. Formada em Direito pela UNIFOR e em Ciências Aeronáuticas pela UNINASSAU. Professora e palestrante. E-mail: fedioGENESS@gmail.com.

Capítulo 9 – A LOGÍSTICA NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL

Francisco José Paulos Cabral

Tenente-Coronel R1 da Força Aérea Brasileira (FAB). Advogado, Mestre em Ciências Aeroespaciais e Doutorando em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Professor do Curso de Direito na Faculdade UPIS. Membro da International Academy of Space Studies (IASS).

Marcio Akira Harada

Coordenador de Monitoramento e Avaliação da Agência Espacial Brasileira. Doutorando em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA), Mestrado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e graduado em Engenharia Eletrônica/Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Capítulo 10 – QUO VADIS, ONU? O SENTIDO DA INSTITUIÇÃO INTERNACIONAL NA GUERRA DA UCRÂNIA

Ísis Beltrão Pereira

Doutoranda em Ciências Aeroespaciais, na linha de pesquisa Poder Aeroespacial Brasileiro, Segurança e Defesa, pela UNIFA. Mestre em Administração, na Área de Concentração Organizações e Competitividade, pela UNISINOS (2022). Atualmente é Instrutora da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica (Rio de Janeiro – RJ).

Flavio Neri Hadmann Jasper

Doutor (2010) e Mestre (2006) em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (1983). Atualmente, é professor da UNIFA.

Bruno Torido Serra Valente

Especialista em Engenharia de Redes e Telecomunicações pela Faculdade Unyleya (2019). Engenheiro Civil-Aeronáutico pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA (2011). Atua, desde 2015, na área de operações espaciais.

Capítulo 11 - O ESPAÇO E A DELIMITAÇÃO DE FRONTEIRAS – OBJETO DE ESTUDO PARA GEOPOLÍTICA E PARA AS RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Nacácio Leocádio do Nascimento

Doutorando em Geografia pela PUC-RJ, Mestre em Geografia pela UERJ, Graduado em Geografia pela UFRJ, Professor do Ensino Básico e Tecnológico da UNIFA, Adjunto do Centro de Estudos Estratégicos e Pesquisador do LSC UNIFA <http://lattes.cnpq.br/5569780775293847>

Capítulo 12 – ESPAÇO EXTERIOR SOB A ÓTICA DA COOPERAÇÃO, DO DESENVOLVIMENTO E DA PAZ

Carlos Eduardo Valle Rosa

Coronel Aviador da Reserva da FAB, Doutor em Geografia (Geopolítica) – UFRN, Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da UNIFA, autor das obras “Poder Aéreo: guia de estudos” e “Geopolítica Aeroespacial: conhecimento geográfico e abordagem estratégica”.

Capítulo 13 - CROSS-DOMAIN INNOVATION: DEVELOPING A SUPERSONIC RAMJET ANTI-SHIP MISSILE USING SPACE STANDARDS AND ROCKET TECHNOLOGY

Rogério Luiz Verissimo Cruz

Brigadeiro da Reserva da FAB, graduado em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea, mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea e mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Brasília. Autor das obras “Offset: o exemplo do setor aeroespacial brasileiro”, “Design Tools for Solid-Fueled Ramjet Missile Preliminary Development” e “Paraffin-based ramjet missile preliminary design”. É Diretor de Governança do Setor Espacial na Agência Espacial Brasileira. <http://lattes.cnpq.br/1877110084291391>.

Carlos Alberto Gurgel Veras

Engenheiro mecânico da área de sistemas térmicos, com mestrado em propulsão aeroespacial e doutorado em modelagem numérica de sistemas reativos (EPUSP/VIT-Finlândia). Realiza pesquisa básica e aplicada nas seguintes áreas: gaseificação de biomassa, combustão, propulsão de foguetes e mísseis, incêndios florestais, métodos numéricos e sistemas energéticos, entre outras. É professor do departamento de engenharia mecânica da Universidade de Brasília desde 1998.

Olexiy Shynkarenko

Doutor em Motores de Foguetes e Sistemas de Alimentação de Energia pela Dnipropetrovsk National University, Ucrânia (2006). Professor Associado, atua na Universidade de Brasília desde 2013. Coordenador do Laboratório de Propulsão Química da UnB desde 2016. <https://lattes.cnpq.br/0072881392129534>

