



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

RODOLFO MILHOMEM BATISTA

**PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: O BRASIL NO SEGMENTO DE VEÍCULOS  
LANÇADORES**

Rio de Janeiro

2024

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

RODOLFO MILHOMEM BATISTA

**PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: O BRASIL NO SEGMENTO DE VEÍCULOS  
LANÇADORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea (UNIFA), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais.

Área de concentração: Poder Aeroespacial Brasileiro, Segurança e Defesa.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Patrícia de Oliveira Matos.

Rio de Janeiro

2024

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA**

Batista, Rodolfo Milhomem

B333p Programa espacial Brasileiro: O Brasil no segmento de veículos lançadores. / Rodolfo Milhomem Batista. – Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2024.  
112 f.: il., enc.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Patricia de Oliveira Matos  
Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2024.

Referências: f. 100-113

1. Poder Aeroespacial. 2. Programa Espacial. 3. Veículos Lançadores. I. Título. II. Matos, Patricia de Oliveira. III. Universidade da Força Aérea.


CDU: 629.7

**RODOLFO MILHOMEN BATISTA**

**PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: O BRASIL NO SEGMENTO DE VEÍCULOS  
LANÇADORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais.

Aprovado por:

documento assinado digitalmente  
 **PATRICIA DE OLIVEIRA MATOS**  
Data: 14/10/2024 13:55:58-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. PATRICIA DE OLIVEIRA MATOS – UNIFA**  
Presidente da Banca de Defesa

documento assinado digitalmente  
 **CARLOS EDUARDO VALLE ROSA**  
Data: 14/10/2024 14:27:44-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Prof. Dr. CARLOS EDUARDO VALLE ROSA – UNIFA**  
Examinador Interno

documento assinado digitalmente  
 **MARCIO ROCHA**  
Data: 06/11/2024 11:01:26-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Prof. Dr. MARCIO ROCHA – UFF**  
Examinador Externo

Rio de Janeiro  
SETEMBRO 2024

*Quem depende do futuro está perdido no presente.*

*(Sêneca)*

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico esta enorme conquista a Deus e à minha família, em especial à minha esposa Shenia e ao meu filho Enzo, pela paciência que tiveram comigo durante este período. Agradeço fundamentalmente à minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra Patrícia de Oliveira Matos, que acreditou no meu potencial. Sua orientação dedicada, paciência e sabedoria ao longo desta jornada foram essenciais para o desenvolvimento e a conclusão desta dissertação. Agradeço também a todas as pessoas envolvidas no Programa Espacial Brasileiro, em especial, ao engenheiro Ariovaldo Félix Palmério, pelas muitas dúvidas sanadas sobre o VSB-30, bem como a Cesar Ghizoni, mentor do satélite SCD-1, e ao engenheiro José Miraglia, grande amigo e sempre disposto a trocar informações, não podendo esquecer também do saudoso Aduino Gouveia Mota que me ajudou a entender o início do PEB. Quero agradecer a todos da Comissão de Direito Espacial de Santos, especialmente à doutora Marina Huidobro e à Comissão de Direito Aeronáutico de São José dos Campos, principalmente ao Doutor João Machado. Por fim, agradeço aos colegas e professores da UNIFA, pela parceria e amizade que muito me ajudaram nesta jornada acadêmica das Ciências Aeroespaciais.

## RESUMO

Diante da crescente importância geopolítica e econômica do setor espacial no cenário global, com os recentes avanços caracterizados como New Space, esta dissertação aborda a situação atual do setor espacial no Brasil. O objetivo geral da pesquisa é analisar o desenvolvimento do segmento de veículos lançadores no país, no contexto do Programa Espacial Brasileiro, por meio do levantamento dos principais projetos de foguetes e lançadores e os aspectos orçamentários e industriais que os influenciam. A metodologia utilizada consistiu em uma combinação de pesquisas qualitativas (documental e revisão bibliográfica) e levantamentos em bases de dados, incluindo fontes governamentais e acadêmicas. São consideradas também as políticas e programas nacionais, como o PNAE e o PESE, que buscam elevar a autonomia espacial do Brasil. O trabalho apresenta os principais resultados dos projetos de lançadores no país, desde os primeiros projetos Sonda, o Veículo Lançador de Satélites (VLS-1), o Programa Cruzeiro do Sul, o Veículo de Sondagem VSB-30, o Projeto Cyclone IV, o VS-50 e o Veículo Lançador de Microssatélites (VLM-1) até os mais recentes Veículo Lançador de Pequeno Porte (VLPP) e Projeto RATO (Rocket Assisted Take-Off - 14-X). Verifica-se que o Brasil enfrentou desafios de diversas ordens, sobretudo relacionados à insuficiência orçamentária e a uma baixa participação da indústria nacional no desenvolvimento dos projetos. Embora o país tenha avançado na fabricação de satélites, há uma defasagem em tecnologias críticas, como em veículos lançadores e mísseis hipersônicos, o que leva a desafios tecnológicos e de soberania no setor espacial, agravados pela falta de prioridade política e de participação da indústria privada. Por fim, o trabalho apresenta uma visão abrangente da situação atual e das perspectivas futuras do Brasil no cenário espacial global, destacando as dificuldades e oportunidades para o país, derivadas, por exemplo dos novos projetos VLPP e RATO-14X.

**Palavras-chave:** poder aeroespacial brasileiro; programa espacial brasileiro; veículos lançadores.

## ABSTRACT

Given the growing geopolitical and economic importance of the space sector in the global scenario, with recent advances characterized as New Space, this dissertation addresses the current situation of the space sector in Brazil. The general objective of the research is to analyze the development of the launch vehicle segment in the country within the context of the Brazilian Space Program by surveying the main rocket and launcher projects and the budgetary and industrial aspects that influence them. The methodology used consisted of a combination of qualitative research (documental and bibliographic review) and data collection from databases, including governmental and academic sources. National policies and programs, such as PNAE and PESE, which aim to enhance Brazil's space autonomy, are also considered. The work presents the main results of launcher projects in the country, from the early Sonda projects, the Satellite Launch Vehicle (VLS-1), the Cruzeiro do Sul Program, the VSB-30 Sounding Vehicle, the Cyclone IV Project, the VS-50, and the Microsatellite Launch Vehicle (VLM-1), to the more recent Small Launch Vehicle (VLPP) and RATO Project (Rocket Assisted Take-Off - 14-X). It is observed that Brazil has faced challenges of various kinds, especially related to insufficient budgetary support and limited participation of the national industry in project development. Although the country has made advances in satellite manufacturing, there is a gap in critical technologies, such as launch vehicles and hypersonic missiles, which leads to technological and sovereignty challenges in the space sector, exacerbated by the lack of political priority and private industry involvement. Finally, the study presents a comprehensive view of the current situation and future prospects for Brazil in the global space scenario, highlighting the difficulties and opportunities for the country, derived, for example, from the new VLPP and RATO-14X projects."

**Keywords:** Brazilian aerospace power; Brazilian space program; launch vehicles.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Investimentos de 2012-2021 .....	70
<b>Tabela 2</b> - Investimentos previstos no VLS-Alfa.....	72
<b>Tabela 3</b> - Investimentos no VLS-BETA .....	73
<b>Tabela 4</b> - Cronograma de lançamentos do VSB-30 – (2004 - 2024).....	78
<b>Tabela 5</b> - Investimentos no VLM-1 .....	86
<b>Tabela 6</b> - Propostas aprovadas.....	89

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Custos dos voos espaciais .....	29
<b>Figura 2</b> - Localização das empresas espaciais no Brasil.....	40
<b>Figura 3</b> - Niterói - RJ .....	54
<b>Figura 4</b> - VLS-1 .....	68
<b>Figura 5</b> - Programa Cruzeiro do Sul .....	74
<b>Figura 6</b> - Cyclone-4.....	82
<b>Figura 7</b> - VLM-1 e o VS-50 .....	85
<b>Figura 8</b> - PROPHIPER 14-X .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Histórico de liberação de recursos por instituição .....	36
<b>Gráfico 2</b> - Orçamento público para o programa espacial.....	45
<b>Gráfico 3</b> - Investimentos totais previstos no PNAE 2012-2021 e dotação efetiva (R\$ milhões) .....	48
<b>Gráfico 4</b> - Lançamentos orbitais CSG (1970-2024).....	62
<b>Gráfico 5</b> - Orçamento VLS .....	70
<b>Gráfico 6</b> - Orçamento dos programas espaciais (2022-2023).....	71
<b>Gráfico 7</b> - Obras civis em toneladas de aço no âmbito do Projeto Cyclone .....	80
<b>Gráfico 8</b> - Orçamento VLM-1 .....	86

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**AEB** - Agência Espacial Brasileira

**ACS** - Alcantara Cyclone Space

**ASAT** - Arma Anti-Satelite, do inglês *Anti-Satellite Weapon*

**AST** - Acordo de Salvaguardas Tecnológicas

**BID** - Base Industrial de Defesa

**CBERS** - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres do inglês *China-Brazil Earth Resources Satellite*

**CEA** - Centro espacial de Alcantara

**CLA** - Centro de Lançamento de Alcantara

**CLBI** - Centro de Lançamentos Barreira do Inferno

**COBAE** – Comissão Brasileira de atividades espaciais

**COPUOS** - Comitê da ONU para o Uso Pacífico do Espaço Exterior, do inglês *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*

**CNAE** - Comissão Nacional de Atividades Espaciais

**CNES** - Centro Nacional de Estudos Espaciais, do francês *Centre National d'Etudes Spatiales*  
**CNSA** (*China National Space administration*)

**CTA** - Centro Técnico da Aeronáutica

**DCTA** - Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial

**DGR** - Departamento de Gestão de Recursos

**DLR** - Centro Aeroespacial da Alemanha, do alemão - *Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt*

**EED** - Empresas Estratégicas de Defesa

**ESA** - Agência Espacial Europeia, do inglês *European Space Agency*

**EUA** - Estados Unidos da América

**FAB** – Força Aérea Brasileira

**GOCNAE** - Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais

**GTEPE** - Grupo de Trabalhos de Estudos de Projetos Especiais

**GETEPE** - Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos de Projetos Especiais

**GPS** - Sistema de Posicionamento Global, do inglês *Global Positioning System*

**IADC** - *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee*

**ICBM** - Míssil balístico intercontinental, do inglês *Intercontinental Ballistic Missile*

**ISS** - Estação Espacial Internacional, do inglês *International Space Station*

**LEO** - *Low earth orbit*

**MECB** – Missão Espacial Completa Brasileira

**MD** – Ministério da Defesa

**MTCR** - Regime de Controle de Tecnologias de Mísseis -*Missile Technology Control Regime*

**NASA** - Administração Nacional Espacial Americana, do inglês *National Aeronautics and Space Administration Administration*

**OEEs** - Objetivos Estratégicos de Espaço

**PEB** - Programa Espacial Brasileiro

**PNAE** - Programa Nacional de Atividades Espaciais

**PESE** - Programa Estratégico de Sistemas Espaciais

**SIOP** - Sistema integrado de planejamento e orçamento

**VLM** - Veículo Lançador de Microssatélites

**VLS** - Veículo Lançador de Satélites

**UTC** - Universal Time Coordinated, do inglês Tempo Universal Coordenado

**UNCOPUOS** - *United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*

**UNOOSA** - Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Exterior, do inglês *United Nations for Outer Space Affairs*

**USAF** - Força Aérea dos Estados Unidos, do inglês *United States Air Force*

**USD** - Dólar dos Estados Unidos, do inglês *United States Dollar*

**URSS** - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 METODOLOGIA.....	22
<b>1.1.1 Pesquisa Bibliográfica</b> .....	22
<b>1.1.2 Pesquisa Documental e em Bases de Dados</b> .....	23
<b>2 A ERA ESPACIAL: BREVE CONTEXTO HISTÓRICO</b> .....	<b>25</b>
2.1 DESENVOLVIMENTO DE FOGUETES NA PRÉ ERA ESPACIAL.....	26
2.2 INÍCIO DA ERA ESPACIAL.....	27
2.3 O DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO (PEB).....	30
<b>3 PODER AEROESPACIAL, POLÍTICA ESPACIAL E CAPACIDADE DE LANÇAMENTOS ESPACIAIS</b> .....	<b>42</b>
3.1 PODER AEROESPACIAL E POLÍTICA ESPACIAL.....	42
3.2 POLÍTICA ESPACIAL NA ESTRATÉGIA NACIONAL DE DEFESA (END) E O PROGRAMA NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS (PNAE) .....	46
3.3 PROGRAMA ESTRATÉGICO DE SISTEMAS ESPACIAIS (PESE) .....	51
3.4 ESTADOS LANÇADORES E A NOVA REGULAÇÃO DO SETOR NO BRASIL.....	56
3.5 INFRAESTRUTURA DE LANÇAMENTOS ESPACIAIS: UM CONCISO PARALELO ENTRE O CEA E A BASE FRANCESA DE KOUROU .....	60
<b>4 VEÍCULOS DE SONDAGEM E PROJETOS DE LANÇADORES NACIONAIS</b> .....	<b>64</b>
4.1 O VEÍCULO DE SONDAGEM SONDA IV .....	64
4.2 O VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES (VLS-1) .....	66
4.3 O PROGRAMA CRUZEIRO DO SUL .....	72
4.4 O VEÍCULO DE SONDAGEM VSB-30.....	76
4.5 O TRATADO BINACIONAL ENTRE BRASIL E UCRÂNIA E O LANÇADOR CYCLONE .....	79
4.6 O VS-50 E O VEÍCULO LANÇADOR DE MICROSSATÉLITES (VLM-1).....	84
4.7 VEÍCULO LANÇADOR DE PEQUENO PORTE (VLPP).....	88
4.8 PROJETO ROCKET ASSISTED TAKE-OFF - 14-X (RATO) .....	90
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A economia espacial global está em crescente desenvolvimento, consideradas as novas possibilidades de exploração do espaço, as demandas cotidianas por serviços dependentes de tecnologias derivadas dos satélites e o contínuo aperfeiçoamento dos softwares e eletrônica.

Como consequência, o setor espacial está passando por um novo ciclo de desenvolvimento, novos produtos estão surgindo, decorrentes de tecnologias robustas e antigas, bem como novas atividades comerciais provenientes de nanosatélites, cubesats e da larga disponibilidade de dados (OECD, 2019). Um exemplo é o ITASAT, resultado de uma cooperação entre a Agência Espacial Brasileira (AEB), responsável financeira pelo projeto e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Colocado em órbita no ano de 2018, diretamente da Base Aérea de Vandenberg, na Califórnia (EUA), o projeto tinha como objetivo principal capacitar recursos humanos para atuar na indústria e nos institutos de pesquisas do setor espacial brasileiro (FAB, 2018). Outro exemplo é o da Universidade Federal de Santa Catarina, que lançou um cubesat, no contexto do programa Uniespaço da AEB, em dezembro de 2019, do Centro de Lançamento de Taiyuan na China. O cubesat, chamado de FloripaSat-1, foi lançado por meio do foguete Longa Marcha-4 que, no mesmo voo, lançou também o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-4A) (Oliveira, 2019).

Considerando o cenário global, de acordo com o relatório da empresa *Markets and Markets*, espera-se que o mercado de nanosatélites e microssatélites passe de US\$ 2.3 bilhões em 2021 para US\$ 5.7 bilhões em 2026 (Nanosatellite, 2023). Os principais financiadores das atividades espaciais mundiais ainda são os Estados (“*Legacy Space*”) por meio de compras estatais e concessões para setores públicos, institutos de pesquisa e universidades (OECD, 2019). Mas embora os investimentos públicos representem importante fração, a participação do capital privado em projetos espaciais comerciais cresceu nos últimos anos, com fluxos de investimentos sem precedentes no setor, principalmente em capital de risco (*venture capital*) (OECD, 2020), o que vem sendo caracterizado como “*new space*”. A receita global do mercado espacial em 2020 foi de USD \$271 bilhões e grande parte destas receitas provém de equipamentos receptores e posicionamento global, perfazendo a quantia de US\$ 135,3 bilhões, ou seja, 50% da receita total. A segunda parcela das receitas é proveniente dos serviços de satélites, equivalendo a US\$ 117,8 bilhões (44% da receita total). Em comparação, as receitas das indústrias de fabricação de satélites são inferiores a US\$ 12,2 bilhões (5% da receita total), paralelamente, o setor de lançamentos orbitais representa US\$ 5,3 bilhões (2% da receita total), porém, estas duas últimas atividades são cruciais para todas as outras (Bryce, 2021).

O banco americano *Goldman Sachs* emitiu um relatório no ano de 2018, afirmando que a projeção da economia espacial, na década de 2040, chegaria à enorme cifra de US\$ 1 trilhão. Neste mesmo contexto, outra empresa de serviços financeiros, o Morgan Stanley, estimou para a mesma época uma economia espacial um pouco maior, cerca de US\$ 1,1 trilhão. Estimam também que a banda larga via satélite representará 50% do crescimento projetado da economia espacial global até 2040, podendo chegar até 70% no cenário mais otimista (Morgan Stanley, 2020). Um terceiro estudo, do *Bank of America Merrill Lynch*, revelou uma previsão ainda mais benéfica para o setor, estimando em US\$ 2,7 trilhões (IATA, 2018). A demanda por dados está crescendo a uma taxa exponencial, enquanto o custo de acesso ao espaço (e, por extensão, aos dados) está caindo em ordens de magnitude. Na verdade, à medida que a demanda por dados aumenta, o custo por megabyte de dados sem fio será inferior a 1% dos níveis atuais, segundo o estudo do Morgan Stanley (Morgan Stanley, 2020).

O mundo está entrando na 5ª geração do padrão de telecomunicações móveis, o chamado 5G. Essa nova geração pretende aumentar o volume de dados circulantes ao redor do planeta, com novas funcionalidades que irão desde a telefonia, com disponibilidade, inclusive em zonas remotas, perpassando por uma nova tendência, a chamada “Internet das Coisas” (IoT), que exigirá uma rede mais complexa, de confiança de dados e alta capacidade de conexão, com banda para conectar bilhões de dispositivos ao mesmo tempo à internet (O 5G, 2019).

A BryceTech lançou um relatório no primeiro trimestre do ano de 2022, examinando os lançamentos de foguetes e a implantação de satélites. Dos 624 satélites lançados nesse período, 88% são de propriedade e operados por empresas privadas e dentre estes, 550 são comerciais, 40 de organizações sem fins lucrativos ou acadêmicas, 22 do governo civil, e 12 militares. E quem está liderando a corrida é a americana SpaceX com 11 foguetes lançados e 502 satélites inseridos em órbita (BryceTech, 2022).

A China ficou em segundo lugar nesse trimestre, com 8 lançamentos e 38 satélites. A francesa Arianespace ficou em terceiro lugar em número de satélites lançados, com uma marca de 34 em uma única missão. A Agência Espacial da Rússia, a Roscosmos, situou-se em quarto lugar (Parsonson, 2022). Para o semestre seguinte, essa mesma tendência era esperada de acordo com a consultoria BryceTech. A SpaceX, além de ser atualmente a líder mundial em lançamentos de satélites, também é a principal empresa privada a conseguir enviar astronautas para a Estação Espacial Internacional (ISS), bem como a única empresa que reutiliza seus foguetes (Washington Post, 2022). Os foguetes reutilizáveis ajudam a reduzir os custos de uma operação, e o mesmo poderá acontecer com a produção em massa de satélites e o amadurecimento da tecnologia espacial.

Dado esse quadro da economia espacial global, nesta dissertação aborda-se a situação atual do setor espacial no Brasil e do Programa Espacial Brasileiro (PEB), o histórico de desenvolvimento das atividades espaciais, os órgãos envolvidos e as novas perspectivas para o país, com ênfase no setor de veículos lançadores.

Em 2019, o Brasil e os Estados Unidos firmaram um Acordo de Salvaguardas Tecnológicas (AST), (Brasil, 2020), relacionado à utilização do Centro Espacial de Alcântara (CEA). Este acordo, possibilita ao país lançar foguetes e espaçonaves, nacionais ou estrangeiras, que possuam componentes tecnológicos de procedência norte-americana. Em troca, o Brasil se propõe a garantir a proteção da tecnologia contida nesses equipamentos ou dispositivos. Esse acordo também se destina ao compromisso mútuo entre os países signatários, a fim de salvaguardar suas tecnologias e patentes contra uso ou cópia não autorizados. No mundo, atualmente, cerca de 80% dos equipamentos espaciais possuem algum componente norte-americano (FAB, 2021).

Por estes motivos, o AST se tornou necessário para que o CEA participe do mercado global de lançamentos de cargas ao espaço. Esse tipo de atividade comercial poderá gerar recursos para o desenvolvimento do PEB que, entretanto, não poderão ser utilizados em projetos de veículos lançadores nacionais (Padilha, 2019).

Por meio desse acordo, o Brasil abriu a possibilidade para lançamentos de foguetes que contenham partes tecnológicas norte-americanas e, para viabilizá-lo, no ano de 2020 a AEB lançou, por meio de um edital, o primeiro chamamento público, com o objetivo de buscar e identificar empresas nacionais ou estrangeiras, que tenham interesse em realizar operações de lançamentos orbitais ou suborbitais através da área 04 do CEA (AEB, 2021).

Em 2021, através do segundo chamamento, quatro empresas foram selecionadas e poderão operar unidades selecionadas do CEA. A Hyperion, dos Estados Unidos (EUA), irá operar o sistema da plataforma do Veículo Lançador de Satélites (VLS). A Orion, também norte-americana, ficará responsável pela operação de lançadores suborbitais. A canadense C6 Launch foi selecionada para operar a área do Perfilador, que também é um ponto de lançamento, e a Virgin Orbit, do bilionário Richard Branson, irá utilizar o aeroporto de Alcântara, já que seus lançadores são disparados de um avião que possui o codinome Cosmic Girl, que nada mais é que um Boeing 747-400 (Virgin, 2022). E em 2022, a Força Aérea Brasileira (FAB) e a empresa da Coreia do Sul Innospace, assinaram um contrato decorrente do primeiro chamamento público ocorrido em 2020 (FAB, 2022).

Concluir a infraestrutura e tornar operacional o CEA é essencial para o Brasil, pois a capacitação tecnológica no segmento espacial é estratégica e uma questão de soberania nacional.

As tecnologias envolvidas nesse campo podem ser revertidas para a sociedade, na forma de *spinoffs*, ou seja, produtos derivados (PNAE, 2012-2021), o que pode ser visualizado desde a segunda metade do século 20, marcada pela grande revolução de materiais e inovações científicas que, em grande parte, estão relacionadas com a pesquisa e a engenharia espacial.

A plena capacidade de acesso orbital e inserção de satélites artificiais ao espaço é um dos pilares de fortalecimento da soberania nacional, bem como a consequente participação dos benefícios da indústria espacial. Contudo, ainda é privilégio de poucos países. No passado, dizia-se que “dominar os mares era dominar o mundo”, porém, no presente, o domínio do espaço é parte essencial da estratégia e da projeção de poder.

É fato que o Brasil tem avançado na fabricação de satélites, vide o projeto Amazonia-1, primeiro satélite totalmente projetado e construído no país e lançado em 2022 na Índia. O país também possui duas bases de lançamentos, a Barreira do Inferno, para lançamentos menores e o CEA na cidade de Alcântara, no Maranhão, de maior porte, e que possui condições geográficas superiores à sua vizinha, a base francesa na cidade de *Kourou*, que não somente lança para a Europa, como também para a Rússia (AEB, 2017). Veículos de sondagem brasileiros, tais como o VSB-30, são bem-sucedidos comercialmente em vendas para países europeus, que realizam pesquisas de microgravidade.

Entretanto, o Brasil está defasado tecnologicamente em determinados segmentos do campo espacial, o que pode ter efeitos deletérios sobre a sua capacidade de defesa, dadas as características dos conflitos atuais e o tipo de poderio ofensivo relacionado. A FAB, por exemplo, ainda não dispõe de veículos lançadores, bem como de mísseis hipersônicos. E dado que o território brasileiro possui uma extensão de 8 milhões de quilômetros quadrados e dimensões continentais, faz-se necessário controlar e dominar tecnologias que permitam a inserção em órbita de satélites que prevejam as condições meteorológicas, monitorem o território de forma constante, auxiliem a navegação aérea e marítima e assegurem as comunicações de larga distância, especialmente as ligadas à defesa e de forma autônoma.

As atividades espaciais, estão, portanto, atreladas ao desenvolvimento e são necessárias e prioritárias para a autodeterminação, segurança e projeção de poder do país em seu entorno estratégico.

Esse aspecto foi apontado por Rollemberg *et al.* (2009), que comenta que em 1982, durante a Guerra das Malvinas, os Estados Unidos suspenderam o fornecimento dos serviços emitidos pelo satélite GOES para toda a América do Sul, em especial para o Brasil, como forma de represália ao apoio, mesmo que indireto, à Argentina, o que demonstrou a vulnerabilidade espacial do país naquele momento.

Recentemente, a FAB aprovou, através da portaria normativa nº 41 de 2018, o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) em consonância com a Estratégia Nacional de Defesa (END), que atribuiu ao Comando da Aeronáutica a responsabilidade de, simultaneamente a outros órgãos federais, promover medidas que visam garantir a autonomia de produção, de lançamento, de operação e de recolocação de sistemas espaciais, por meio de desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo que garantam o acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária (Brasil, 2018).

De acordo com o documento base do PESE, em disposições preliminares no item C, o programa tem complementaridade e alinhamento com outras políticas governamentais:

- Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE): elevar a sinergia de ações do PESE com o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), buscando complementaridade de ações em consonância com as diretrizes da END e priorizando o atendimento das necessidades operacionais específicas do MD e das FA no uso dos Sistemas Espaciais, além de colaborar na busca nacional pela autonomia do acesso ao espaço;
- Política de Desenvolvimento Industrial: contribuir para a capacitação e consolidação da base industrial do setor espacial e de defesa, assim como o adensamento tecnológico e a organização da cadeia produtiva, mediante o uso do poder de compra governamental; e
- Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: estimular e demandar inovações tecnológicas em busca de soluções que requeiram o desenvolvimento de novos conhecimentos, de forma independente e autônoma à altura de uma nação soberana (Brasil, 2018, p.18-34).

Em um texto informativo da Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), está previsto que o PESE irá contratar prioritariamente a indústria brasileira, de forma a consolidar o setor espacial no Brasil (FAB, 2018). Porém, em 30 de dezembro de 2020, o Comando da Aeronáutica assinou um contrato com uma empresa finlandesa (ICEYE), de aproximadamente USD \$ 175 milhões para a compra de dois satélites (Poder 360, 2020).

Esses dispositivos, batizados de Carcará I e Carcará II, fazem parte do Projeto Lessônia 1, da FAB, que formam uma constelação de satélites de órbita baixa e seu uso será predominantemente dual (civil/militar). Assim, apesar do texto do PESE informar que prioriza as empresas nacionais, em 25 maio de 2022, esses dois satélites, de origem finlandesa, foram colocados em órbita por meio do foguete Falcon 9 da empresa americana SpaceX (Vilela, 2022). Não houve ampla participação da Base Industrial de Defesa (BID) brasileira, conforme orienta a END e nem transferência de tecnologias via *offset*, conforme previsto nas diretrizes do PESE.

Diante do cenário apresentado e considerando o processo histórico de constituição do setor espacial brasileiro, a presente dissertação busca responder ao seguinte *problema de*

**pesquisa:** Quais fatores limitaram o desenvolvimento do setor espacial brasileiro, especificamente em relação ao segmento industrial de veículos lançadores?

O **objetivo geral** da presente pesquisa é analisar o desenvolvimento do segmento de veículos lançadores no Brasil, no contexto do Programa Espacial Brasileiro, observando os principais projetos e os aspectos orçamentários e industriais que os influenciam.

Nesse sentido, os **objetivos específicos** identificados para consubstanciar esta dissertação são três:

- i) Identificar os principais avanços dos projetos do segmento de veículos de sondagem e de lançadores espaciais no Brasil desde o início do PEB, até os dias atuais, com o surgimento do “*new space*”;
- ii) Levantar a política espacial e o orçamento público destinados aos projetos de veículos de sondagem e de lançadores no Brasil;
- iii) Identificar a participação da indústria espacial brasileira nos projetos de veículos lançadores do país.

Para atender aos objetivos específicos, foi realizado um levantamento dos recursos orçamentários destinados ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) para o desenvolvimento de veículos lançadores entre 1980 e 2024. Esses dados ajudam a compreender a atual situação econômica, estratégica e política do PEB. As informações orçamentárias foram extraídas dos Relatórios de Gestão da AEB e do Portal do Sistema Integrado de Orçamento e Planejamento (SIOP) do governo federal.

De acordo com o mais recente PNAE (2022-2031), elaborado pela Agência Espacial Brasileira (AEB), no campo estratégico e mais específico em visão de futuro, “o Brasil pretende ser o país sul-americano líder no mercado espacial” (Brasil, 2022, p.18). Mas qual o caminho que o Brasil está traçando para alcançar este objetivo? Como bem observou Villela Neto (2011), o acesso total ao espaço ainda se mantém restrito a poucos países, as chamadas “*space faring nations*” ou seja aquelas nações capazes de construir e lançar naves ao espaço de forma totalmente independente, tais como os Estados Unidos, a Rússia, a China e a Índia. Outros países possuem relativa capacidade de realizar lançamentos espaciais e dependem de outras nações para inserir seus satélites e/ou astronautas em órbita, como, por exemplo, Israel, Brasil e Coreia do Sul.

A motivação para alcançar e explorar o espaço de maneira independente é estimulada pelo entendimento de sua relevância nas esferas econômica, tecnológica e política. Os aspectos econômicos ligados ao espaço são associados à significância comercial e econômica das iniciativas nacionais, sobretudo no contexto dos processos de desenvolvimento econômico e

social dos países. Isso inclui, de maneira particular, os esforços para progressos científicos e tecnológicos, bem como o fortalecimento dos setores industriais ligados às telecomunicações e ao âmbito espacial (Cepik, 2015).

O desenvolvimento de foguetes de sondagem e veículos lançadores é essencial para o avanço científico, econômico e estratégico das nações. Por esse motivo, a pesquisa espacial se mostra uma poderosa ferramenta para a soberania e a competitividade dos países, conferindo às nações vantagens significativas em diversas áreas. Governos que desenvolvem programas espaciais sólidos são capazes de coletar dados precisos sobre mudanças climáticas, monitorar desastres naturais, aprimorar sistemas de comunicação e gerenciar seus recursos naturais de maneira eficiente e estratégica. Dessa forma, esses países estão melhor preparados para responder a crises, sejam elas ambientais, sociais ou econômicas, protegendo seus interesses e promovendo o bem-estar da população.

A importância do desenvolvimento espacial se estende para além das fronteiras da pesquisa científica, uma vez que gera inovações tecnológicas aplicáveis em diversas áreas da sociedade. Materiais, produtos, processos e técnicas desenvolvidos para o setor espacial frequentemente encontram aplicação direta em setores como saúde, transporte e energia, fomentando o progresso de forma ampla e integrada. Além disso, a atividade espacial contribui para a formação de profissionais altamente qualificados, promovendo o crescimento de recursos humanos especializados que podem atuar em diferentes segmentos da sociedade.

Assim, foguetes de sondagem e veículos lançadores de satélites são instrumentos essenciais, tanto para a pesquisa científica quanto para a exploração comercial do espaço. No entanto, esses veículos exigem uma elevada capacidade tecnológica e um alto nível de confiabilidade, em função dos altos custos, complexidade e riscos inerentes às operações espaciais. A capacidade de desenvolver e operar esses sistemas tecnológicos não é apenas uma questão de viabilidade técnica, mas também uma decisão político-estratégica.

O presente trabalho, desta forma, contribui para elevar o conhecimento sobre o status do Brasil no cenário espacial global, seus objetivos, maiores dificuldades e oportunidades em face de novos modelos de negócios que atualmente atraem investimentos privados e estatais. Tais conhecimentos revertem-se de relevância na medida em que o país pretende participar desse restrito mercado internacional espacial.

O trabalho está dividido em cinco capítulos. Após esta introdução, no segundo capítulo apresenta-se uma abordagem descritiva e histórica sobre a era espacial e o Programa Espacial Brasileiro, os aspectos relacionados ao papel do Estado, sua criação e institucionalização, bem como a origem das atividades espaciais em solo brasileiro e seus agentes envolvidos. No

terceiro capítulo, analisa-se o conceito de Estado Lançador, termo este que foi definido pela “Convenção Sobre Responsabilidade Internacional Por Danos Causados Por Objetos Espaciais de 1972”, além de uma análise sobre o CEA em comparação com o Centro Espacial de Kourou. Ainda neste capítulo, aborda-se o acesso ao espaço como instrumento de poder e soberania, assim como a atual política espacial brasileira pela análise do PNAE e do PESE. No quarto capítulo, são apresentados os projetos de veículos de sondagem e lançadores nacionais, incluindo o programa Cruzeiro do Sul e projetos mais atuais, como o Veículo Lançador de Pequeno Porte (VLPP) e o Projeto Rocket Assisted Take-Off - 14-X (RATO), com ênfase nos aspectos orçamentários e industriais dos projetos. No quinto capítulo são apresentadas as conclusões derivadas das pesquisas.

## 1.1 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos específicos desta dissertação envolve uma combinação de pesquisa documental, revisão bibliográfica, levantamentos em bases de dados, incluindo fontes governamentais e acadêmicas, com destaque para o Portal de Periódicos da CAPES. As palavras-chave utilizadas nas buscas incluem termos como "veículo lançador" e "programa espacial brasileiro".

A abordagem metodológica é do tipo dedutiva, partindo da análise do segmento de veículos lançadores, desde a sua origem, e considerando fatores como política públicas para o setor, o orçamento destinado aos projetos e questões industriais, como a participação do setor privado nos projetos de lançadores. Assim, a pesquisa leva em consideração esses aspectos e utiliza como instrumentos principais as pesquisas bibliográfica, documental e o levantamento de informações orçamentárias através de bases de dados, como o portal SIOP e o catálogo das empresas espaciais brasileiras produzido pela AEB (2022).

A partir desta abordagem, pretende-se compreender os diversos cenários técnicos e econômicos, buscando explicações para o desempenho do segmento de veículos lançadores no Brasil e fornecendo subsídios para possíveis ajustes nas políticas públicas voltadas para o setor aeroespacial.

### 1.1.1 Pesquisa Bibliográfica

O trabalho parte de uma revisão teórica e conceitual sobre poder aeroespacial e política espacial com base em Dolman (2005). Já revisão da literatura foi centrada no segmento de

veículos lançadores no Brasil, por meio, principalmente, da bibliografia nacional relacionada ao PEB, selecionando autores que estudaram ou atuaram diretamente no Programa Espacial Brasileiro.

Para traçar a evolução do segmento de veículos lançadores e suas características no Brasil, foram consultados diversos autores, entre eles: Dolinsk (1992), participante direto da elaboração do PEB; Palmerio (2017), engenheiro e pesquisador envolvido na construção dos veículos lançadores VLS e VSB-30; Gouveia (2003), um dos pioneiros no campo aeroespacial brasileiro, atuante desde o início do PEB; entre outros.

A análise de conteúdo, conforme descrita por Bardin (1977), foi utilizada para interpretar os dados coletados. Esse método envolve três fases: pré-análise, exploração do material e tratamento dos dados, inferência e interpretação. A pré-análise consistiu na organização e familiarização com os documentos, seguida pela escolha dos documentos e preparação do material para análise.

Dessa forma, buscou-se alcançar uma compreensão abrangente e detalhada dos avanços e desafios do segmento de veículos de sondagem e lançadores espaciais no Brasil, desde o início do PEB até a era do "*new space*".

### **1.1.2 Pesquisa Documental e em Bases de Dados**

Na pesquisa documental, foram levantadas as principais leis, decretos e acordos, relacionados ao setor espacial, que o Brasil assinou ou tomou parte, desde a criação da Agência Espacial Brasileira (AEB), em 1994, até o atual acordo de salvaguardas tecnológicas com os EUA.

Além disto, o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), a Estratégia Nacional de Defesa (END) e o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) foram estudados, pois esses documentos contêm as diretrizes nacionais que orientam as instituições envolvidas com o setor espacial brasileiro. Em especial, considera-se o PNAE, publicado pela AEB, pois ali estão contidas todas as diretrizes nacionais as quais as instituições envolvidas com o setor espacial devem se balizar. Cada edição do PNAE contém um horizonte de 10 anos e descreve prioridades nacionais, estratégias e planejamento para o setor espacial.

Para atingir os objetivos específicos descritos na introdução foram levantados os recursos orçamentários destinados aos projetos espaciais, o que contribui para a análise da atual situação econômica, estratégica e política do PEB. Os dados sobre o orçamento espacial foram buscados nos Relatórios de Gestão da AEB e no Portal do Sistema de Orçamento e

Planejamento (SIOP) do governo federal.

Foi também utilizado o mais recente catálogo das empresas espaciais brasileiras, produzido pela AEB para no ano de 2022 para identificar as empresas participantes dos projetos de veículos lançadores estudados.

Além dos recursos orçamentários, foram analisados os seguintes parâmetros:

1. Projetos de veículos de sondagem e lançadores desenvolvidos pelo IAE e seus principais resultados.
2. Capacitação de recursos humanos para o setor espacial.
3. Empresas atuantes nos projetos de lançadores nacionais
4. Parcerias internacionais.

As fontes dessas informações incluem o IAE, a AIAB e o Parque Tecnológico São José dos Campos (PQTEC).

A pesquisa documental também investigou os acordos de cooperação do Brasil com outros Estados no desenvolvimento de projetos vinculados a lançadores, utilizando como base a análise de fontes primárias tais como protocolos; memorandos de entendimento; relatórios de trabalho; atas de reuniões; documentos e comunicações oficiais brasileiras, entre outros.

Foram também buscadas informações econômicas por meio de órgãos públicos intervenientes na política espacial brasileira, tais como, AEB, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespaciais (DCTA), além de informações orçamentárias presentes na base de dados do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP) e da Associação da Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB). A partir desses dados, a pesquisa apresenta um panorama atual sobre o setor espacial brasileiro, especificamente em relação ao atual estágio do segmento de lançadores, sua situação econômica, estratégica e política.

## 2 A ERA ESPACIAL: BREVE CONTEXTO HISTÓRICO

Neste capítulo apresenta-se uma abordagem descritiva e histórica sobre a era espacial e o Programa Espacial Brasileiro. Entretanto, inicialmente, é importante considerar dois conceitos fundamentais a esta dissertação: o de satélites artificiais e o de foguetes, mais precisamente o de veículos lançadores.

Satélites giram ao redor da Terra, porém também podem ser inseridos na órbita da Lua, do Sol ou de qualquer outro planeta. Satélites artificiais são dispositivos lançados por meio de veículos lançadores em uma órbita elíptica, que tem como um dos focos o centro da Terra. Os satélites artificiais são objetos construídos pelo homem e geralmente lançados por um foguete de diversos estágios e apresentam natureza dual, ou seja, podem ser de uso civil e militar. No jargão aeroespacial, os "estágios" referem-se aos diferentes segmentos que formam um foguete, cada um possuindo seu próprio sistema de propulsão que contribui para o aumento da velocidade do veículo e que é progressivamente alijado durante o voo (Zaparolli, 2024).

No caso de uso civil, temos os satélites governamentais e os acadêmicos, e ambos servem para comunicações, meteorologia, sensoriamento remoto e navegação; e os militares normalmente são empregados em espionagem e guerra eletrônica (Fortescue; Stark, 2011). Os satélites são inseridos em determinadas órbitas, de acordo com sua missão, podendo ser órbitas baixas (abaixo de 2000 km), órbitas médias (2000 km até 35.786 km) e órbitas altas, acima de 35.786 km, que é chamada de geoestacionária (Sakay, 2021).

Já um foguete é um projétil aerodinâmico, normalmente cilíndrico, de metal contendo material inflamável em seus tanques e que quando inflamado, passa através de uma tubeira (boca de *Laval*), gerando empuxo e impulsionando o projétil a uma altura ou distância significativa. Um motor foguete é bastante diferente de motores a reação utilizados nos aviões, em que estes utilizam a atmosfera como fonte de oxidante (oxigênio no ar) para queimar o combustível. Os veículos propelidos por motor foguete devem transportar, em seus tanques, todos os propelentes (combustível e oxidante) e funcionam no vácuo (Rezende, 2018).

Mas qual a diferença nos termos “foguetes”, “veículos lançadores” e “mísseis”? Um míssil, que pode ser de pequeno, médio ou longo alcance, transporta uma cabeça de guerra e tem um sistema de orientação embarcado, no qual sua trajetória e seu ponto de impacto podem ser alterados durante o voo. Um foguete que, pode ser de sondagem ou de artilharia, geralmente é balístico, ou seja, não possui nenhum tipo de guiagem e é estabilizado apenas por rotação através de suas empenas. Um foguete de sondagem serve para carregar instrumentos de pesquisa ou medições diversas em altas altitudes, já um foguete de artilharia carrega explosivos

e é utilizado como arma de saturação. Um veículo lançador serve para transportar uma carga para além da atmosfera da Terra, seja um satélite, humanos ou uma nave para a órbita ao redor da Terra ou para algum outro destino no espaço sideral (Science Direct, 2003).

## 2.1 DESENVOLVIMENTO DE FOGUETES NA PRÉ ERA ESPACIAL

Muitos séculos atrás, os chineses empregaram pela primeira vez foguetes utilizando propelentes solidificados para assustar seus inimigos com os ruídos altos e luzes piscando no céu. Mais tarde, estes foguetes se tornaram populares para exposições e comemorações e hoje são conhecidos com o nome de fogos de artifício (NASA - *National Aeronautics and Space Administration*, 2012). Os primeiros dispositivos, no entanto, eram rudes, usavam propelentes de baixa energia, e eram em grande parte incontroláveis. Somente a partir do início do século XX é que as principais tecnologias e avanços em foguetes foram realizados.

Por volta da virada do século passado, Konstantin *Tsiolkovsky*, um professor russo, descobriu a relação fundamental entre a quantidade de propelente necessária em um foguete e a mudança resultante na sua velocidade. Esta continua a ser a relação mais fundamental no cálculo de motor foguete e é referida como a "equação de *Tsiolkovsky*" ou equação foguete (Burleson, 2002). Na década de 1920, o físico americano Robert H. Goddard projetou e construiu o primeiro motor foguete movido a propulsão líquida e demonstrou seu uso em voo. Este foi um passo significativo em direção ao desenvolvimento de mísseis modernos e lançadores espaciais.

A Segunda Guerra Mundial (1939-1945) criou um senso de urgência no desenvolvimento e implantação de foguetes de longo alcance, projéteis de artilharia e bombas. Na Alemanha e nos Estados Unidos, importantes esforços foram iniciados para criar bombas guiadas com propulsão de foguete, isto é, mísseis.

Em 3 de outubro de 1942, o exército alemão realizou o primeiro voo com sucesso do míssil balístico V-2 *Vergeltungswaffe* – (arma de vingança), a partir de uma pequena ilha no mar Báltico chamada *Peennemunde* (Dornberger, 1954).

Entre 1943 e 1945, cerca de 60.000 pessoas de diversos países da Europa, sobretudo da União Soviética, Polônia e França, foram deportadas para o complexo subterrâneo de fábricas *Mittelwerk* como prisioneiros de campos de concentração para realizar trabalhos forçados para a indústria de armamento alemã, principalmente na construção dos mísseis V-2, (Mittelbau, 2016). Em 1944, esses mísseis já eram operacionais e fabricados em massa nas fábricas Mittelbau-Dora. (Olivier, 2004; Neufeld, 1995). Os seus alvos eram principalmente as cidades

de Londres e Antuérpia (Kooy, 1946). O míssil alemão V-2 foi muito eficaz como instrumento de intimidação. Ao final da guerra, um grupo de engenheiros e cientistas de foguetes alemães desertou para os Estados Unidos e outro para a União Soviética. Wernher von Braun, o principal engenheiro espacial alemão, liderou o grupo que foi para os Estados Unidos, esta operação foi conhecida como *Paperclip* (NASA, 1983). A missão destes cientistas seria continuar a trabalhar na tecnologia de foguetes e, na década de 1950, o V-2, na base americana White Sands foi aprimorado e serviu de inspiração para uma variedade de novos mísseis americanos.

Nesse período, a ordem era criar um míssil balístico intercontinental (ICBM) que pudesse viajar por milhares de quilômetros. Para tanto, seria necessário melhorar os sistemas de orientação e acrescentar estágios múltiplos. Essas duas áreas de tecnologia tornaram-se foco da pesquisa de foguetes dos anos 1950, resultando no míssil intercontinental ATLAS (Walker, 2005).

## 2.2 INÍCIO DA ERA ESPACIAL

O Ano Geofísico Internacional, patrocinado pela UNESCO e por outros setores do complexo da ONU, entre eles o Comitê Científico sobre Pesquisa Oceânica (SCOR), ocorreu entre os dias 1º de julho de 1957 e 31 de dezembro de 1958, (Cardoso, 2005), onde cerca de 30 mil cientistas de 66 nações, repartidos em 4.000 estações de observação, inclusive no Brasil, empenharam-se no esforço mundial em prol do conhecimento mais aprofundado sobre o planeta. Foi um grande programa científico, que envolveu diversos países, como Brasil, Argentina, Austrália, África do Sul, Bélgica, Chile, França, Japão, Nova Zelândia, Noruega, URSS, Reino Unido e Estados Unidos (Tota, 2000). Os soviéticos, durante o advento do ano geofísico, lançaram o primeiro satélite artificial em 4 de outubro de 1957 (Sputnik I) liderados pelo cientista Sergei Pavlovich Koroliov (Skaltfist, 2019).

Em 3 de novembro de 1957, cerca de um mês após o lançamento do Sputnik I, a União Soviética, novamente chocou o mundo, lançando o Sputnik II, maior e mais sofisticado que o primeiro, levando em seu compartimento a cadela Laika (Skaltfist, 2019).

O lançamento do Sputnik I exigiu uma resposta rápida à altura por parte dos Estados Unidos que, em 06 de dezembro de 1957, tentaram lançar um satélite através de seu novo foguete Vanguard, porém este explodiu na base. Após a desastrosa explosão de sua tentativa de lançamento, os Estados Unidos rapidamente mudaram suas estratégias e transformaram seus mísseis balísticos de longo alcance em lançadores orbitais, e a "corrida espacial" entre os dois países se tornou séria (Hall, 1964). Somente em fevereiro de 1958, os Estados Unidos

conseguiram lançar com sucesso seu primeiro satélite, o Explorer-1, com a ajuda de cientistas alemães, naturalizados americanos e sob a direção de Werner Von Braun.

Em julho de 1958, a NASA foi criada pelo então presidente americano Eisenhower (Dwight, 1961). E, em 1961, após o voo do primeiro cosmonauta, o russo Yuri Gagarin, o presidente John F. Kennedy desafiou a América a enviar humanos, antes do final da década, para a superfície da Lua e devolvê-los com segurança, "Decidimos ir à Lua não porque é fácil, mas porque é difícil", disse o ex-presidente dos Estados Unidos John F. Kennedy (1917-1963) em 12 de setembro de 1962 (JFK, 1962). Após sete anos, em julho de 1969, Neil Armstrong e Buzz Aldrin, caminharam na Lua e ao final do Projeto Apollo, em 1972, um total de doze astronautas haviam caminhado no solo lunar e voltado em segurança para a Terra, e os Estados Unidos estavam bem estabelecidos como nação espacial dominante.

Durante as décadas de 1960 e 1970, tanto a União Soviética quanto os Estados Unidos desenvolveram várias famílias de lançadores espaciais. O inventário soviético incluía as seguintes famílias de foguetes: Kosmos, Proton, Soyuz e Molniya; e o inventário dos EUA: Titan, Atlas, Delta e Thor (Sutton, 2006).

No início da década de 1970, o ex-presidente americano Richard Nixon aprovou o desenvolvimento do Sistema de Transporte Espacial, mais conhecido como ônibus espacial (*Space Shuttle*). Este deveria ser um sistema reutilizável para substituir todos os veículos lançadores descartáveis dos EUA. Desta forma, quando o ônibus espacial começou a voar em 1981 (Howell; Dobrijevic, 2021), as linhas de produção para os foguetes Delta, Titan e Atlas foram descomissionadas e eles permaneceram desligados até o desastre da nave Challenger em 1986. Porém, logo após este acidente, estas linhas de foguetes foram rapidamente colocadas em produção novamente (Post, 2014).

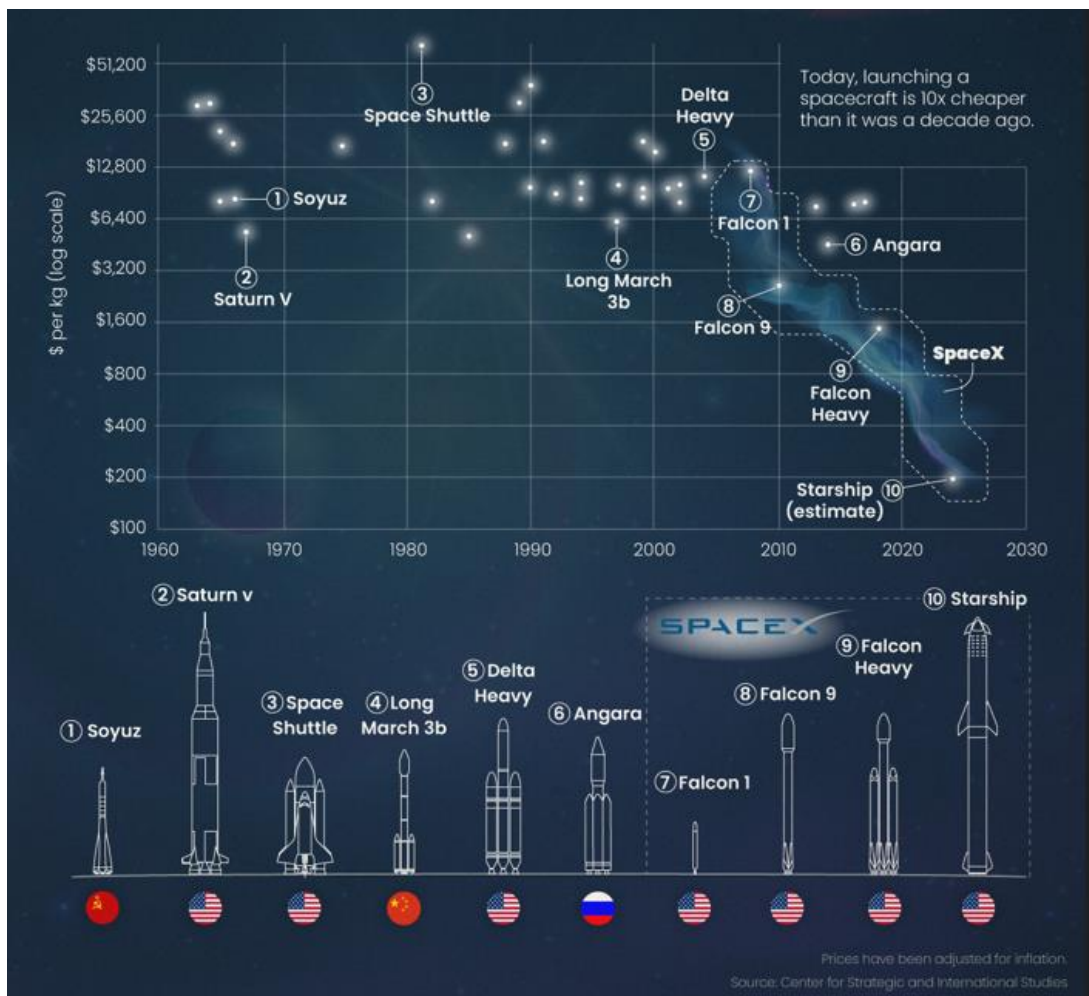
O hiato de lançamento nos EUA levou três anos, no entanto, permitiu que outros países tais como, a Índia, China, Japão e Europa entrassem no mercado comercial de lançadores. O mais proeminente deles foi o foguete europeu Ariane da Agência Espacial Europeia (ESA), que em 2022 completou quarenta anos de lançamentos bem-sucedidos (Ariane, 2024).

Nos anos 2000, o ex-presidente dos EUA, Barack Obama, cancelou o programa do ônibus espacial e, atualmente, empresas privadas, tais como a SpaceX e Blue Origin, ganharam mercado e contratos com a NASA e têm se mostrado promissoras.

Essa atuação das empresas privadas tem reduzido o custo dos lançamentos espaciais. Atualmente, o custo para lançar um satélite caiu de US\$ 200 milhões para US\$ 60 milhões, e por meio de foguetes reutilizáveis, poderá chegar até a US\$ 5 milhões e com a produção em massa de satélites diminuindo o custo de fabricação de US\$ 500 milhões para US\$ 500.000

(Morgan Stanley, 2020). Para exemplificar, a figura 1 mostra como o custo de lançar uma espaçonave em órbita tem diminuído ao longo do tempo, com uma análise dos custos de voos espaciais desde 1960 até uma estimativa para 2030, destacando a redução significativa nos custos devido à inovação alcançada pela SpaceX.

**Figura 1 - Custos dos voos espaciais**



**Fonte:** Venditti, 2022.

De acordo com a figura 1 (com valores baseados em escala Log), a Soyuz (URSS/Rússia), com o primeiro lançamento por volta de 1960, teve custo de aproximadamente \$8,020 por kg; o Saturn V (EUA), usado também na década de 1960 e início de 1970, teve custos próximos a \$5,400 por kg. Já entre 1981 e 2011, a Space Shuttle (EUA) chegou a custos de \$65,500 por kg. O lançador chinês Long March 3b, com início na década de 1990, custava em torno de \$6,400 por kg, enquanto o Delta Heavy (EUA), de meados da década de 2000, alcançou aproximadamente de \$12,750 por kg e o Angara, da Rússia, lançado por volta de 2010, custava em torno de \$4,500 por kg. Com o início da atuação da Space X, já se observa uma

redução dos custos nos EUA, com o Falcon 1 (SpaceX, EUA), cujo primeiro lançamento foi em 2006 e custou \$12,600 por kg. Já com o Falcon 9 (SpaceX, EUA), lançado pela primeira vez em 2010, os custos decresceram para \$2,600 por kg e o com o Falcon Heavy (primeiro lançamento em 2018), os custos foram de \$1,500 por kg. Finalmente, com a Starship (SpaceX, EUA), a estimativa para lançamento futuro é de que os custos caiam abaixo de \$200 por kg até 2030.

Desta forma, a inovação da SpaceX, especialmente com os lançamentos do Falcon 9 e do Falcon Heavy, e a futura implementação do Starship, tem reduzido drasticamente os custos de lançamentos espaciais, tornando-os significativamente mais acessíveis. Comparativamente, o custo por quilograma em 2020 é dez vezes menor do que uma década atrás, graças aos avanços tecnológicos e às estratégias de reutilização de foguetes introduzidas pela SpaceX (Venditti, 2022).

### 2.3 O DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO (PEB)

O complexo brasileiro de Ciência e Tecnologia (C&T) voltado ao setor aeroespacial engloba uma série de entidades encarregadas da investigação e do progresso nessa área, além de promover e sustentar as indústrias relacionadas ao espaço. Este conjunto também é responsável pela educação e pelo desenvolvimento profissional de indivíduos envolvidos em atividades de relevância científica e tecnológica para o setor aeroespacial. É formado por uma diversidade de centros, institutos e segmentos industriais dedicados tanto à pesquisa científica quanto à inovação tecnológica (Almeida, 2006).

Entretanto, as primeiras pesquisas espaciais no Brasil não ocorreram no território continental e nem foram realizadas por brasileiros, mas sim em uma ilha localizada no nordeste brasileiro por norte-americanos. No ano de 1947, o Brasil assinou o Tratado Interamericano de Assistência Recíproca (TIAR) que funcionaria em caso de ameaça de agressão ou invasão. Este tratado foi reforçado no ano de 1952, e previa pactos militares entre Brasil e Estados Unidos, com fornecimento militar, treinamentos e equipamentos (Moura, 1990).

De acordo com Nascimento (2009), em 1956, o governo brasileiro cedia ao governo dos Estados Unidos, um pedaço da Ilha de Fernando de Noronha para a realização de testes relacionados com o programa espacial americano. A função desta base era rastrear, promover e acompanhar testes de foguetes lançados na Flórida a partir do Cabo Canaveral. Durante o pós Segunda Grande Guerra, diversos países sul-americanos, inclusive o Brasil, firmaram contratos de não agressão e cooperação mútua com os Estados Unidos. O acordo sobre Fernando de

Noronha, concedia aos americanos a cessão (aluguel) de uma parte da ilha por um prazo de cinco anos, podendo ser renovada. Em contrapartida, seriam disponibilizados ao Brasil equipamentos de radar e rádio de última geração e o desenvolvimento de um complexo sistema de comunicação que seria instalado no Morro do Francês, que a Aeronáutica mantém sob seu domínio até os dias atuais. O arquipélago foi palco de instalações sofisticadas para época e consistia em uma peça-chave no rastreamento aos foguetes, sendo utilizado no período de 1957 a 1959, quando foi substituído pela ilha britânica de Ascensão.

Conforme Gouveia (2003), com o advento do Sputnik e do Ano Geofísico Internacional, o Brasil não poderia ficar à margem das atividades espaciais, por este motivo, o governo brasileiro, a 17 de maio de 1961, iniciou uma Comissão para estudar e criar uma política para um futuro programa de pesquisa espacial, propondo as medidas elementares de sua implementação. Com base em relatório apresentado por esta Comissão, o governo de Jânio Quadros, através de um Decreto Presidencial nº 51122, de 3 de agosto de 1961, criou o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) que, no cotidiano, foi simplificado para Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE), que ficaria subordinada diretamente ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq). Seu início foi imediato, e suas atividades ocorreram em uma sala do Centro Técnico da Aeronáutica (CTA). Em fins de 1963, a CNAE se instalou no Laboratório de Física Espacial, construído em terreno do CTA, e por este cedido. Somente a 22 de abril de 1971 entrou em vigor o Decreto Presidencial nº 68532, que instituiu a CNAE em caráter permanente, denominando-a como Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), que alguns anos depois, passou a ser denominado Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Oliveira, 1991).

Após a regularização e criação do INPE, foi elaborado o seu primeiro plano quinquenal, que considerava a realidade econômica do país, a sua capacidade industrial e seus recursos humanos em termos de tecnólogos, cientistas e engenheiros capacitados. O plano ambicionava criar um grupo de 200 cientistas brasileiros, com nível de doutorado e mestres em Ciências, sendo que desde o início de seus estudos de pós-graduação, desenvolveriam projetos de pesquisas, pura e aplicada, sempre buscando soluções para problemas brasileiros nos campos das telecomunicações, meteorologia, educação, sensoriamento remoto, transferência de tecnologias e levantamento de áreas (Gouveia, 2003).

A primeira decisão concreta desse antigo grupo foi o projeto em 1966 do uso de um satélite avançado de comunicações interdisciplinares (SACI), que previa um método de ensino a distância através do uso de satélites. Em 1968, uma comissão da UNESCO, devido a uma solicitação do Ministério das Relações Exteriores, visitou o Brasil e divulgou um relatório onde

concluía que o uso de satélites para a educação realmente seria a melhor solução para as dificuldades educacionais que o Brasil enfrentava à época (Oliveira, 1991).

Engenheiros do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), oficiais da Aeronáutica na maioria, elaboraram diretrizes para a criação do Grupo de Trabalhos de Estudos de Projetos Especiais (GTEPE), subordinado ao Estado-Maior da Aeronáutica, em 10 junho de 1964. A partir da criação efetiva do GTEPE, as atividades espaciais começaram a fluir e os técnicos passaram a buscar um local apropriado na região Nordeste, que fosse próximo ao Equador Geomagnético, com possíveis facilidades logísticas, bem como onde o Ministério da Aeronáutica lograsse construir um campo de lançamento de foguetes. Após contatos com os governantes dos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte e, considerando que o governo do Rio Grande do Norte se mostrava mais interessado, foi decidido que o local mais adequado para lançamentos, seria a “Barreira do Inferno”, distante 18 quilômetros de Natal (Gouveia, 2003).

O Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), em Natal, no Rio Grande do Norte, foi criado pela Portaria nº S-139/GM3, de 15 de dezembro de 1965. Com a inauguração desta base, a participação brasileira no esforço da pesquisa espacial, com todo o aparato operacional técnico, era comparável às nações mais desenvolvidas do mundo na época. O CLBI durante a década de 60 e 70, foi ativo nas Américas, só perdendo para o Cabo Canaveral, sendo requisitado por vários países para ser palco de lançamentos de foguetes de sondagem e experimentos. O primeiro foguete lançado em solo nacional foi um foguete Nike-Apache americano em 1965 no CLBI (Oliveira, 1991).

Logo no início do programa, houve parceria entre o CTA e a NASA, sendo que muitos técnicos e engenheiros brasileiros foram estudar e aprender nas instalações americanas. O primeiro foguete, o Sonda I, devido à transferência de tecnologia entre os países, foi inspirado no foguete americano ARCAS fabricado pela *Atlantic Research Corporation* (ARC), e a partir do Sonda I, novas gerações de foguetes surgiram. Houve cooperação tecnológica nesse setor, sendo que os brasileiros eram treinados pelos americanos em vários aspectos, desde a construção até lançamentos, inclusive sendo treinados nos principais centros espaciais americanos: *Wallops Flyght Center* no Estado da Virgínia, e *Goddard Space Flight Center*, Maryland (Gouveia, 2003).

De acordo com Conca (1992), apesar de o CBLI estar localizado no Rio Grande do Norte, a formação dos pólos tecnológicos da área espacial se concentrou no Sudeste, com o INPE e o CTA/IAE, ambos situados na cidade de São José dos Campos. O programa Sonda foi iniciado em 1961 e se tornou o primeiro caso de transferência tecnológica espacial interna do país, neste caso do CTA para a empresa Avibras (Conca, 1992).

Nesses primórdios das atividades espaciais no país, um dos eventos mais importantes em termos científicos ocorrido em solo brasileiro, mais especificamente na Praia do Cassino no Rio Grande do Sul, foi o chamado projeto ECLIPSE. Foi o maior programa estrangeiro visando pesquisa espacial, feito em território brasileiro e envolvendo cientistas do Brasil, Estados Unidos, Itália, Holanda e Uruguai (Gouveia, 2003).

No campo das telecomunicações, o Brasil é associado desde 1965 ao consórcio internacional (INTELSAT), e em 1977 o governo viu a necessidade de adquirir satélites. Mas foi na década seguinte, que a Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL) mais precisamente, em junho de 1982, sob a presidência do General João Figueiredo, assinou contrato com a empresa Spar Aerospace-Hughes para a construção dos satélites BRASILSAT I e II, que seriam operados pela empresa. O Brasil já possuía experiência em operar satélites estrangeiros e o INPE foi o responsável por colocar o Brasil no terceiro lugar do mundo a possuir um sistema de rastreamento para recepção de dados de satélites localizado na cidade de Cachoeira Paulista (Oliveira, 1991).

No intuito de fortalecer o programa espacial brasileiro, em agosto de 1977 ocorreu o 1º Seminário de Atividades Espaciais, na cidade do Rio de Janeiro. Seu objetivo principal era aprovar um programa que abarcasse tanto a área de satélites quanto a de lançadores orbitais. Como resultado, o seminário atribuiu responsabilidades às instituições espaciais brasileiras e fez recomendações para se avançar no plano de desenvolver um programa institucionalizado.

Também derivada do Seminário foi a proposta de cooperação feita pela Agência Espacial Francesa (CNES) ao Brasil para desenvolver três satélites – dois de coleta de dados e um de sensoriamento remoto – e mais um veículo lançador de três estágios com propulsão líquida (Escada, 2005 *apud* Ribeiro, 2019). Segundo Ribeiro (2019), a proposta dos franceses continha o compromisso de transferir todas as tecnologias envolvidas para o governo brasileiro, inclusive as consideradas críticas. Em 1978, a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), estabelece a criação de um grupo de trabalho com o CNES para analisar a viabilidade da parceria. No entanto, após análises minuciosas dos militares, concluiu-se pela recusa da cooperação com os franceses. O pensamento nacionalista vencera a disputa (Escada, 2005 *apud* Ribeiro, 2019).

Segundo Costa Filho (2002 *apud* Ribeiro, 2019), a cooperação nos moldes propostos significaria a interrupção do processo de conhecimento de técnicos brasileiros na área de combustíveis sólidos, uma vez que a proposta do CNES previa o desenvolvimento de um veículo lançador a propelente líquido. Isso significava desperdiçar o domínio do ciclo tecnológico, adquirido com o programa Sonda. Além disso, o segundo motivo apontado pelos

militares brasileiros foram os custos elevados. Segundo estimativas do governo da época, o custo de um programa autônomo seria muito menor, cerca de US\$ 670 milhões, enquanto se houvesse a cooperação com a França, ficaria em torno de US\$ 1.078 bilhões (Costa Filho, 2002 *apud* Ribeiro, 2019).

Em 1979, foi realizado o 2º Seminário de Atividades Espaciais, dessa vez em São José dos Campos, onde se localizava o então CTA e o INPE. Desse seminário originou-se a ideia de se criar uma Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), nos mesmos moldes da anterior proposta francesa rejeitada, mas agora com desenvolvimento de projetos totalmente autônomos (Ribeiro, 2019).

Com essa missão, o Brasil desenvolveria e construiria autonomamente um satélite e o colocaria em órbita por meio de um veículo lançador também produzido nacionalmente, em um centro de lançamentos localizado no território brasileiro. O termo Missão Completa, portanto, referia-se à congregação dos três principais eixos de um programa espacial: a obtenção de um satélite, um veículo lançador e um centro de lançamento, todos nacionais (Ribeiro, 2019, p. 80).

Naquele mesmo ano, a Missão Espacial Completa Brasileira foi criada e foi definida uma clara divisão do trabalho entre as instituições civis e militares (Costa Filho, 2002). A MECB, no entanto, previa uma nova tentativa de cooperação com a França, porém apenas em relação aos satélites, deveria durar nove anos e este cronograma era de comum acordo entre INPE e CTA/IAE e com um orçamento previsto em US\$ 900 milhões (Conca, 1992).

Esta missão foi pensada e iniciada em bases de intensa cooperação internacional, principalmente com a França através de sua agência espacial *Centre National d'Études Spatiales* (CNES) e mais duas empresas francesas apresentaram propostas. Uma equipe de 15 especialistas do INPE foi enviada ao CNES, em Toulouse, na França, para participar da concepção e do planejamento dos três satélites previstos na Missão Espacial Brasileira.

O CLBI, criado na década de 60, era um centro de lançamento plenamente operacional, porém em face da proximidade da cidade de Natal, a segurança nos lançamentos foi reduzida e não seria capaz de permitir a operação de veículos lançadores de satélite, devendo permanecer somente com operação de foguetes suborbitais e rastreamento (FAB, 2013). Portanto, a primeira diretriz da MECB foi construir o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), atualmente CEA. A cidade de Alcântara, foi escolhida devido sua proximidade ao Equador e sua privilegiada localização próxima ao mar, reforçando, assim, a segurança no manuseio de foguetes e propelentes. Porém somente iniciou suas atividades em 1989, quase dez anos após a criação da

MECB. Sua primeira operação ocorreu em 1990 com o lançamento do foguete Sonda II, foguete pequeno, composto de apenas um estágio e peso total de 368 Kg (Dias; Carvalho, 2020).

Isso posto como segunda diretriz, ficou estabelecido que o INPE seria o principal responsável pelo desenvolvimento dos satélites, (SCD-1 e SCD-2), bem como as estações de rastreamento e recepção de dados em solo.

A terceira diretriz cabia ao CTA e teria como missão a construção e desenvolvimento de um veículo lançador de satélites (VLS), bem como o respectivo centro de lançamentos (Costa Filho, 2002).

O programa VLS pretendia dotar o Brasil de autonomia tecnológica no segmento de lançadores de satélites. Era uma continuação do programa Sonda, sendo que o VLS utilizava todas as tecnologias aprendidas desde a década de 60 com os foguetes de sondagem, a cada novo Sonda, uma barreira tecnológica era superada. De acordo com a MECB, era para o VLS ser o responsável pelo lançamento do SCD-1, mas atrasos ocorreram principalmente devido à falta de recursos humanos especializados e embargos tecnológicos (Palmerio, 2017).

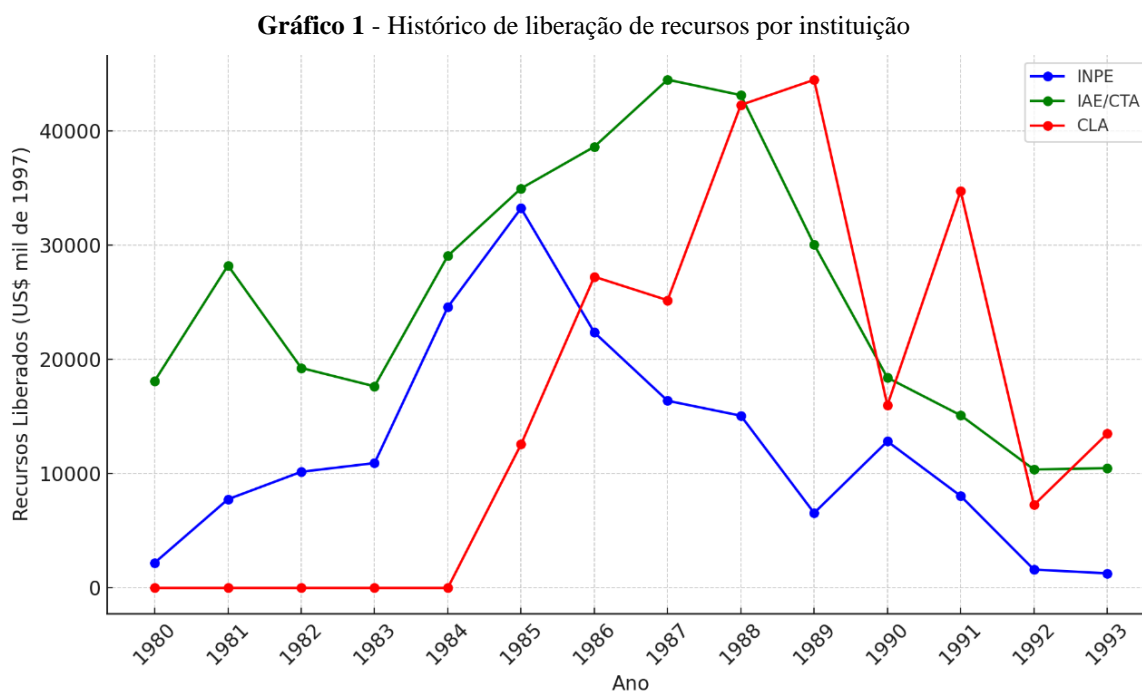
O domínio tecnológico do VLS, significava para o Brasil a autonomia descrita na MECB, além do reconhecimento mundial e também a possibilidade de o país entrar no restrito e competitivo setor de serviços de lançamentos. Apesar de o VLS ser considerado um foguete de pequeno porte, havia na época um nicho de mercado, onde ele poderia se tornar competitivo. Para este modelo de foguete, houve três tentativas de lançamento, sendo que as três falharam em pontos distintos e o terceiro foi o mais traumático, pois explodiu em 2003 na base de Alcântara, matando 21 técnicos (Buhr, 2012; Brasil, 2004). O projeto do VLS, será abordado mais detalhadamente no capítulo quatro.

Porém, na metade da década de 80, os planos com a MECB começaram a ser frustrados, devido a implementação, em solo brasileiro da política norte-americana de não proliferação de armas e ogivas nucleares, o tratado de não proliferação nuclear (TNP), criado na década de 70. Sendo que os mísseis eram considerados os meios mais eficientes para carregar artefatos nucleares, o que suscitou a Comissão de Segurança dos Estados Unidos a repensar seus conceitos, passando a controlar ou negar autorizações às empresas americanas para repasse de tecnologia a países estrangeiros que porventura pudessem ser utilizados na construção de mísseis (Palmerio, 2017).

De acordo com Dolinsky (2005), além dos problemas em importações e com repasses financeiros, uma outra adversidade com a MECB, era a defasagem em recursos humanos, que já em 1987 era de 36%, chegando ao pior resultado em 2001 (68%), sendo que a evasão era de

profissionais altamente qualificados e por este motivo eram absorvidos prontamente por empresas diversas.

O gráfico 1, a seguir, demonstra o histórico de liberação de recursos orçamentários da extinta COBAE, através do Departamento de Gestão de Recursos (DGR) para a MECB do ano de 1980 até 1993 (em milhares de dólares).



**Fonte:** Costa Filho (2002).

Nos anos 1980, no Brasil, o DGR era vinculado a instituições e projetos científicos e tecnológicos, especialmente nas áreas de pesquisa espacial e desenvolvimento aeroespacial. No contexto da AEB e da COBAE, o DGR era um departamento responsável por gerenciar e alocar recursos financeiros e materiais para diferentes iniciativas e programas espaciais. Esse departamento desempenhava um papel crucial na gestão dos recursos orçamentários destinados às atividades do PEB, coordenando a liberação de fundos para órgãos executores, como o INPE, o IAE, e mais tarde o CLA (Costa Filho, 2002).

Essas funções estavam diretamente relacionadas ao crescimento e consolidação do setor espacial no Brasil, apoiando a pesquisa, desenvolvimento de satélites, foguetes, e infraestrutura para lançamento, que marcaram a década de 1980, como um período de fortalecimento das capacidades nacionais em tecnologia espacial.

No final da década, o Brasil passou a enfrentar severas dificuldades no relacionamento técnico e comercial com outros países, em decorrência da política de restrições à exportação de

itens e serviços considerados sensíveis, adotada por alguns países como forma de controlar o acesso à tecnologia de mísseis, mesmo tendo o Brasil o Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP).

Nesse cenário, os países que compõem os BRICs (Brasil, Rússia, Índia e China) enfrentaram restrições impostas por países que lideravam o avanço científico e tecnológico, mas de formas e com consequências variadas. Embora sofressem com problemas típicos de países em desenvolvimento, Rússia, China e Índia, ao contrário do Brasil, têm dado atenção constante às questões de segurança e defesa. No campo das tecnologias militares, esses países têm realizado investimentos contínuos em pesquisa, desenvolvimento e engenharia (PD&E), amparados por políticas governamentais eficazes, que promovem a produção local de equipamentos militares. Os três dominaram a tecnologia nuclear e possuem mísseis de longo alcance desenvolvidos de forma independente. Assim, ora se alinham aos países restringidos, ora atuam como restringidores, recebendo tratamentos diferenciados conforme o contexto.

Um exemplo relevante é o recente acordo de cooperação nuclear entre os EUA e a Índia, apesar de a Índia ter detonado sua primeira bomba atômica em 1974, fora do Tratado de Não Proliferação Nuclear (TNP) (LONGO, 2002). Estes obstáculos foram moderadamente superados, pelo Brasil, quase uma década depois, com a aprovação da lei sobre o controle de exportação de bens sensíveis (Lei nº 9.112 de 10/10/1995) e pelo ingresso do Brasil no Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis (MTCR) (BARTELS, 2010).

De acordo com o site oficial do MTCR, este regime foi criado em 1987, mas somente em 1995 o Brasil aderiu (MTCR, 2024). O regime proibia a transferência de tecnologia para mísseis que pudessem transportar mais de 500 kg de carga útil e alvos com mais de 300 km de distância, e motivo pelo qual a empresa Avibras limitou seu Míssil Tático de Cruzeiro (AV-TM 300) ao alcance máximo de 300 km e carga útil 200 kg (Düring, 2013).

De acordo com Ribeiro (2019), a China também sofreu embargo norte-americano nas aquisições de componentes sensíveis para o satélite CBERS, devido ao fato deste não se submeter às regras do Regulamento Internacional de Tráfico de Armas (ITAR).

A Agência Espacial Brasileira (AEB) foi instituída no contexto de embargos e o motivo de sua criação está relacionado à importância internacional de se ter uma agência civil na coordenação do programa espacial. A gestão civil permite realizar cooperações internacionais, reforçar o uso pacífico do espaço e a possibilidade de compra de componentes e de sistemas espaciais de outras nações sem sofrer embargos (Velasco, 2019).

AAEB foi criada pela lei federal nº 8854 de 10 de fevereiro de 1994 como uma autarquia federal de natureza civil vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (atual MCTI) e,

atualmente, tem como principal finalidade o desenvolvimento das atividades espaciais em solo nacional. É dotada de autonomia financeira e administrativa e compete à AEB propor a atualização e a elaboração do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE). Segundo o professor Frans G. von der Dunk, o Brasil tornou-se o nono país e o primeiro “país em desenvolvimento” com uma legislação nacional adequada e específica para o setor privado participação em atividades espaciais. Os demais países, com o ano de promulgação de suas respectivas leis, são: Noruega em 1969, EUA em 1970, Suécia em 1982, Reino Unido em 1986, Rússia em 1993, África do Sul em 1993, Ucrânia em 1996 e Austrália em 1998 (Von Der Dunk, 2001).

O Brasil lançou em 1993 o seu primeiro satélite totalmente projetado e construído no Brasil, o satélite de coleta de dados (SCD-1), através de um lançador americano, vale ressaltar que este satélite, foi concebido para ter vida útil de apenas 1 ano, porém superadas todas as expectativas, já se passaram 31 anos e continua em órbita, realizando transmissões, mesmo com sua bateria não funcional, valendo-se apenas de suas placas solares (INPE, 2023). Segundo Nardin (2024), em 2021, com o lançamento do satélite Amazonia-1, o Brasil se tornou praticamente independente tecnologicamente no desenvolvimento de satélites, pois este artefato é 80% de fabricação nacional e 20 % de peças importadas.

Apesar do sucesso com o segmento de satélites, não se pode dizer o mesmo no campo de veículos lançadores, pois até os dias atuais, o Brasil embora tenha desenvolvido ao longo de décadas uma família de foguetes de sondagem, exaustivamente testados, ainda não logrou sucesso em um veículo lançador de satélites, sempre dependendo de Estados estrangeiros para colocar em órbitas os satélites brasileiros como, por exemplo, o satélite, projetado, integrado, testado e operado no Brasil, o citado Amazonia-1, que foi lançado pelo foguete indiano Veículo de Lançamento de Satélites Polares (PSLV) (IPEA, 2021).

Segundo Matos (2016), a Índia, nos anos 2000, ao perceber o avanço da tecnologia espacial chinesa, acelerou o seu programa espacial, disponibilizando um orçamento equivalente a US\$ 6,4 bilhões para o período 2012-2017, o que possibilitou um grande avanço no setor. O Brasil, por outro lado, tem investido valores substancialmente menores no setor espacial (Matos, 2016).

Atualmente, o CLBI atua somente como uma estação de telemedidas, ajudando a base francesa de *Kourou* a rastrear seus lançamentos com os veículos da família ARIANE. O CEA lança apenas pequenos foguetes de treinamento, de fabricação nacional, somente para manter a operacionalidade de seu efetivo. Porém, em maio de 2020 a AEB lançou seu primeiro edital de chamamento nº 02/2020, atraindo empresas internacionais, com destaque para a empresa sul

coreana *Innospace* e em março de 2021, abriu um segundo chamamento público, o nº 07/2021, para atrair novas empresas para as possibilidades e oportunidades de realizar lançamentos a partir da base de Alcântara. A partir destes editais, cinco empresas estrangeiras foram selecionadas para operar, são elas: *Hyperion, Orion, C6 Launch, Virgin Orbit e Innospace*.

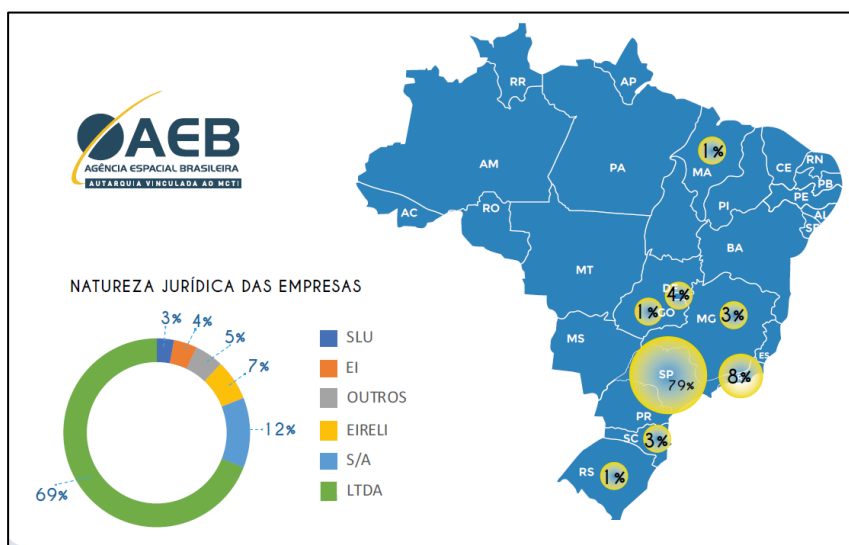
No cenário recente, a nova corrida ao espaço, o “New Space”, traz como possibilidade a viabilização e a redução de custos do acesso ao espaço exterior. A possível democratização do acesso ao espaço está conectada à revolução dos nanossatélites que pesam até 10 kg e à maior facilidade em sua produção, dado o custo menor, criando oportunidades para novos atores e novas possibilidades de uso (AEB, 2022).

Utilizando o conceito de miniaturização de satélites, a FAB, em coordenação com o Ministério da Defesa (MD) e outras instituições e órgãos governamentais, estabeleceu o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) em 2012, na tentativa de garantir a autonomia no uso do espaço exterior e executar o controle do tráfego aéreo e as missões de busca e salvamento nesta imensa área. No total, é uma área terrestre, marítima e aérea de 22 milhões de km<sup>2</sup>, designada pela FAB como “Dimensão 22”, onde a instituição desempenha a missão de “manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional com vistas à defesa do país.” (FAB, 2021). O PESE, assim como a END e o PNAE, são abordados mais detalhadamente no capítulo três.

Quanto à base industrial voltada para o programa espacial brasileiro, a grande maioria das empresas se concentra na região sudeste e, de acordo com mais recente catálogo de empresas da AEB, existem 187 empresas atuando nas seguintes áreas: aplicações, supply chain, hardware, infraestrutura, lançadores, satélites, serviços, softwares, e outros, que estão inseridos direta ou indiretamente no PEB (AEB, 2022).

Elas estão concentradas em 2 ramos: *Upstream* e *downstream*. Em serviços de *Upstream* 37% são produtores e fabricantes de sistemas e 22% responsáveis por lançamentos e infraestrutura de solo. No *downstream*, 22% são operadores de satélites e fornecedores finais, 19% provedores de serviço e usuários finais (AEB, 2022).

**Figura 2** - Localização das empresas espaciais no Brasil



Fonte: AEB (2022).

Em relação aos veículos lançadores nacionais, cerne desta dissertação, o Brasil encontra-se um tanto atrasado em comparação aos países que iniciaram seus programas espaciais na mesma época, nos anos 60, como a já citada Índia e a China (Matos, 2016).

Entretanto, o desenvolvimento do programa espacial brasileiro foi marcado por dificuldades financeiras, falta de continuidade nas políticas públicas e desafios técnicos. Diferentemente de países como Estados Unidos, União Soviética (agora Rússia), Índia, França e Japão, que conseguiram manter um fluxo constante de investimentos e desenvolver tecnologias avançadas rapidamente, o Brasil enfrentou e continua enfrentando, frequentes interrupções em seus programas espaciais devido a cortes orçamentários e mudanças de prioridades governamentais.

A falta de recursos consistentes e de uma estratégia de longo prazo resultou em atrasos significativos e limitações na concretização de objetivos ambiciosos. Enquanto isso, outras nações que começaram suas jornadas espaciais na mesma época, conseguiram avanços notáveis. A França, por exemplo, desenvolveu o Ariane, uma série de veículos lançadores que consolidou a Agência Espacial Europeia (ESA) como uma das líderes mundiais em lançamentos espaciais. O Japão, através da JAXA, avançou significativamente em suas capacidades de lançamento e exploração espacial, desenvolvendo tecnologias sofisticadas e realizando, inclusive, missões interplanetárias, como a Hayabusa2, que retornou com amostras do asteroide *Ryugu*, e a missão MMX (Martian Moons eXploration), que tem como objetivo explorar as luas de Marte. Essas missões demonstram o avanço tecnológico do Japão em voos interplanetários (Asteroid, 2024).

No Brasil, na década de 90, o trágico evento do VLS, não apenas atrasou o programa espacial brasileiro, mas também destacou a necessidade de investimentos em segurança e tecnologia. Nos anos recentes, o Brasil tem buscado revitalizar seu programa espacial. Parcerias internacionais, como o acordo de salvaguardas tecnológicas com os Estados Unidos para o uso comercial da base de Alcântara, têm sido passos voltados para reposicionar o país no cenário espacial global. Além disso, ocorreram iniciativas de cooperação com a China, como o programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), que demonstraram o potencial do Brasil em colaborar internacionalmente para o desenvolvimento de satélites de observação da Terra (CNSA, 2011).

Observa-se desta forma, que a falta de uma política espacial robusta e consistente, aliada à necessidade de maiores investimentos em pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura, são obstáculos que ainda precisam ser superados. Além disso, é crucial promover a formação de mão-de-obra qualificada e incentivar a inovação tecnológica setor tecnológico espacial.

### 3 PODER AEROESPACIAL, POLÍTICA ESPACIAL E CAPACIDADE DE LANÇAMENTOS ESPACIAIS

#### 3.1 PODER AEROESPACIAL E POLÍTICA ESPACIAL

O Poder Aeroespacial abrange a capacidade nacional de projetar influência e assegurar a soberania por meio de atividades aéreas e espaciais. Essa capacidade é fundamental para a defesa nacional, o desenvolvimento tecnológico e a inserção dos países no cenário geopolítico global. Segundo a Doutrina Básica da Força Aérea (DCA-1-1), o Poder Aeroespacial

É a projeção do Poder Nacional resultante da integração dos recursos de que a nação dispõe para a utilização do espaço aéreo e do espaço exterior, quer como instrumento de ação política e militar, quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando conquistar e manter os objetivos nacionais. (Brasil, 2020, p.12).

Para atingir seus objetivos, o Poder Aeroespacial se utiliza de meios aeroespaciais, tais como “aeronaves, aeronaves remotamente pilotadas e plataformas espaciais, que compõem o acervo operacional da FAB ou que sejam adjudicados por outros elementos do Poder Aeroespacial.” (Brasil, 2020, p.10). Desta forma, o domínio de plataformas espaciais é um meio para se atingir objetivos tais como influência internacional, soberania e desenvolvimento.

Em especial, para países em desenvolvimento, obter controle sobre o espaço aéreo e o exterior é essencial para a defesa do território e para a proteção contra ameaças externas. Além disto, investimentos no setor aeroespacial podem impulsionar a inovação e a capacitação tecnológica, beneficiando outros setores da economia, como telecomunicações, meteorologia, agricultura, mineração e outros. Para Dolman (2005), o espaço se relaciona à projeção de poder e deter capacidade aeroespacial robusta permite influenciar eventos regionais e globais, fortalecendo a posição geopolítica dos países que detém essa capacidade.

De acordo com Nye (2011), há três formas principais de poder. A primeira delas é o *hard power*, que está relacionado à capacidade coercitiva de influenciar outros atores por meio de sanções econômicas, força militar e ameaças. A segunda é o *soft power*, que se refere à habilidade de atrair e persuadir outros atores por meio de valores culturais, institucionais e políticos e que, na era da informação, ganha relevância, pois quem controla a narrativa pode influenciar decisões globais. Por fim, o autor ainda considera o *smart power*, que seria uma síntese que combina coerção (*hard power*) e persuasão (*soft power*), utilizando ambos de forma estratégica para alcançar objetivos específicos. Esse equilíbrio é essencial para as nações que buscam manter sua relevância no sistema internacional

O conceito de *smart power* é particularmente aplicável ao Brasil, uma potência emergente que busca ampliar sua influência global. A capacidade de projetar poder por meio de alianças regionais e instituições multilaterais reflete o uso eficaz de *soft power*. O país pode capitalizar sua influência ao combinar *soft power* com estratégias de *hard power*, como na liderança de missões de paz da ONU, no posicionamento perante o Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS) e na atuação em blocos regionais como o Mercosul.

Deter capacidades espaciais, portanto, pode afetar tanto o *hard* quanto o *soft power*, ao influenciar capacidades militares e informacionais. Dolman (2005), em seu livro *Pure Strategy*, argumenta que o domínio de novas fronteiras estratégicas, especialmente o espaço, será determinante para o poder geopolítico e econômico no século XXI. Essa perspectiva tem implicações diretas para o Brasil, que busca consolidar seu programa espacial e superar os desafios no desenvolvimento de lançadores de satélites.

A dependência de plataformas estrangeiras para o lançamento de satélites representa uma vulnerabilidade significativa. Por exemplo, o uso de foguetes e bases de lançamento de outros países para colocar satélites em órbita expõe programas nacionais a interesses externos e limita a capacidade de desenvolver uma política espacial independente. No espaço, quem controla a infraestrutura controla os resultados estratégicos (Dolman, 2005).

No âmbito espacial mundial, tem ocorrido a ascensão de atores não estatais, como corporações privadas, ONGs e, até mesmo, indivíduos influentes, além de novos países participantes do cenário espacial, o que gera um ambiente multipolar e mais complexo. As redes sociais e as tecnologias digitais potencializam o papel desses atores, tornando-os elementos cruciais na geopolítica moderna.

No caso brasileiro, a dependência de países estrangeiros para colocar satélites em órbita impede o Brasil de se posicionar como um ator relevante nesse domínio. Ainda conforme Dolman (2005), é necessário criar condições favoráveis para reduzir a dependência tecnológica e aumentar a capacidade autônoma de lançamentos espaciais. E, para isto, a política espacial, como uma política de Estado, tem se mostrado fundamental.

A política espacial estabelece a estratégia nacional para o programa espacial civil e para as aplicações militares e comerciais do espaço sideral. Isto inclui tanto o processo legislativo quanto a implementação dessas diretrizes por meio de órgãos civis, militares e reguladores (Tronchetti, 2013).

Com o aumento das implicações militares, econômicas e sociais associadas ao uso do espaço, cresce também a importância da política espacial. A exploração do espaço tornou-se

um fenômeno global que afeta diretamente a vida de milhões de pessoas e molda as relações internacionais. Por isso, programas voltados ao acesso e o uso do espaço ocupam uma posição central nas agendas das nações tecnologicamente avançadas. Nesse contexto, as políticas espaciais nacionais assumem papel essencial ao orientar decisões estratégicas nessa área.

Além disso, a política espacial é uma ferramenta que promove maior transparência nas atividades espaciais de um país, fortalecendo a confiança mútua entre os participantes globais e incentivando a cooperação internacional. Atualmente, questões espaciais podem exercer influência sobre decisões políticas, econômicas e militares, tanto no âmbito nacional quanto internacional.

A política espacial se adaptou aos eventos políticos, como a Guerra Fria, que moldaram a dinâmica espacial. Isto incluiu tanto o processo de formulação e modificação de políticas ao longo do tempo quanto as ações específicas para alcançar resultados desejados. Em essência, esta política representa um conjunto de estratégias e ações governamentais que refletem a balança de poder entre os Estados (Dolman, 2005). Ao longo do tempo, a política espacial vem evoluindo devido a transformações políticas e à ampliação de recursos, atores e instituições governamentais envolvidos.

A política espacial também tem conexões com outras políticas públicas, como a política científica e tecnológica, devido ao financiamento de pesquisas espaciais por programas nacionais, e com a política de defesa, dado o emprego de satélites espões e tecnologias militares, como armas antissatélites (ASAT). Além disso, abrange a regulamentação de atividades privadas, como satélites de comunicação e voos espaciais comerciais, a formulação de leis espaciais e o suporte de organizações que promovem a exploração espacial (Space Legal Issues, 2019).

No Brasil, a política espacial está expressa na Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) que busca a integração das atividades espaciais às necessidades sociais e econômicas do país, promovendo o desenvolvimento sustentável e a soberania tecnológica. Instituída pelo Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994, a “PNDAE estabelece objetivos e diretrizes para os programas e projetos nacionais relativos à área espacial, e tem o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) como seu principal instrumento de planejamento e programação decenal” (Brasil, 2021).

A PNDAE também objetiva a integração da política espacial às demais políticas públicas em execução, o fomento à formação qualificada, captação e fixação de especialistas no setor espacial e dinamizar a cadeia produtiva espacial brasileira e o domínio sobre as tecnologias críticas e de acesso restrito (Brasil, 2021). A política também ressalta a participação

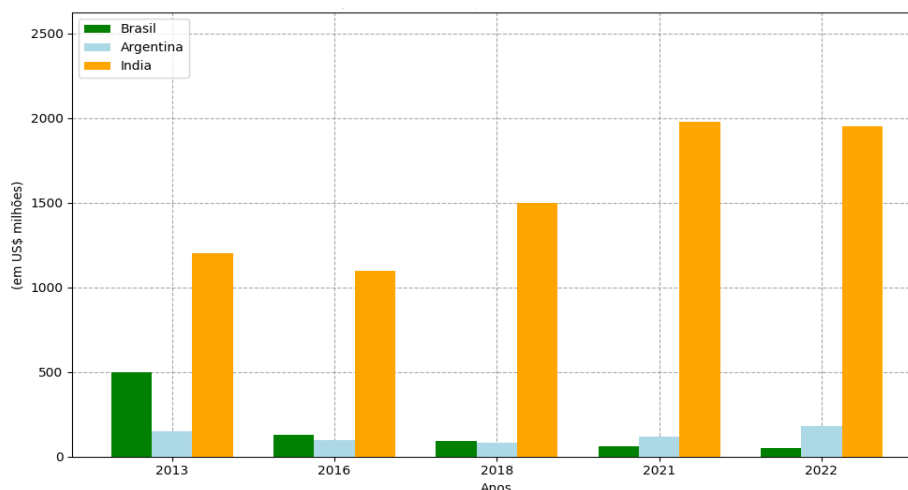
da indústria, dos institutos de pesquisa e da academia como essenciais para o processo de domínio de tecnologias críticas (Brasil, 2021). Em suma, a política espacial brasileira, consolidada pela PNDAE e operacionalizada pela AEB, tem como foco o desenvolvimento autônomo do setor espacial, com vistas à soberania nacional e ao progresso socioeconômico.

Entretanto, ao se comparar o Programa Espacial Brasileiro (PEB) com os programas de outros países emergentes, é possível observar uma defasagem do Brasil em relação a nações como a Índia e a Argentina (Matos, 2023). Os três países deram início às suas atividades espaciais na década de 1960, em um contexto histórico marcado pelo período pós-Segunda Guerra Mundial. Além disso, observa-se uma forte convergência entre o setor espacial e o desenvolvimento nuclear, especialmente na Argentina e na Índia (Matos, 2023).

Ao longo dos anos, esses países enfrentaram tanto desafios quanto conquistas, mas os resultados obtidos diferem consideravelmente, evidenciando três níveis distintos de desenvolvimento no setor espacial. No que diz respeito às políticas espaciais da Argentina, Brasil e Índia, é importante destacar que, embora os três países afirmem em documentos oficiais que seus programas espaciais são parte integrante de suas estratégias nacionais de desenvolvimento, e que se configuram como políticas de Estado, essa perspectiva não se traduz na prática orçamentária brasileira (Matos, 2023).

Enquanto a Argentina e a Índia têm demonstrado estabilidade e uma tendência de aumento nos investimentos públicos destinados ao setor, o Brasil não estabeleceu prioridades claras para seu programa espacial (Matos, 2023). Esse cenário é refletido na instabilidade e insuficiência do orçamento público brasileiro, incapaz de atender às demandas dos diferentes projetos e atores envolvidos, como evidenciado no gráfico 2.

**Gráfico 2** – Orçamento público para o programa espacial.



Fonte: MATOS (2023).

Conforme Matos (2023), a Argentina está um passo além do Brasil em relação a construção de satélites, pois já construiu seu próprio satélite geoestacionário. Contudo, em tratando de veículos lançadores, Argentina e Brasil estão no mesmo nível técnico. Na Argentina, destacam-se grandes empresas estatais integradoras, pequenas e médias empresas privadas e startups. A Argentina em presença relevante no mercado espacial internacional e parceria com a China, resultado de 30 anos de estratégia espacial: cinco missões satelitais para observação da Terra, trinta e cinco empresas/instituições de base tecnológica, oito *startups* com mais de 50% de capital humano argentino e mais de três mil empregos de alto valor agregado (CONAE, 2024).

Já o Programa Espacial Indiano está bem à frente do Brasil e da Argentina, pois já lançou sondas lunares (Chandrayaan-1 e a Chandrayaan-2), sonda para Marte (Mangalyaan), construiu e lançou satélites geoestacionários, presta serviços de envio de satélites nacionais e estrangeiros a partir de seu território, bem como missões para o espaço profundo a (Aditya-L1), que é uma missão de observação solar lançada em 2023 (ISRO, 2023). A ISRO é uma das seis agências espaciais no mundo com capacidade completa de lançamento e foi pioneira na descoberta de água na Lua. O programa atingiu um nível significativo de maturidade tecnológica, especialmente para um país emergente, inserindo a Índia no seleto grupo de potências espaciais (Matos, 2023).

A Índia, apresenta uma indústria espacial avançada, com operações nacionais e internacionais. O país conta com grandes empresas estatais, como a Antrix e a New Space India Limited, além de um amplo ecossistema de empresas privadas. Em 2020, mudanças regulatórias ampliaram as possibilidades para empresas focadas em aplicações comerciais, inserindo o país no cenário do *new space*. Essas reformas permitiram um rápido crescimento do número de startups espaciais indianas, que saltaram de 5 para 140 em menos de três anos, tornando o setor atrativo para investimentos de capital de risco (MATOS, 2023).

### 3.2 POLÍTICA ESPACIAL NA ESTRATÉGIA NACIONAL DE DEFESA (END) E O PROGRAMA NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS (PNAE)

A Estratégia Nacional de Defesa (END) do Brasil constitui um marco significativo no planejamento e na articulação da política de defesa do país, visando garantir a soberania nacional, a integridade territorial e o desenvolvimento sustentável. Elaborada inicialmente em 2008, a END estabelece diretrizes para a preparação das Forças Armadas e a reorganização da

indústria de defesa brasileira, com ênfase em três setores estratégicos: o nuclear, o cibernético e o espacial.

O Programa Espacial Brasileiro, sob a égide da END, é reconhecido como uma área estratégica que transcende a sua importância puramente científica e tecnológica, posicionando-se como um vetor essencial para a defesa nacional, o desenvolvimento tecnológico, a integração territorial e a afirmação do Brasil no cenário internacional (Brasil, 2016). A atuação neste setor se pauta pela busca de autonomia tecnológica e operacional, visando à capacitação para o lançamento de satélites, desenvolvimento de veículos lançadores, sistemas de controle e de coleta de dados espaciais críticos para a segurança nacional.

Além disso, a cooperação internacional figura como um pilar fundamental na estratégia espacial brasileira, buscando não apenas a aquisição de tecnologias avançadas, mas também a inserção do país em projetos de pesquisa e desenvolvimento colaborativos. Essa abordagem visa fortalecer as capacidades nacionais, promover a indústria espacial brasileira e consolidar a posição do Brasil como um parceiro confiável e capaz no domínio espacial (Brasil, 2016).

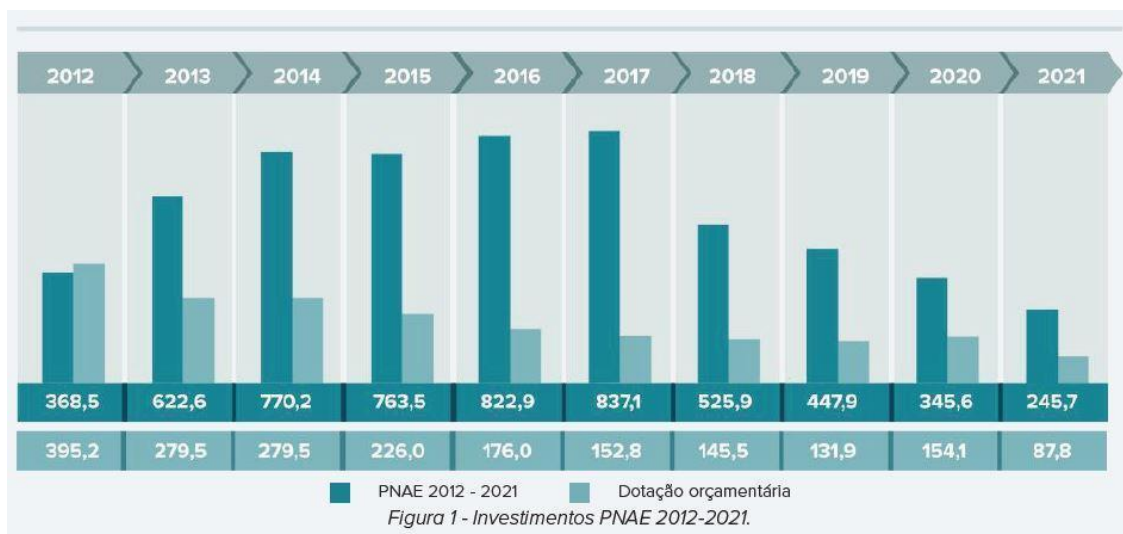
A END também destaca a importância de desenvolver capacidades nacionais em áreas como observação da Terra, comunicações e defesa, mediante o uso de satélites. Estes são fundamentais para o monitoramento de vastas áreas do território brasileiro, incluindo a Amazônia, para fins de segurança, gestão de recursos naturais, prevenção de desastres naturais e controle de fronteiras. A capacidade de gerar e interpretar dados espaciais é vista como essencial para a tomada de decisões estratégicas em defesa e segurança e também a importância dos veículos lançadores como parte da infraestrutura estratégica do Brasil.

Já o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) tem foco no aprimoramento e na fabricação de satélites, veículos lançadores e estruturas de suporte terrestre, com o propósito de habilitar o Brasil a não somente monitorar, mas também a engajar-se ativamente com o espaço de maneira efetiva. São objetivos do PNAE: o desenvolvimento tecnológico através da construção e do lançamento de veículos lançadores que possam colocar satélites em órbita de maneira independente; a garantia de que os veículos lançadores atendam tanto às necessidades civis quanto militares, promovendo uma capacidade dual; e o incentivo à colaboração com outros países e entidades privadas para fortalecer a base industrial e tecnológica brasileira.

O PNAE (2012-2021), emitido pela AEB em 2012, previa, em sua programação de investimentos, que R\$ 1,1 bilhões de reais (cerca de 17% do total), deveria ser direcionado para as diretrizes do acesso ao espaço, onde o VLS-1 (Veículo Lançador de Satélites), o VLM-1 (Veículo Lançador de Microsatélites), o VLS Alpha e o VLS Beta, seriam contemplados com estes recursos orçamentários.

Porém, considerando os dados emitidos pela própria AEB, em 2022, no novo PNAE (2022-2031), pode-se notar que o previsto no PNAE anterior não ocorreu, e a dotação orçamentária total foi bem aquém do esperado. O gráfico 3 destaca os valores de investimento, não apenas na área de lançadores, mas conta também com o investimento em satélites, infraestrutura e desenvolvimento de tecnologias críticas.

**Gráfico 3** - Investimentos totais previstos no PNAE 2012-2021 e dotação efetiva (R\$ milhões).



De acordo com o PNAE (2022-2031):

Em valores totais, o PNAE 2012-2021 demandava recursos da ordem de R\$ 5,75 bilhões em suas ações finalísticas, o que impunha a necessidade de se manter um patamar médio de investimentos anuais de cerca de R\$ 575 milhões. De fato, entre 2012 e 2021, as ações finalísticas que se associavam ao PNAE receberam uma dotação orçamentária total de cerca R\$ 2 bilhões (AEB, 2021, p. 14).

Essas questões orçamentárias são cruciais para o desenvolvimento do PEB, sendo que a AEB, com o PNAE (2022-2031), descontinuou todo o orçamento, estudos e execuções para os lançadores da família VLS. Segundo o mais recente PNAE, emitido em 2022, o VLM-1 continua em pauta, com data prevista de lançamento para junho de 2025 (em revisão). A empresa Avibras, responsável pelos motores (S-50), respectivamente, o primeiro e segundo estágio, realizou um teste estático com sucesso em 2021, porém a entrega completa deste motor deveria ter sido feita em dezembro de 2022, com a Operação Acre, atendendo assim aos Objetivos Estratégicos de Espaço (OEEs).

Os OEEs referem-se a metas específicas delineadas para guiar as ações estratégicas e atividades das Forças Armadas do Brasil (AEB, 2021). Os OEEs 1, 2, 3, 4, 5 e 6, se relacionam com diversas capacidades e áreas de atuação militar, como detalhado no PNAE 2022-2031:

OEE.1 – Estabelecer, desenvolver e manter um Programa Espacial Brasileiro de Estado, com garantia de recursos de curto, médio e longo prazos.

OEE.2 – Promover o atendimento efetivo às necessidades da sociedade e do Estado em geral.

OEE.3 – Desenvolver a indústria nacional de maneira a consolidá-la competitivamente nos mercados de bens e de serviços espaciais e a gerar benefícios socioeconômicos ao País.

OEE.4 – Estimular negócios e empreendedorismo no setor privado nacional para o desenvolvimento e para a utilização de bens e de serviços espaciais.

OEE.5 – Fomentar o desenvolvimento de competências científica, tecnológica e de inovação para o setor espacial.

OEE.6 – Garantir a não dependência no desenvolvimento e no controle dos sistemas espaciais nacionais.

OEE.7 – 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.

O PNAE atual almeja também fortalecer a cooperação internacional, angariando alianças com outras nações. Segundo o documento oficial do PNAE 2022-2031, há um esforço significativo para colaborar internacionalmente com o objetivo de promover o desenvolvimento do setor espacial brasileiro. Essas alianças são vistas como essenciais para a troca de tecnologias, o compartilhamento de conhecimento e a realização de projetos conjuntos que possam beneficiar o Brasil e seus parceiros. O programa destaca a importância de tais colaborações para fortalecer a infraestrutura espacial do país e aumentar sua competitividade global (AEB, 2021).

A política de alianças internacionais do PNAE, inclui parcerias com países que possuem tecnologia avançada e experiência no setor espacial, o que pode facilitar a obtenção de recursos tecnológicos e humanos necessários para o avanço das atividades espaciais brasileiras. Esta busca por parcerias não é meramente estratégica; é um reconhecimento de que um programa espacial deve ser um esforço coletivo.

Assim, observa-se que tanto o PNAE quanto a END reconhecem a importância da cooperação internacional para o fortalecimento das capacidades nacionais. Ambos os documentos consideram que através de parcerias estratégicas, o Brasil poderá avançar no desenvolvimento tecnológico espacial e fortalecer sua posição no cenário internacional, contribuindo simultaneamente para a sua segurança e defesa.

Nesse cenário de parcerias internacionais, destaca-se a participação do Brasil no Programa Artemis. Em 15 de junho de 2021, o país oficializou sua participação no Programa liderado pela NASA, ao assinar os Acordos Artemis. Essa iniciativa em cooperação

internacional visa o retorno de missões tripuladas à Lua, incluindo o envio da primeira mulher e da primeira pessoa negra à superfície lunar, além de desenvolver tecnologias para futuras missões a Marte (Brasil, 2021). A adesão brasileira ao Programa Artemis representa uma possibilidade para o Programa Espacial Brasileiro, pois visa a inserção do país em um consórcio internacional de exploração espacial de grande relevância. A parceria pretende abrir oportunidades para o desenvolvimento de tecnologias espaciais avançadas, capacitação de recursos humanos e fortalecimento da indústria espacial nacional (Brasil, 2021).

A END e o PNAE, portanto, são dois pilares fundamentais na política e na estratégia brasileira de desenvolvimento e segurança nacional. Ambos os programas, embora com focos e objetivos específicos, interagem de maneira complementar, evidenciando a importância do setor espacial na defesa e na promoção dos interesses nacionais do Brasil. Os principais pontos de intersecção entre os dois documentos incluem menções à soberania e autonomia, à defesa nacional, ao fortalecimento da indústria nacional, à infraestrutura de lançamentos, à vigilância e controle territorial e à já citada cooperação internacional.

Em relação à soberania e autonomia, os documentos ressaltam a necessidade de se desenvolver veículos lançadores para garantir a capacidade de lançamento independente, diminuindo a dependência de tecnologias estrangeiras e assegurando a soberania do Brasil no espaço. Ambos os documentos estabelecem que a autonomia tecnológica do Brasil no setor espacial é fundamental para assegurar a independência nacional em áreas críticas de defesa.

No aspecto da defesa nacional, os documentos mencionam a utilização dos veículos lançadores para melhorar as capacidades de defesa do país, incluindo a vigilância e o monitoramento de fronteiras. Nesse ponto, o desenvolvimento e o lançamento de satélites de observação da Terra e de comunicações, previstos no PNAE, são vistos como essenciais para a vigilância e o controle do vasto território brasileiro. Os satélites fornecem dados críticos para o monitoramento de fronteiras, a prevenção, o combate a ilícitos e a gestão de desastres naturais, alinhando-se aos objetivos de defesa e segurança nacional delineados pela END.

Tanto a END quanto o PNAE também abordam a necessidade de fortalecimento da indústria nacional, e ressaltam a importância do fomento ao desenvolvimento da indústria aeroespacial nacional, promovendo a inovação e o avanço tecnológico através de projetos como o desenvolvimento de veículos lançadores. Também a operacionalização de infraestruturas como o CEA, sob a égide do PNAE, é diretamente relevante para a END, pois proporcionará ao Brasil a capacidade estratégica de lançamento de satélites. Isso não apenas apoia missões científicas e comerciais, mas também potencializa a capacidade de defesa ao permitir o lançamento independente de satélites militares e de observação.

O PNAE emerge como a espinha dorsal dessa estratégia, apontando os recursos tecnológicos e operacionais necessários para o aproveitamento do espaço a favor do desenvolvimento nacional. Paralelamente, a END integra esse conjunto de orientações normativas em um quadro mais amplo de defesa e segurança e a proteção do território brasileiro. Entretanto, a viabilização desses objetivos depende, entre outros aspectos, da disponibilidade orçamentária para o setor.

### 3.3 PROGRAMA ESTRATÉGICO DE SISTEMAS ESPACIAIS (PESE)

No contexto da política espacial brasileira, também se encontra o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), um programa estratégico de defesa que está sob a égide da FAB, através do Comando da Aeronáutica (COMAER).

Com a promulgação da versão inicial da END, em 2008, as Forças Armadas passaram por um processo de reestruturação para assegurar o melhor cumprimento de suas funções constitucionais. Esse processo foi orientado pela ênfase na modernização do equipamento militar e na aquisição de capacidades técnicas e operacionais, especialmente pela revitalização da indústria de defesa nacional e seu alinhamento para atender às necessidades estratégicas das forças, sendo o PESE parte desse contexto.

Os objetivos do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) do Brasil incluem:

- Desenvolvimento e Aquisição de Meios de Lançamento:

- Desenvolvimento de lançadores de satélites nacionais.
- Consolidação do Centro Espacial de Alcântara (CEA) como uma infraestrutura estratégica.

- Desenvolvimento de Satélites de Uso Dual (Civil e Militar):

- Lançamento de satélites para comunicações estratégicas e segurança militar, como o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), que garante comunicações seguras para operações militares e amplia o acesso à banda larga em áreas remotas.

- Apoio a Projetos Estratégicos de Defesa:

- Implementação de sistemas como o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON), e o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), que utilizam satélites para monitoramento ambiental, segurança pública e defesa nacional.

- Integração e Coordenação das Atividades Espaciais:
  - Criação do Centro de Operações Espaciais (COPE) para coordenar as atividades que utilizam constelações de sistemas espaciais, oferecendo serviços nas áreas de comunicações, observação, mapeamento de informações e monitoramento espacial.
- Desenvolvimento Tecnológico e Industrial Nacional:
  - Estímulo à criação e ampliação de cursos superiores e técnicos voltados para alta tecnologia.
  - Geração de empregos de alta qualificação e fortalecimento da indústria espacial brasileira.
  - Parcerias para absorção de tecnologia e fortalecimento da capacidade nacional.

Esses objetivos visam não apenas fortalecer a soberania nacional e promover a segurança e a defesa do país, como também fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico espacial, apoiar políticas públicas e fomentar parcerias internacionais, trazendo benefícios significativos para a sociedade civil (AEB, 2021).

Especificamente, o PESE visa:

- Desenvolver e lançar satélites de uso dual (civil e militar), o que inclui satélites de comunicações e de sensoriamento remoto, que são essenciais para a segurança nacional e para diversas aplicações civis, como monitoramento ambiental e agricultura de precisão;

- Fortalecer a infraestrutura espacial do Brasil, o que abrange a consolidação do CEA e o desenvolvimento de lançadores de satélites nacionais, o que permitirá ao país reduzir sua dependência de tecnologias estrangeiras e aumentar sua capacidade de lançamento independente;

- Apoiar a Defesa Nacional por meio da utilização de satélites para melhorar a vigilância e o monitoramento de fronteiras, bem como a segurança pública, através de programas como o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON) e o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) (FAB, 2018).

- Promover o desenvolvimento econômico e tecnológico através da criação de parcerias com a indústria nacional e internacional, com absorção e desenvolvimento de tecnologias que possam fortalecer a capacidade industrial e tecnológica do Brasil, incentivando a inovação e a competitividade;

- Integrar e coordenar atividades espaciais, complementando o PNAE, criando sinergias que promovem tanto os interesses das Forças Armadas quanto as necessidades civis do país, visando melhorias concretas na vida da população brasileira.

Esses objetivos são parte de uma estratégia mais ampla para transformar o Brasil em uma potência no setor espacial, garantindo que o país possa se beneficiar plenamente das tecnologias espaciais em várias áreas, desde a defesa até o desenvolvimento socioeconômico. Adicionalmente, uma meta secundária, mas não menos importante, do programa é a integração sinérgica entre distintos setores – indústria, meio acadêmico, ciência e tecnologia, e esfera comercial – visando uma amplificação da capacidade nacional no domínio espacial (FAB, 2018).

Desta forma, o PESE foi criado visando a implantação de sistemas espaciais que priorizam os interesses e necessidades do Ministério da Defesa e das Forças Armadas. O PESE está agrupado em três segmentos: segmento de satélites (ou espacial), segmento lançador e segmento solo.

No segmento de satélites, dentre os elementos-chave e realizações do PESE, estão a aquisição de satélites destinados a uma gama variada de propósitos, tais como comunicação, sensoriamento remoto e determinação de coordenadas geográficas, que são imprescindíveis para aplicações em segurança nacional, monitoramento ambiental e marítimo, além de mapeamento de superfícies. Nesse segmento, há 3 projetos previstos e 1 em andamento e são eles: Projeto Lessonia-1, Projeto Carponis-1, Projeto Atticora-1 e Projeto Calidris-1.

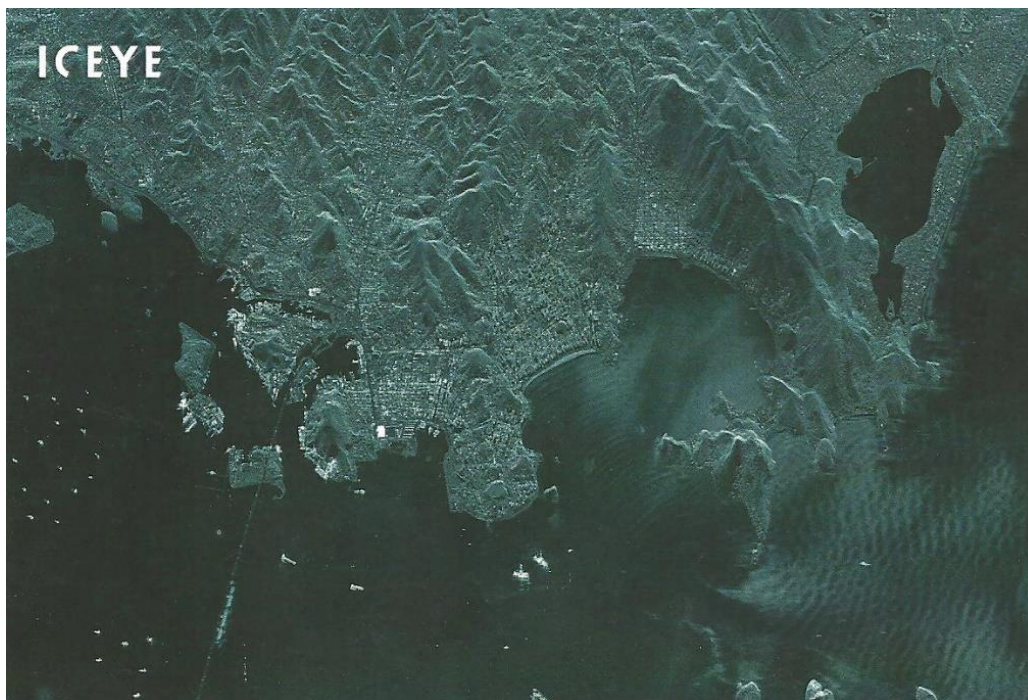
O Projeto Lessonia-1 visa à formação de uma constelação de satélites em órbita terrestre baixa (Vilela, 2022). No momento, corresponde a dois satélites de sensoriamento remoto, atualmente operando em órbita baixa, voltada as demandas de defesa, monitoramento da Amazonia, fronteiras, tráfego marítimo e é composto por dois segmentos: o Espacial e o Terrestre, uma antena localizada no COPE, em Brasília-DF, e duas antenas no CENSIPAM, localizadas em Formosa-GO e em Manaus-AM (DECEA, 2023).

No âmbito do Projeto Lessônia, o veículo lançador Falcon 9, pertencente à empresa SpaceX, foi o responsável por levar ao espaço dois satélites de radar de sensoriamento remoto (SRR), sendo que os satélites foram contratados e adquiridos da empresa finlandesa ICEYE, em 2020, com recursos do orçamento do Ministério da Defesa (FAB, 2022). O evento de lançamento ocorreu no dia 25 de maio de 2022, aproximadamente às 15h30, no Kennedy Space Center, localizado em Cabo Canaveral, Flórida, Estados Unidos.

Denominados Carcará I e Carcará II, esses dispositivos são operados pela FAB. e contém tecnologia *Synthetic Aperture Radar* (SAR), que os torna capazes de "enxergar" o solo

à noite ou através de nuvens, portanto, uma vantagem significativa na obtenção de informações. Essa capacidade é crucial para permitir ações subsequentes que apoiem objetivos ambientais e de segurança nacional, tornando essa tecnologia versátil para usos civis e militares (Padilha, 2023). A figura 3 apresenta uma imagem de satélite registrada pelo Carcará 1, do projeto Lessônia.

**Figura 3** - Niterói - RJ



**Fonte:** ICEYE, 2023.

Já o projeto Carponis-1, visa a implementação do primeiro sistema espacial de sensoriamento remoto ótico (SRO) de alta resolução brasileiro e que permitirá atender as demandas das FA e também coleta e análise de dados para diversas atividades civis. O projeto Atticora-1 é composto por um sistema de satélites em órbita baixa com aplicações direcionadas a segurança pública, trata-se de um sistema complementar ao SGDC. E o projeto Calidris-1, de natureza dual, visa atender as comunicações estratégicas do Governo, entre elas o Programa de banda larga (PNBL) e o aumento das possibilidades do sistema militar de comando e controle (SISMC) do MD. O SDGC-1 está integrado ao PESE e é considerado como sendo o primeiro satélite do programa Calidris-1.

Um outro pilar do programa é o segmento solo, com o provimento de uma infraestrutura espacial robusta, por meio do monitoramento do Centro de Operações Espaciais (COPE). Este possui grandes antenas receptoras em Brasília e plena autonomia sobre os satélites em órbita. Esta infraestrutura, destinada a ser utilizada de maneira estratégica em um leque diversificado

de sistemas de gestão e monitoramento nacionais, assume um papel central na consecução dos objetivos do PESE.

O COPE, subordinado ao Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro, foi ativado pela FAB em 23 de junho de 2020 e faz parte do segmento de solo do PESE, operando como centro de controle para o satélite SGDC-1, com a possibilidade de controlar não apenas o SGDC, mas todos outros satélites decorrentes do PESE. O centro possui o padrão TIER-4, que é considerada a certificação máxima em segurança em ambientes de missão crítica (FAB, 2020). O Centro é dotado de instalações primárias em Brasília e secundárias no Rio de Janeiro, ambas munidas de tecnologias de ponta, e incumbido da coordenação das atividades concernentes às constelações de sistemas espaciais (FAB, 2021). Os satélites do projeto Lessônia-1, por exemplo, estão sendo monitorados e controlados pelo COPE.

O CEA, igualmente, desempenha um papel crítico no âmbito das atividades de lançamento de veículos espaciais, representando um elo vital entre operações civis e militares. Inserido tanto no PESE quanto no PNAE, o CEA contribui para o avanço tecnológico e processual no campo do lançamento de foguetes. Vale salientar, ainda, a natureza dual do programa, que pode beneficiar os setores civil e militar. Isso se reflete no monitoramento ambiental e de desastres climáticos (Brasil, 2024).

O segmento lançador, também denominado AQUILA, consiste em dois projetos estruturantes: o foguete de sondagem VS-50 e o Lançador VLM-1, que serão tratados de forma mais detalhada no próximo capítulo. Os lançadores da série AQUILA, possuem alguns pré-requisitos e são eles: os motores S-50 deverão necessariamente fazer parte do projeto, bem como os motores líquidos desenvolvidos pelo IAE, o L-5 e o L-75.

De acordo com Zaparolli (2022), o VLM ainda está no radar, pois é capaz de lançar cargas de até 50kg, atendendo a uma gama importante de microssatélites. Com as futuras evoluções do VLM-1, entraram na atualização do PESE o Áquila I, com carga de 300kg, acima de 700km (órbita equatorial) e o Áquila II com carga de 500kg, acima de 700km (órbita polar) (FAB, 2018).

O PESE, portanto, é um programa crucial para a END, uma vez que reflete o esforço do Brasil não apenas em monitorar as principais áreas de interesse nacional, como também a importância crescente do espaço como uma arena de pesquisa científica e comercial e como um domínio fundamental quando se trata de defesa e segurança nacionais.

Em relação às oportunidades para a indústria criadas pelo PESE, destacam-se as possibilidades de encomendas tecnológicas (MELO, 2024) e as aquisições de sistemas realizadas internacionalmente, que devem incluir cláusulas de compensação (*offsets*), com o

intuito de aumentar o conteúdo local e intensificar o envolvimento da indústria nacional, juntamente com a transferência de tecnologia em setores considerados estratégicos (Matos, 2016).

### 3.4 ESTADOS LANÇADORES E A NOVA REGULAÇÃO DO SETOR NO BRASIL

Seja o próprio Estado que lance, uma organização internacional, uma empresa privada ou um indivíduo, um objeto espacial construído na Terra terá sempre que ser lançado, de uma forma ou de outra, para alcançar o espaço. A partir do evento de lançamento, a lei espacial define o conceito de Estado lançador e, com ele, estabelece uma série de consequências jurídicas. Um Estado lançador é qualquer Estado (estritamente qualquer Estado parte do Tratado do Espaço Exterior de 1967 ou da Convenção de Responsabilidade de 1972) que "lança ou adquire o lançamento de um objeto para o espaço exterior", e qualquer Estado "de cujo território ou facilidade um objeto é lançado". O termo Estado Lançador está definido na Convenção Sobre Responsabilidade Internacional Por Danos Causados Por Objetos Espaciais, de 1972, no art. 1º alínea c. Conforme descrito no Anexo A, o termo Estado Lançador significa:

- (i) um Estado que lança ou promove o lançamento de um objeto espacial";
- “(ii) um Estado de cujo território ou de cujas instalações é lançado um objeto espacial (ONU, 1972, p. 1).

No Acordo Sobre o Salvamento de Astronautas e Restituição de Astronautas e de Objetos Lançados ao Espaço Cósmico, de 1968, no art. 6º, o termo está estabelecido no Anexo B da seguinte forma:

Para fins do presente Acordo, o termo “Autoridade Lançadora” corresponderá ao Estado responsável pelo lançamento, ou no caso de uma organização intergovernamental ser responsável pelo lançamento, à tal organização, desde que a mesma declare a sua aceitação dos direitos e obrigações previstos no presente Acordo e que a maioria de seus membros seja constituída de Estados-Partes no presente Acordo e no Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, Inclusive a Lua e Demais Corpos Celestes (ONU, 1967, p. 3).

No Tratado sobre os Princípios Reguladores dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, Inclusive a Lua e Demais Corpos Celestes, conforme descrito no Anexo C, o art. 7º do Tratado de 1967 Estado Lançador é definido como

Todo Estado-Parte do Tratado que proceda ou mande proceder ao lançamento de um objeto ao espaço cósmico, inclusive à Lua e demais corpos celestes, e qualquer Estado-Parte, cujo território ou instalações servirem ao lançamento de um objeto, será responsável do ponto de vista internacional pelos danos causados a outro Estado-Parte do Tratado ou a suas pessoas naturais pelo referido objeto ou por seus elementos constitutivos, sobre a Terra, no espaço cósmico ou no espaço aéreo, inclusive na Lua e demais corpos celestes (Tratado, 1967).

Para reforçar, o Anexo D traz o conceito expresso na alínea "a" do art. 1º da Convenção de 1975 (Convenção Relativa ao Registro de Objetos Lançados no Espaço Cósmico), segundo o qual o termo Estado Lançador significa

(i) o Estado que lança ou promove o lançamento de um objeto espacial; (ii) O Estado de cujo território ou base é lançado um objeto espacial (Convenção, 1975).

Montserrat (1999), em seu estudo sobre o tema, observa que à época de elaboração desses Instrumentos Internacionais, não se cogitava a possibilidade de lançamentos realizados a partir de águas internacionais (*sea launch*), ou do espaço aéreo (caso dos lançamentos dos dois Satélites Brasileiros de Coleta de Dados – SCD-1 e SCD-2, realizados pelo foguete Pegasus, instalado em um avião). Contudo, os Instrumentos Internacionais já englobavam no conceito de "Estado Lançador", não só o território do país, mas também suas bases ou instalações. Ao longo dos anos, os Estados desenvolveram diferentes interpretações das condições e consequências de ser um Estado Lançador.

Um objeto espacial pode ser um foguete ou sua carga útil (por exemplo, um satélite). Isso significa que para um mesmo lançamento de foguete podemos distinguir diferentes Estados de lançamento, sendo que o Estado que lança o foguete também lançará automaticamente sua carga útil. Por exemplo, se o Brasil contrata o lançamento de um de seus satélites, para ser lançado através de um veículo lançador dos EUA, estes serão os responsáveis pelo lançamento do foguete e do satélite, porém o Brasil também será responsável pelo satélite. Os EUA não teriam interesse em ser responsabilizados pelo satélite brasileiro uma vez no espaço, apenas forneceriam o serviço de lançamento. Por outro lado, o Brasil não teria interesse em ser responsabilizado caso o foguete dos EUA falhasse e causasse danos a terceiros. A saída é que ambas as partes desse chamado “lançamento conjunto” concordem com o rateio interno de suas responsabilidades, pois ambos serão considerados Estados lançadores (Marques, 2023).

Para tornar as coisas ainda mais complexas, o Estado Lançador não precisa ser necessariamente um Estado, também pode ser uma organização internacional, tendo como melhor exemplo a Agência Espacial Europeia (ESA). Na década de 1970, a ESA declarou sua aceitação de alguns dos tratados espaciais da ONU. Consequentemente, a ESA é livre para

lançar objetos espaciais, mas também tem de assumir a responsabilidade pelas suas atividades, de forma conjunta e solidariamente com as dos seus Estados-Membros que são partícipes da Convenção sobre a Responsabilidade de 1972.

No caso de um dano causado por um objeto espacial da ESA (exemplo de destroços de satélite que impactam no solo após a reentrada), a ESA e os seus Estados-Membros têm um sistema administrativo complexo para lidar com as consequências jurídicas e a repartição de responsabilidades (incluindo com os Estados-Membros que não são partes na Convenção sobre a Responsabilidade) (ESA, 2017).

Outra situação que mostra a complexidade do conceito legal de Estado Lançador (ESA, 2004), é o de que devido ao crescimento da indústria espacial, a Rússia tem lançado seu foguete *Soyous* a partir da base francesa localizada na Guiana Francesa. A Guiana Francesa é o maior departamento ultramarino da França desde 1946, fazendo, assim, parte da União Europeia (Greve, 2017). A região é, na realidade, uma extensão do território francês, utilizando como moeda oficial o Euro e sendo regida pelas mesmas leis da França (Ganger, 2008).

Desta forma, se o lançamento de um foguete Soyuz, de construção russa, da base da Guiana Francesa, fosse hipoteticamente adquirido por uma empresa argentina para lançar seu satélite, a França, a Rússia e a Argentina seriam considerados estados lançadores do referido satélite e, portanto, responsáveis pelos danos causados se o satélite lançado cair na Terra ou colidir com outro satélite ou objeto no espaço. Argumenta-se que o objetivo de estabelecer vários Estados Lançadores é garantir que possíveis vítimas tenham amplas possibilidades de indenização (Hermida, 2000).

Em relação ao Brasil, em 31 de julho de 2024, foi sancionada a Lei 14.946, denominada de Lei Geral do Espaço. Esta lei, criou o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Espaciais (SIPAE), importante instrumento para aperfeiçoamento da segurança dos projetos espaciais. O SIPAE foi instituído em paridade com o sistema de investigação de acidentes da aviação, adotando a separação da investigação preventiva daquelas que visem a impor responsabilidade de qualquer natureza.

Nesse sentido, a investigação de acidentes realizada pelo SIPAE tem como objeto única e exclusivamente a prevenção de novas ocorrências (artigo 30 e artigo 31, inciso V). De forma expressa, a Lei Geral do Espaço ainda estabelece que as análises e conclusões da investigação a cargo do SIPAE não poderão ser empregadas como meio de prova em processos judiciais ou administrativos (artigo 33).

Todavia, o SIPAE diferencia-se do sistema investigativo da aviação por não ter recebido a precedência no acesso e guarda dos destroços do acidente espacial, visto que os

empreendimentos espaciais não englobam o volume de aeronaves e passageiros que a aviação possui, o que torna o transporte aéreo altamente dependente de uma rápida resposta da autoridade aeronáutica após um acidente.

Essa nova Lei Espacial Brasileira, estabelece um conjunto abrangente de normas aplicáveis às atividades espaciais nacionais. Entre elas, consideram-se como os principais pontos da legislação, as definições de termos cruciais como "artefato espacial", "atividade espacial dual", "corpo celeste", "detrito espacial", "infraestrutura espacial", entre outros. A Lei estabelece ainda que as atividades espaciais incluem o lançamento de veículos espaciais, o turismo espacial, a exploração de corpos celestes, entre outras atividades.

Outro ponto importante da Lei trata da classificação das atividades espaciais entre civis e de defesa. Atividades de defesa são aquelas relacionadas à segurança ou defesa nacional, enquanto as civis são as que não se enquadram nesse conceito. Entre as autoridades responsáveis pelo setor, a Lei considera o Comando da Aeronáutica como a autoridade instituída para regulamentar e fiscalizar as atividades espaciais de defesa. Já a Agência Espacial Brasileira (AEB) é a autoridade para regulamentar e fiscalizar atividades espaciais civis, além de estabelecer normas e expedir licenças para essas atividades. O Comando da Aeronáutica, por sua vez, emite autorizações para voos de veículos lançadores em espaço aéreo brasileiro. E, no caso de atividades espaciais de natureza dual, há uma coordenação entre as autoridades de defesa e civil.

Com relação à Exploração e Operadores Espaciais, a Lei define o operador espacial como uma entidade pública ou privada que executa atividades espaciais. Já a exploração econômica da infraestrutura espacial pode ser realizada direta ou indiretamente pela União, sendo dispensada a licitação. Ainda segundo a nova Lei, a supervisão das atividades espaciais inclui ações de acompanhamento e fiscalização realizadas pelas autoridades competentes. Há exigências de notificação de acidentes e incidentes e medidas de proteção ambiental e mitigação de detritos espaciais.

Quanto às penalidades e infrações, a Lei prevê sanções para quem realizar atividades espaciais sem as devidas licenças ou autorizações, não cumprir com as obrigações relacionadas às licenças, ou fornecer informações falsas. As penalidades incluem advertências, suspensões, revogações de licenças e multas.

Também como ponto relevante tratado na Lei considera-se a destinação dos recursos obtidos com a exploração das atividades espaciais, que devem ser direcionados a investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor espacial, manutenção da infraestrutura espacial, e fomento à indústria espacial nacional, entre outros. A Lei instituiu, também, o

Registro Espacial Brasileiro (RESBRA) para coordenar a coleta e o armazenamento de dados e informações sobre as atividades espaciais nacionais.

Esta nova lei poderá gerar algumas oportunidades ao PEB e são elas: uma estrutura jurídica mais robusta, maior colaboração internacional, desenvolvimento econômico, crescimento e fomento da base industrial de defesa e por fim maior inovação tecnológica.

### 3.5 INFRAESTRUTURA DE LANÇAMENTOS ESPACIAIS: UM CONCISO PARALELO ENTRE O CEA E A BASE FRANCESA DE KOUROU

Um dos aspectos cruciais para que um país detenha capacidade de lançamentos e seja um “Estado Lançador” é deter uma infraestrutura espacial desenvolvida, com centros espaciais operacionais. Nesse sentido, a Base Espacial de Kourou, na Guiana Francesa, pode ser analisada no sentido de contribuir com informações úteis à experiência brasileira.

A instalação da base espacial em Kourou representa um marco importante na história da exploração espacial europeia. Iniciada nos anos 60, a escolha de Kourou foi estratégica devido à sua localização próxima à Linha do Equador, o que permite lançamentos de foguetes mais eficientes. Esse centro espacial, conhecido como Centro Espacial de Guiana (CSG), tornou-se o principal local de lançamento para a Agência Espacial Europeia (ESA), a agência espacial francesa CNES, e também para lançamentos comerciais realizados pela Arianespace (ESA, 2018).

A instalação dessa base foi um projeto grandioso que demandou uma significativa colaboração entre diversos países e organizações. A escolha de Kourou, uma região relativamente isolada no tempo, apresentou diversas oportunidades e desafios. A implementação da base levou a um desenvolvimento das infraestruturas locais, incluindo da melhoria das vias de transporte e de comunicação, e também ofereceu um impulso econômico à região, ao criar empregos e aumentar a atividade econômica (ESA, 2018).

Quanto à interação com a comunidade local, ou quilombola, e à reação dos próprios habitantes, era dúbia. Em áreas como a Guiana Francesa, onde existem problemas sociais e econômicos profundos, a chegada dos grandes projetos gerava sentimentos contraditórios. Por um lado, a base espacial trouxe desenvolvimento e oportunidades de trabalho à área, e muitos habitantes locais reagiram a essa novidade com emoções mais positivas. Por outro lado, os projetos de grande escala sempre trazem preocupações sobre os seus impactos ecológicos, sobre a deslocação dos habitantes locais e sobre as desigualdades na distribuição de benefícios econômicos (Naddeo-Souriau, 1986).

Também houve momentos de tensão e protestos em resposta a problemas ambientais e sociais na Guiana Francesa, que não estavam diretamente ligados à base espacial, mas refletiam as preocupações mais amplas da população sobre o que seria feito no local e sobre a influência estrangeira. As autoridades francesas têm colaborado para melhorar sua interação com a comunidade local, oferecendo programas educativos, bolsas de estudo, treinamento profissional e realizando várias iniciativas de desenvolvimento sustentável, sendo que o CNES assinou um novo acordo para o período 2022-2028 para atribuição de bolsas de ensino superior para novos diplomados do ensino secundário (com recursos de 2,7 milhões de euros) (Centre Spatial Guyanais, 2023).

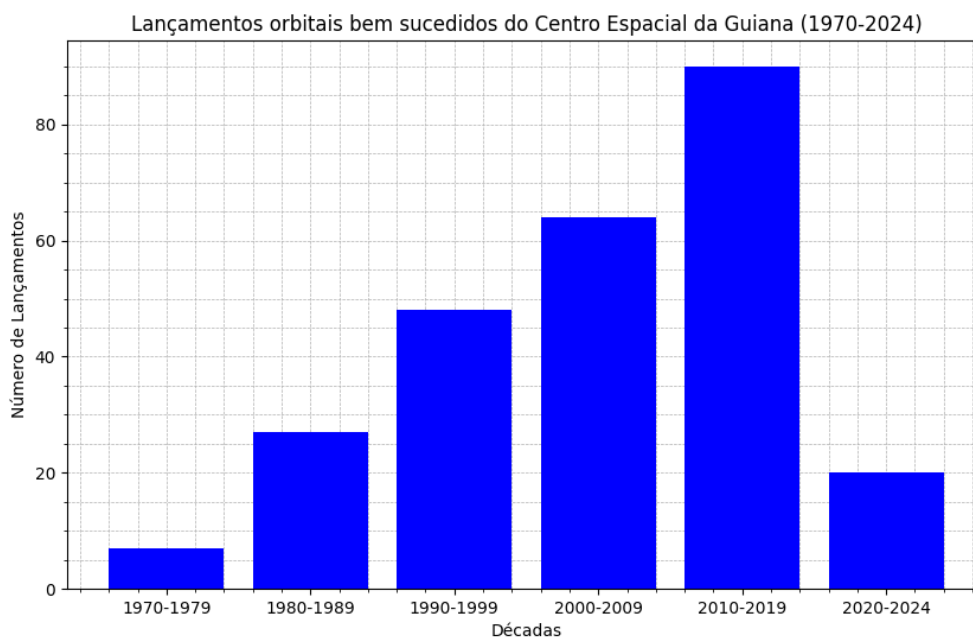
Assim, a instalação da base era um processo com desafios, mas também com oportunidades para a área. A interação com a comunidade local, por seu lado, é um processo contínuo visando equilibrar os benefícios do desenvolvimento espacial com as necessidades e aspirações dos habitantes da Guiana Francesa.

Com a criação da ESA em 1975, a França ofereceu a Kourou um espaçoporto compartilhado. Desde então, a ESA tem financiado dois terços do orçamento anual do espaçoporto, investindo em melhorias contínuas, instalações para novos lançadores como o Vega-C e o Ariane 6, além de infraestruturas essenciais para operações de lançamento. Esses investimentos têm sido cruciais para manter o alto nível de eficiência, segurança e confiabilidade do espaçoporto, que é conhecido por sua capacidade de realizar uma ampla gama de missões espaciais.

A posição geográfica de Kourou, assim como a do CEA, oferece um efeito estilingue significativo, aproveitando a velocidade da rotação da Terra, o que economiza combustível e recursos, além de prolongar a vida útil dos satélites.

Antes da construção do espaçoporto, Kourou era uma cidade costeira relativamente isolada, conhecida principalmente por sua associação com o sistema penal da Ilha do Diabo. A transformação começou em meados dos anos 1960, quando a necessidade de uma infraestrutura capaz de suportar tecnologia de lançamento espacial mudou drasticamente a região.

Isso incluiu a construção de estradas, modernização do porto e desenvolvimento de instalações residenciais e comerciais para acomodar os trabalhadores e especialistas envolvidos no projeto (Naddeo-Souriau, 1986). Hoje, Kourou é uma cidade moderna, com bairros residenciais, áreas comerciais, cafés, restaurantes e hotéis, refletindo a influência europeia e a importância do centro espacial para a região.

**Gráfico 4** - Lançamentos orbitais CSG (1970-2024)

Fonte: Space-Track.org / Gunter's space page (2024).

Essa evolução de Kourou demonstra o impacto significativo que grandes projetos de infraestrutura podem ter no desenvolvimento regional, transformando uma área isolada em um centro de tecnologia avançada e cooperação internacional no campo da exploração espacial (Centre Spatial Guyanais, 2023). Considerando um breve paralelo entre a CSG e o CEA, pode-se tecer algumas considerações sobre a consolidação da capacidade de lançamentos espaciais no Brasil.

Em relação à localização e vantagens geográficas, verifica-se que o CSG está situado a apenas 5 graus ao norte do Equador, e aproveita sua posição geográfica para maximizar a eficiência dos lançamentos espaciais. Possui vastas áreas de mar aberto a leste, reduzindo o risco de danos por detritos de lançamentos falhos. Já o CEA, localizado próximo ao Equador, a apenas 2,3 graus de latitude sul, também oferece vantagens geográficas para lançamentos espaciais.

Semelhante a Kourou, sua proximidade ao Equador permite um uso mais eficiente do momento angular da Terra. Além disso, sua localização permite uma ampla gama de inclinações orbitais para lançamentos, tornando-o estrategicamente valioso para lançamentos comerciais e militares.

Quanto à capacidade e uso, o CSG é considerado um dos centros espaciais mais avançados e ativos de todo o mundo, produzindo lançamentos comerciais para a ESA, CNES,

Roscosmos e a empresa Ariespace. O centro CSG é capaz de lançar uma ampla gama de veículos, incluindo os foguetes da família Ariane, Soyuz e Vega. O investimento substancial da ESA e da França em sua infraestrutura tornou Kourou o ponto de lançamento líder para missões científicas e satélites comerciais. Já o CEA, embora com um enorme potencial para ser uma base competitiva, tem sido severamente subutilizado em comparação com Kourou. O centro enfrentou inúmeros desafios ao longo de sua história, indo de obstáculos técnicos e financeiros a preocupações sociais e ambientais, incluindo a necessidade de deslocar as populações locais.

No entanto, o Brasil fez esforços nos últimos anos para revitalizar o CEA, buscando parcerias internacionais e privatizações a fim de atrair mais lançamentos e transformar o centro em uma entidade mais significativa no mundo dos lançamentos espaciais.

Um outro aspecto importante para a consolidação da capacidade de lançamentos, é a cooperação internacional. Nesse aspecto, o CSG beneficiou-se de uma forte colaboração internacional, principalmente através da ESA, que inclui países membros de toda a Europa. Tais colaborações permitiram o investimento em infraestruturas e tecnologias significativas, sendo que desde seu estabelecimento em 1980, a Ariespace conquistou mais de 50% do mercado de satélites comerciais, graças à sua reputação de qualidade, competitividade e comprometimento em satisfazer seus clientes (ESA, 2019).

O Brasil, por sua vez, também tem buscado parcerias internacionais para desenvolver a capacidade operacional do CEA. Um exemplo é o acordo de salvaguardas assinado com os Estados Unidos para permitir lançamentos que contenham componentes dos EUA a partir de Alcântara. Acordos deste tipo são comuns para aumentar a utilização e a capacidade de lançamentos espaciais de um centro.

Entretanto, embora o CSG em Kourou seja, atualmente, um dos centros espaciais mais avançados e ativos do mundo, o CEA em Alcântara, apesar de seu grande potencial estratégico, ainda é pouco explorado, mesmo com os esforços do Brasil para desenvolver e expandir o CEA, em parte através de parcerias internacionais. Portanto, ambos os centros espaciais ilustram o valor da localização equatorial e, apesar disso, têm a sua própria trajetória e desafios enquanto centros espaciais.

## 4 VEÍCULOS DE SONDAGEM E PROJETOS DE LANÇADORES NACIONAIS

Embora no Brasil o setor espacial envolva diversas instituições, militares e civis, como a AEB e o IAE, o segmento de veículos de lançamento tem se mantido sob a responsabilidade do Comando da Aeronáutica, com a participação de empresas nacionais. O país possui centros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT), como o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica, vinculados ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), que realizam estudos voltados para engenharia e defesa aeroespacial.

Dentro desse contexto, destacam-se o IAE e o ITA, institutos que detinham os primeiros grupos a construir foguetes de sondagem do país. Esses foguetes são usados para enviar pequenas cargas úteis para a alta atmosfera visando a realização de pesquisas e experimentos. A família de foguetes Sonda é caracterizada por simples conceitos e práticas, usando motores de propulsão sólida para realizar voos parabólicos. Esse projeto fez com que fosse possível desenvolver o maior e mais complexo projeto, o VLS-1 (Garcia, 2019).

Atualmente encontram-se em desenvolvimento os seguintes projetos: o Veículo Lançador de Microsatélites (VLM), o veículo de sondagem VS-50, dois projetos de Veículo Lançador de Pequeno Porte (VLPP) e o Rocket Assisted Take-Off (RATO), sendo que o VLPP e RATO são financiados diretamente pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), e serão detalhados nas próximas seções.

### 4.1 O VEÍCULO DE SONDAGEM SONDA IV

Os veículos de sondagem são projetados para transportar instrumentos científicos e cargas úteis a altitudes elevadas na atmosfera ou ao longo de um voo suborbital anteriormente designado como espaço suborbital. O propósito dos veículos de sondagem são tanto para coletar dados científicos quanto para realizar experimentos, entre outras investigações científicas, pois permitem observar fenômenos naturais, investigar raios cósmicos e medir a atmosfera.

O programa Sonda, como relatado por Gouveia (2003), foi estabelecido em 1965, e com a definição do Projeto EXAMETNET, surgiu a ideia de desenvolver um foguete meteorológico no Brasil. O objetivo era criar condições para que a equipe brasileira pudesse se aprofundar no mundo dos foguetes e seus propulsores, servindo assim como substituto para foguetes importados.

Desde o início, o Grupo de Trabalho de Estudos e Projetos Espaciais (GTEPE) assumiu a responsabilidade de contratar a empresa Avibras para desenvolver o foguete, que foi denominado DM-6501. Esse nome foi dado porque o foguete era financiado pela Diretoria do Material da FAB, cujo diretor também era o presidente do GTEPE, o Maj. Brig. Balloussier. O número 6501 significava o primeiro modelo proposto em 1965.

Vários lançamentos foram realizados nos anos seguintes, totalizando 53 até o final de 1970, nas várias configurações adotadas: DM-6503, DM-6601 e DM-6701. Posteriormente, o foguete foi denominado Sonda I, e muitos lançamentos adicionais foram realizados sob a supervisão do IAE, que decidiu suspender o contrato com a Avibras devido a dificuldades técnicas encontradas.

Embora o Sonda I não tenha realizado nenhum voo operacional, representou o primeiro passo na busca tecnológica para os foguetes Sonda subsequentes. O Sonda I proporcionou os primeiros contatos com a indústria de compostos químicos, de tubos e artefatos, que hoje são comuns nos foguetes fabricados.

Durante as tentativas iniciais com o Sonda I, o grupo GTEPE foi modificado estruturalmente, em 02 dez 1966, passando a denominar-se Grupo Executivo de Trabalho e Estudos de Projetos Espaciais (GETEPE) – GETEPE/SJ Campos, e já trabalhava no Sonda II e em outros foguetes menores destinados ao tiro aéreo.

Assim, em julho de 1969, o primeiro Sonda II foi lançado do CLBI, embora os resultados finais não tenham sido muito satisfatórios. No entanto, no quarto lançamento, em abril de 1970, houve o primeiro sucesso parcial com um foguete exclusivamente brasileiro. Até novembro de 1970, um total de nove lançamentos foram realizados, com seis bons resultados (Palmerio, 2017).

Foi na década de 1970 que os foguetes Sonda II e Sonda III realmente se destacaram por meio de diferentes variantes, que apresentavam cargas úteis destinadas à determinação do comportamento do veículo, entre outros parâmetros.

Já o foguete de sondagem Sonda IV, que foi concebido para transportar cargas úteis científicas e tecnológicas de 300 a 500 kg, para voos suborbitais na faixa de 700 a 1000 km de altitude, é considerado o ápice do programa Sonda, pois todos os ganhos tecnológicos com os foguetes anteriores (Sonda I, Sonda II e Sonda III) foram incorporados.

Toda vez que um novo foguete de sondagem era concebido, ele herdava as tecnologias anteriores e testava algumas novas. Esse foguete utilizava o motor S-40, no primeiro estágio e no segundo estágio reutilizava o motor do foguete Sonda III (AEB, 2020).

De acordo com Palmerio (2013), o Sonda IV possuía um papel importante na capacitação de novas tecnologias que seriam empregadas futuramente no VLS. O fato de seu motor possuir um diâmetro de um metro, muito maior que seu antecessor, levou à necessidade de criação de uma nova usina de propelentes, a usina Coronel Abner em Jacareí, que funciona até os dias atuais.

Com base em Boscov (1985), esse foguete necessitava da criação de uma liga de metal para suportar altas temperaturas e resistência e que não fosse importada, o que levou ao desenvolvimento do aço 300M, através do suporte do CTA e de empresas brasileiras. Devido às características do Sonda IV, o seu propulsor tinha que ser mais avançado que os demais anteriormente usados. Os planos também ditavam que o motor S-40 fosse usado em um futuro VLS, o que exigia qualidade e robustez.

Portanto, um dos requerimentos desse propulsor era que fosse feito de um tipo especial de aço com uma enorme resistência, cerca de 200 kgf/mm, algo que requeria um avanço tecnológico no tratamento do aço comum. O Programa 300M contou então com a participação de três empresas que já vinham dando contribuições ao Programa Espacial: Acesita, Usiminas e Eletrometal. Após muitas pesquisas e investimentos, foi desenvolvida uma técnica de fusão avançada, chamada de “Eletro-Slag”, que conseguiu que o 300M suportasse uma pressão de 210 kgf/mm (AEB, 2020).

Com o domínio da técnica de “Eletro-Slag” pelas empresas brasileiras, foi possível a construção seriada do 300M e, portanto, surgiram as possibilidades de comercialização. Atestando a qualidade do aço, o mesmo foi selecionado pela Boeing para equipar os trens de pouso de seus jatos 747. Desta forma, como um derivado do Projeto Sonda IV, o aço 300M permitiu que o país economizasse ao comprar um composto mais barato internamente, assim como também lucrou ao exportá-lo (Palmerio *et al.*, 2003).

O Sonda IV foi o último da família Sonda. Com quatro lançamentos bem-sucedidos a partir do CLBI, o caminho para um novo foguete estava aberto e a partir de então marcou-se o início do desenvolvimento de um veículo lançador nacional com capacidade para colocar satélites em órbita baixa, o VLS-1.

#### 4.2 O VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES (VLS-1)

O VLS-1, desde a sua concepção, foi idealizado para ser o carro-chefe do programa espacial brasileiro. Os engenheiros brasileiros utilizaram todo o conhecimento adquirido, em

décadas, com o programa Sonda, abarcando o *background* e tecnologia disponível e pretendiam dar um salto ambicioso no programa espacial, com este veículo.

Desta forma, no final dos anos 90 e início dos 2000, os foguetes da família Sonda resultaram em algo muito mais complexo e de alto risco: um lançador de satélites. Um lançador precisa atingir uma órbita e velocidade que os foguetes de sondagem eram incapazes. E, assim como todo foguete, o VLS possuía natureza dual, principalmente pelo fato de ser um projeto militar.

Esse novo projeto chamou a atenção do mundo devido ao seu cunho militar, afinal, o Brasil estava tentando construir seu próprio lançador, ou seja, estava adquirindo a capacidade de colocar satélites no espaço, o que era algo que o país ambicionava desde as décadas de 70 e 80 com a criação da MECB.

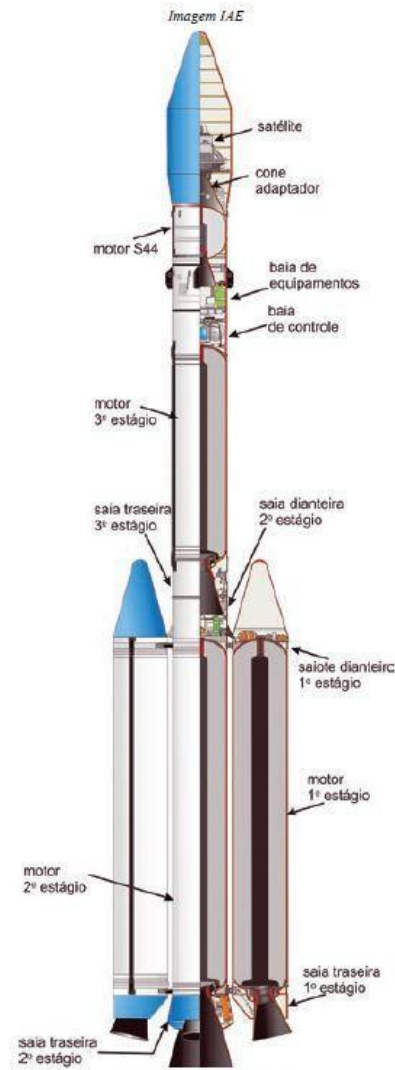
O VLS-1 foi projetado para inserir uma carga útil de 250 kg em órbita de até 700 km, para cumprir com a missão SCD-1 (Del Monaco; Palmerio, 2011). Era um veículo lançador de satélites de quatro estágios com 19.4 metros de altura e 1m de diâmetro, sua massa total era de 50 toneladas e utilizava três diferentes tipos de motores.

O primeiro estágio contava com 4 propulsores laterais usando o motor S-43 a combustível sólido, capazes de gerar 303 kilonewtons de força cada ou 1212 kilonewtons de força na decolagem.

O segundo estágio central utilizava o mesmo motor e propelente.

O terceiro estágio utilizava o motor S-40, mesmo motor utilizado no Sonda IV e com capacidade de gerar 208 kilonewtons de empuxo.

Já o quarto estágio final utilizava o motor S-44 a combustível sólido gerando apenas 33 kilonewtons de força, o suficiente para colocar em órbita um satélite do tamanho do SCD-1, já que foi projetado especialmente para este satélite (Del Monaco; Palmerio, 2011).

**Figura 4 - VLS-1***Figura 4.31 Arquitetura do VLS-1***Fonte:** IAE.

No dia 03 de novembro de 1997 ocorreu o primeiro teste de voo do VLS-1, já carregado com o satélite SCD-2A, porém logo após o acionamento do primeiro estágio, um dos motores não ligou, fazendo com que subisse inclinado e saindo da rota prevista. Após sessenta e cinco segundos, foi telecomandada a sua autodestruição.

Somente em 12 de dezembro de 1999 é que o VLS foi lançado novamente, com novos ajustes e mecanismos, e levando consigo um satélite científico desenvolvido pelo INPE, o Saci-2. Mas novamente ocorreram falhas e, desta vez, o segundo estágio explodiu e toda a missão foi perdida (Brasil, 2004).

Durante a operação São Luís, em 22 de agosto de 2003, três dias antes daquela que seria a terceira tentativa de voo, o VLS-1 (protótipo V3), aguardava lançamento na torre móvel de integração (TMI) em Alcântara. A missão deveria levar dois satélites de tecnologia nacionais a

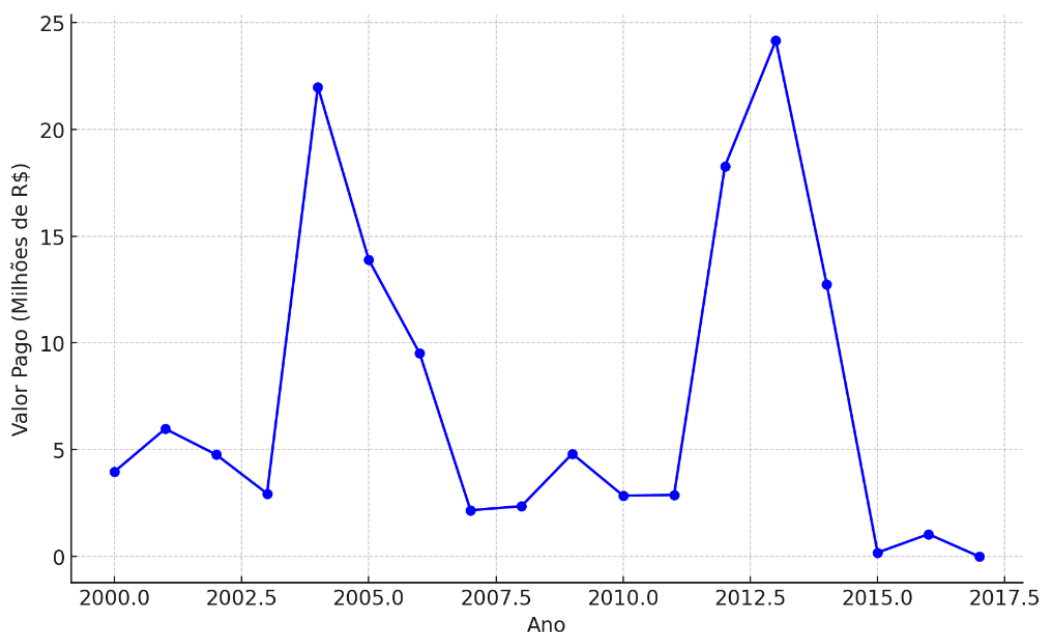
750 km de altitude, e as equipes do DCTA faziam os ajustes finais no protótipo, quando inesperadamente, o VLS já carregado com o propelente, sofreu uma ignição prematura no segundo motor do primeiro estágio causando o maior acidente do gênero da história do país e matando 21 pessoas entre técnicos e engenheiros que trabalhavam no local.

Foi, portanto, uma tragédia e, após a ignição, a reação em cadeia rapidamente incendiou toda a torre, pois a maior parte do combustível do VLS encontrava-se justamente nos propulsores do primeiro estágio onde aconteceu o acionamento inesperado. Com a alta temperatura, os demais estágios também foram acionados (Brasil, 2004).

O assunto foi manchete nos principais jornais do mundo e se falou em “sabotagem”, porém o Comando da Aeronáutica, em fevereiro de 2004, com o seu relatório final de investigação apontou que houve um acionamento intempestivo provocado por uma pequena peça que acionava o motor. A comissão de investigação descartou a possibilidade de sabotagem, falha humana ou interferência meteorológica, mas apontou falhas latentes no projeto VLS, além de baixas condições de segurança no local e que não estavam de acordo com a norma MIL-STD-1576 (*Electroexplosive Subsystem Safety Requirements and Test Methods for Space Systems*) (Brasil, 2004).

Falhas em foguetes são esperadas e muitas lições são aprendidas, mas em um programa com orçamento baixo, como o brasileiro, não há muito espaço para erros. Desde 2017, o VLS-1 não recebe recursos que, de acordo com o PNAE 2012-2021, foram realocados para o VLM-1 (Poder, 2023).

De acordo com a base de dados oficial do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP), do ano 2000 até 2017, foram empregados R\$ 134.593,262, de forma bastante irregular durante o período, no desenvolvimento de Veículos Lançadores de Satélites, incluindo a nova TMI (Torre móvel de integração).

**Gráfico 5 - Orçamento VLS**

**Fonte:** SIOP, 2024.

As variações orçamentárias afetam diretamente a atuação de empresas no setor espacial brasileiro.

E de acordo com o PNAE 2012-2021, a partir de 2016, não mais se identificam investimentos no VLS-1, conforme a tabela 1 (em milhões de reais):

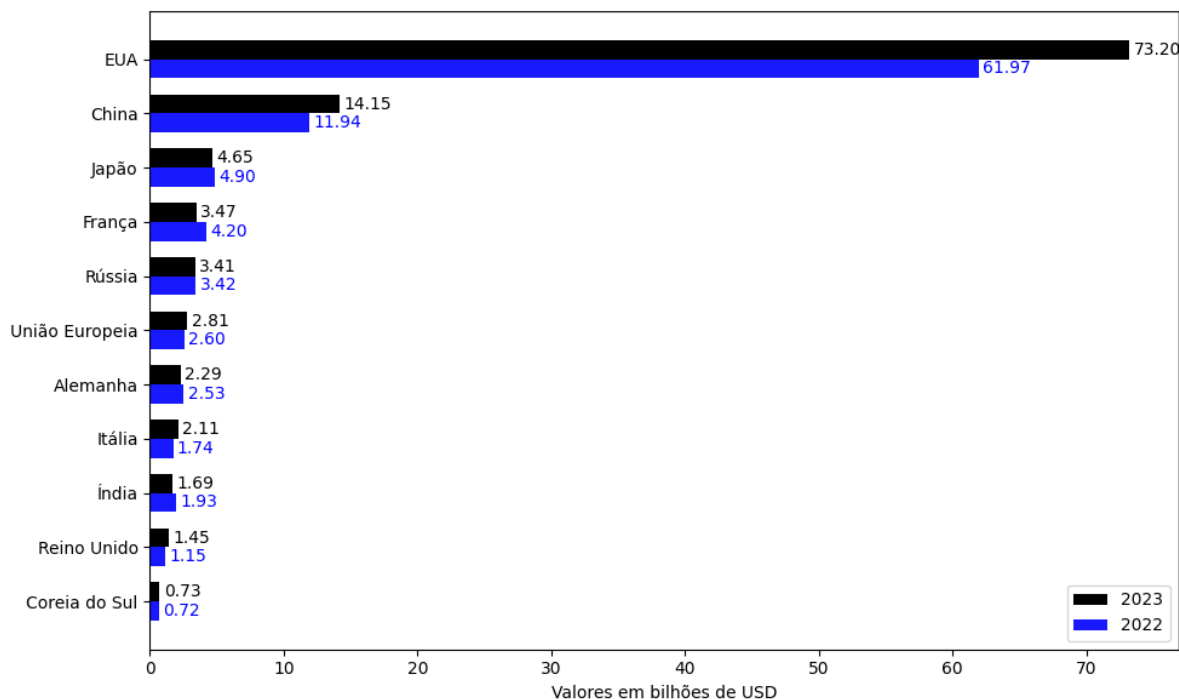
**Tabela 1** - Investimentos de 2012-2021

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
62.5	45.7	35.4	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.1

**Fonte:** AEB - PNAE 2012-2021 (Brasil, 2012).

Verificamos que o orçamento do VLS foi baixo, quando fazemos uma comparação entre o orçamento espacial do Brasil e de países mais avançados no setor e que evidencia um abismo significativo, que reflete diretamente nos níveis de desenvolvimento, inovação tecnológica e impacto global dos respectivos programas espaciais.

Enquanto países como Estados Unidos, China e Índia alocam bilhões de dólares anualmente para o financiamento de seus programas espaciais, o Brasil destina uma fração desse valor ao seu programa, limitando suas capacidades e avanços, conforme exposto no gráfico abaixo:

**Gráfico 6 - Orçamento dos programas espaciais (2022-2023)**

Fonte: STATISTA, 2023

Conforme o PNAE (2012-2021), as empresas que participaram do projeto VLS foram: Combrae, Confab, Fautec, MetalPaulista, Alutrate, Mectron, Cenic, Alltec, Platflow, Villares-Metal e Alcoa. Grande parte destas empresas ainda está em funcionamento, porém não figuram mais nos catálogos de empresas da AEB, como fornecedoras do PEB.

Destas, a única empresa remanescente e que ainda está diretamente envolvida no PEB é a Cenic. A Cenic é uma empresa brasileira, constituída por profissionais de engenharia com larga experiência no desenvolvimento de componentes mecânicos e atualmente participa do projeto do Veículo Lançador de Pequeno Porte (VLPP). A Mectron, que participou de vários projetos do setor espacial, foi incorporada inicialmente pela Odebrecht e, atualmente foi adquirida pela Akaer, continuando suas operações sob essa nova administração.

Em relação à Combrae, de acordo com o Catálogo de Empresas do Setor Aeroespacial (CESAER), publicado pelo DCTA (2022), a empresa atua na fabricação de subsistema de separação, carro de içamento, anel e envelope motor e prestação de serviços nas áreas de usinagem, ferramentaria, caldeiraria e estampagem de peças. A Confab, por sua vez, ainda está em operação e faz parte do grupo de metalúrgicas internacional Tenaris. A Fautec é uma empresa atuante, desde 1990, nas áreas de ferramentaria e usinagem e atende a empresas de diversos segmentos, entre eles o aeronáutico, aeroespacial e automobilístico.

Já a MetalPaulista e a Alutrate, especializadas no ramo de tratamento térmico de metais, e a Alltec, voltada para a fabricação de componentes em materiais compostos, partes e peças de carenagens e interiores de aeronaves, atualmente não participam diretamente do PEB. A demanda pública intermitente pode explicar, ao menos em parte, a saída das empresas do segmento espacial de veículos de lançamento.

#### 4.3 O PROGRAMA CRUZEIRO DO SUL

Em 2004, foi firmado um acordo bilateral sobre o desenvolvimento de um veículo de lançamento para o Brasil feito por engenheiros de design russos e no dia 24 de outubro de 2005 foi lançada a proposta para o ambicioso Programa Cruzeiro do Sul (PCS), a ser implementado pelo DCTA e pela AEB. A família de 5 veículos lançadores seria composta pelos foguetes: Alfa, Beta, Gama, Delta e Epsilon, sendo que cada linha de foguetes teria algumas variações. Os nomes são em referência às cinco estrelas da constelação Cruzeiro do Sul.

O programa iniciou-se com a revisão técnica do VLS-1, contando com a consultoria russa. O objetivo era desenvolver cinco novos veículos lançadores de satélites até o ano de 2022, com um custo previsto de 700 milhões de dólares naquele momento (Rollemberg; Veloso, 2010).

Por volta desse período, a Rússia começou os preparativos para a viagem do primeiro astronauta brasileiro, Marcos Pontes, que ocorreu em março de 2006, a bordo da nave *Soyuz TMA-8*, partindo do Cosmódromo de Baikonur.

O projeto VLS-Alfa 1 integraria a seção inferior do VLS-1 com o seus primeiros e segundos estágios, adicionando um motor de propelente líquido com capacidade de 7,5 toneladas de empuxo (Motor L75) como seu terceiro estágio. O motor L-75 foi projetado e construído pelo IAE, utilizando tecnologias nacionais e consultorias russas, e sua câmara de combustão foi testada com sucesso no banco de testes do DLR - *Lampoldshausen* (Teste, 2018).

Segundo a AEB, os investimentos iniciais que deveriam ter sido feitos no projeto VLS-Alfa, de 2012 a 2017, envolviam um montante de 442 milhões de reais, conforme a tabela 2.

**Tabela 2** - Investimentos previstos no VLS-Alfa

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
2.0	19.0	33.0	98.0	130.0	120.0	40.0	0.0	0.0	0.0	442.0

Fonte: AEB - PNAE 2012-2021 (Brasil, 2012).

Este arranjo permitiria enviar satélites com mais de 400 quilogramas para órbitas equatoriais a uma altitude de 400 quilômetros, ou cargas de 250 quilogramas para uma órbita polar a 750 quilômetros de altitude (Brasil, 2012; IAE, 2015).

Para o VLS-Alfa 2, seria empregado um motor de propelente sólido com aproximadamente 50 toneladas de carga como primeiro estágio, e um motor de propelente líquido com 7,5 toneladas de empuxo (Motor - L75), como segundo estágio (Brasil, 2012).

O VLS-Beta 1 contaria com um primeiro estágio movido a um motor de propelente sólido de cerca de 50 toneladas, o mesmo do VLS-Alfa 2, um segundo estágio com um motor de propelente sólido de aproximadamente 23 toneladas, e um terceiro estágio com um motor de propelente líquido de 7,5 toneladas de empuxo, o motor L-75 (Brasil, 2012).

O VLS-Beta 2 seria composto por um primeiro estágio com motor de propelente sólido de cerca de 50 toneladas, um segundo estágio com motor de propelente líquido de 30 toneladas de empuxo, e um terceiro estágio com um motor de propelente líquido de 7,5 toneladas (motor L75). Este modelo seria capaz de transportar cargas de até 800 quilogramas para órbitas equatoriais a até 800 quilômetros de altitude, ou 550 quilogramas para órbitas heliossíncronas (Brasil, 2012; IAE, 2015).

Os dados do PNAE apontam que, para a realização do VLS-Beta, seriam necessários investimentos no valor de 700 em milhões de reais, até 2020, conforme a tabela 3.

**Tabela 3** - Investimentos no VLS-BETA

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
0.5	3.5	56.0	68.0	82.0	150.0	120.0	130.0	90.0	0.0	700.0

Fonte: AEB - PNAE 2012-2021 (Brasil, 2012).

O VLS Gama caracterizava-se por ser o veículo intermediário entre os veículos de menor e maior porte que integravam a família do Programa Cruzeiro do Sul. Constituído por propulsores a propelente líquido em seus dois estágios, teria a capacidade de colocar satélites de médio porte em órbitas polares e de transferência geoestacionária.

O VLS Delta utilizaria propulsores auxiliares ("*boosters*") na sua decolagem e representava uma extensão da capacidade de seu antecessor (VLS Gama), tornando possível o transporte de satélites de até 2 toneladas para uma órbita de transferência geoestacionária.

O VLS Epsilon, por fim, representava a etapa e o objetivo final do Programa Cruzeiro do Sul. Com capacidade de transportar satélites de até 4 toneladas a órbitas de transferência geoestacionária (GTO), seria constituído por três propulsores principais e dois propulsores

auxiliares a propelente líquido, e deveria ser capaz de inserir em órbita o satélite SGDC-1, compreendendo a substituição dos dois *boosters* a propelente sólido por dois *boosters* a propelente líquido de 150 toneladas de empuxo. Os *boosters* líquidos empregariam a solução tecnológica já adotada para o motor de primeiro estágio nos veículos VLS Gama e VLS Delta.

**Figura 5 - Programa Cruzeiro do Sul**



Fonte: Brasil, 2012.

Esperava-se que ao final do Programa o Brasil estivesse apto para lançamentos de satélites brasileiros ou estrangeiros gerando divisas para o país (JOBIM, 2010).

Além dos veículos citados, o VLM-1 é outro componente do Programa Cruzeiro do Sul e, atualmente, apenas esse projeto está sob desenvolvimento no IAE, e em colaboração com a Agência Espacial Alemã (DLR).

Desta forma, observa-se que o Programa Cruzeiro do Sul, era um ambicioso projeto brasileiro de desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e que dependia do sucesso total do VLS, para assim, seguir com uma nova etapa. Porém, foi gradualmente abandonado

devido a uma combinação de fatores técnicos/tecnológicos, econômicos, administrativos e políticos.

Entre os fatores técnicos, menciona-se o fato de que o desenvolvimento de foguetes lançadores de satélites é extremamente complexo e requer não apenas investimentos financeiros, mas também uma infraestrutura robusta e um corpo técnico altamente especializado. O Brasil vinha enfrentando desafios técnicos significativos ao tentar desenvolver seu primeiro veículo lançador. As falhas nos lançamentos do VLS-1, principal foguete do programa, e a tragédia de 2003, foram um duro golpe para o programa, levando a uma reavaliação das capacidades e da viabilidade do projeto (Verchínin, 2017).

As principais dificuldades tecnológicas residiam na transição dos motores de propelente sólido, já dominados pela engenharia brasileira, para motores de propelente líquido, cujo desenvolvimento demandava maior complexidade. A intenção dos lançadores desta família era utilizar design de origem russa para os novos motores, mas a implementação sofreu com atrasos e falta de recursos contínuos.

Além das questões tecnológicas, há também dificuldades de natureza administrativa. O andamento do projeto Cruzeiro do Sul foi prejudicado pela burocracia russa. Em 2007, o projeto, que já estava pronto e previa o primeiro lançamento a partir da base de Alcântara para 2010, foi transferido para um novo empreiteiro. Esse novo executor propôs uma versão modificada do foguete, o que atrasou o cronograma. O resultado foi uma sucessão de atrasos, gerando compreensível frustração entre os parceiros envolvidos.

As dificuldades econômicas, vinham das duas partes, tanto russa como brasileira. Um dos principais obstáculos era o financiamento. Em 2012, foi aprovado um orçamento estimado em pouco mais de US\$ 2,5 bilhões para um período de dez anos, mas esse valor foi posteriormente reduzido. A crise econômica tornou inviável para a indústria espacial russa operar com base na concessão de crédito. Como consequência, o projeto Cruzeiro do Sul, que inicialmente apresentava grande potencial, acabou sendo praticamente paralisado (Verchínin, 2017).

Nesta mesma época, mais precisamente em fevereiro de 2013, o sistema russo Glonass – *Global Navigation Satellite System*, começou a operar em Brasília.

Entre os fatores econômicos, observa-se que o programa exigia investimentos significativos, e o Brasil enfrentava limitações orçamentárias que dificultaram a continuidade do financiamento necessário para a pesquisa e o desenvolvimento dos foguetes. Com o tempo, o custo de manter um programa espacial competitivo aumentou, especialmente em comparação com outras prioridades nacionais.

Em relação aos aspectos políticos, verifica-se uma mudança de prioridades: com o tempo, o Brasil passou a priorizar outras áreas da ciência e tecnologia, além de buscar parcerias internacionais para o desenvolvimento de satélites e foguetes. A cooperação com outros países, como os Estados Unidos e a China, passou a ser vista como uma alternativa mais viável para o lançamento de satélites, em vez de tentar desenvolver uma capacidade de lançamento autossuficiente. Além disto, houve mudança na conjuntura internacional, com a entrada de novos *players* e a privatização de parte das atividades espaciais, o que também influenciou na decisão de abandonar o programa. O desenvolvimento de foguetes se tornou um campo altamente competitivo, onde apenas países com grandes investimentos e avanços tecnológicos conseguiram se destacar (Verchínin, 2017).

Esses fatores combinados levaram ao gradual abandono do programa Cruzeiro do Sul, com o Brasil optando por focar em outras formas de participação no setor espacial, como o desenvolvimento de satélites e a cooperação internacional em lançamentos.

#### 4.4 O VEÍCULO DE SONDAGEM VSB-30

O VSB-30 é um foguete de sondagem desenvolvido pelo IAE em colaboração com o Centro Aeroespacial Alemão (*Deutsches Zentrum für Luft - und Raumfahrt*, DLR). Como um foguete de sondagem, o VSB-30 é usado principalmente para pesquisas científicas e experimentação no espaço.

O VSB-30 é um exemplo de cooperação bem-sucedida no campo da pesquisa de foguetes entre o Brasil e a Alemanha. A cooperação foi uma oportunidade para ambas as nações conduzirem experimentos de ciência da microgravidade, gerando a possibilidade de se verificar uma variedade de fenômenos no espaço, o que permitiu a evolução do conhecimento sobre o universo e aplicações práticas em vários campos.

De acordo com Palmerio *et al.* (2003), no ano de 2001, o DLR propôs ao DCTA o desenvolvimento de um foguete capaz de substituir o já então obsoleto Skylark 7, foguete de sondagem de origem inglesa que remonta a década de 50, que era utilizado dentro do programa científico alemão TEXUS. O DCTA aceitou a proposta e iniciou-se o desenvolvimento de uma versão mais potente do foguete de sondagem VS-30.

Segundo o então diretor do IAE nos anos de 1996 a 1999, o DLR deixou clara sua posição de parceiro, mesmo com contingenciamentos de recursos brasileiros. A Alemanha demonstrava, sobretudo, que estava interessada em continuar a realizar pesquisas e trocar

conhecimentos, diferentemente de outras nações que estabeleceram acordos de cooperação com o objetivo velado apenas de vender produtos (Silva, 2012).

O voo inaugural ocorreu no ano de 2004, no Centro de Lançamento de Alcântara-MA, com a Operação Cajuana, onde logrou êxito. Já o primeiro voo operacional internacional, ocorreu em 2005, na cidade de Esrange, no norte da Suécia, no Esrange Space Center (SSC) (Palmerio *et al.*, 2003).

O foguete VSB-30 faz um voo parabólico e permite um tempo de microgravidade de cerca de seis minutos acima da altitude de 110 km, fornecendo assim um ambiente favorável à carga útil elaborada por empresas ou experimentos de pesquisadores científicos (Harada, 2019).

Trata-se do foguete de sondagem mais bem sucedido comercialmente no Brasil. Até o presente momento já foram realizados, pelo mundo, 37 lançamentos com sucesso (tabela 4) demonstrando o grau de maturidade tecnológica que o PEB atingiu no campo de foguetes de sondagem para experimentos científicos (Gunter Space Page, 2024).

**Tabela 4** - Cronograma de lançamentos do VSB-30 - (2004 - 2024)

Data	Voo	Local	Nome da Missão
 23 de outubro 2004	XV-01	Alcântara	Cajuana Test
 1 de dezembro 2005	V02	Esrange	TEXUS EML-1/TEXUS 42
 10 de maio 2006	V03	Esrange	TEXUS 43
 19 de julho 2007	V04	Alcântara	Cuma II
 7 de fevereiro 2008	V05	Esrange	TEXUS 44 (EML-2)
 21 de fevereiro 2008	V06	Esrange	TEXUS 45
 15 de maio 2008	V08	Esrange	MASER 11
 22 de novembro 2009	V09	Esrange	TEXUS 46
 29 de novembro 2009	V10	Esrange	TEXUS 47
 12 de dezembro 2010	V07	Alcântara	MICROG 1A
 29 de março 2011	V15	Esrange	TEXUS 49
 29 de março 2011	V14	Esrange	TEXUS 48
 13 de fevereiro 2012	V16	Esrange	MASER 12
 12 de abril 2013	V17	Esrange	TEXUS 50
 22 de fevereiro 2015	V20	Esrange	CRYOFENIX
 30 de março 2015	V13	Andøya	HIFIRE 7
 23 de abril 2015	V18	Esrange	TEXUS 51
 27 de abril 2015	V21	Esrange	TEXUS 52
 30 de julho 2015	V24	Esrange	MAPHEUS 5
 1 de dezembro 2015	V22	Esrange	MASER 13
 23 de janeiro 2016	V23	Esrange	TEXUS 53
 7 de dezembro 2016	V11	Alcântara	MICROG 2
 23 de janeiro 2017	V19	Esrange	MAIUS 1
 13 de maio 2017	V24	Esrange	MAPHEUS 6
 30 de junho 2017	V12	Woomera	HIFIRE 4a / HIFIRE 4b
 13 de maio 2018	V26	Esrange	TEXUS 54
 31 de maio 2018	V27	Esrange	TEXUS 55
 24 de junho 2019	V??	Esrange	MASER-14
 15 de novembro 2019	V??	Esrange	TEXUS-56
 14 de dezembro 2021	V32	Alcântara	Cruzeiro Operation (14-X S)
 1 de outubro 2022	V??	Esrange	TEXUS-57
 23 de outubro 2022	V29	Alcântara	Operação Santa Branca (MQ-PSM)
 23 de novembro 2022	V??	Esrange	S1X-3/MASER 15 (SubOrbital Express 3)
 24 de abril 2023	V??	Esrange	TEXUS-58
 2 de dezembro 2023	V??	Esrange	MAIUS-2
 15 de fevereiro 2024	V??	Esrange	TEXUS-59
 24 de março 2024	V??	Esrange	TEXUS-60

Fonte: Guinter Space Page, 2024.

O nível de maturidade tecnológica utilizado nas grandes empresas e centros tecnológicos é baseado no TRL (*Technology Readiness Level*) americano, que foi desenvolvido pela NASA na década de 70 (NASA, 2018). Os níveis, variam de 1 a 9, sendo o número 1 relacionado à pesquisa básica e alto risco e o 9 a tecnologias já operacionais com baixo risco. O VSB-30, que foi certificado em 2019, com base na instrução do Comando da Aeronáutica (ICA 57-21), e atualmente, encontra-se no TRL 9, sendo, portanto, considerado um produto seguro para realizar missões.

Existem, inclusive, possibilidades de transformar o VSB-30 em um pequeno lançador de nanossatélites, adicionando um terceiro estágio composto por materiais compósitos leves e

que utilize um motor à propulsão líquida, tal como o motor do IAE, o L5 de 5 kilonewtons (Slongo, 2019).

De acordo com o PNAE 2012-2021, no início do desenvolvimento do VSB-30, as empresas fornecedoras do programa eram a Fautec, a Utec, a Usifran, a Metaltécnica, a Cenic, a Orbital, a Metalcard, a Autec e a Plastflow.

Em 2020, a construção do VSB-30 foi repassada à empresa Avibras, que assinou com o IAE/DCTA, um acordo de Transferência de Tecnologia (ToT), onde está previsto que poderá industrializar e comercializar, adicionar inovações tecnológicas, no sentido de promover uma aceleração no desenvolvimento de veículos lançadores de pequenos satélites nacionais e de forma competitiva internacionalmente (AVIBRAS, 2020). Portanto, atualmente a Avibras é a responsável pelo projeto, porém, algumas empresas trabalham em conjunto, como a Orbital Engenharia e Legado Usinagem.

#### 4.5 O TRATADO BINACIONAL ENTRE BRASIL E UCRÂNIA E O LANÇADOR CYCLONE

A Alcântara Cyclone Space (ACS) foi a segunda empresa binacional do Brasil, depois de Itaipú e representava um empreendimento binacional entre Brasil e Ucrânia, estabelecido com o objetivo de desenvolver e operar atividades de lançamento de satélites a partir do CEA. Esse projeto visava aproveitar a localização geográfica estratégica do CEA, para oferecer serviços de lançamento mais eficientes e econômicos para satélites, especialmente aqueles destinados a órbitas equatoriais e geoestacionárias (AEB, 2002).

A colaboração entre Brasil e Ucrânia foi formalizada por meio de um Tratado assinado em Brasília, em 21 de outubro de 2003, que entrou em vigor em 22 de setembro de 2004 e foi promulgado pela Presidência da República em 28 de abril de 2005. O documento refletia a complementaridade das capacidades tecnológicas e industriais dos dois países no setor espacial. O Brasil oferecia a infraestrutura de lançamento e a localização estratégica, enquanto a Ucrânia contribuía com sua experiência na construção de veículos lançadores, como o Cyclone-4, especificamente a ser desenvolvido para este projeto (Konrad, 2013).

No âmbito formal, o tratado tinha por objetivo estabelecer as responsabilidades da Ucrânia e do Brasil na contratação, na comercialização e na operação do Sítio de Lançamento, localizado na cidade de Alcântara, no Estado do Maranhão, assim como na produção do veículo Cyclone-4 na Ucrânia.

Assim, a Ucrânia respondia, individualmente, pelo desenvolvimento do veículo de lançamento, suas unidades e montagens; realização de testes integrados; desenvolvimento da capacidade de fabricação; produção do modelo de injeção elétrica de combustível para testes; primeiro modelo de voo de qualificação; e qualificação do Veículo Cyclone-4.

O Brasil, individualmente e por meio da Agência Espacial Brasileira, respondia pelo desenvolvimento da infraestrutura geral do CEA, específica para apoio ao Complexo de Lançamento, segundo as exigências técnicas, em termos de infraestrutura geral necessária para lançar o Veículo Cyclone-4, ou seja, centro de rastreamento, posto de comando, estação de medições, estação meteorológica e sistemas de apoio (energia elétrica, telecomunicações, aeroporto e porto marítimo).

A empresa binacional Alcântara Cyclone Space (ACS), criada pelo Tratado como entidade internacional de natureza econômica e técnica, por sua vez, era responsável pelo desenvolvimento da documentação, pela construção e pela operação comercial do Sítio de Lançamento, em Alcântara, detendo exclusividade nas negociações e operações comerciais de lançamento do Veículo Cyclone-4 a partir daquela localidade.

Na fase de implantação, as atividades foram financiadas, em partes iguais, pelos governos do Brasil e da Ucrânia e, na fase operacional, em teoria, seria financiada com receitas próprias (TCU, 2017). No ano de 2012 foram construídos os principais prédios, além das estradas que rasgam a mata, com equipes de apoio topográfico e atividades na área ambiental e foram mobilizados mais de 1500 trabalhadores diretos. Na área do Complexo foram aplicados mais de 17 mil metros cúbicos de concreto e mais de 2 mil toneladas de aço (AEB/ACS, 2012).



Fonte: AEB/ACS, 2012.

Apesar desta dissertação ter como foco os lançadores e projetos brasileiros, o caso ACS é digno de destaque, pois o volume de recursos fiscalizados (VRF) alcançou o montante de R\$ 483.882.139,92, de acordo com o acordo TC-035.229/2015-2 do TCU. Gastos estes em infraestrutura pelo governo brasileiro e motivo de desentendimento diplomático ao fim do processo.

O tratado entre o Brasil e a Ucrânia sobre a cooperação de longo prazo na utilização do veículo lançador Cyclone-4 no Centro de Lançamentos de Alcântara, durou pouco e não rendeu frutos, pois foi denunciado pelo Brasil com a publicação do Decreto nº 8.494, de 24 de julho de 2015, deixando de vigorar a partir de 16 de julho de 2016. A justificativa apresentada foi a de que, ao longo da execução do Tratado, verificou-se a ocorrência de desequilíbrio na equação tecnológico-comercial que justificou a constituição da parceria entre os dois países na área do espaço exterior (AEB, 2020).

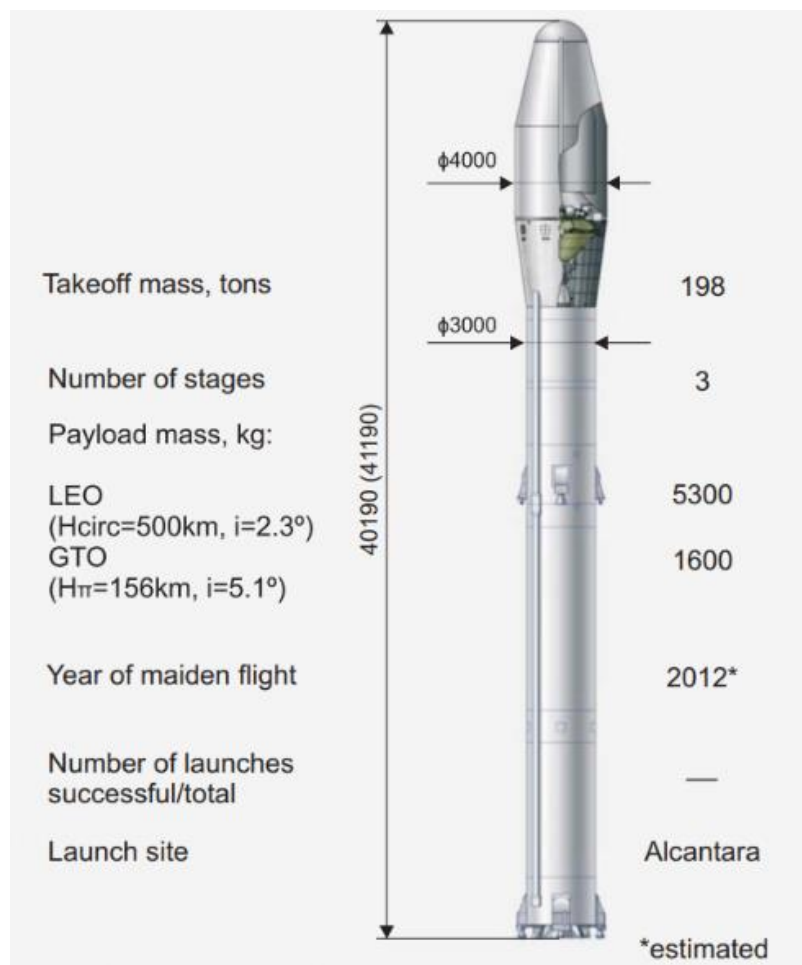
O Cyclone-4 seria um veículo lançador de médio porte, sendo o primeiro concebido e fabricado pelas companhias ucranianas *Yuzhnoye* e *Yuzhmash* exclusivamente para a ACS binacional, que deteria os direitos exclusivos sobre os serviços de lançamento de satélites a partir do CEA. Esse veículo espacial representava a adição mais recente, por volta dos anos de 2013 e 2014, à aclamada série Cyclone, que ostenta um histórico de sucesso de 97% em 227 lançamentos realizados, tendo a capacidade de enviar múltiplas cargas úteis para diversas órbitas. Desenvolvido com base no seu predecessor, o Cyclone 3, reconhecido por sua eficácia, acreditava-se que o Cyclone 4 apresentaria uma confiabilidade superior.

O foguete, com seus 40 metros de altura, três metros de diâmetro e uma coifa de quatro metros de largura, seria constituído por vários estágios além da unidade de carga útil, sendo capaz de enviar satélites de grande escala, de aproximadamente 5.300 kg, para órbitas terrestres baixas de até 500 km de altitude, ou satélites de porte médio de até 1.600 kg para órbitas geostacionárias, ou ainda 3.800 kg para órbitas heliosíncronas, que são órbitas desenhadas para garantir que seja sempre dia no local de interesse sobrevoados pelo satélite. Para a propulsão, o veículo utilizaria motores a combustível líquido à base de hidrazina e Tetróxido de nitrogênio, propelentes tóxicos e de difícil de manuseio (Otero; Araújo, 2015).

O Cyclone-4 deveria possuir a capacidade de armazenar mais de 150 toneladas de propelentes hipergólicos altamente tóxicos em seus tanques, o que impunha restrições à autorização para o seu lançamento em local próximo a áreas povoadas e com restrições ambientais, e especialmente quando se considera a potencialidade poluidora de eventual falha no lançamento.

O propelente utilizado para impulsionar o Cyclone-4 seria composto por Tetróxido de Nitrogênio e Dimetil Hidrazina. Ambos se apresentam na forma líquida e são do tipo hipergólico. Os compostos oxidantes e combustíveis são armazenados separadamente. Quando ocorre o disparo do foguete, os compostos são misturados progressivamente em uma câmara de combustão, onde se combinam e explodem, produzindo a energia necessária para impulsionar o veículo. No caso do propelente líquido hipergólico, nenhuma ignição é necessária, ou seja, possui combustibilidade espontânea, bastando que haja a mistura dos elementos para que a energia seja produzida. Os compostos se mantêm líquidos em temperatura ambiente, o que torna esse tipo de propelente fácil de armazenar. No entanto, os materiais envolvidos são extremamente tóxicos e corrosivos (Cyclone User Guide, 2010). Este propelente foi um dos motivos pelos quais o Cyclone-4 deixou de ser lançado a partir do Cosmódromo russo de Baikonur (Messier, 2011).

**Figura 6 - Cyclone-4**



Fonte: ACS / Cyclone-4 user's guide – 2010

O risco de acidente de grandes proporções em veículos lançadores que utilizam esse tipo de propelente, a despeito de ter baixa probabilidade, apresenta altíssimo impacto ambiental. Em especial para o caso brasileiro, onde o projeto, inicialmente, previa a construção de sítios da ACS no município de Alcântara, no Maranhão, em uma área povoada por comunidades rurais remanescentes de quilombos (comunidades quilombolas). Os moradores reivindicaram o direito de permanecerem na área, levando a ACS a reformular os projetos iniciais e se instalar dentro do CEA (TCU, 2017).

Um dos principais objetivos oficiais do Brasil com a criação da ACS era promover a transferência de tecnologia e desenvolver a indústria espacial brasileira, contribuindo assim para a autonomia tecnológica do país no setor. A inclusão de cláusulas de compensação (*offsets*) nas negociações visava assegurar que parte significativa do desenvolvimento tecnológico e da produção ocorresse no Brasil, fomentando a capacitação local e a geração de empregos (AEB, 2002). Porém, de acordo com o memorando de entendimento (MoM), assinado em Kiev em janeiro de 2002, o Brasil aceitava que o lançador seria totalmente fabricado na Ucrânia e que o Brasil apenas cederia a base para os lançamentos (AEB, 2002).

Apesar das expectativas iniciais, o projeto enfrentou diversos desafios, incluindo questões técnicas, financeiras e políticas, que impactaram seu desenvolvimento e implementação. Questões relativas à eficácia das transferências de tecnologia, custos crescentes e mudanças no cenário geopolítico global (como a invasão da Criméia em 2014) contribuíram para reavaliações e ajustes nos planos originais da parceria.

Em 2015 o governo brasileiro rompeu o acordo bilateral com a Ucrânia com o objetivo usar o CEA para lançar satélites de outros países e de empresas, o que poderia ser um negócio lucrativo (Quais, 2016). Outra questão crucial era que a parceria Brasil-Ucrânia dependeria da aprovação do Acordo Brasil-EUA e sua consequente assinatura do documento de Salvaguardas Tecnológicas (Montserrat, 2002).

Em 2017, o Tribunal de Contas da União (TCU) fez uma auditoria (Acórdão 2727/17) no Tratado, a pedido da Comissão de Relações Exteriores e Defesa Nacional do Senado. A fiscalização apontou que o Brasil gastou até 2016, R\$ 483,9 milhões para integralizar o capital da ACS (MP, 2018). Um montante esses que não resultaram em grandes avanços para o PEB.

De acordo com Otero e Araújo (2015), o empreendimento Cyclone-4, segundo os termos definidos no Tratado Brasil-Ucrânia, bem como pelas condições das atividades em andamento, não representou “novas oportunidades para nossos cientistas e para todo o país”, inclusive não haveria repasse ou desenvolvimento conjunto de tecnologias para o desenvolvimento do veículo lançador, pois o projeto seria concebido e executado

exclusivamente por empresas ucranianas. Portanto, do ponto de vista da pesquisa, desenvolvimento, projeto e industrialização, a contribuição do projeto foi insignificante (Otero; Araújo, 2015).

Entretanto, haveria áreas onde uma parceria com a ACS poderia servir de embrião para futuros programas de cooperação, muito embora a falta de recursos humanos, bem como a tecnologia utilizada no desenvolvimento do Cyclone-4, inclusive a utilização da hidrazina como propelente líquido, não despertaram o interesse da comunidade científica brasileira em participar do projeto (Otero; Araújo, 2015).

A medida provisória emitida em 2018, MP 858/2018, determinava que a União sucedesse a empresa extinta em seus bens, direitos e obrigações contraídos e situados em território brasileiro, bem como nas ações em tramitação no Poder Judiciário. Também encerrava o mandato dos conselheiros, devolvia o terreno da ACS para o Comando da Aeronáutica e definia o processo de inventariança para apurar gestão de passivos e ativos da empresa, como forma de favorecer um acerto de contas transparente com a Ucrânia (Extinção, 2019).

#### 4.6 O VS-50 E O VEÍCULO LANÇADOR DE MICROSSATÉLITES (VLM-1)

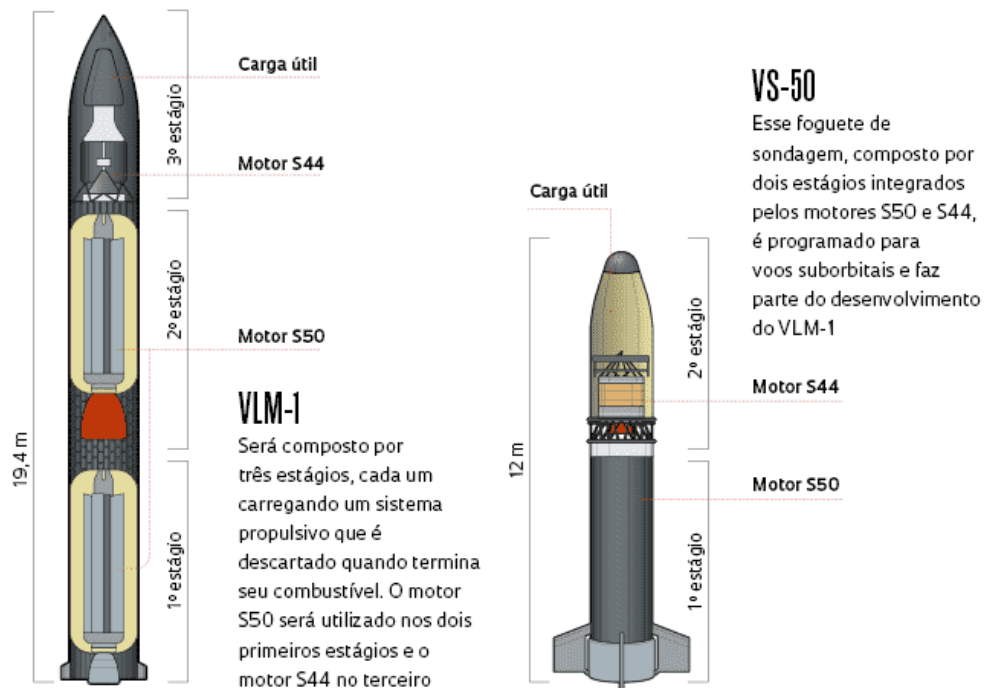
O Veículo de Sondagem 50, ou VS-50, será o responsável por testar em ambiente real de voo, vários componentes do Veículo Lançador de Microsatélites (VLM-1), incluindo os motores, as interfaces de separação dos estágios, os sistemas de controle de navegação, a telemetria de voo, as instalações elétricas e os dispositivos pirotécnicos (usados para a ignição do motor). Com uma envergadura de 12 metros, o VS-50 realizará um trajeto parabólico suborbital, atingindo uma altitude de 100 quilômetros acima do nível do mar, sem, contudo, colocar carga útil em órbita terrestre (Chamon, 2024).

O motor S-50 que será comum aos dois foguetes (VS-50 e VLM) foi projetado e desenvolvido pelo IAE com financiamento da AEB (FAB, 2021). Já o desenvolvimento do VLM teve início em 2014 e é resultado de uma parceria entre a AEB, o IAE e a agência espacial alemã DLR, tendo a sua fabricação inicial ficado sob responsabilidade da empresa Avibras (Chamon, 2024). O projeto do motor S-50 que foi testado em outubro de 2021, na usina Coronel Abner em Jacaréi, obteve resultados muito favoráveis, conforme técnicos e engenheiros do IAE (FAB, 2021) e recebeu mais de R\$ 300 milhões em investimentos ao longo de 12 anos (Gonçalves, 2021).

O VLM-1, em sua atual configuração, deverá inserir um microsatélite de 200 kg em uma órbita equatorial de 300 km. O foguete possui 3 estágios, sendo que os dois primeiros são

idênticos, constituídos por motores S-50, em fibra de carbono, com 12 toneladas de propelente sólido e o terceiro estágio, usará o motor S-44, já testado e qualificado em testes anteriores com o VLS-1. Por não possuir um estágio composto por propelente líquido, a inserção de satélites em alta precisão se torna prejudicada (Ministério de Estado e Defesa, 2019).

**Figura 7 - VLM-1 e o VS-50**



Fonte: IAE-2022.

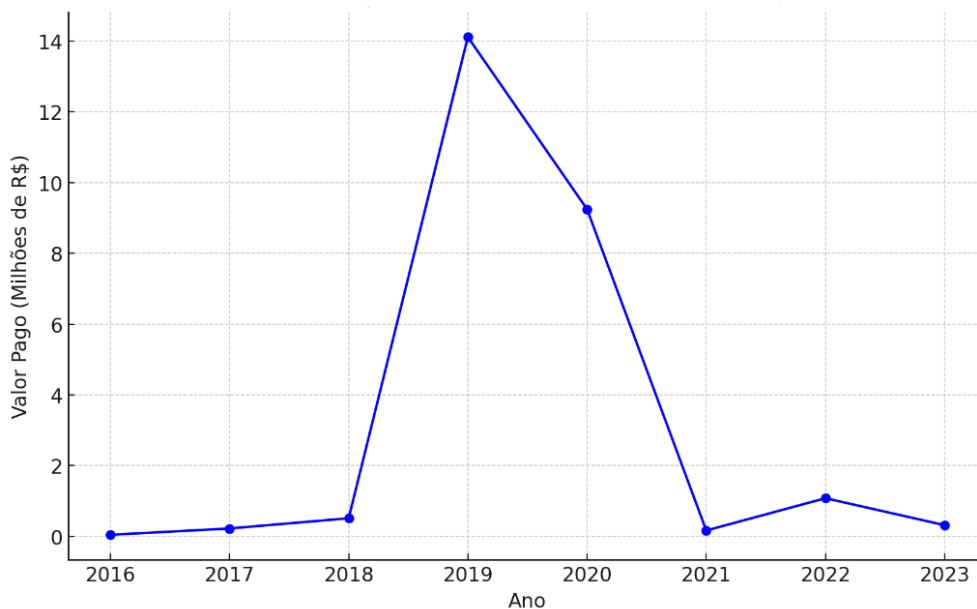
O VLM-1 é destinado ao lançamento de microsatélites em órbitas baixas ao redor da Terra, refletindo a tendência global de miniaturização dos satélites e a demanda crescente por lançamentos mais acessíveis e flexíveis para aplicações variadas, incluindo pesquisa científica, observação da Terra e telecomunicações (AEB, 2020). O foco em microsatélites surge da necessidade de desenvolver tecnologias que permitam o acesso frequente e econômico ao espaço, uma vez que esses pequenos satélites se tornaram fundamentais para uma ampla gama de aplicações e de fácil acesso.

Um aspecto inovador do VLM-1 é o desenvolvimento do motor de foguete de propelente sólido S-50, uma tecnologia chave que demonstra o compromisso do Brasil com a criação de uma base tecnológica sólida no setor aeroespacial. Os motores de propelente sólido são conhecidos por sua confiabilidade e simplicidade operacional, características essenciais para o sucesso de missões espaciais (DLR, 2019).

O projeto do VLM-1 também é estratégico para o desenvolvimento industrial e tecnológico do Brasil, promovendo a capacitação técnica e a inovação dentro do país. Além disso, a escolha do CEA como base de lançamento para o VLM-1 destaca a posição geográfica privilegiada do Brasil para atividades espaciais.

Com base no banco de dados do SIOP, do ano de 2016 até o ano de 2023, foram empregados no VLM-1 um valor total de 25.787,2 milhões de reais, com pico no ano de 2019, conforme o gráfico 8.

**Gráfico 8** - Orçamento VLM-1



Fonte: SIOP, 2024.

Esses valores são expressivamente menores do que estava previsto no PNAE 2012-2021, segundo o qual deveriam ser investidos no VLM-1 de 2012-2021, o montante de 115 milhões de reais, conforme a tabela 5.

**Tabela 5** - Investimentos no VLM-1

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
10.0	25.0	25.0	20.0	20.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.0

Fonte: AEB - PNAE 2012-2021 (Brasil, 2012).

Segundo a AEB (2020), embora o projeto tenha enfrentado desafios, incluindo questões orçamentárias e técnicas, a persistência nas atividades de desenvolvimento reflete o objetivo de estabelecer o Brasil como um participante ativo na indústria espacial global. A conclusão bem-

sucedida do VLM-1 poderá consolidar a infraestrutura espacial do Brasil, e também parcerias internacionais e novas oportunidades no mercado espacial comercial (AEB, 2020).

As empresas responsáveis pelo início do projeto foram a Cenic e a Avibras (PNAE, 2012-2021), sendo que ambas são cadastradas no Ministério da Defesa como Empresas Estratégicas de Defesa (EED). O cadastramento destas empresas desempenha um papel vital para a segurança nacional, especialmente em relação ao desenvolvimento, produção e fornecimento de tecnologias e produtos essenciais para as Forças Armadas. O conceito de EED foi estabelecido para incentivar e proteger empresas importantes para o desenvolvimento de capacidades autônomas em defesa e segurança, promovendo a inovação tecnológica no setor.

Para ser reconhecida como EED, a empresa precisa atender a critérios estabelecidos pela Lei 12.598/2012, que regulamenta o incentivo à produção e inovação no setor de defesa. Entre as exigências estão: 1. Capacidade de produção nacional (a empresa deve ser brasileira, e sua tecnologia deve ser desenvolvida internamente ou estar em processo de nacionalização); 2. Relevância estratégica (a empresas deve produzir bens ou serviços que sejam essenciais para a defesa nacional, como armas, sistemas de comunicação, aeronaves, entre outros); e 3. Conformidade com políticas de defesa (as atividades da empresa devem estar alinhadas com as estratégias do Ministério da Defesa, como o PNAE).

Além disso, o status de EED oferece benefícios fiscais e de financiamento, facilitando o acesso a linhas de crédito e condições diferenciadas para garantir a continuidade de suas operações no apoio às demandas de defesa.

Nesse aspecto, há que se ressaltar que a Avibras, uma das principais EED's do país, e empresa participante de diversos projetos estratégicos, inclusive no segmento de lançadores, está em recuperação judicial, onde os funcionários já estão há mais de 700 dias em greve e sem salário (Greve, 2024). De acordo com nota do próprio site da Avibras, a empresa informa que há tratativas de venda para um grupo estrangeiro e que a “Avibras Indústria Aeroespacial e a DefendTex, estão empenhadas em concluir o processo de aquisição (*closing* do contrato)”, (AVIBRAS, 2024). Há também um pedido de Projeto de Lei, de número 2957/2024, na Câmara dos Deputados, solicitando a estatização da empresa (São Paulo, 2024). Por estes motivos, a FAB optou por não prosseguir com o desenvolvimento interno do foguete VS-50 junto à empresa Avibras e contratou a Mac Jee por meio da FINEP, para concluir o projeto (FAB, 2024).

#### 4.7 VEÍCULO LANÇADOR DE PEQUENO PORTE (VLPP)

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), a AEB e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), lançaram uma seleção pública, um edital de subvenção econômica à inovação – Seleção Pública MCTI/AEB/FINEP/FNDCT - 17/2022, no qual prevê a construção de protótipos e lançamentos de um veículo lançador de satélites em órbita baixa. O objetivo principal deste edital é o desenvolvimento e lançamento de, pelo menos, 02 (dois) protótipos de um veículo lançador de nano e/ou microssatélites que estejam alinhados às especificações técnicas definidas pela Agência Espacial Brasileira (FINEP, 2022).

Para esta Seleção Pública, foram alocados recursos não reembolsáveis do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), o maior valor em subvenção à inovação já aprovado pela FINEP, e com prazo para entrega de 36 meses (FINEP, 2022). De acordo com o anexo 5 do edital, os seguintes requisitos de projeto são obrigatórios:

- Desenvolvimento de veículo, com capacidade de lançar pelo menos 5 kg de carga-útil na órbita circular equatorial de 450 km;
- Desenvolvimento de meios operacionais para o lançamento do Veículo de Lançamento Pequeno Porte (VLPP). Poderão ser utilizados meios operacionais existentes, desde que devidamente autorizados pelas entidades detentoras destes meios;
- Desenvolvimento do veículo e realização da operação de lançamento atendendo a todos os requisitos de segurança do campo de lançamento;
- Projeto, qualificação e construção de pelo menos dois protótipos de voo em território nacional;
- Realização de suas operações de lançamento, a partir do território nacional.

O resultado final desta concorrência não ocorreu sem algumas disputas judiciais, pois a Avibras, uma das concorrentes e que ganhou a licitação, estava em recuperação judicial na época do resultado e foi eliminada, cedendo lugar à segunda colocada, a empresa Akaer. Ao final foram selecionados 2 projetos, liderados respectivamente pela Akaer e Cenic.

A Akaer também é habilitada como uma EED e atualmente, como líder de projeto, conta com a participação de outras empresas coexecutoras tais como: como a Acrux Ltda, a Breng Engenharia e Tecnologia Ltda e a Essado de Moraes Ltda, de acordo com o resultado final do edital de subvenção econômica à inovação da AEB/FINEP. A Akaer teve um financiamento disponibilizado de R\$180.461.174,08 devendo entrar com um valor de contrapartida de R\$4.886.308,64, totalizando R\$ 185.347.482,72 (FINEP, 2022). A outra ganhadora do projeto é a Cenic (que inclui também a Concert Technologies, a Schelim Engenharia, a Plasmahub

Ambiental Indústria Engenharia Exportação e Importação e a Etsys Indústria e Tecnologia em Sistemas). A Cenic recebeu R\$189.999.780,00, devendo entrar com um valor de contrapartida de R\$2.034.000,00, totalizando R\$ 192.033.780,00, conforme a tabela 6.

**Tabela 6** - Propostas aprovadas

Referência	Razão ou Denominação Social da Empresa	Valor Finep/FNDCT Aprovado (R\$)	Valor da Contrapartida (R\$)	Valor Total do Projeto (R\$)
2358/22	CENIC Engenharia Indústria e Comércio Ltda. Coexecutoras: -Concert Technologies S.A. Matriz -Schelim Engenharia EIRELLI -PLASMAHUB AMBIENTAL INDUSTRIA ENGENHARIA EXPORTACAO E IMPORTACAO LTDA -Etsys Indústria e Tecnologia em Sistemas Ltda.	189.999.780,00	2.034.000,00	192.033.780,00
2360/22	AKAER ENGENHARIA S.A. Coexecutoras: -ACRUX LTDA -BRENG ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA -ESSADO DE MORAIS LTDA	180.461.174,08	4.886.308,64	185.347.482,72

**TOTAL FINEP/FNDCT: R\$ 370.460.954,08**

**Fonte:** FINEP, 2022.

Esses aportes mostram que o VLPP surge, portanto, como uma oportunidade estratégica para aumentar a participação da indústria nacional brasileira no desenvolvimento de veículos lançadores espaciais. Ao contrário dos projetos tradicionais, que frequentemente são desenvolvidos em instituições públicas e podem levar anos para serem finalizados, o VLPP busca acelerar esse processo por meio de parcerias com empresas do setor privado, estimulando a inovação e a competitividade tecnológica no país.

O VLPP é parte de uma estratégia mais ampla dentro do PNAE, que visa aumentar a autonomia do Brasil em atividades espaciais e, ao mesmo tempo, fomentar o crescimento da indústria aeroespacial nacional. Além disso, essa abordagem permite que o setor privado absorva novas tecnologias, aumentando a capacidade competitiva do Brasil no mercado global de lançamento de satélites (Brasil, 2024).

Esses esforços são reforçados por políticas governamentais voltadas à indústria de defesa e tecnologia espacial, que incentivam parcerias público-privadas e oferecem benefícios fiscais e apoio financeiro a empresas estratégicas de defesa, como é o caso de companhias cadastradas como EED, incluindo aquelas envolvidas no desenvolvimento de veículos lançadores.

Além disto, o desenvolvimento do VLPP poderá permitir que o Brasil reduza a dependência de outros países para o lançamento de satélites, especialmente aqueles de pequeno porte. Atualmente, o Brasil depende de lançadores estrangeiros para colocar seus satélites em

órbita e, com o VLPP, o país poderá conquistar maior autonomia e, ao mesmo tempo, fortalecer sua soberania no setor espacial, alinhando-se às metas do PNAE (Brasil, 2024).

O mercado global de pequenos satélites está em expansão, com demandas crescentes para lançamentos comerciais, ambientais e de monitoramento. O VLPP, ao focar no lançamento de satélites de pequeno porte, posiciona o Brasil para competir nesse nicho de mercado em crescimento. Isso permite ao país oferecer serviços de lançamento mais acessíveis e direcionados para a América Latina e outras regiões. Desenvolver e operar o VLPP oferece uma alternativa de menor custo em comparação aos lançadores maiores, o que é vantajoso para missões que não requerem veículos mais robustos. Isso pode atrair clientes internacionais que buscam opções mais econômicas para colocar pequenos satélites em órbita, além de permitir que o Brasil lance seus próprios satélites com maior frequência e a um custo mais baixo.

O VLPP também pode facilitar parcerias com outras nações e agências espaciais. O Brasil já tem histórico de cooperação espacial, como no Programa CBERS com a China, e o desenvolvimento de um lançador próprio pode ampliar o potencial para colaborações futuras, atraindo mais parceiros para realizar lançamentos a partir do CEA.

#### 4.8 PROJETO ROCKET ASSISTED TAKE-OFF - 14-X (RATO)

Além dos dois projetos VLPP, no dia 5 de agosto de 2024, foi assinado outro contrato, o de subvenção Econômica à Inovação em Fluxo Contínuo Mais Inovação Brasil – Soberania e Defesa Nacional entre a FINEP, a empresa Equipaer do Grupo Mac Jee e a *startup* Castro Leite Consultoria (CLC), também especializada em espaço e defesa, para o Projeto RATO (Rocket Assisted Take-Off - RATO 14X).

O desenvolvimento dos sistemas RATO, e outros meios de suporte ao lançamento do veículo 14-X, visa aprimorar a capacidade do Brasil de realizar lançamentos autônomos, o que poderá reduzir a dependência de outros países e permitir maior soberania no segmento de lançamentos espaciais, gerando também novos investimentos em infraestrutura e modernização tecnológica (Brasil, 2024).

A Mac Jee Industria de Defesa Ltda, é uma empresa EED, que possui experiência em munições e recebeu R\$ 93.068.350,87, em subvenção, para a realização do projeto.

O projeto visa a fabricação do veículo que irá incorporar o motor de propulsão hipersônica desenvolvido no âmbito do Projeto Propulsão Hipersônica 14-X (PropHiper), um dos Projetos Estratégicos da FAB, coordenado pelo DCTA.

O 14-X é o primeiro demonstrador brasileiro da tecnologia hipersônica aspirada, ou *scramjet*. O motor já foi testado em 2021, acelerado a uma velocidade próxima a Mach 6 (seis vezes a velocidade do som), a mais de 30 km de altitude, por meio de um Veículo Acelerador Hipersônico (VAH). Após a realização do ensaio, o conjunto seguiu a trajetória prevista, atingindo o apogeu em 160 Km, percorrendo um total de 200 km de distância, até seu impacto numa área segura no Oceano Atlântico (WILTGEN, 2021).

O edital da FINEP (2022) enumerou uma série de requisitos obrigatórios e outros desejáveis para o desenvolvimento do foguete, tais como: devem ser desenvolvidos e disponibilizados sistemas RATO para impulsionar o veículo 14-X até as condições ideais de operação (massa da carga útil maior que 600 kg, altitude de 30 a 40 km e velocidade maior que Mach 8); devem ser desenvolvidos e disponibilizados todos os meios de solo específicos ao RATO (bancos de controle, sistema de lançamento do veículo, etc.) necessários para a operação de lançamento; deverão ser utilizados os meios operacionais existentes e compatíveis, mediante autorização e coordenação com as entidades detentoras destes meios; entre outros.

A partir desses requisitos, espera-se que os investimentos realizados no projeto (assim como no VLPP) possam mobilizar novamente a participação e o interesse da indústria nacional pelo segmento de veículos de lançamento.

**Figura 8 - PROPHIPER 14-X**



**Fonte:** IAEV, 2024.

O projeto RATO, portanto, visa proporcionar melhorias significativas na capacidade de lançamento hipersônico, o que poderá impulsionar a indústria nacional no desenvolvimento de

tecnologias avançadas. Isto porque a continuidade do desenvolvimento do motor hipersônico, como o demonstrador 14-X, posiciona o Brasil de forma estratégica no campo da tecnologia *scramjet*, o que pode ter aplicações tanto civis quanto militares.

O fato de o projeto mobilizar investimentos significativos da FINEP, como o aporte de mais de R\$ 93 milhões, traz um reforço ao papel da indústria nacional na produção de veículos de lançamento e sistemas de propulsão avançada. E o envolvimento de empresas maduras (como a Equipaer), bem como de *startups*, estimula a inovação e o crescimento de novas empresas no setor.

## 5 CONCLUSÃO

Historicamente, o desenvolvimento de veículos lançadores tem se dado com expressivo apoio governamental, uma vez que os investimentos necessários excedem a capacidade isolada da iniciativa privada. Potências espaciais consolidaram seu poderio no setor não apenas por meio de seus avanços tecnológicos, mas também ao impulsionar uma forte atividade comercial em torno desses veículos e fomentar a participação de empresas nacionais nos mercados internacionais a partir de suas políticas espaciais.

Observa-se que o sucesso de programas de lançadores de satélites exige investimentos em educação e capacitação técnica, bem como uma visão estratégica de longo prazo que priorize o desenvolvimento autônomo e sustentável do setor espacial. Apenas por meio de uma articulação eficaz entre todos os atores envolvidos se torna possível criar e sustentar um setor de elevadíssimo conteúdo tecnológico, com altos custos e riscos envolvidos.

Nesse cenário, a presente pesquisa procurou responder quais os fatores que limitaram o desenvolvimento do setor espacial brasileiro, especificamente, em relação ao segmento industrial de veículos lançadores. Para isto, foi realizada uma revisão bibliográfica abarcando o desenvolvimento do setor espacial no cenário global e no Brasil, com ênfase no Programa Espacial Brasileiro, sua criação e institucionalização, além de discorrer sobre as capacidades dos Estados Lançadores, aspectos normativos das atividades espaciais no Brasil, o potencial do CEA para a realização de lançamentos e a política espacial brasileira pela análise do PNAE e do PESE. Para um detalhamento maior do segmento espacial de foguetes e lançadores, foram levantados os principais projetos de veículos de sondagem e de lançadores nacionais, incluindo o programa Cruzeiro do Sul e os projetos mais atuais (o VLPP e RATO).

Diante dos fatos e dados apresentados, é possível observar que embora os principais estímulos para o setor espacial ainda sejam os contratos governamentais e subsídios, no Brasil esses são escassos e esporádicos, principalmente, devido ao limitado orçamento disponibilizado para os projetos do PNAE, o que prejudica a sustentabilidade e a manutenção de um parque industrial espacial qualificado.

Além disso, quando esses contratos são estabelecidos, frequentemente enfrentam diversos atrasos e exigem vários aditivos contratuais ao longo dos anos, como por exemplo, no VLS-1, que começou a ser desenvolvido em 1985 e deveria estar concluído em 1993, para lançar o satélite nacional SCD-1, mas seu voo inaugural somente ocorreu em 1997, sendo encerrado anos mais tarde sem ser concluído.

Outro exemplo é o VLM-1 que está atrasado 10 anos em seu cronograma e ainda sem previsão para lançamento, pois este depende da qualificação do foguete VS-50, que também não existe previsão concreta para lançamento, uma vez que, até o presente ano de 2024, somente o motor S-50, que é comum aos dois, realizou um teste de bancada.

É possível observar que o desenvolvimento de veículos de sondagem, até o momento, foi mais bem sucedido que o de veículos lançadores. O VSB-30, por exemplo, é um foguete que possui todas as certificações nacionais e internacionais possíveis para ser considerado um ótimo produto para exportação, porém, ainda é subutilizado em relação ao seu potencial. Quanto aos veículos lançadores de satélites, o Brasil vem enfrentando dificuldades desde o início dos anos 90, culminando no trágico acidente do VLS, onde grande parte dos esforços de décadas foram perdidos. Esse acidente foi um marco para o PEB, que desde então não conseguiu se reerguer. E como se não bastassem as falhas do VLS, alguns anos após, o Brasil e a Ucrânia firmaram acordos de parceria para o desenvolvimento de um lançador, que representou gastos de quase meio bilhão de reais e que de nada frutífero resultou.

Em 2010, o Brasil, em parceria com a agência alemã DLR, começou a desenvolver o VLM-1, mas, como já abordado, até o presente ano de 2024, nada foi concretizado, com exceção do motor S-50 que já foi testado, em 2021, na Usina Coronel Abner.

Assim, diversas empresas, como as citadas nos capítulos anteriores, deixaram de fornecer ao PEB ao longo dos anos, e um dos fatores observados foi a baixa demanda, além dos altos custos para manter o parque fabril especializado. Esses atrasos também podem repercutir com a fuga de cérebros, uma vez que os recursos humanos não encontram em solo nacional um parque industrial em que possam atuar no cenário espacial.

Verifica-se que uma das principais causas do atraso é a dependência de tecnologias estrangeiras, uma questão estrutural que impacta não apenas o setor aeroespacial, mas a economia como um todo. A falta de autonomia no desenvolvimento de sistemas críticos, como propulsores e eletrônica embarcada, faz com que o Brasil dependa de componentes importados para a produção de veículos lançadores. Isso é agravado por restrições internacionais à exportação de tecnologia de ponta, como o regime do Controle de Tecnologia de Mísseis (MTCR), do qual o Brasil é membro, mas que limita o acesso a tecnologias essenciais para lançadores.

Além disso, o desenvolvimento de um programa nacional de lançadores requer anos de pesquisa e inovação contínua, algo que foi prejudicado pela falta de uma política industrial de longo prazo e consistente. O investimento insuficiente em pesquisa básica e aplicada, aliado à falta de integração entre empresas, universidades e centros de pesquisa, contribui para atrasos

e ineficiências no setor. Isto porque o setor de lançadores exige um investimento substancial e constante em pesquisa e desenvolvimento (P&D). A instabilidade no financiamento público compromete a continuidade dos projetos, como ocorreu com o desenvolvimento do VLS, que foi marcado por atrasos e interrupções devido à escassez de recursos.

A infraestrutura científica brasileira, apesar de relevante, ainda carece de coordenação e integração eficaz. O DCTA e o INPE enfrentam dificuldades para realizar projetos de alta complexidade tecnológica sem o apoio e envolvimento do setor privado em maior escala. A fragmentação das iniciativas e a dispersão dos recursos tornam o processo de inovação lento e ineficiente, prejudicando o avanço do programa espacial brasileiro.

Além disto, o setor espacial exige coordenação eficiente e gestão de projetos complexos, algo que tem sido um desafio no contexto brasileiro. O programa de lançadores de satélites sofreu com problemas de planejamento, falhas de execução e acidentes que comprometeram seu progresso. A explosão do VLS-1, em 2003, exemplifica esses problemas de gestão e falhas de segurança que podem atrasar projetos estratégicos por anos/décadas, conforme o relatório do acidente do VLS.

Observa-se, portanto, que a falta de continuidade nas políticas públicas é outro fator crítico. Projetos de longo prazo, como os lançadores de satélites, exigem estabilidade e previsibilidade, algo que o Brasil não conseguiu garantir. Mudanças frequentes na orientação política e nas prioridades governamentais interrompem o fluxo de recursos e atrasam a execução de programas essenciais para o desenvolvimento do setor.

O desenvolvimento de lançadores de satélites no Brasil também enfrenta barreiras geopolíticas que dificultam o acesso a tecnologias avançadas e a inserção competitiva no mercado internacional. Além das restrições do MTCR, a competição acirrada com potências aeroespaciais como Estados Unidos, Rússia e China dificulta o posicionamento do Brasil como um ator relevante nesse setor. A capacidade de cooperação internacional é limitada por essas barreiras, tornando ainda mais urgente a necessidade de se desenvolver competências tecnológicas nacionais.

Para superar o atraso tecnológico no setor de lançadores de satélites, o Brasil precisa investir em uma estratégia coordenada e integrada que envolva o Estado, o setor privado e as instituições de pesquisa. A promoção de parcerias internacionais que permitam a transferência efetiva de tecnologia é essencial, mas o país também deve fortalecer sua capacidade interna de inovação, formação e retenção de capital humano.

O Brasil encontra-se em uma posição estratégica, na qual o desenvolvimento de foguetes de sondagem e veículos lançadores representa uma oportunidade para alavancar seu

programa espacial e garantir autonomia em um setor de alta tecnologia. Contudo, os dados levantados mostram que a inconsistência dos investimentos governamentais nesse setor é um dos maiores entraves para o desenvolvimento autônomo das capacidades espaciais.

Assim, a continuidade e ampliação de investimentos para o desenvolvimento desses veículos é essencial para que o Brasil possa aproveitar plenamente as oportunidades econômicas, científicas e estratégicas que o espaço oferece, assegurando, ao mesmo tempo, a formação de recursos humanos de excelência e a soberania tecnológica no cenário global.

O governo brasileiro também necessita adotar estratégias mais eficazes para fomentar o crescimento e a competitividade das empresas do setor espacial, promovendo um ambiente propício à inovação tecnológica e à consolidação dessa indústria no cenário global. Entre as medidas fundamentais, destaca-se a necessidade de criar e ampliar oportunidades para essas empresas além das fronteiras nacionais, aproveitando o potencial de congressos internacionais e feiras de tecnologia como plataformas de exposição e colaboração.

A seguir estão relacionadas algumas sugestões que poderiam ser úteis ao planejamento do setor espacial no Brasil:

- O governo, através da AEB, pode desempenhar um papel central ao apoiar e financiar a presença maciça de empresas brasileiras em eventos internacionais, como o Congresso Internacional de Astronáutica (IAC) e feiras voltadas à tecnologia aeroespacial. Essas iniciativas ampliariam a visibilidade das capacidades nacionais, abrindo portas para parcerias, atração de investimentos e contratos internacionais.

- A criação de uma cadência de demanda por produtos e serviços do setor espacial é essencial para garantir a sustentabilidade econômica das empresas. O governo, por meio de contratos públicos, pode incentivar o desenvolvimento de satélites, sistemas de telecomunicações e tecnologias de observação da Terra, contribuindo para a manutenção e expansão da indústria.

- O governo deve desenvolver programas específicos para a internacionalização das empresas do setor espacial, oferecendo suporte para a adaptação de produtos e serviços às exigências de mercados estrangeiros e facilitando o acesso a financiamentos internacionais.

- É imprescindível o fortalecimento de parcerias público-privadas para fomentar a pesquisa e desenvolvimento, criando subsídios e incentivos fiscais para empresas que investem em inovação tecnológica. Além disso, integrar empresas espaciais ao ecossistema de inovação brasileiro, envolvendo universidades e centros de pesquisa, é uma estratégia de longo prazo para aumentar a competitividade.

Desta forma, o fortalecimento do setor espacial brasileiro exige uma atuação estratégica do Estado, que deve agir como facilitador e impulsionador das empresas nacionais. Além do apoio estatal, o governo pode criar políticas que atraiam capital privado para o setor espacial, promovendo a formação de fundos de investimento voltados exclusivamente para empresas dessa área. Essa abordagem traria maior dinamismo e sustentabilidade financeira à indústria. Além disso, é fundamental garantir a continuidade das políticas públicas e assegurar um fluxo estável de financiamento para projetos estratégicos. A criação de um ecossistema robusto de inovação, com incentivos à pesquisa e desenvolvimento, é imprescindível para que o Brasil possa consolidar sua posição no mercado aeroespacial e reduzir sua dependência de tecnologias estrangeiras.

Desta forma, a análise do desenvolvimento do setor espacial brasileiro, ao longo de décadas, revela uma trajetória marcada por uma dicotomia, pois muitos desafios tecnológicos foram superados, mas também muitas oportunidades foram perdidas. A experiência do Brasil no setor espacial sublinha a importância de uma gestão eficaz, uma visão enérgica/estratégica clara e uma integração mais próxima entre governo, indústria e academia. Somente assim o país poderá superar os obstáculos atuais e transformar sua capacidade espacial em um motor de desenvolvimento científico, tecnológico e econômico.

Nesse aspecto, algumas oportunidades se apresentam. Em 2024, o Senado brasileiro aprovou a "Lei Geral do Espaço" que estabelece regulamentações para as atividades espaciais no Brasil, visando se alinhar às regulamentações internacionais e promover o desenvolvimento da indústria espacial brasileira. A referida lei trouxe, em seu bojo, algumas novidades, tais como a criação do SIPAE e do registro espacial RESBRA. Espera-se que esta legislação impulse o mercado espacial nacional, criando oportunidades de emprego e fomentando avanços tecnológicos. Ela apoiará o desenvolvimento de centros privados de lançamento espacial e poderá aumentar as capacidades do Brasil em aplicações espaciais.

O Brasil também assinou, em 2021, os acordos Artemis e isto abre uma gama de oportunidades estratégicas, científicas, tecnológicas e econômicas para o país no contexto da exploração espacial e da inovação tecnológica. Os benefícios vão além da participação em um programa de alta visibilidade internacional e podem incluir, o acesso a tecnologias de ponta no campo da exploração espacial, tais como: sistemas de propulsão, materiais especiais resistentes às condições extremas do espaço, sensores e instrumentos científicos, tecnologias de habitação e suporte à vida em missões de longa duração.

Atualmente no Brasil existem alguns projetos em andamento e financiados pela FINEP, como o VLPP e o RATO, que são dois exemplos de subvenção econômica à inovação que visam

atrair mais interesse da indústria nacional para o segmento de veículos de lançamento, criando oportunidades para parcerias que possam impulsionar a competitividade brasileira no cenário internacional de tecnologia espacial. Essas iniciativas são fundamentais na busca por soberania tecnológica e pela capacidade de defesa do Brasil, ao mesmo tempo em que podem gerar empregos e impulsionar a economia local.

Entretanto, para que essas oportunidades se viabilizem, é fundamental melhorar governança do setor espacial, uma vez que Agência Espacial Brasileira, com seu modelo de atuação herdado do arranjo pós regime militar, que visava contornar problemas de cerceamento tecnológico, e que procura integrar as atividades das áreas civil e militar, não tem mostrado resultados efetivos.

Países desenvolvidos que obtêm sucesso em suas atividades espaciais e, como resultado, estabelecem indústrias espaciais autônomas, conseguem alinhar os objetivos de seus programas espaciais com as necessidades do país e de sua sociedade.

Por fim, durante a elaboração deste trabalho, diversas questões emergiram, mas por estarem fora do escopo, foram deixadas para investigações futuras. A seguir, essas questões são apresentadas como sugestões, com o intuito de incentivar novos estudos sobre o Programa Espacial Brasileiro:

- Seria interessante para o Brasil, encurtar caminhos, através de parcerias com países detentores de tecnologia de veículos lançadores? O Brasil, no passado, teve oportunidade com a França e com a Rússia, porém as negociações não foram adiante, deveríamos retomar?

- Porque o Brasil abandonou a sua participação na Estação Espacial Internacional - ISS (*International Space Station*)?

- Porque o Brasil investiu quase 500 milhões de reais em acordos com a Ucrânia, porém não investiu este montante em seu próprio programa espacial?

- A AEB deveria manter o modelo de governança atual incorporando as atividades espaciais civis e militares?

Conclui-se que embora o Brasil tenha dado passos importantes desde a década de 60, ele ainda se encontra atrás de muitos de seus contemporâneos na arena espacial. O Programa Espacial Brasileiro evoluiu menos nos últimos 20 anos do que nos 20 anos anteriores, do ponto de vista do seu desenvolvimento tecnológico em veículos lançadores.

Especificamente em relação ao segmento de veículos lançadores, observa-se que este não avançou no Brasil, ao menos não tanto quanto outros segmentos espaciais (como o de foguetes de sondagem, ou mesmo o de satélites), entre outros fatores, pela de falta de prioridade

política, que ocasiona orçamentos instáveis e insuficientes, e pela reduzida participação da indústria privada nacional, em comparação com países, como a Índia.

E para recuperar o tempo perdido e estabelecer-se como uma potência espacial, o país precisará de um compromisso renovado com a ciência, a tecnologia e a inovação, além de políticas públicas estáveis e investimentos contínuos. Somente com esses elementos será possível transformar o potencial espacial do Brasil em realidade, contribuindo significativamente para o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico do país.

## REFERÊNCIAS

**20 ANOS do Acidente de Alcântara e o fim do Projeto Veículo Lançador de Satélite (VLS)**. Poder Aéreo, 2023. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2023/08/22/20-anos-do-acidente-de-alcantara-e-o-fim-do-projeto-veiculo-lancador-de-satelite-vls/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Memorando de Entendimento entre a Agência Espacial Brasileira (AEB) e a Agência Espacial Nacional da Ucrânia (AENU) sobre a Utilização de Veículos de Lançamento Ucranianos a partir do Centro de Lançamento de Alcântara**, 2002a. Disponível em: [https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/cooperacao-internacional/documentos-ucrania/acordoucrania2002\\_b.pdf](https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/cooperacao-internacional/documentos-ucrania/acordoucrania2002_b.pdf). Acesso em: 09 jan. 2024.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Programa Nacional de Atividades Espaciais: PNAE: 2012 – 2021**. Agência Espacial Brasileira. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Agência Espacial Brasileira, 2012.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB/ACS). **Revista Espaço Brasileiro ano 5**, n. 14, jul./dez. 2012.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **CLBI inicia atividades com rastreamento do Soyuz**, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/clbi-inicia-atividades-com-rastreamento-do-soyuz>. Acesso em: 16 fev. 2024

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Cooperação internacional – Ucrânia**, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/cooperacao-internacional/ucrania>. Acesso em: 05 jan. 2024.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Sonda IV**, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/acoes-e-programas/aplicacoes-espaciais/transporte-espacial/sonda-iv>. Acesso em: 30 jul. 2024.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **AEB lança segundo Chamamento Público para empresas interessadas em realizar lançamentos a partir de Alcântara**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/aeb-lanca-segundo-chamamento-publico-para-empresas-interessadas-em-realizar-lancamentos-a-partir-de-alcantara>. Acesso em: 16 fev. 2024.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) 2022-2031**. Brasília: Agência Espacial Brasileira, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/programa-nacional-de-atividades-espaciais>. Acesso em: 20 jun. 2024.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Conhecendo o Acordo de Salvaguardas Tecnológicas entre Brasil e Estados Unidos**, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/acordo-de-salvaguardas-tecnologicas/ast.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Catálogo da indústria espacial brasileira**. Brasília: AEB, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/catalogos-aeb#:~:text=O%20Cat%C3%A1logo%20da%20Ind%C3%BAstria%20Espacial,e%20servi%C3%A7os%20produzidos%20pelo%20pa%C3%ADs>. Acesso em: 03 mai. 2024.

ALCANTARA CYCLONE SPACE. **CYCLONE-4 Launch Vehicle User's Guide Issue 1**. Brasília-DF, 2010.

ALMEIDA, A. L. **A evolução do poder aeroespacial brasileiro**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Política) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-19062007-153215/pt-br.php>. Acesso em: 03 jan. 2024.

ANDRADE, I. de O.; VITAL, J. V.; OKADO, G. H. C.; HILLEBRAND, G. R. L. O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) do Brasil. **Revista Profissional da Força Aérea dos EUA**, p. 133-154, 2021. Disponível em: [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/JOTA/Journals/Volume%203%20Issue%203/05-Oliveira-Hillebrand\\_port.pdf](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/JOTA/Journals/Volume%203%20Issue%203/05-Oliveira-Hillebrand_port.pdf). Acesso em: 10 jun. 2024.

ASTEROID Explorer Hayabusa2. **JAXA**, 2024. Disponível em: <https://www.isas.jaxa.jp/en/missions/spacecraft/current/hayabusa2.html>. Acesso em: 06 sete 2024.

ARIANE. **The European Space Agency**, 2024. Disponível em: [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Ariane](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Ariane). Acesso em: 16 fev. 2024

AVIBRAS assinou com o IAE/DCTA, ToT do Foguete VSB-30. **Defesanet**, 2020. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/defesa/noticia/35566/avibras-assinou-com-o-iae-dcta-tot-do-foguete-vs-30/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

AVIBRAS. **Nota à Imprensa 28/06/24 - Empresa australiana DefendTex continua discussões para adquirir a Avibras**, 2024. Disponível em: <https://www.avibras.com.br/site/midia/noticias/578-empresa-australiana-defendtex-continua-discussoes-para-adquirir-a-avibras.html>. Acesso em: 28 jul. 2024

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARTELS, W. Prioridade da indústria quanto ao Programa Nacional de Atividades Espaciais – PNAE e cooperação internacional. In: ROLLEMBERG, R. (relator); VELOSO, Elizabeth Machado (coord.). **A Política Espacial Brasileira. Série Cadernos de Altos Estudos**, n. 7. p. 147-160. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010.

BITTENCOURT NETO, O. de O. **Direito Espacial contemporâneo: responsabilidade internacional**. 1. ed. Curitiba: Juruá, 2011.

BOSCOV, J. Rocket motor cases in 300M steel – a pioneer development performed in the Brazilian Space Programme. **7º Simpósio da ESA sobre Programas Europeus de Foguetes e Balões e Pesquisas Relacionadas**. Loen, Norway, 5-11 mai. 1985.

BOTELHO, R. **Agência espacial brasileira: um diagnóstico de gestão**. Appris Editora, 2001.

BRASIL. **Relatório da Investigação do Acidente Ocorrido com o VLS-1. V03**, em 22 de agosto de 2003, em Alcântara-MA, 2004. Disponível em: [https://www.aereo.jor.br/downloads/VLS-1\\_V03\\_Relatorio\\_Final.pdf](https://www.aereo.jor.br/downloads/VLS-1_V03_Relatorio_Final.pdf). Acesso em: 14 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Papel estratégico do setor espacial é destacado por especialistas**. Portal GOV BR, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/07/papel-estrategico-do-setor-espacial-e-destacado-por-especialistas>. Acesso em: 01 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Papel estratégico do setor espacial é destacado por especialistas**. Portal GOV BR, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/07/papel-estrategico-do-setor-espacial-e-destacado-por-especialistas>. Acesso em: 01 ago. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. Instituto de Aeronáutica e Espaço. **Programa Espacial Brasileiro**: plano de desenvolvimento de lançadores 2012-2013. São José dos Campos: IAE, 2012.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa/Estratégia Nacional de Defesa**: versão sob apreciação do Congresso Nacional. Brasília: Ministério da Defesa, 2016. [https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy\\_of\\_estado-e-defesa/pnd\\_end\\_2016.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_2016.pdf). Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. **Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA 57-21)**. Regulamento de aeronavegabilidade militar - Procedimentos para certificação de produto da aeronáutica. Brasília – DF, 2017. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=1376>. Acesso em: 08 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Programa estratégico de sistemas espaciais (PESE)**, 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a\\_sa\\_01a\\_programaa\\_estrategicoa\\_d\\_ea\\_sistemas\\_espaciais\\_pesee\\_ed-2018.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a_sa_01a_programaa_estrategicoa_d_ea_sistemas_espaciais_pesee_ed-2018.pdf). Acesso em: 16 fev. 2024

BRYCE TECH. **Satellite Industry Report June 2021**. Disponível em: [https://brycetech.com/reports/report-documents/Bryce\\_Briefing\\_2022\\_Q1.pdf](https://brycetech.com/reports/report-documents/Bryce_Briefing_2022_Q1.pdf). Acesso em: 16 fev. 2024.

BUHR, A. D. **Direito Espacial**: Lições Preliminares e Avançadas. São Paulo: Conceito Editorial, 2012.

BURLESON, D. **Konstantin Tsiolkovsky: The Father of Astronautics and Rocket Dynamics**. 40th AIAA Aerospace Sciences Meeting Exhibit. ARC, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.2002-312>. Acesso em: 20 jun. 2024.

CARDOSO, J. L. R. O Brasil e o Ano Geofísico Internacional. **ANPUH – XXIII SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA**. Londrina, 2005. Disponível em: [https://anpuh.org.br/uploads/anais-simposios/pdf/2019-01/1548206370\\_d581fd85c499239559a1027a718a28d3.pdf](https://anpuh.org.br/uploads/anais-simposios/pdf/2019-01/1548206370_d581fd85c499239559a1027a718a28d3.pdf). Acesso em: 16 fev. 2024.

CONVENÇÃO Relativa ao Registro de Objetos Lançados no Espaço Cósmico. Nova York: ONU, 1975.

CEPIK, M. (coord.). **Espaço e relações internacionais**. Porto Alegre: UFRGS, 2015. Disponível em: [http://professor.ufrgs.br/marcocepiik/files/cepiik\\_et\\_al\\_-\\_2015\\_-\\_curso\\_espaço\\_ri\\_caderno\\_estudos.pdf](http://professor.ufrgs.br/marcocepiik/files/cepiik_et_al_-_2015_-_curso_espaço_ri_caderno_estudos.pdf). Acesso em: 4 jan. 2024.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS. **Arianespace**, 2023. Disponível em: <https://centrespatialguyanais.cnes.fr/en/arianespace-en>. Acesso em: 15 mai. 2024.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS. **Actions du CNES en Guyane: bilan et perspectives**, 2023. Disponível em: <https://centrespatialguyanais.cnes.fr/fr/actions-du-cnes-en-guyane-bilan-et-perspectives>. Acesso em: 03 de ago. 2024.

CHAMON, M. A. **Revista Pesquisa FAPESP**, jan. 2024. Disponível em: [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/12/068-072\\_vlm\\_311.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/12/068-072_vlm_311.pdf). Acesso em: 07 fev. de 2024.

CONCA, K. L. **Global Markets, Local politics, and military industrialization in Brazil**. 1992. 537f. Tese (Pós-Doutorado). Departamento de Energia e Recursos, Universidade da Califórnia, 1992.

CONAE, 2024. **Comisión Nacional de Actividades Espaciales**. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae>. Acesso em: 25 de Nov. de 2024.

COSTA FILHO, E. **Política Espacial Brasileira: A política científica e tecnológica no setor aeroespacial brasileiro**. Rio de Janeiro: Revan, 2002.

CHINA NATIONAL SPACE ADMINISTRATION (CNSA). **Earth resources satellites**, 2011. Disponível em: <https://www.cnsa.gov.cn/english/n6465715/n6465716/c6480947/content.html>. Acesso em: 06 set. 2024.

DAVENPORT, C. SpaceX launches another crew to space station during a record year. **The Washington Post**, 2022. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/04/27/elon-musk-spacex-crew-4-launch/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

WILTGEN G. 14-X: FAB realiza primeiro teste de voo do motor aeronáutico hipersônico. Defesa aérea naval, 2021. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/aviacao/14-x-fab-realiza-primeiro-teste-de-voo-do-motor-aeronautico-hipersonico>. Acesso em: 23 set. 2024.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Plano de suprimento e manutenção do primeiro Sistema Espacial de Sensoriamento Remoto Radar**. PROJETO LESSONIA-1, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/pca-400-228>. Acesso em: 15 jan. 2024.

DEL MONACO, L. R.; PALMERIO, A. F. **Especificação do Veículo Lançador de Satélites VLS-1**, relatório IAE 590-000000/B2019. São José dos Campos, 05 ago. 2011.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL (DCTA). **Catálogo de Empresas do Setor Aeroespacial Cesaer**, 2022. Disponível em: [https://ifi.dcta.mil.br/images/RELA%C3%87%C3%83O\\_CESAER\\_COMPLETA.pdf](https://ifi.dcta.mil.br/images/RELA%C3%87%C3%83O_CESAER_COMPLETA.pdf). Acesso em: 22 jun. 2024.

DIAS, L. R. L.; CARVALHO, M. D. R.; COSTA, K. W. S. **Museu de Alcântara: do cretáceo à era espacial**. Alcântara, MA: Ibram, 2020.

DOLINSKY, M. M. **IAE – Presença Brasileira no Espaço, 003/ AVD-P/92**. IAE, São José dos Campos, 1992.

DOLINSKY, M. M. **CGEE 3º Conferência Nacional 2005 CNCTI**. São José dos Campos: CTA, 2005.

DOLMAN, E.C. **Pure Strategy: Power and Principle in the Space and Information Age**. London: Taylor & Francis e-Library, 2005.

DORNBERGER, W. **V-2: The Nazi Rocket Weapon**. New York: Ballantine Books, 1954.

DÜRING, N. **LAAD Bastidores 2 – ASTROS 2020 – do Tático para o Estratégico**. Defesanet, 2013. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/terrestre/laad-bastidores-2-astros-2020-%C2%96-do-tatico-para-o-estrategico/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

DWIGHT, D. Eisenhower. **The White House**, 1961. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/about-the-white-house/presidents/dwight-d-eisenhower/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Soyuz from Baikonur to French Guiana**. ESA, 2004. Disponível em: [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Soyuz\\_from\\_Baikonur\\_to\\_French\\_Guiana](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Soyuz_from_Baikonur_to_French_Guiana) Acesso em: 16 fev. 2024.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **What is a “Launching State**. ESA, 2017. Disponível em: <https://blogs.esa.int/cleanspace/2017/06/13/what-is-a-launching-state/> Acesso em: 16 fev. 2024.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **CSG at 50: half a century of Europe's Spaceport**. ESA, 2018. Disponível em: [https://www.esa.int/About\\_Us/ESA\\_history/CSG\\_at\\_50\\_half\\_a\\_century\\_of\\_Europe\\_s\\_Space\\_port](https://www.esa.int/About_Us/ESA_history/CSG_at_50_half_a_century_of_Europe_s_Space_port). Acesso em: 15 maio. 2024.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Arianespace at Europe's Spaceport**. ESA, 2019. Disponível em:

[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Europe\\_s\\_Spaceport/Arianespace\\_at\\_Europe\\_s\\_Spaceport/](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Europe_s_Spaceport/Arianespace_at_Europe_s_Spaceport/). Acesso em: 03 ago. 2024.

ESCADA, P. A. S. **Origem, institucionalização e desenvolvimento das atividades espaciais brasileiras (1940-1980)**. 2005. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

FAB Desiste do S50 e da AVIBRAS e transfere produção para Mac Jee. **Defesanet**, 2024. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/space/fab-desiste-do-s50-e-da-avibras-e-transfere-producao-para-mac-jee/>. Acesso em: 06 set. 2024.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS (FINEP). **Seleção Pública MCTI/AEB/FINEP/FNDCT**. São José dos Campos, 2022. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2022/29\\_12\\_2022\\_VL\\_Edital\\_Rerratificado.odt](http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2022/29_12_2022_VL_Edital_Rerratificado.odt). Acesso em: 04 jun. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **Centro de Lançamento da Barreira do Inferno completa 48 anos de história**. FAB, 2013. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/16691/>. Acesso em: 16 fev. 2024

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **O que é o PESE**. FAB, 2018a. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/ccise/index.php/o-que-e-o-pese>. Acesso em: 03 fev 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **Nanossatélite ITASAT é lançado da Base de Vandenberg, na Califórnia (EUA)**. Ministério da Defesa, 2018b. Disponível em: [https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/33253/ESPA%C3%87O%20-%20Nanossat%C3%A9lite%20ITASAT%20%C3%A9%20lan%C3%A7ado%20da%20Base%20de%20Vandenberg,%20na%20Calif%C3%B3rnia%20\(EUA\)](https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/33253/ESPA%C3%87O%20-%20Nanossat%C3%A9lite%20ITASAT%20%C3%A9%20lan%C3%A7ado%20da%20Base%20de%20Vandenberg,%20na%20Calif%C3%B3rnia%20(EUA)). Acesso em: 16 fev. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **Primeiro ensaio de Tiro em Banco do Motor-Foguete S50 é realizado pelo DCTA e IAE**. FAB, 2021a. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37972/TECNOLOGIA%20-%20Primeiro%20ensaio%20de%20Tiro%20em%20Banco%20do%20Motor-Foguete%20S50%20%C3%A9%20realizado%20pelo%20DCTA%20e%20IAE> Acesso em: 16 jul. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **FAB divulga empresas selecionadas para operação no Centro Espacial de Alcântara**. FAB, 2021b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37237/ESPACIAL%20-%20FAB%20divulga%20empresas%20selecionadas%20para%20opera%C3%A7%C3%A3o%20no%20Centro%20Espacial%20de%20Alc%C3%A2ntara>. Acesso em: 16 fev. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **Primeiro ensaio de Tiro em Banco do Motor-Foguete S50 é realizado pelo DCTA e IAE**. FAB, 2021c. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37972/TECNOLOGIA%20-%20Primeiro%20ensaio%20de%20Tiro%20em%20Banco%20do%20MotorFoguete%20S50%20%C3%A9%20realizado%20pelo%20DCTA%20e%20IAE>. Acesso em: 02 fev. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **FAB e empresa sul-coreana Innospace assinam contrato**. FAB, 2022a. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39807/INSTITUCIONAL%20-%20FAB%20e%20em%20presa%20sul-coreana%20Innospace%20assinam%20contrato>. Acesso em: 16 fev. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **FAB lança primeiros satélites do Projeto Lessonia – 1**. FAB, 2022b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39179/>. Acesso em: 09 fev. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **AEROVISÃO**, ano 45, abr./mai./jun. 2018. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/publicacao/listagemAerovisao>. Acesso em: 09 fev. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **AEROVISÃO**, ano 47. FAB - **Edição Especial 2020**. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/publicacao/listagemAerovisao>. Acesso em: 09 fev. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **AEROVISÃO**, ano 48. FAB - **Edição Especial 2021**. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/publicacao/listagemAerovisao>. Acesso em: 09 fev. 2024.

FORTESCUE, P.; SWINERD, G.; STARK, J. (eds.) **Spacecraft systems engineering**. John Wiley & Sons, 2011.

GANGER, S. Guiana francesa, um território europeu e caribenho em via de “sul-americanização”? **CONFINS**, 2008. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/5003>. Acesso em: 16 fev. 2024.

GARCIA, A. N. **Uma Radiografia do Desenvolvimento de Veículos Lançadores de Satélites no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)** / Coronel Engenheiro Abílio Neves Garcia - Rio de Janeiro: ESG, 2019.

GONÇALVES, M. R. Motor-Foguete S50 é testado com sucesso. **Tecnologia & Defesa**, 2021. Disponível em: <https://tecnodefesa.com.br/motor-foguete-s50-e-testado-com-sucesso/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

GOUVEIA, A. **Esboço histórico da pesquisa espacial no Brasil**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos: 2003.

GREVE na Guiana Francesa adia lançamento de nave russa Soyuz por 1,5 mês. **SPUTNIKNEWS**, 2017. Disponível em: <https://sputniknewsbr.com.br/20170427/foguete-guiana-francesa-lancamento-8257680.html> Acesso em: 16 fev. 2024.

GREVE na Avibras completa 700 dias, nesta sexta (9). **Diário de Jacareí**, 2024. Disponível em: <https://diariodejacarei.com.br/cidade/greve-na-avibras-completa-700-dias-nesta-sexta-feira-9>. Acesso em: 06 set. 2024.

HALL, R. C. Origins and Development of The Vanguard and Explorer Satellite Programs: Winning Essay of The Robert H. Goddard Historical Essay Competition for 1963 Sponsored by the National Space Club, Washington, D.C. **The Air Power Historian** 11, no. 4, p. 101–12, 1964. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/i40189562>. Acesso em: 16 fev. 2024.

HARADA, M. A. **Análise do impacto da certificação no processo de transferência de tecnologia: estudo de caso da certificação no veículo suborbital VSB-30 para o Programa Espacial Brasileiro**. 2019. 46f. Trabalho de Conclusão (Curso de Especialização). ENAP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3893/1/Marcio%20Akira%20Harada%20%28%20vers%c3%a3o%20final%29.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2024.

HERMIDA, J. Risk Management in Arianespace Space Launch Agreements. **Annals of Air and Space Law**, Vol. XXV, 2000.

HOWELL, E.; DOBRIJEVIC, D. **Space shuttle Columbia ushered in a new era of spaceflight**. SPACE, 2021. Disponível em: <https://www.space.com/18008-space-shuttle-columbia.html>. Acesso em: 16 fev. 2024.

INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO (IAE). **VLS-Alfa**. São José dos Campos, 2015a. Disponível em: <http://www.iae.cta.br/index.php/espaco/vls-alpha>. Acesso em: 09 jan. 2024.

INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO (IAE). **VLS-Beta**. São José dos Campos: FAB, 2015b. Disponível em: <http://www.iae.cta.br/index.php/espaco/vls-beta>. Acesso em: 09 jan. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **30 anos do Satélite SCD**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/30-anos-do-satelite-scd-1>. Acesso em: 17 jun. 2024.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Industry Statistics: December 2018**. 2018. Disponível em: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance---december-2018---tables/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Amazonia-1, primeiro satélite 100% brasileiro, é lançado na Índia**. IPEA, 2021. Disponível em: <http://desafios2.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/noticias/noticias/239-amazonia-1-primeiro-satelite-100->. Acesso em: 16 fev. 2024

ISRO. **ADITYA-L1**. 2023. Disponível em: [https://www.isro.gov.in/Aditya\\_L1.html](https://www.isro.gov.in/Aditya_L1.html). Acesso em: 24 nov. 2024.

JOBIM, N. **A Defesa e o Programa Espacial Brasileiro**. In: Rollemberg, R. (relator) **A política Espacial Brasileira**. Centro de Documentação e Informação. Parte I, p. 91/107. Brasília: Edições Câmara, 2010. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudios/arquivos/politica-espacial/a-politica-espacial-brasileira-parte-i/view>. Acesso em: 12 mai. 2024.

JFK Moon Speech. **JFKHomecoming**, 1962. 1 vídeo (3 minutos e 42 segundos). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=th5A6ZQ28pE>. Acesso em: 16 fev. 2024.

KONRAD, K. D. Projeto estratégico Cyclone 4: Brasil e Ucrânia vão ao Espaço. **Tecnologia & Defesa**, n. 132. Embaixada da Ucrânia no Brasil, 2013. Disponível em: <https://brazil.mfa.gov.ua/pt/news/1417-strategichnij-projekt-ciklon-4-brazilija-ta-ukrajina-pidnimajutysya-u-kosmos>. Acesso em: 01 mai. 2024.

KOOY, D. J. M. J; UYTENBOGAART, J. W. H. **Ballistics of the Future: with special reference to the dynamical and physical theory of the rocket weapons**. Haarlem-Holland: The Technical Publishing Company H. Stam. First Edition, 1946.

LEY, W. **Our Work in Space**. Macmillan Co, 1964

LONGO, W. P. e. Tecnologia militar: conceituação, importância e cerceamento. **Tensões Mundiais**, v. 3, n. 5, p. 111–143, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33956/tensoesmundiais.v3i5%20jul/dez.722>. Acesso em: 6 jun. 2024.

MARQUES, E. Responsabilidade civil internacional no direito espacial: análise da proposta de lei geral do espaço brasileiro à luz do outer space treaty e da outer space liability convention. **Publicações Da Escola Superior Da AGU**, v. 15, n. 01. Brasília, 2023. Disponível em: <https://revistaagu.agu.gov.br/index.php/EAGU/article/view/3341>. Acesso em: 10 mai. 2024.

MATOS, P. de O. Sistemas espaciais voltados para defesa. In: IPEA/ABDI (orgs.). **Mapeamento da Base Industrial de Defesa**. Brasília: IPEA, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9653>. Acesso em: 07 jun. 2024.

MATOS, P. de O. Space Industry in Argentina, Brazil, and India: How Are Emerging Countries Joining New Space? 2023. **New Space**. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/space.2023.0045>. Acesso em: 24 Novembro. 2024.

MESSIER, D. **Will a new space power rise along the Atlantic?** The space review, 2011. Disponível em: <https://www.thespacereview.com/article/1904/1.%20Acessado%20em%2029.09.2012>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MINISTÉRIO DE ESTADO E DEFESA. Ofício n. 17977/GM-MD. **Requerimento de informação 630/2019**. Brasília – DF, 5 jul. 2019. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1777020](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1777020). Acesso em: 09 jan. 2024.

MINISTÉRIO da Defesa compra satélite por R\$ 175 milhões em contrato sigiloso. **Poder 360**, 2020. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/brasil/ministerio-da-defesa-compra-satelite-por-r-175-milhoes-em-contrato-sigiloso/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MISSILE TECHNOLOGY CONTROL REGIME (MTCR). **MTCR Partners**, 2024. Disponível em: <https://www.mtcr.info/partners>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MITTELBAU-Dora. **Holocaust Centre**, 2016. Disponível em: <https://www.holocaust.org.uk/mittelbau-dora>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MONTSERRAT FILHO, J.; LEISTER, V. Brazil-Ukraine Partnership for the Use of the Alcântara Launch Center. **Forty-Fifth Colloquium on the Law of Outer Space**. Texas: Houston, 2002. Disponível em: <https://sbda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/1727.htm>. Acesso em: 03 jun. 2024.

MONTSERRAT FILHO, J. **O Conceito de Estado Lançador**. **Revista de Direito Aeroespacial**, 1999. Disponível em: <https://sbda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/1704.htm>. Acesso em: 16 fev. 2024

MORGAN STANLEY. **Space: Investing in the final frontier**, 2020 Disponível em: <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MOURA, G. **O alinhamento sem recompensa: a política externa do governo Dutra**. Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. Rio de Janeiro: CPDOC/ FGV, 1990. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/6613>. Acesso em: 07 mai. 2024.

MP extingue empresa espacial criada com Ucrânia para explorar base de Alcântara. **Agência Câmara de Notícias**, 2018. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/548506-mp-extingue-empresa-espacial-criada-com-ucrania-para-explorar-base-de-alcantara/>. Acesso em: 05 jan. 2024.

NANOSATELLITE and Microsatellite Market. **Markets and Markets**, 2023. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/nanosatellite-and-microsatellite-market-130496085.html> Acesso em: 16 fev. 2024.

NARDIN, C. M. de. Estágio atual do programa espacial brasileiro (Palestra). 4º Fórum Space BR Show. São Paulo, 21 mai. 2024.

NADDEO-SOURIAU, I. **Ariane**, le pari européen. Hermé, 1986.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NASA Technical Memorandum 85658**. NASA TR-85658, 1983 - Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/42851102.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Technology Readiness Level**. NASA, 2018. Disponível em: [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology\\_readiness\\_level/](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level/). Acesso em: 03 ago. 2023.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). 2012 - **Brief History of Rockets**. NASA, 2012. Disponível em: [https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/TRC/Rockets/history\\_of\\_rockets.html](https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/TRC/Rockets/history_of_rockets.html). Acesso em: 16 fev. 2024

NASCIMENTO, G. R. **Fernando de Noronha e os Ventos da Guerra Fria**: a relação entre Brasil e Estados Unidos nos anos de JK. Recife: O Autor, 2009.

NEUFELD, M. J. **The Rocket and the Reich**. New York: Free Press, 1995.

NYE, Joseph. **The Future of Power**. Washington, DC: PublicAffairs. 320p. ISBN-10: 9781586488918

O 5G não é uma evolução, é uma revolução. **ABRASAT**, 2019. Disponível em: <https://abrasat.org.br/2019/06/17/o-5g-nao-e-uma-evolucao-e-uma-revolucao/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects**. ONU, 1971. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introliability-convention.html>. Acesso em: 12 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agreement on the Rescue of Astronauts, the Return of Astronauts and the Return of Objects Launched into Outer Space**. ONU, 1967. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introrescueagreement.html>. Acesso em: 11 jun. 2024.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy**. OECD, 2019. Disponível em: <https://www.oecd.org/innovation/the-space-economy-in-figures-c5996201-en.htm>. Acesso em: 16 fev. 2024.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Space Sustainability: The economics of space debris in perspective**. OECD, 2020. Disponível em: <https://www.oecd.org/environment/space-sustainability-a339de43-en.htm>. Acesso em: 16 fev. 2024.

OLIVIER, H. **Du V2 à Véronique: La Naissance Des Fusées Françaises**. Marines éditions, 2004.

OLIVEIRA, F. de. **Caminhos para o Espaço: 30 anos de INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. São Paulo: Editora Contexto, 1991.

OLIVEIRA, M. **UFSC no espaço: lançado primeiro satélite da Universidade, o FloripaSat-1**. AGECOM/UFSC, 2019. Disponível em: <https://noticias.ufsc.br/2019/12/ufsc-no-espaco-lancado-primeiro-satelite-da-universidade-o-floripasat-1/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

OTERO, A. L. C.; ARAÚJO, C. A. G. Veículo de Lançamento Cyclone-4: impactos no Programa Espacial Brasileiro. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 30, n. 60, p. 102-121. Rio de Janeiro, jan./jun. 2015. Disponível em: <https://revista.esg.br/index.php/revistadaesg/article/view/169/144>. Acesso em: 13 jun. 24.

PADILHA, L. **Brasil e EUA fecham acordo sobre base de Alcântara**. Defesa Aérea Naval, 2019. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/ciencia-e-tecnologia/brasil-e-eua-fecham-acordo-sobre-base-de-alcantara>. Acesso em: 16 fev. 2024.

PADILHA, L. LAAD 2023 – Finlandesa ICEYE assina MoU com a ORBITAL Engenharia. Defesa Aérea & Naval, 2023. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/ciencia-e-tecnologia/laad-2023-finlandesa-iceye-assina-mou-com-a-orbital-engenharia>. Acesso em: 22 jun. 2024.

PARSONSON, A. **SpaceX rules the ultimate roost in Q1**. Payload, 2022. Disponível em: <https://payloadspace.com/spacex-rules-the-ultimate-roost-in-q1/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

PALMERIO, A. F.; SILVA, J. P. C. P. da; TURNER, P.; JUNG, W. The Development of the VSB-30 Sounding Rocket Vehicle. **16th ESA Symposium on European Rocket and Ballon Programmes and Related Research**. Suíça: St. Gallen, 2003.

PALMERIO, A. F. **Introdução à Tecnologia de Foguetes**. São José dos Campos/SP: SindCT, 2017.

POST, S. Space Shuttle Case Studies: Challenger and Columbia. **American Society for Engineering Education**. Indianápolis, 2014. Disponível em: <https://commons.erau.edu/publication/1789/>. Acesso em: 10 jun. 24.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUAIS os rumos do programa espacial brasileiro? **Câmara dos Deputados**, 2016. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/tv/479473-quais-os-rumos-do-programa-espacial-brasileiro/>. Acesso em: 05 jan. 2024.

REZENDE, R. N. Liquid Rocket Engine Thrust Chamber Parametric Modeling. In: REZENDE, R. N. (org.) **Liquid Rocket Engine: Thrust Chamber Parametric Modeling**. SAE, 2018.

RIBEIRO, R. C. **Aliança tecnológica com a China na área espacial: os 30 anos do Programa CBERS (1988-2018)**. 2019. 294f. Tese (Doutorado em Relações Internacionais) - Universidade de Brasília. Brasília, 2019.

ROLLEMBERG, R. (relator); VELOSO, Elizabeth Machado (coord.). A Política Espacial Brasileira. **Série Cadernos de Altos Estudos**, n. 7. p. 147-160. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010.

QUINTER SPACE PAGE. **VSB-30**, 2024. Disponível em: [https://space.skyrocket.de/doc\\_lau/vsb30.htm/](https://space.skyrocket.de/doc_lau/vsb30.htm/). Acesso em: 03 ago. 2024.

SAKAY, D. Pequenos satélites educacionais. Workshop. **Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE)** - Agência Espacial Brasileira (AEB), 2021.

SÃO PAULO. **Projeto de Lei 2957/2024**. Declara a desapropriação por utilidade pública da empresa Avibras Indústria Aeroespacial S/A, nos termos que especifica. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2450048> Acesso em: 06 set. 2024.

SATÉLITES da SpaceX têm congestionado o espaço; entenda o perigo. **TECMUNDO**, 2021. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/ciencia/223509-satelites-spacex-tem-congestionado-espaco-entenda-o-perigo.htm> Acesso em: 16 fev. 2024.

SILVA, S. E. C. D. **Acordo Aeroespacial Teuto-Brasileiro (1969-1989; 1990-2001 e 2002-2011): uma cooperação complementar**. 2012. 189f. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2012. Disponível em: <http://www.bdt.uerj.br/handle/1/15593>. Acesso em: 9 mai. 2024.

SCIENCE DIRECT. **Launch Vehicle**, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/launch-vehicle> Acesso em: 16 fev. 2024

SLONGO, A. G.; MORAES, D. D.; PORTELLA, K. M.; MANTOVANI, L. Q.; VENTURINI, M. S.; SILVA, A. L. da. Estudo Preliminar de Lançamento e Órbita do Cubesat Nanosatc-Br3 Utilizando O Veículo Lançador Vsb-30 Modificado. **II Congresso Aeroespacial Brasileiro**, 2019. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/2cab2019/224959-estudo-preliminar-de-lancamento-e-orbita-do-cubesat-nanosatc-br3-utilizando-o-veiculo-lancador-usb-30-modificado>. Acesso em: 2 jun. 2024.

SKALTFIST, P.; MIKELSTEN, D.; TEIGENS, V. **A conquista do espaço**. Cambridge Stanford Books (eBook), 2019.

SPACE LEGAL ISSUES. **The difference between space policy and space law**, 2019. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20220211093516/https://www.spacelegalissues.com/the-difference-between-space-policy-and-space-law/> Acesso em: 19 nov. 2024.

STATISTA. **Government expenditure on space programs in 2022 and 2023, by major country**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/745717/global-governmental-spending-on-space-programs-leading-countries/> Acesso em: 24 nov. 2024.

SUCCESSFUL static firing test with DLR involvement. **Deutsches Zentrum Für Luft-und Raumfahrt (DLR)**, 2019. Disponível em: [https://www.dlr.de/en/latest/news/2021/04/20211007\\_s50-rocket-motor-for-microlaunchers](https://www.dlr.de/en/latest/news/2021/04/20211007_s50-rocket-motor-for-microlaunchers). Acesso em: 13 mai. 2024.

SUTTON, G. P. **History of liquid propellant rocket engines**. Virginia: AIAA, 2006

TESTE motor foguete L -75 (DLR). **DLR – IAE**, 2018. 1 vídeo (33 segundos). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OeRmtR2nRCg>. Acesso em: 16 fev. 2024.

TOTA, A. P. O. **Imperialismo sedutor: a americanização do Brasil na época da Segunda Guerra**. São Paulo: Cia. Das Letras, 2000.

TRATADO sobre os Princípios Reguladores dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, Inclusive a Lua e Demais Corpos Celestes. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA; REINO UNIDO; UNIÃO SOVIÉTICA, 1967.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **ACORDÃO-COMPLETO-2260320**. Brasília: TCU, 2017. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/redireciona/acordao-completo/ACORDAO-COMPLETO-2260320>. Acesso em 02 fev. 2024

TRONCHETTI, F. **Fundamentals of Space Law and Policy International Space**. University Springer, New York, EUA, 2013.

VENDITTI, B. The Cost of Space Flight Before and After SpaceX. Visual Capitalist, 2022. Disponível em: [https://www.visualcapitalist.com/the-cost-of-space-flight/#google\\_vignette](https://www.visualcapitalist.com/the-cost-of-space-flight/#google_vignette). Acesso em: 02 mai. 2024.

VELLASCO, F. M. M. **O desenvolvimento da indústria espacial brasileira: uma abordagem institucional**. 2019. 143f. Dissertação (Mestrado Profissional em Governança e Desenvolvimento) – Escola Nacional de Administração Pública. Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/jspui/bitstream/1/4336/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Fabiany%20Maria%20Made%20e%20Vellasco.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2024.

VILLELA NETO, T. **O acesso independente ao espaço**. In: BRASIL. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Os desafios do programa espacial brasileiro**. Brasília: SAE, 2011. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/606>. Acesso em: 20 mai. 2024.

VERCHÍNIN, Aleksandr. **Rússia não decola no mercado brasileiro de exploração espacial**. Disponível em: [https://br.rbth.com/bilateral/2017/02/08/russia-nao-decola-no-mercado-brasileiro-de-exploracao-espacial\\_697916](https://br.rbth.com/bilateral/2017/02/08/russia-nao-decola-no-mercado-brasileiro-de-exploracao-espacial_697916). Acesso em: 22 ago. 2024.

VILELA, P. R. **Foguete da SpaceX lança dois satélites da Força Aérea Brasileira**. Agência Brasil, 2022 - Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-05/foguete-da-spacex-lanca-dois-satelites-da-forca-aerea-brasileira>. Acesso em: 16 fev. 2024

VIRGIN, 2022 - **Cosmic Girl: a steppingstone to space**. Disponível em: <https://flywith.virginatlantic.com/gb/en/stories/cosmic-girl-a-stepping-stone-to-space.html>. Acesso em: 16 fev. 2024.

VON DER DUNK, F. G. Launching Alcantara into the Global Space Economy – The 2001 Brazilian National Space Law. **45th Colloquium on Law of Outer Space**. Houston, Texas, USA, October 14- 19, 2002.

WALKER, C. **Atlas: The Ultimate Weapon by Those Who Built It**. Collector's Guide Publishing, Inc., 2005.

ZAPAROLLI, D. (org.) **Revista Pesquisa FAPESP 2022**. FAPESP, 2022. Disponível em: [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/12/068-072\\_vlm\\_311.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/12/068-072_vlm_311.pdf). Acesso em: 07 fev. de 2024.