



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EDUARDO VICHI ANTUNES

AÇÕES SATELITAIS BRASILEIRAS: UM ESTUDO SOBRE O EMPREGO DOS  
NANOSATÉLITES NO BRASIL

CAMPINAS

2017

EDUARDO VICHI ANTUNES

AÇÕES SATELITAIS BRASILEIRAS: UM ESTUDO SOBRE O EMPREGO DOS  
NANOSSATÉLITES NO BRASIL

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO DE  
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE  
EM POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

ORIENTADOR: PROF. DR. RAFAEL DE BRITO DIAS

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL  
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO  
EDUARDO VICHI ANTUNES E ORIENTADA PELO  
PROF. DR. RAFAEL DE BRITO DIAS

CAMPINAS

2017

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** CNPq

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Geociências  
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

Ar89a Antunes, Eduardo Vichi, 1990-  
Ações satelitais brasileiras : um estudo sobre o emprego dos nanossatélites no Brasil / Eduardo Vichi Antunes. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Rafael de Brito Dias.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Satélites. 2. Espaço exterior. 3. Equipamento eletrônico em miniatura. 4. Geopolítica. 5. Tecnologia industrial. I. Dias, Rafael de Brito, 1982-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Brazilian satellite actions : a study on the employment of nanosatellites in Brazil

**Palavras-chave em inglês:**

Satellite

Outer space

Miniaturized electronic equipment

Geopolitics

Industrial technology

**Área de concentração:** Política Científica e Tecnológica

**Titulação:** Mestre em Política Científica e Tecnológica

**Banca examinadora:**

Rafael de Brito Dias [Orientador]

André Tosi Furtado

Luís Alexandre Fuccille

**Data de defesa:** 20-02-2017

**Programa de Pós-Graduação:** Política Científica e Tecnológica



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM  
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**AUTOR:** Eduardo Vichi Antunes

Ações satelitais brasileiras: um estudo sobre o emprego dos nanossatélites no Brasil

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Rafael de Brito Dias

Aprovada em: 20 / 02 / 2017

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Rafael de Brito Dias      Presidente

Prof. Dr. André Tosi Furtado

Prof. Dr. Luís Alexandre Fuccille

***A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora,  
consta no processo de vida acadêmica do aluno.***

Campinas, 20 de fevereiro de 2017

## DEDICATÓRIA

*Para minha mãe, companheira fiel de todas as horas*

## AGRADECIMENTOS

Não é fácil agradecer a todos os que ao longo dos últimos dois anos permitiram, de uma forma ou de outra, que este trabalho tomasse forma, primeiro em minha mente e depois no papel.

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela oportunidade de estar vivo e consciente. Sem os dons que Ele nos empresta certamente não teria cumprido esta etapa de minha vida.

À minha mãe pelo seu amor incondicional e pela paciência comigo nos momentos mais difíceis. Foi a convivência com ela por meio de sua mão e voz amigas que impediram que o mestrado em si e, em particular, a escrita da dissertação, fizessem de minha vida uma espécie de *remake* de O Iluminado.

À minha família pelo apoio e pelo amor demonstrado, cruciais para mim.

Ao meu orientador, professor Rafael Dias, pela amizade, pelos conselhos imprescindíveis e pela prontidão em me ajudar sempre que necessário. Sinto, e espero, que terminamos como amigos a jornada que começamos como mestre e aluno.

Aos membros da banca, que tantos conselhos importantes me forneceram, professores André Furtado e Alexandre Fuccille, a minha eterna gratidão, admiração e respeito.

Aos demais professores do IG-DPCT que, durante esses dois anos me acompanharam e me guiaram pelos melhores caminhos deixo expressa aqui minha total gratidão. Algumas das discussões mais interessantes que tive a chance de testemunhar e a honra de participar certamente se deram nesta instituição.

Aos amigos que fiz agradeço pelo companheirismo e pelos momentos especiais que vivenciamos, desejo-lhes sorte e espero poder reencontrá-los.

A todos os funcionários do IG que trabalham para facilitar nossas vidas e tornar tudo isso possível, o meu muito obrigado.

## EPÍGRAFE

What do you mean you've never been to Alpha Centauri? For heaven's sake mankind, it's only four light years away you know. I'm sorry, but if you can't be bothered to take an interest in local affairs that's your own lookout.

Prostetnic Vogon Jeltz of the Galactic Hyperspace Planning Council

**Douglas Adams**, *The Hitch-hikers Guide to the Galaxy*

A originalidade não é mais do que uma imitação criteriosa.

**Voltaire**

## RESUMO

### Ações satelitais brasileiras: um estudo sobre o emprego dos nanossatélites no Brasil

A conquista do espaço sideral esteve ligada pelas últimas décadas ao emprego de máquinas custosas e pesadas. Apesar do fato desta área não ter donos, todavia, o número de atores capazes de efetivamente se lançarem a uma empreitada dessa natureza era de apenas alguns poucos. A crescente dependência da humanidade em relação à tecnologia espacial fez com que cada vez mais se buscassem alternativas que permitissem facilitar a exploração do espaço em um contexto de congestionamento das órbitas mais baixas e orçamentos em declínio no pós Guerra Fria. Desta forma, projetos de satélites menores, até então negligenciados, voltaram a chamar a atenção de países e agências espaciais ao redor do globo. Com o advento do modelo cúbico de produção satelital tinha-se um catalisador perfeito para potencializar o uso desses artefatos em missões até então reservadas para seus irmãos de maiores proporções. O reaparecimento de pequenos satélites em novas bases técnicas trouxe questões interessantes à tona, pois permitiu que países marginalizados da arena espacial, ou com dificuldades para nela se afirmarem, pudessem desenvolver e lançar os seus próprios experimentos, provendo-lhes maior autonomia tecnológica. O Brasil se insere nesse quadro. Podem os *cubesats* ajudar países que, a exemplo do nosso, possuem programas espaciais sitiados por dificuldades financeiras e organizacionais? Quais as mudanças estruturais que esses objetos são capazes de suscitar no seio da indústria espacial que podem a ser benéficas para nações em desenvolvimento? Como se inserem no quadro maior de um programa espacial ambicioso que almeja um dia competir com aqueles já estabelecidos? Existe alguma política no que tange ao Brasil que visa tornar perene a sua construção? Estas são questões às quais este trabalho irá se dedicar no intuito de compreender se o que temos em mãos é uma tecnologia niveladora ou se os pequenos satélites, apesar do efeito positivo testemunhado, constituem apenas mais um elemento dentro de uma intrincada trama de atores e tecnologias que necessitam de manejo adequado para surtirem efeito.

Palavras-chave: pequenos satélites, modelo cúbico, programa espacial, autonomia tecnológica, indústria espacial



## ABSTRACT

### Brazilian satellite actions: a study on the employment of nanosatellites in Brazil

The conquest of outer space has been connected through the last decades to the employment of costly and heavy machinery. Despite the fact that this area belongs to no one, however, the number of players who could actually launch themselves in such endeavor was of only a few. The increasing dependency of mankind towards space technology spawned the search for alternatives that would facilitate space exploration in a context of congested lower orbits and decreasing post-Cold War budgets. As a result, projects of smaller satellites, until then neglected, came again to caught the attention of countries and space agencies around the globe. With the advent of the cubic model of satellite production there was a perfect catalyst to potentiate the use of these artifacts in missions so far restricted to their bigger brothers. The reappearing of small satellites under new technical standards brought interesting questions to surface since it allowed countries marginalized from the space arena, or under great difficulties to settle themselves on it, to develop and launch their own experiments, providing them greater technological autonomy. Brazil is inserted in this picture. Can *cubesats* help out countries that, much like our own, have space programs under siege from financial and organizational difficulties? Which structural changes can these objects evoke in the bosom of the space industry that might be beneficial to developing nations? How they insert themselves in the bigger picture of an ambitious space program that craves one day to compete with those already established? Is there any policy regarding Brazil that intends to make their construction something uninterrupted? Those are the questions to which this work will be dedicated to find an answer in order to comprehend if what we have in our hands is a leveling technology or if small satellites, despite the witnessed positive effect, constitute just another element in an intricate web of players and technologies that need the adequate management to produce the desired outcome.

Keywords: small satellites, cubic model, space program, technological autonomy, space industry

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Foto da Vela Solar do <i>LightSail</i> .....	41
Figura 1.2 – Bandas de Frequências Satelitais .....	42
Figura 1.3 – Cargas úteis do NanosatC-Br1 .....	46
Figura 1.4 – Visão lateral do NanosatC-Br1 .....	48
Figura 1.5 – Componentes do NanosatC-Br1.....	49
Figura 1.6 – Modelos de <i>Cubesats</i> .....	54
Figura 1.7 – Teste de integração de um mecanismo P-POD feito pela ESA .....	61
Figura 2.1 - SINDAE.....	73
Figura 2.2 – Veículo Lançador de Satélites (VLS-1) .....	80
Figura 2.3 – Componentes da EEI por país .....	87
Figura 2.4 – ITASAT-1 em fase de testes finais no ITA.....	105
Figura 2.5 – Modelo de um QuadPack .....	105
Figura 2.6 – SHEFEX II (no topo) acoplado ao VS-40 .....	116
Figura 2.7 – VLM-1 idealizado .....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Classificação Satelital por Massa .....	23
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – <i>Cubesats</i> ao redor do globo .....	67
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 – Lançamento de microssatélites no mundo entre 1955 e 2005 .....	31
Gráfico 1.2 – Lançamento de nanosatélites no mundo entre 1955 e 2005 .....	32
Gráfico 2.1 – Nível dos Investimentos no PEB entre 1980 e 2008 .....	87
Gráfico 2.2 – Série Histórica de Investimentos no PEB.....	92
Gráfico 2.3 – Investimentos no Setor Aeroespacial em 2013 por país.....	93
Gráfico 2.4 – Orçamento para Pequenos Satélites Nacionais .....	112

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACS – *Alcantara Cyclone Space*  
AEB – Agência Espacial Brasileira  
AMAS – Anomalia Magnética do Atlântico Sul  
AMSAT – *Radio Amateur Satellite Corporation*  
BFT – *Blue-Force Tracking*  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
BRITE – *Bright Target Explorer*  
CalPoly- *California Polytechnic State University*  
CAST – *Chinese Academy of Space Technology*  
CBERS – *China-Brazil Earth Resources Satellite*  
CCS – Centro de Controle de Satélites  
CENARGEN – Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia  
CenPRA – Centro de Pesquisas Renato Archer  
CITAR – Circuitos Integrados Tolerantes à Radiação  
CLA – Centro de Lançamento de Alcântara  
CLBI – Centro de Lançamento da Barreira do Inferno  
CNAE – Comissão Nacional de Atividades Espaciais  
CNES – *Centre National d'Études Spatiales*  
CNPq (até 1974) – Conselho Nacional de Pesquisas  
CNPq (pós 1974) – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
COBAE – Comissão Brasileira de Atividades Espaciais  
CONASAT – Constelação de Nanossatélites Ambientais  
COPS – *Complex Products and Services*  
COPUOS – *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*  
COTS – *Commercial off the Shelf Components*  
CRC – Centro de Rastreo e Controle de Satélites  
CRN – Centro Regional do Nordeste  
CSN – Conselho de Segurança Nacional  
CTA – Centro Técnico da Aeronáutica  
DARPA – *Defense Advanced Research Projects Agency*  
DCTA – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial

DoD – *Department of Defense*

DSAD – Diretoria de Satélites, Aplicações e Desenvolvimento

EI – Estação Espacial Internacional

EMBRAER – Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMFA – Estado Maior das Forças Armadas

ESA – *European Space Agency*

FATEC – Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência

FEI – Centro Universitário da Faculdade de Engenharia Industrial

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FIPEX – *Flux Probe Experiment*

FPGA – *Field Programmable Gate Array*

GEO – *Geostationary Orbit*

GETEPE – Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos de Projetos Espaciais

GLONASS – *Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (idem GNSS)

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

GOCNAE – Grupo de Organização da Comissão de Atividades Espaciais

GPS – *Global Positioning System*

HEO – *High Elliptical Orbit*

IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço

IARU – *International Amateur Radio Union*

IBM – *International Business Machines*

ICBM – *Intercontinental Ballistic Missile*

IFF – Instituto Federal Fluminense

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPD – Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento

IRNSS – *Indian Regional Navigation Satellite System*

ISIS – *Innovative Solutions In Space*

ISR – *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*

ISRO – *Indian Space Research Organization*

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

ITAR – *International Traffic in Arms Regulation*

ITU – *International Telecommunication Union*  
JAXA – *Japan Aerospace Exploration Agency*  
J-SSOD – *Japanese Experiment Module Small Satellite Orbital Deployer*  
LEO – *Low Earth Orbit*  
LIT – Laboratório de Integração e Testes  
LNA – Laboratório Nacional de Astrofísica  
LOA – Lei Orçamentária Anual  
LSITEC – Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico  
MAer – Ministério da Aeronáutica  
MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações  
MD – Ministério da Defesa  
MECB – Missão Espacial Completa Brasileira  
MEO – *Medium Earth Orbit*  
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*  
MTCR – *Missile Technology Control Regime*  
NACA – *National Advisory Committee for Aeronautics*  
NASA – *National Aeronautics and Space Administration*  
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico  
ONU – Organização das Nações Unidas  
OPAL – *Orbiting Picosatellite Automated Launcher*  
ORS – *Operationally Responsive Space*  
PCT – Política Científica e Tecnológica  
PEB – Programa Espacial Brasileiro  
PEC – Proposta de Emenda Constitucional  
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento  
PIB – Produto Interno Bruto  
PNAE – Programas Nacionais de Atividades Espaciais  
PND – Plano Nacional de Desenvolvimento  
PND AE – Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais  
P-POD – *Poly Picosat Orbiting Deployer*  
PR – Presidência da República  
SACI (1968) – Satélite Avançado de Comunicações Interdisciplinares  
SACI (1994) – Satélite de Aplicações Científicas



SARA – Satélite de Reentrada Atmosférica

SECM – *Shanghai Engineering Center for Microsatellites*

SERPENS – Sistema Espacial para Realização de Pesquisa e Experimentos com Nanossatélites

SCD – Satélite de Coleta de Dados

SHEFEX – *Sharp Edge Flight Experiment*

SHF – *Super High Frequency*

SIA – *Satellite Industry Association*

SINDAE – Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais

SMDH – Santa Maria Design House

SNAP-1 – *Surrey Nanosatellite Applications Program*

SR – Sensoriamento Remoto

SSSA – *Surveillance and Situational Awareness*

SSTL – *Surrey Satellite Technology Ltd.*

TMI – Torre Móvel de Ignição

UE – União Europeia

UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

UFABC – Universidade Federal do ABC

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

UHF – *Ultra High Frequency*

UnB – Universidade de Brasília

UNOOSA – *United Nations Office for Outer Space Affairs*

Unopar – Universidade Norte do Paraná

VHF – *Very High Frequency*

VKI – *Von Karman Institute for Fluid Dynamics*

VLM – Veículo Lançador de Microsatélites

VLS – Veículo Lançador de Satélites

## Sumário

Introdução .....	19
Capítulo I – A Emergência dos Pequenos Satélites.....	22
1.1 – Breve Definição dos Pequenos Satélites.....	22
1.2 – Cronologia da Exploração Espacial .....	24
1.3 – A “Descoberta” dos Pequenos Satélites.....	33
1.4 – O caso do NanosatC-Br1: aspectos técnicos e parcerias .....	44
1.5 – O advento do modelo <i>cubesat</i> .....	53
1.6 – A presença dos pequenos satélites globalmente .....	63
Capítulo II – Os <i>Cubesats</i> no Programa Espacial Brasileiro.....	67
2.1 – As primeiras cinco décadas: 1941-1994 .....	68
2.2 – Os resultados observados da MECB.....	73
2.3 – Os <i>cubesats</i> dentro do Programa Espacial Brasileiro e o VLM-1 .....	96
Capítulo III – Desafios e Oportunidades envolvendo <i>Cubesats</i> .....	120
3.1 – Os <i>cubesats</i> e a mudança estrutural competitiva na indústria de satélites.....	120
3.2 – Considerações de natureza diversa acerca dos <i>cubesats</i> .....	135
Considerações Finais .....	152

## Introdução

A humanidade sempre olhou para as estrelas com encantamento, e o sonho de desvendar os mistérios que envolvem o Universo motivou distintas gerações ao longo de milênios a buscarem respostas para aquilo que, com fascinação, entendiam, e ainda entendem, ser a fronteira última das possibilidades humanas.

A evolução da tecnologia à disposição do homem permitiu que este rompesse a barreira terrestre e desse seus primeiros passos em direção ao estudo e à conquista do espaço sideral. Em termos cronológicos estes são feitos recentes, uma vez que as bases da ciência de foguetes, ainda que existente em formato rudimentar desde os tempos da China Antiga, desenvolveu-se decisivamente a partir das primeiras décadas do século XX.

Os contextos políticos, econômicos e sociais mais diversos testemunhados no decorrer do último século e do atual, a despeito de suas diferenças, aparentam estar ligados pelo firme entendimento de que o acesso a tais tecnologias era e é um sintoma do poderio das nações mais desenvolvidas da Terra e que apenas artefatos oriundos de uma *Big Science*, uma ciência, como bem nos explica Derek de Solla Price<sup>1</sup>, inerentemente custosa, envolta em segredos e ligada ao Estado, seriam capazes de desbravar o desconhecido de forma a cumprir com as agendas de alguns atores em terra.

Ainda que o espaço tenha sido poupado dos conflitos que tanto permeiam os assuntos geopolíticos mais terrenos, e mesmo tendo sido, na maioria das vezes, inclusive por estadistas, alvo de discursos ideologizados sobre o seu potencial de unir os povos do planeta, de fato o seu acesso era uma consequência do domínio tecnológico em solo, o que virtualmente excluía grande parte dos países e povos do globo.

Pouco se avançou na solução deste dilema nas décadas mais recentes, uma vez que a capacidade espacial continua firmemente ligada ao poder e ao prestígio de alguns Estados. Todavia, se existem iniciativas dignas de serem mencionadas no tocante à superação do mesmo, certamente os pequenos satélites merecem um local de destaque.

O objeto em torno do qual se articula a discussão proposta nesta dissertação são os pequenos satélites, ou, em sua face mais moderna, os *cubesats*. No Brasil, o modelo mais adotado desta plataforma cúbica nos últimos tempos foi o dos nanossatélites, razão pela qual os mesmos receberão toda a nossa atenção.

---

<sup>1</sup> Derek de Solla Price (1922-1983) foi um físico e historiador da ciência conhecido por seu livro *Little Science, Big Science and Beyond*, no qual cunhou o termo *Big Science*. Price foi também o pai da ciencimetria, área do saber dedicada à mensuração da produção científica.

Portanto, entender o que são e por que são importantes para os países que, igualmente desejosos de adentrarem na arena espacial não o conseguem por limitações financeiras e técnicas, compreende uma das etapas críticas desta dissertação. Junto a isso podemos somar também o desejo de melhor explicitar as potencialidades e os limites desta tecnologia, assim como se (re)estrutura o mercado no qual estase insere. Tudo isso com o firme propósito de desvendar se esses artefatos podem significar uma resolução dos problemas enfrentados pelo Programa Espacial Brasileiro. Essas são as três provocações principais que nos motivam a escrever sobre essa temática por vezes tão hermética.

O objetivo desta dissertação de mestrado é o de estudar os pequenos satélites cúbicos a partir dos prismas científico, tecnológico, geopolítico e econômico de modo não só a responder as questões postas no parágrafo anterior como também para entender o quadro geral do qual tais artefatos fazem parte. O que igualmente nos motiva é a realização de uma discussão onde este tópico em especial relacionar-se-á com temas do cotidiano, expondo assim uma rede de fatos que guardam relação mais íntima do que a princípio aparentam e trazendo para mais perto de nossa realidade os satélites de proporções diminutas.

A metodologia empregada consiste essencialmente em uma revisão bibliográfica da literatura disponível sobre o assunto: documentos oficiais, livros, sites e blogs especializados, entre outras fontes. Para a construção deste trabalho foram realizadas quatro entrevistas com cinco profissionais ligados diretamente à área de pequenos satélites entre abril e novembro de 2016, cujos nomes, no entanto, serão omitidos por considerações éticas.

Sobre os autores empregados temos aqueles mais familiares ao campo dos estudos sociais da ciência e da tecnologia (ESCT), como Andrew Feenberg, Ivan Illich e Langdon Winner, cujas contribuições para a discussão sobre democracia e tecnologia deveriam ser lidas por todos que guardam interesse pelo assunto, sendo ainda essenciais para a confecção deste trabalho, em especial no tocante ao último capítulo. Diretamente ligados à questão técnica temos nossa pedra angular no livro editado por Henry Helvajian e Siegfried Janson, *Small Satellites: Past, Present and Future*, sem o qual o primeiro capítulo certamente ficaria aquém do propósito estabelecido de entender as características dos *cubesats* que os diferenciam dos demais tipos de satélites. No que tange à política espacial e sua contextualização histórica, o livro *The International Politics of Space*, de Michael Sheehan, foi crucial para elucidar os bastidores da Guerra Fria ligados às primeiras grandes incursões da humanidade ao espaço sideral. O grande mérito da discussão efetuada por Sheehan reside

ainda em ilustrar esta conexão indissolúvel entre política e espaço, algo que sem sombra de dúvida também intencionávamos trazer para esta dissertação.

Muito do que se encontrou em termos de referências bibliográficas foram *websites* ou *blogs*. Poucos são os livros que se dedicam a este assunto em grande parte ainda não desbravado pelas formas tradicionais de mídia. Documentos oficiais de instituições nacionais e internacionais como a Presidência da República, AEB, OCDE, UNOOSA, e mesmo publicações de decretos e leis relacionados ao tema foram parte essencial a permitir a escrita deste texto.

A estrutura desta dissertação, além de introdução e conclusão, está dividida da seguinte forma: no capítulo I discute-se a tecnologia em si, com foco em suas origens e nas características técnicas das quais é dotada. No capítulo II almeja-se recapitular brevemente a história do Programa Espacial Brasileiro para, em seguida, estabelecer a conexão entre o mesmo e os *cubesats* nacionais, cobrindo aspectos normativos (leis, atos e planos) e institucionais (atores ligados à sua construção) envolvendo esses artefatos. Por fim, o capítulo III tem por foco elucidar as questões relacionadas aos aspectos econômicos invocados por esta tecnologia específica e também aos aspectos geopolíticos, principalmente da política brasileira que tenta desenvolver os *cubesats*, a qual, intenciona-se, será analisada criticamente.

As conclusões que podemos vislumbrar após mais de dois anos dedicados a este assunto apontam para a existência de um programa espacial que se encontra em um momento de decisão sobre o caminho que percorrerá no futuro: poderá seguir uma trilha de desenvolvimento relativamente autônomo na qual estarão incluídos os *cubesats* como peça fundamental (mas não única) do arranjo ou uma trilha de inserção subalterna e marginalização em decorrência da não superação dos entraves que se apresentam. A estratégia delineada pela Agência Espacial Brasileira, ao contrário do que se pensa, existe e começa a entrar em vigor enquanto escrevemos esse texto, contudo, será necessário esperar alguns anos para observar os resultados que trará e se logrará sucesso em operacionalizar os satélites cúbicos de modo que estes possam constituir os elos de uma cadeia de geração de valor capaz de fomentar uma indústria espacial legitimamente brasileira.

## Capítulo I – A Emergência dos Pequenos Satélites

No documento oficial da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) destinado ao estudo do setor espacial global (*The Space Economy at a Glance*) figura como ponto crucial para o entendimento do novo cenário no qual está imerso o objeto analisado, o fenômeno da “democratização<sup>2</sup>” do espaço sideral por meio de tecnologias como impressoras 3D e da miniaturização de componentes capazes de dar forma a artefatos cada vez menores, mas não menos eficientes (ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 2014, p.10). De fato, constata-se que a produção de satélites pequenos com peças de complexidade relativamente menor e às quais se tem maior acesso (*commercial off-the-shelf components*<sup>3</sup>, ou somente COTS) não só é viável, como já ocorre há pelos menos algumas décadas em países como Estados Unidos, Reino Unido, Itália, Espanha e Canadá<sup>4</sup>. Esta prática se espalhou para diversas outras nações do globo, que encontraram neste expediente uma maneira viável de driblar as suas limitações técnicas e financeiras a título de lograrem cumprir suas respectivas agendas nacionais da melhor forma possível. O objetivo deste capítulo é, portanto, entender o que são estas tecnologias e porque são importantes para o Brasil e o mundo a ponto de terem sido adotadas em diversas oportunidades tanto por atores de peso como por atores recém-entrantes da arena espacial.

### 1.1 – Breve Definição dos Pequenos Satélites

A caracterização clássica de um pequeno satélite enquanto tal está diretamente ligada à massa por ele possuída. A tabela a seguir logra estabelecer com clareza as suas classes principais:

---

<sup>2</sup> O debate acerca desta questão será realizado mais a frente neste trabalho.

<sup>3</sup> Em português, componentes de prateleira. São componentes padronizados de fábrica facilmente encontrados no mercado, fato este que permite o barateamento de custos de qualquer projeto que os empregue e a disposição de uma estrutura de apoio mais simplificada. Os orçamentos militares, por exemplo, os quais testemunharam queda acentuada no pós Guerra Fria, encontraram nos COTS uma solução para viabilizar a construção de caças e navios (só para citar duas aplicações) em um momento em que este tipo de gasto é cada vez mais contestado. O problema principal verificado com estes componentes é a sua obsolescência precoce, não passando mais do que cinco anos até a sua degradação, sendo que, por regra, os componentes militares possuem um ciclo de vida de quinze anos. Muitas das críticas têm por foco o argumento de que o custo da atualização constante pode sobrepujar o ganho no momento da aquisição. A desconfiança persiste na arena militar, todavia, tendo em mente que um pequeno satélite tem longevidade de 2 a 3 anos, nesse caso, os COTS se apresentam como a solução ideal para a construção destas máquinas. Cf. CUNHA, 2005.

<sup>4</sup> Os quais serão alvo de maiores explicações ao longo deste trabalho.

**Tabela 1.1 - Classificação Satelital por Massa**

Classe	Massa
Microssatélite	10 - 100 Kg
Nanossatélite	1 - 10 Kg
Picossatélite	0,1 - 1 Kg
Femtossatélite	0,01 - 0,1 Kg

Fonte: JANSON, S. In: HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.47

De acordo com o próprio Janson:

Pequenos satélites foram construídos pela primeira vez há mais de 50 anos, mas só foram classificados de acordo com o tamanho a partir de 1992 [...]. Esses pequenos satélites podem ser ativos ou passivos<sup>5</sup>, mas são intencionalmente concebidos e fabricados para orbitar como entidades individuais (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.47, tradução nossa).

Se a nomenclatura existe pelo menos desde o início dos anos 1990, é crucial pontuar que a capacidade de produzir satélites cada vez menores, mais eficientes e ativos somente foi possível graças à tendência de miniaturização de componentes eletrônicos que ditou a (r)evolução desta indústria a partir do último quartel do século XX (tendência esta que continua inabalável nas primeiras décadas do século XXI). Janson, novamente, corrobora essa afirmação: “Com avanços em células solares, baterias, micro e nano eletrônica, e sensores miniaturizados, os picossatélites de hoje conseguem superar a performance dos microssatélites dos anos 1960” (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.47, tradução nossa).

Com base nisso, é preciso compreender que os critérios mais recentes para classificar um satélite abrangem uma maior quantidade de referenciais, tal como explica a professora da UnB por nós entrevistada<sup>6</sup>:

<sup>5</sup> A definição de ativo ou passivo, neste caso, está intimamente ligada ao conceito de sensoriamento remoto (SR). O SR compreende uma técnica empregada para estudar objetos com os quais não se está em contato direto. Para tanto, utiliza-se a radiação eletromagnética (REM) como o veículo capaz de transferir energia por vários substratos, inclusive pelo vácuo. A REM, portanto, capta e conduz as informações das características das feições terrestres até os satélites (FIGUEIREDO, 2005, p.5). Os sensores que utilizam esta radiação podem ser ativos ou passivos: os ativos usam a REM artificial produzida pelos radares dos próprios satélites, direcionada ao alvo e depois recebida novamente. Essa categoria consegue executar suas funções independente de condições climáticas tendo, contudo, uma qualidade inferior na captura dos detalhes. Os sensores passivos utilizam exclusivamente a REM solar, natural, refletida pela Terra. Para maiores informações, cf. CEGOV, 2015, p.11; FIGUEIREDO, 2005, p.11.

<sup>6</sup> Professora Adjunta da UnB em Sistemas Aeroespaciais e Mecânica de Voo Espacial. PhD pela *Sapienza University of Rome*. Entrevista realizada em 06/06/2016 via Skype, visto que a professora se encontrava na Itália,

Tem agora uma nova distinção, um novo padrão, entre os satélites que é chamado de *Lean Satellite* [satélite enxuto]. É um tipo de padrão que se está discutindo em nível internacional. Isso significa que você não vai mais dividir o satélite pelo peso, mas sim por uma padronização: pode ser feito em um tempo muito curto, pode ser lançado muito rapidamente, tem uma capacidade de diminuir o custo porque vai diminuir o tempo de realização. Este é um padrão novo. Por enquanto é uma definição de nova geração. Normalmente o satélite vai ser dividido por peso. A gente fala de picosatélite abaixo de 1 kg, nanosatélite abaixo de 10 kg, microsatélite abaixo de 100 kg e minissatélite abaixo de 1000 kg. Os outros são satélites. Tem também os componentes que são típicos dos pequenos satélites, porque normalmente esses satélites são adotados para fazer missões de baixo custo: COTS [...]. Outra particularidade é que pequenos satélites têm uma filosofia de construção que é mais simples e mais rápida que aquela de um satélite normal. Parece que uma pessoa que sabe trabalhar num satélite grande não tem dificuldade para fazer satélites pequenos. Isso não é verdade, porque a abordagem é completamente diferente (ENTREVISTA COM APROFESSORA DA UNB, 2016).

A fim de entender mais sobre estas pequenas máquinas e como as mesmas evoluíram até chegarem à sua forma mais atual é necessário antes retroceder e estudar a cronologia da exploração do espaço, tarefa para a qual nos direcionaremos agora.

## 1.2 – Cronologia da Exploração Espacial

O espaço sideral é, tal como as porções terrestres, aéreas e marítimas foram em épocas passadas (e ainda o são na atualidade), uma área de projeção de interesses dos Estados, cada um deles preocupado em expandir o seu poder relativo às custas da deterioração da capacidade de fazer o mesmo dos Estados rivais, ou daqueles percebidos como ameaças em potencial. Ainda que muitas vezes o espaço testemunhe uma grande monta de exemplos de cooperação, todavia, isso não diminui a necessidade de perseguir o objetivo da criação de capacidades endógenas que permitam o desbravamento, manutenção e defesa de trajetórias espaciais em detrimento das contrapartes (MACHADO, 2014, p.45).

A construção de capacidades espaciais tem o seu primeiro caso concreto com o desenvolvimento dos foguetes V2 por Wernher von Braun<sup>7</sup> para a Alemanha Nazista em

---

sua terra natal, por questões de saúde. As opiniões externadas por ela durante a entrevista não necessariamente refletem a visão oficial das instituições nas quais desempenha suas funções.

<sup>7</sup> Sobre Wernher von Braun (1912-1977) conta-se que desejava produzir foguetes para o propósito da exploração espacial pacífica, mas que, no melhor exemplo de violação dos imperativos institucionais da ciência mertoniana,



setembro de 1944, portanto já nos estertores do esforço bélico quando, a despeito da genialidade e superioridade técnica da nova arma, a guerra estava perdida. Esta tecnologia, entretanto, permitiu que a humanidade inaugurasse a era espacial nos anos que se seguiram (CEGOV, 2015, pp.19 e 20).

De posse deste entendimento convém contextualizar a exploração espacial em duas fases. A primeira delas, tendo seu início em 1957 com o lançamento do primeiro satélite (Sputnik-1) pela União Soviética – prontamente seguido pela contraparte norte-americana em 1958 (Explorer 1) – e indo até o final da Guerra Fria em 1991, foi marcada essencialmente pela bipolaridade do uso deste substrato dentro do âmbito da Corrida Espacial à época recém iniciada. Neste período o protagonismo das atividades espaciais era, em termos práticos, monopólio destes dois atores. A parte soviética já possuía histórico de pesquisas conduzidas pelo Exército Vermelho na referida área desde a década de 1920, ao passo que nos Estados Unidos, em 1958, substituiu-se a NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) estabelecendo o marco definitivo para as primeiras atividades espaciais daquele país (CEGOV, 2015, p.20). O trecho a seguir logra sumariar com clareza a contribuição fulcral desta fase para o desenvolvimento tecnológico da humanidade, o qual, a partir deste ponto, não mais poderia se dissociar dos avanços na arena espacial:

Do ponto de vista estratégico, esse período garantiu a vigilância, a manutenção das comunicações e das vias de comando, revolucionando o uso da força militar espacial pelos estados mais poderosos. Também determinou a descentralização da rede de comando e controle, potencializando a digitalização e o uso de recursos nucleares, como os mísseis balísticos intercontinentais. Desde o lançamento do Sputnik-1, pela URSS, até os tratados assinados com os Estados Unidos, visando à contenção da disseminação de armas nucleares, houve o desenvolvimento de tecnologias espaciais que revolucionaram muitos aspectos da vida na Terra – desde televisão via satélite, até telefonia móvel, internet e microeletrônica. O espaço, assim, tornou-se determinante para as políticas e para a vida no mundo contemporâneo (CEGOV, 2015, p.23).

---

fora cooptado pelo regime de Adolf Hitler para tentar reverter o destino da Alemanha Nazista. Von Braun chegou a ser preso (e posteriormente solto) pelo regime nazista sob a acusação de derrotismo ao dizer, sobre seu primeiro foguete lançado com sucesso contra Londres que “funcionava bem, mas que havia pousado no planeta errado”. As acusações de que permanecera indiferente ao uso de trabalho escravo na construção dos foguetes V2 o perseguiriam pelo resto da vida. Antes mesmo do fim da guerra von Braun e sua equipe, se entregaram aos Aliados e, posteriormente, foram peças chave na criação da NASA, da qual o cientista alemão tornar-se-ia o primeiro diretor entre os anos de 1960 a 1970. Cf. “*Wernher von Braun and the V2 Rocket*”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3Br4JfMysRc>, acesso em: 20 mar. 2016.

É crucial nesta parte elucidar a trajetória tecnológica responsável por distinguir os artefatos produzidos na época em questão com os de outros momentos históricos. Os objetos criados pelas duas superpotências durante os anos da Guerra Fria testemunharam um acréscimo nas suas respectivas massas, fosse com os satélites, fosse com os veículos lançadores. Isso se deu concomitantemente ao acúmulo de experiência das instituições e dos profissionais envolvidos nestes processos produtivos, em especial no tocante ao lado norte-americano, uma vez que a engenharia soviética já estava ligada há mais tempo a projetos de lançadores e satélites de maior porte (HELVAJIAN; JANSON, 2008, pp.50 a 52).

As considerações em torno da massa dos objetos lançados ao espaço sideral, é importante que se diga, foram em grande parte afetadas por motivações de ordem política resultantes da histeria que se instalara no Ocidente após o lançamento do Sputnik-1 em outubro de 1957 pela União Soviética. A distância histórica e o estudo das condições tecnológicas da época, contudo, apontam que o fato dos artefatos produzidos para além da Cortina de Ferro serem mais pesados era antes um sinal de inadequação tecnológica do que de poderio das nações socialistas:

Durante esses anos [do pós-guerra] a União Soviética também capturou armas balísticas alemãs V-2 para pesquisa atmosférica e espacial e as lançou do centro de lançamento de Baikonur, no Cazaquistão. No entanto, a URSS não conseguiu acompanhar a liderança dos EUA no desenvolvimento de veículos lançadores menores porque fora incapaz de construir cargas menores – provavelmente devido à falta de acesso a componentes eletrônicos miniaturizados. De fato, ainda em 21 de fevereiro de 1958, a União Soviética lançou uma carga de pesquisa atmosférica de 1500 kg em um foguete de um único estágio em uma altitude de 470 km (HELVAJIAN; JANSON, 2008, pp.10 e 11, tradução nossa).

Chamando a atenção também o fato de que:

A URSS havia desenvolvido sua bomba de hidrogênio em 1953, mas a arma pesava duas toneladas e para lançá-la contra alvos nos Estados Unidos seria necessário um foguete três vezes mais potente do que o maior foguete norte-americano em desenvolvimento (SHEEHAN, 2007, p.25, tradução nossa).

A ideia comumente aceita em um período em que a miniaturização representava um processo ainda incipiente e a busca por prestígio era um motor que impulsionava as superpotências e seus aliados respectivos era a de que objetos maiores carregam cargas

maiores e mais poderosas. Se os soviéticos podiam lançar um foguete grandioso – e desajeitado, na visão de Sheehan – como o R-7 (responsável por colocar o Sputnik-1 em órbita) carregando satélites, podiam fazê-lo também com armas nucleares ainda mais potentes (SHEEHAN, 2007, pp.25 e 27). Em outras palavras: maior era sinônimo de mais poder frente ao inimigo.

A realidade estava longe disso, pois o principal objetivo do programa espacial soviético era servir de propaganda para o regime comunista em um contexto histórico no qual Krushev<sup>8</sup> via-se pressionado interna e externamente. Colheitas ruins, lutas intestinas pelo poder (das quais ele saíra vitorioso após a morte de Stálin em 1953 sem, contudo, lograr firmar sua posição para além de quaisquer contestações) e a má imagem deixada pela supressão violenta do levante húngaro de 1956 fizeram com que o dirigente apostasse no programa espacial como uma forma de fazer propaganda positiva das capacidades tecnológicas e militares do regime por ele comandado, simultaneamente calando os adversários. O lançamento do Sputnik-1, por si só um grande feito, foi programado para coincidir com o aniversário de quarenta anos da Revolução Russa demonstrando essa vontade de obter prestígio, a qual marcaria presença em todos os atos subsequentes do programa soviético durante a corrida espacial (SHEEHAN, 2007, pp. 25 e 26).

Se logrou sucesso em construir uma imagem de que a URSS fabricava foguetes em escala industrial e de que o país se encontrava na vanguarda do conhecimento científico e tecnológico, aproveitando para tanto da ignorância norte-americana quanto à real situação do setor aeroespacial soviético, a busca por prestígio de Krushev pode ser apontada justamente como um dos fatores responsáveis pelo declínio do programa frente às iniciativas posteriores dos Estados Unidos. Krushev não via objetivos científicos maiores na exploração do espaço. Para ele a corrida espacial cumpria apenas uma agenda própria de engrandecimento de sua posição política, bem como do regime defendido por seu país. Os números corroboram esta versão: não só o programa espacial soviético estava alinhado à agenda diplomática de seu dirigente máximo, como muitas missões tidas como repetitivas eram canceladas, mesmo quando podiam ter importância para o estabelecimento do conhecimento científico sobre o

---

<sup>8</sup> Nikita Sergueievitch Krushev (1894-1971) sucedeu a Stálin após a morte deste no cargo de Secretário Geral do Partido Comunista da União Soviética. A Era Krushev, que perdurou de 1953 a 1964, quando foi substituído por Leonid Brejnev, foi marcada por fatos de suma importância, tais como: o reconhecimento dos crimes de Stálin, a supressão violenta do Levante Húngaro, as conquistas na corrida espacial, a construção do Muro de Berlim, a Crise dos Mísseis (resolvida por um acordo secreto com os Estados Unidos que, contudo, enfraqueceu a posição política de Krushev diante de seus pares), a *Détente*, o conflito entre China e União Soviética e outros. Seu jeito de governar nada conciliador, os fracassos com a agricultura soviética e as críticas recebidas pela participação da URSS no episódio dos mísseis em Cuba foram decisivos para o seu afastamento e prisão domiciliar. Cf. NIKITA [...], s/d.

espaço. Como consequência direta disso, entre 1958 e 1961 a URSS lançou doze satélites, ao passo que os EUA lançaram cinquenta e seis (SHEEHAN, 2007, p.29).

A obtenção de prestígio internacional, é crucial salientar, também era um ponto central na estratégia norte-americana, visto pelo Programa Apollo<sup>9</sup>, que levou a primeira viagem tripulada à Lua em 1969, mas que dificilmente poderia ser justificado se o critério adotado fosse o da pertinência dos dados científicos obtidos. Indo do esquecimento ao posto de menina dos olhos da NASA em questão de dois meses, esta missão específica teve recusados os fundos dos quais necessitava pelo presidente John F. Kennedy<sup>10</sup> em março de 1961 para, curiosamente, após o voo de Yuri Gagarin<sup>11</sup> e o fiasco da Baía dos Porcos, ambos em abril do mesmo ano, ser reavaliada e obter o sinal verde para prosseguir. O trecho seguinte comprova que a matéria do reconhecimento constituía um traço em comum entre estadunidenses e russos:

Um relatório conjunto das duas organizações [NASA e Pentágono] para o vice-presidente em maio de 1961 insistia que a questão do prestígio era tão importante que justificaria plenamente o programa espacial, ainda que o valor científico, comercial ou militar da empreitada pudesse ser, por critérios comuns, marginal ou economicamente injustificado (SHEEHAN, 2007, p.49, tradução nossa).

Em concordância com o tamanho das ambições do país tem-se que a pesquisa norte-americana não estava de forma alguma atrasada em relação a sua contraparte. Como resultado a grande parte dos projetos norte-americanos objetivavam e resultaram em descobertas científicas valiosas (em oposição clara à quase inexistência de descobertas significativas por parte das missões soviéticas) (SHEEHAN, 2007, pp. 29 e 49). O maior exemplo disso é o

---

<sup>9</sup> Mesmo tendo sido motivado por questões de prestígio e de cunho político a própria existência deste programa e o fato de terem os norte-americanos obtido sucesso em mandar a primeira viagem tripulada à Lua demonstra que o programa soviético começava a ficar para trás, visto que carecia de coordenação adequada, assim como de uma agenda que estabelecesse objetivos concretos para o desenvolvimento científico e tecnológico do país nesta área em questão. Sheehan aponta que o uso da expressão “Programa Espacial Soviético” seria incorreto, pois o que existia eram grupos de cientistas que competiam entre si pela atenção de líderes interessados apenas nos frutos políticos que podiam extrair da arena espacial. Cf. SHEEHAN, 2007, p.29.

<sup>10</sup> John Fitzgerald Kennedy (1917-1963) foi o 35º Presidente dos Estados Unidos. Kennedy foi o primeiro presidente católico do país, assim como o presidente mais jovem a ser eleito e a ser assassinado. Em seu governo foram tomadas ações contra a pobreza, a favor de uma nova legislação de direitos civis e da retomada do crescimento da economia norte-americana. O contexto da Guerra Fria, com os eventos já mencionados anteriormente (ver nota sobre Nikita Krushev), marcou grande presença nos pouco mais de mil dias em que esteve no cargo de presidente. Cf. JOHN F. KENNEDY, s/d.

<sup>11</sup> Yuri Gagarin (1934-1968) foi um cosmonauta soviético e o primeiro homem a viajar para o espaço em uma missão tripulada, tendo alcançado este feito no dia 12 de abril de 1961. Seu tempo em órbita foi de 1 hora e 48 minutos.

próprio Explorer-1, o primogênito do lado ocidental, que realizou a primeira descoberta científica da era espacial ao descobrir os Cinturões de Radiação de Van Allen, regiões nas quais a radiação fica presa graças ao campo magnético terrestre, constituindo assim cinturões que envolvem o planeta (PALMA, 2013). Foram também os próprios satélites estadunidenses de reconhecimento que descobriram, ainda nos anos 1960, que a URSS não tinha as condições de produção em massa de foguetes que anos antes havia alardeado (SHEEHAN, 2007, p.27).

No tocante à questão da massa dos satélites é importante salientar que se o Sputnik-1 (83,6 kg) e o Explorer-1 (13,97 kg) se encaixavam na categoria de microssatélites, o mesmo não pode ser dito de muitos de seus “irmãos” postos em órbita posteriormente durante toda a corrida espacial. Entretanto, remete a este período a produção do primeiro nanossatélite, o Vanguard-1 (1,47 kg), o quarto satélite<sup>12</sup> a ser enviado ao espaço, em 17 de março de 1958, com a missão de testar os efeitos do ambiente espacial sobre os sistemas satelitais e realizar medições geodésicas da Terra<sup>13</sup>. Apesar de não estar mais operacional desde 1964, continua sendo atualmente o objeto mais antigo a orbitar o planeta<sup>14</sup> (OBERG, 2008).

O estudo detalhado dos lançamentos realizados entre os anos de 1955 e 2005 aponta para um pico em meados da década de 1960 – o auge da corrida espacial e dos grandes orçamentos destinados ao setor – seguido por um esgotamento a partir de meados da década seguinte, quando é encerrado o Programa Apollo (acarretando na diminuição das verbas para financiar os empreendimentos da NASA) e a divisão dos recursos passa a contemplar questões mais prementes, como a grande dívida interna dos Estados Unidos, logo, dificultando o financiamento de projetos custosos e de longos horizontes de duração.

Esta fase marcada pela letargia<sup>15</sup> duraria até o final dos anos 1980, quando a relativa melhora do quadro político e econômico norte-americano permitiu à DARPA (sigla em inglês

---

<sup>12</sup> A despeito de ter sido idealizado em 1955, portanto, antes do lançamento do Sputnik-1/2 e do Explorer-1. Cf. OBERG, 2008.

<sup>13</sup> Foi o estudo de sua órbita, por exemplo, que permitiu a descoberta de que a Terra não era perfeitamente redonda como até então se imaginava. Cf. OBERG, 2008.

<sup>14</sup> Pelo que se deduz de OBERG, 2008, a órbita do Vanguard-1 aparenta ser Altamente Elíptica, variando de 650 km até quase 4.000 km. Isso explicaria a longevidade deste primeiro nanossatélite. A questão das órbitas satelitais será tratada mais à frente.

<sup>15</sup> Ainda que date deste mesmo período uma iniciativa tão ambiciosa e surreal como foi a Iniciativa Estratégica de Defesa (SDI, na sigla em inglês), mais conhecida pelo nome de Programa Guerra nas Estrelas, proposta em 23 de março de 1983 pelo então presidente dos Estados Unidos, Ronald Reagan. Em linhas gerais a ideia por detrás deste programa era formar um escudo de defesa para os norte-americanos e seus aliados baseado em uma rede de ativos militares espalhados por terra, ar e espaço para defender o mundo capitalista de eventuais agressões do bloco comunista. A proeza científica – não alcançada na época e com resultados ainda frágeis nos tempos atuais (década de 2010) – permitiria detectar dentro de alguns poucos segundos um míssil soviético lançado contra alvos no Ocidente e destruí-lo por meio de raios *laser* concentrados. Não faltaram críticas à proposta de Reagan, tida por muitos como um fator de risco que poderia reacender a corrida nuclear e aumentar as chances de uma guerra atômica. Apesar das dificuldades técnicas com as quais se depararam os cientistas norte-americanos, dos insucessos em colocar o programa em prática e da mudança do panorama político com a dissolução da URSS e o

para Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa) contemplar os pequenos satélites como unidades de baixo custo capazes de assistir no funcionamento de unidades militares espaciais de maior porte, embasando esta estratégia na percepção de que: “O espaço estava se tornando cada vez mais ocupado, e que os Estados Unidos precisariam no futuro de satélites dotados de capacidade tática, custo-eficientes e de rápida resposta” (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.62, tradução nossa).

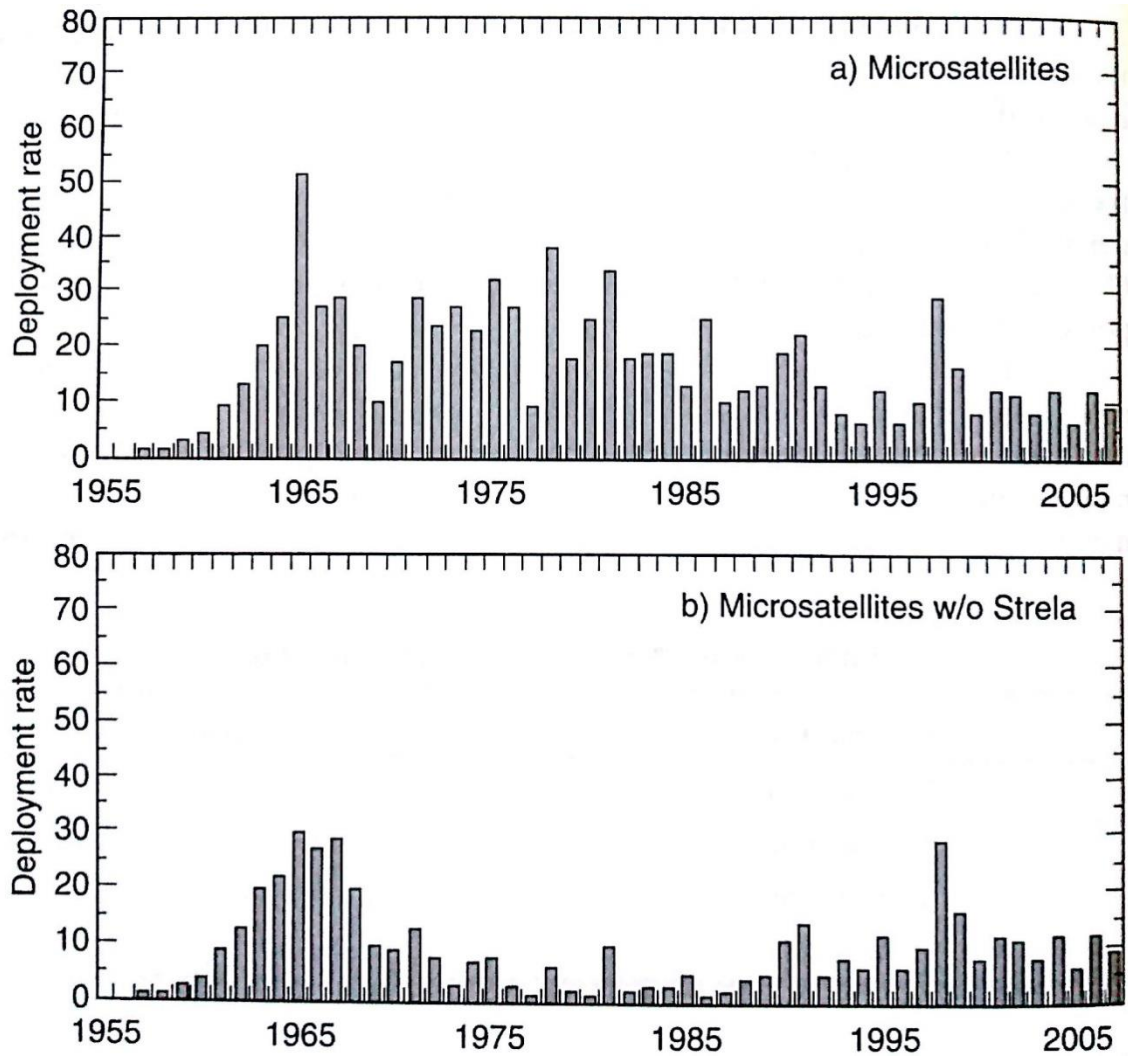
Para a URSS, o mesmo período foi marcado pelo trabalho prolífico – ainda que repetitivo – resultando no desenvolvimento e lançamento de diversos microsatélites da classe Strela-1 e Strela-1M (a fim de formar uma constelação de satélites de comunicação), bem como de satélites passivos da série Romb para calibração de radares. Excetuando-se esses casos, nota-se uma considerável inflexão negativa no número total de artefatos lançados ao espaço durante as décadas de 1970 e 1980 (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.48). No tocante aos nanosatélites, este hiato de praticamente vinte anos (de 1970 a 1990) compreendeu o período em que nenhum artefato dessa natureza – salvo os chamados “satélites amadores<sup>16</sup>” – dotado de sensoriamento ativo foi lançado. Os gráficos 1.1 e 1.2 demonstram exatamente estes fatos:

---

fim da Guerra Fria, não houve um fim formal para esta iniciativa, a qual, tendo mudado de nome repetidas vezes ao longo de várias administrações, persiste a absorver bilhões de dólares e conta com um aparente salvo-conduto junto ao Congresso e ao Pentágono que não se estende a nenhum outro projeto. Para maiores informações cf. MERCHANT, 2013.

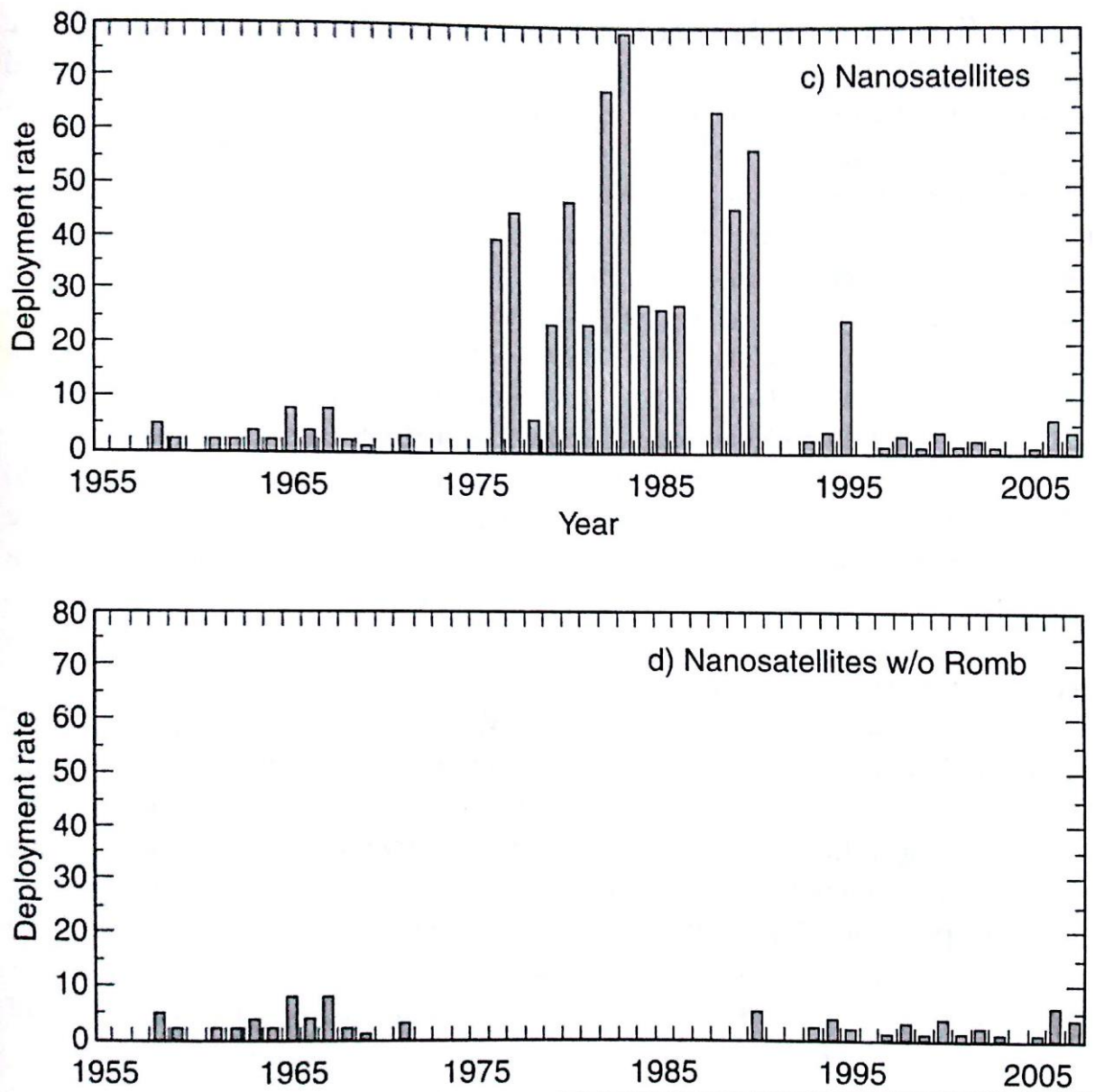
<sup>16</sup> Satélites desenvolvidos por civis entusiastas do setor aeroespacial. A primeira iniciativa deste tipo remete aos Estados Unidos da transição dos anos 1950 para os anos 1960, tendo sido seguida por outros grupos espalhados ao redor do globo, dentro e fora de universidades, com ou sem participação governamental no desenvolvimento destes artefatos. O primeiro satélite amador lançado ao espaço, praticamente um transmissor, foi o OSCAR-1, em dezembro de 1961. Data daquela época o papel da AMSAT (inglês para Corporação de Satélites de Rádio Amadores) em coordenar tais atividades. A AMSAT, até hoje, não compreende uma organização internacional, mas sim grupos que cooperam entre si trocando informações, expertise e hardware. Para maiores informações, cf. HELVAJIAN; JANSON, 2008, pp. 119 e 120.

**Gráfico 1.1 – Lançamento de microsatélites no mundo entre 1955 e 2005**



Fonte: HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.48

**Gráfico 1.2 – Lançamento de nanossatélites no mundo entre 1955 e 2005**



Fonte: HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.49.

A formação de um mundo multipolar dos anos 1990 em diante deu início à segunda etapa e permitiu que vários países se lançassem ao espaço para o cumprimento de objetivos próprios, fossem estes de cunho econômico, ligados à soberania nacional ou relacionados à coordenação de seus ativos militares em operações diversas em tempos de paz ou de guerra (CEGOV, 2015, pp. 23 e 24). A complexidade da exploração espacial atinge um novo patamar neste período. O trecho a seguir não permite que subsistam dúvidas quanto a essa afirmação:



A Segunda Era Espacial, então, caracteriza-se pelo uso de recursos espaciais em prol da organização de capacidades estratégicas, principalmente no uso dos sistemas de navegação baseados em satélites, como o sistema GPS, para fins de melhorias operacionais e táticas no teatro de operações. Esse período se caracteriza pela contínua ampliação da importância das capacidades espaciais em operações de guerra convencional, dos fluxos de informações a nível global (três transições estruturais), bem como pelo aumento do número de atores com programas espaciais relevantes (CEGOV, 2015, p.26).

As “três transições estruturais” às quais o excerto faz menção remetem às profundas mudanças no cenário global pós-Guerra Fria. A primeira delas aponta para a existência de quatro grandes potências militares (EUA, Rússia, China e União Europeia) e não mais apenas duas (EUA e URSS), a segunda para o maior protagonismo das instituições internacionais e a terceira para o panorama socioeconômico influenciado pelas novas tecnologias e seu modo de produção, pelas novas matrizes energéticas e pelas alterações demográficas (CEGOV, 2015, p.9). Logo, um mundo muito mais complexo, no qual certos atores não poderão mais ser negligenciados e certamente tentarão defender suas agendas por meios diversos, inclusive no campo espacial e por meio dos frutos da exploração deste.

Entretanto, atores de peso no cenário internacional, como os países que encamparam a Guerra Fria em seu centro, ou seja, os três supracitados e nações europeias como Grã-Bretanha e França, integrantes do Conselho de Segurança das Nações Unidas e donos de programas espaciais robustos, continuarão poderosos e trabalharão para impedir que o surgimento de novos *players* em outros cantos do globo se faça às custas da perda do seu poder relativo. Estes aspectos de natureza geopolítica receberão a devida atenção mais à frente.

### **1.3 – A “Descoberta” dos Pequenos Satélites**

Dentro da nova realidade descrita na seção anterior não deixa de ser sintomático o fato de que o *National Security Space Strategy*, documento oficial do Departamento de Defesa dos Estados Unidos publicado em janeiro de 2011 (e o mais recente que se pode encontrar), exponha, ao longo de vinte e uma páginas, em nove oportunidades diferentes, o estado da arte da percepção estratégica da potência hegemônica acerca do assunto: “O espaço, um domínio que nenhuma nação detém, mas do qual todas dependem, está se tornando cada vez mais

congestionado, contestado e competitivo” (DEPARTMENT OF DEFENSE, 2011, p.6, tradução nossa).

Com a “descoberta” dos micro e nanossatélites pela DARPA com base na constatação de que havia conhecimento técnico suficiente para desenvolvê-los e adaptá-los para missões de maior complexidade, testemunhou-se o aumento na sua utilização uma vez que as restrições orçamentárias enfrentadas pela NASA e pelo setor aeroespacial em geral no decorrer dos anos 1990 em razão da construção da Estação Espacial Internacional (EEI), que afetavam projetos de maior monta (inclusive do ponto de vista qualitativo), tinham efeito praticamente nulo sobre os pequenos satélites (HELVAJIAN; JANSON, 2008, pp. 63 e 64).

O passo decisivo, todavia, para o protagonismo destas máquinas miniaturizadas na arena espacial em um nível tecnologicamente superior, como veremos mais adiante, ainda estava para ser dado na virada do século XX para o XXI. Por ora, cumpre ainda elucidar algumas questões a elas ligadas, a saber: a forma pela qual são lançadas, em que órbitas se situam e em quais frequências operam. Para estes elementos nos voltamos agora.

No que tange ao lançamento, o *modus operandi* mais comum era o de utilizar um foguete para transportar uma carga primária, geralmente um satélite de grande porte pesando algumas centenas de quilogramas e, como cargas secundárias, os satélites de menor porte e massa alocados em compartimentos específicos ou vagos<sup>17</sup>, que seriam gradativamente ejetados da estrutura do veículo em direção ao vácuo espacial. Este foi o caso do primeiro nanossatélite brasileiro em formato cúbico efetivamente lançado, o NanosatC-Br1, o qual foi posto em órbita pelo foguete russo Dnepr em 19 de junho de 2014 (ERENO, 2014, p.18). Atualmente, com a instalação do braço robótico J-SSOD<sup>18</sup> (JEM<sup>19</sup> - Small Satellite Orbital Deployer) junto ao módulo japonês ‘Kibo’ da EEI, tem-se à disposição – pelo menos dos satélites menores – um procedimento inovador no tocante à segurança, à eficiência (pois, além de tudo, passível de *feedback*) e à viabilidade econômica para cumprir com a mesma função (JAXA, 2013; NASA, 2012). Os nanossatélites nacionais AESP-14 e SERPENS (Sistema Espacial para Realização de Pesquisas e Experimentos com Nanossatélites) já foram lançados de acordo com este método, ao passo que o mesmo expediente é planejado para o CONASAT

<sup>17</sup> No Capítulo II almeja-se tratar a questão dos veículos lançadores com maior acuidade.

<sup>18</sup> Idealizado nos últimos anos da década de 2000, o J-SSOD foi concebido para permitir o lançamento de pequenos satélites do tipo *cubesat* (conceito que desenvolveremos mais a frente neste trabalho), tendo realizado seus primeiros testes em outubro de 2012. Operando em uma Plataforma de Experimentos para Múltiplos Propósitos (MPEP), cujo papel é ser uma interface entre operações efetuadas dentro e fora da EEI, este braço robótico retira os artefatos do módulo Kibo, aponta os mesmos em um ângulo de 45° em relação ao nadir da estação (impedindo assim que os objetos lançados se choquem com a mesma) e libera a carga no ambiente espacial. Para maiores informações cf. JAXA, 2013; NASA, 2012.

<sup>19</sup> Sigla em inglês que significa Módulo Experimental Japonês.

(Constelação de Nanossatélites Ambientais)<sup>20</sup>. Todavia, alguns nanossatélites podem ainda ser lançados da forma mais simples possível: manualmente. Este é o curioso caso do primeiro nanossatélite peruano, o Chasqui-1, colocado em órbita pelo cargueiro espacial russo *Progress* em março de 2014 e posteriormente lançado em 18 de agosto do mesmo ano pelo cosmonauta russo Oleg Artemiev, que o jogou na imensidão do espaço tal como se fosse uma bola de beisebol enquanto caminhava no exterior da EEI (RUSSAKOVA, 2014).

Para chegar ao espaço todo satélite, independentemente do seu tamanho, necessita de um veículo lançador que logre colocá-lo em órbita. Neste ponto, alguns constrangimentos podem aparecer a depender do tipo de veículo empregado. Normalmente, tal como previamente afirmado, os pequenos satélites tomam “carona” em um foguete de grande porte em uma missão que transporta uma carga (*payload*) principal, cujas características e necessidades irão se impor sobre todas as demais cargas. Dessa forma, os requisitos técnicos (testes de qualidade) dos *cubesats* levarão em conta que, sob nenhuma hipótese, um componente dos mesmos possa danificar o artefato que corresponde pelo objetivo central da missão. Para cumprir com essas demandas, são exigidos testes de vibração, que garantirão que nenhuma peça se solte e vá de encontro com a carga principal<sup>21</sup>, e/ou de evaporação, denominado *Outgassing*, que submete as cargas secundárias à elevação de temperatura e à variação de pressão no intuito de verificar se ocorre ou não a evaporação de substâncias contidas no objeto, as quais poderiam prejudicar, porventura, o desempenho de lentes e outros equipamentos do *payload* maior. Por vezes o contratante do serviço de lançamento deve, como exigência, apenas fornecer uma lista com os materiais embutidos na carga que deseja colocar em órbita, em tantas outras, por demanda do contratado, deve-se prosseguir aos ditos testes de evaporação<sup>22</sup> (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE<sup>23</sup>, 2016).

A questão da integração merece maior atenção de nossa parte. Uma coisa é integrar um satélite em si (montagem e funcionamento) aqui na Terra em um ambiente hermeticamente controlado, a exemplo do existente no Laboratório de Integração e Testes

<sup>20</sup> A devida explicação acerca destes nanossatélites marcará presença mais adiante no trabalho.

<sup>21</sup> Segundo o professor responsável pelo desenvolvimento dos *cubesats* brasileiros no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por nós entrevistado, este foi o caso do NanosatC-Br1, o primeiro satélite científico do país lançado em 19 de junho de 2014 e, até a presente data (2017), plenamente operacional.

<sup>22</sup> No dia 26 de abril de 2016, data na qual foi realizada a entrevista, o professor em questão informou que naquele exato momento a equipe do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) responsável pelo nanossatélite Itasat-1, estava em Delft, na Holanda, realizando os testes de integração do referido satélite, dentre eles, o *Outgassing*.

<sup>23</sup> Coordenador de Engenharias e Tecnologias Espaciais dos projetos NanosatC-Br1 e NanosatC-Br2 do Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de *Cubesats*, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Entrevista realizada no dia 26/04/2016 pessoalmente no escritório do professor no INPE. As opiniões externadas pelo professor em questão, vale salientar, não necessariamente condizem com aquelas do INPE.

(LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE<sup>24</sup>). Outra completamente diferente é fazê-lo junto ao veículo lançador, fase na qual os cientistas tentarão antecipar e prevenir tudo o que pode ocorrer com a carga quando a mesma for lançada ao espaço, ocasião na qual será submetida a condições adversas de pressão, temperatura e radiação que podem danificá-la e fazer com que a mesma danifique outras cargas transportadas. Os casos dos testes descritos no parágrafo anterior dizem respeito a esta última situação.

Outra limitação quando do lançamento de um satélite pequeno em um veículo lançador não adaptado para esta categoria reside no fato de que as cargas secundárias serão ejetadas na mesma órbita da carga central, mesmo que tal não seja a mais adequada para a realização de suas funções. Isso se dá, pois, salvo na existência de um veículo lançador de microsatélites (a exemplo do que o Brasil está construindo), é, de acordo com o professor do INPE, impossível custear um lançamento de milhões de dólares com apenas alguns pequenos satélites. A órbita polar, que circula os dois polos do planeta em ângulo de 90 graus, não é, ainda de acordo com o professor, a melhor para os satélites brasileiros dada a característica geográfica do país. Todavia, fica-se amarrado a este procedimento, pois a alternativa de um lançamento exclusivo em órbita mais apropriada para um *cubesat* é simplesmente inviável. A título de esclarecimento e comparação, no passado, quando do lançamento do SCD-1 (Satélite de Coleta de Dados), em 1993, um satélite de imagens que, se prevê, será substituído pelo já mencionado CONASAT, o preço da exclusividade foi da ordem de 15 milhões de dólares, isso porque o objetivo era colocá-lo em órbita de 25 graus (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Para fechar esta discussão, é importante salientar que a geopolítica do lançamento está diretamente relacionada com a geopolítica dos materiais que compõem os satélites: as restrições do uso de certos componentes se aplicam também quando um país, como por exemplo os Estados Unidos, proíbem que objetos com materiais norte-americanos sejam lançados de instalações na Rússia ou na China, visto que desconfiam que estas tecnologias possam cair nas mãos de potências rivais. Frente a esse bloqueio preventivo cabem as seguintes soluções: produção própria (perfeitamente possível para o Brasil, dado a complexidade tecnológica exigida pelos pequenos satélites); ou aquisição via parceiros com regras menos rígidas e que produzam sua própria tecnologia (pois de nada vale se estes forem apenas intermediários de tecnologias oriundas dos mesmos países que já haviam determinado

---

<sup>24</sup> As instituições que compõem o Programa Espacial Brasileiro serão examinadas no capítulo II.

o seu bloqueio) (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016). A rigidez, na visão do professor, não necessariamente traz benefícios às nações que escrevem as regras do jogo:

[...] essa legislação está prejudicando muito os Estados Unidos, os usuários estão recorrendo a outras empresas que não são americanas e eles têm consciência disso. Quando fizemos a primeira licitação aqui que ia contratar o [NanosatC-]Br1 a empresa que ia fornecer era uma americana chamada *Pumpkin*. Quando fizemos a segunda, [a mesma] disse que não poderia fornecer para nós porque um dos componentes do sistema de potência era usado em mísseis. O que nós fizemos? Recorremos a uma empresa holandesa, compramos e estabelecemos com essa empresa uma cooperação que já forneceu para nós algumas plataformas que poderiam ter sido fornecidas pela empresa americana. [...]. Dizem que a tendência é diminuir estas restrições, até agora não diminuíram. No papel sim, mas não na prática (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Aparentemente, e a despeito da opinião do professor, essas mesmas nações que dominam o setor aeroespacial e, em especial, o de satélites, não se sentem incomodadas com a perda de eventuais negócios se a contrapartida é a manutenção de uma posição de poder oriunda da posse de determinada tecnologia vista como sensível, estratégica. Isso não deixa de ser um indício do grau de concentração deste setor e da existência de instituições internacionais que dificultam a tarefa de países retardatários em desenvolverem seus próprios programas espaciais, acarretando assim na cristalização das relações de poder e no congelamento do avanço tecnológico. Sobre esse tema a contribuição da professora da UnB, quando perguntada sobre a possível interferência exercida por tratados internacionais como MTCR (*Missile Technology Control Regime*) e ITAR (*International Traffic in Arms Regulation*)<sup>25</sup> sobre projetos envolvendo pequenos satélites, é igualmente interessante:

Pode interferir porque normalmente tudo que é fabricado nos Estados Unidos para aeroespacial, mesmo um parafuso, não pode ser vendido sem autorização do ITAR [...]. No SERPENS [...] compramos tudo na Europa, tudo o que a gente precisava, que não tem esse tipo de restrição [...]. Mas também eles [os Estados Unidos] têm uma lista de países que não podem receber materiais do ITAR. Por exemplo, agora estou ajudando a fazer o lançamento do UbatubaSAT<sup>26</sup> [...]. Mas junto

<sup>25</sup> Tanto o MTCR como o ITAR receberão a devida atenção no capítulo III. Por ora cumpre apenas citá-los como entraves ao desenvolvimento tecnológico soberano de países que lutam para se inserirem neste mercado.

<sup>26</sup> O UbatubaSAT é nome do projeto sob o qual foi desenvolvido o pequeno satélite Tancredo-1 (e que também, dado o sucesso da experiência, almeja desenvolver o Tancredo-2), realizado para fins educacionais pelos alunos da Escola Municipal Tancredo Neves em Ubatuba com assistência do INPE. O Tancredo-1 é considerado um *tubesat*, um satélite que se assemelha a um cilindro, com menos de 10 cm de diâmetro e 12 cm de altura. O seu

com ele vai ter um satélite americano, que precisa ser enviado da América para a Itália, onde vai ser integrado e depois para o Japão, para o lançamento. Para fazer a transferência dos Estados Unidos para a Itália precisa de uma lista muito longa de documentos, e a Itália é amiga dos Estados Unidos... Só porque é equipamento aeroespacial e precisa de autorização do ITAR (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

Ambos os entrevistados convergem na opinião de que obter tecnologia de países europeus é mais fácil do que de empresas norte-americanas, talvez as maiores interessadas na manutenção do *status quo*. Isso explica o comportamento rígido dos Estados Unidos quando o assunto é o setor em questão, mesmo com nações aliadas.

A maioria dos satélites descritos neste documento, inclusive os de origem nacional, encontram-se em LEO (Low-Earth Orbit<sup>27</sup>), portanto, em órbita baixa, a qual compreende a região que dista até 2.000 km da superfície terrestre (CEGOV, 2015, p.12). Nesta faixa, a cobertura de todo o globo requer o emprego de vários artefatos de modo a formar uma constelação de satélites. Trata-se da órbita mais facilmente atingida pelos veículos lançadores dado o fato de que o gasto de energia para alcançá-la – e, portanto, o investimento a ser feito – é menor, assim como a única a ter recebido presença humana (exceção óbvia feita às missões lunares). Nela se aglomeram satélites de comunicação, satélites de observação (inclusive os infames satélites de espionagem) e a própria EEI, os quais tiram proveito da proximidade para com a superfície para obter imagens em alta resolução sem necessitar de amplificadores tão potentes. Todavia, para evitar a atração gravitacional capaz de puxá-los de volta ao planeta, as estações e artefatos que nela gravitam devem alcançar uma velocidade que varia entre 26.000 km/h e 27.000 km/h (de 7.2 a 7.5 km/s), permitindo que completem uma revolução ao redor do globo em cerca de 90 minutos (JESSA, 2011). De posse deste dado, é possível deduzir que a natureza desta região permite a visualização de uma área específica apenas por um curto período de tempo, razão pela qual um determinado ator interessado na transmissão em tempo real sobre um alvo/região optará ou por posicionar satélites em órbitas superiores<sup>28</sup> (saída

---

lançamento foi realizado com sucesso em 16 de janeiro de 2017 por intermédio de um nanossatélite 3U italiano chamado TuPOD, vetor de dois *tubesats*, o próprio Tancredo-1 e outro, de origem mexicana, denominado Ulisses-1. No caso, a professora afirmou estar ajudando no lançamento deste pequeno satélite brasileiro, pois foram a empresa G.A.U.S.S. Srl., da qual ela é fundadora e dona, e a *Morehead State University*, onde ela também trabalha como *Graduate Assistant*, que desenvolveram o TuPOD em parceria. Sobre isso, ver o Quadro 1.1 mais adiante. Para maiores informações também cf. ERENO, 2014; FALCÃO, 2017; TUPOD, s/d.

<sup>27</sup> Em português, Órbita Terrestre Baixa.

<sup>28</sup> Tais órbitas poderiam ser a Média (MEO), onde estão os satélites que compõem os sistemas GPS (EUA) e GLONASS (RUS), a Altamente Elíptica (HEO), cujos perigeu e apogeu compreendem as respectivas distâncias em relação a Terra de 500 km a 35.000 km, ou a Geostacionária (GEO), na qual os satélites estão a uma distância de 36.000 km da Terra e se movem em sincronia com a mesma, estando, portanto, em posição fixa

mais provável para nações com programas espaciais mais desenvolvidos do ponto de vista tecnológico e do aporte de recursos) ou, a depender da restrição orçamentária, por empregar uma constelação de satélites para cobertura permanente (CEGOV, 2015, p.12). O trecho a seguir é de interesse para concluir esta discussão, visto que revela a órbita de atuação desses objetos e como os mesmos, a partir de determinado momento, puderam ser utilizados para cumprir tarefas até então restritas aos grandes satélites:

Um ressurgimento nos lançamentos de nanossatélites ativos teve início há cerca de 15 anos atrás<sup>29</sup> quando contínuos avanços na densidade funcional de componentes microeletrônicos tornaram possível a existência de nanossatélites capazes e suficientemente inteligentes, a exemplo do SNAP-1<sup>30</sup>. Muitas missões anteriores realizadas por microssatélites, como aquelas envolvendo satélites de comunicação em LEO, podiam agora ser realizadas por nanossatélites (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.66, tradução nossa).

Um ponto, contudo, ainda não ficou claro: como se movimentam estes artefatos uma vez em órbita? Os tipos de manobras apresentados pela professora da UnB são vários e expõem a complexidade da tarefa:

Precisamos dividir a manobra em duas partes. Um tipo é a **manobra de atitude**, que é a rotação do satélite em torno do seu centro de massa, que vai melhorar o seu apontamento. [...]. Essa manobra pode ser feita ou com sistema de propulsão, que é caro, ou com um simples ímã que vai fazer rotear o satélite em uma determinada orientação utilizando o campo magnético da Terra. [...]. Tem outro sistema que pode ser colocar uma barra, uma massa, para fora do satélite, ela vai estabilizar para o *gravity gradient*<sup>31</sup> [...] outro tipo de manobra é a **mudança orbital** [...]. Antes você tinha uma rotação em torno do

---

permanente em relação a determinado ponto sobre a superfície. Nela testemunha-se a presença significativa de satélites de comunicação, precisando de poucos para cobrir todo o globo. Para maiores informações, cf. CEGOV, 2015, p.12.

<sup>29</sup> Lembrando que o texto em questão foi escrito em 2008.

<sup>30</sup> *Surrey Nanosatellite Applications Program*, o primeiro nanossatélite do Reino Unido, lançado em junho de 2000. Cf. HELVAJIAN; JANSON, 2008, pp. 299 e 300.

<sup>31</sup> Objetos que se encontram em maiores altitudes logram estabilizar sua órbita com menos velocidade, ao passo que objetos em menores altitudes precisam de mais velocidade para fazerem o mesmo. Portanto, se pensarmos em um satélite ao qual tenha sido acoplada uma barra (retrátil) na longitudinal, teremos no mesmo objeto forças opostas que irão se anular enquanto este se move a uma determinada velocidade. Isso se dá porque a parte superior, com mais velocidade do que necessita, tenderá a uma órbita maior, e a parte inferior, com menos velocidade, será “puxada” para uma órbita inferior. Esse movimento oposto irá estabilizar o satélite na direção desejada. Deste modo, a física por detrás da estabilização via *gravity gradient* torna possível prescindir de propelentes ou quaisquer outras fontes de energia para que a mesma seja executada. Existem também satélites que empregam mais de uma barra, cada uma em eixos distintos. Cf. ORLANDO; KUGA, 2007, pp. 159 e 160. Outra explicação didática que pode ser encontrada sobre este assunto está em GRAVITY [...], 2014.

centro de massa, aqui você tem uma translação<sup>32</sup>. Esse tipo é feito normalmente com propulsores<sup>33</sup>. [...] normalmente aqueles mais adotados são os a gás frio ou elétrico. [...]. E tem sistemas que não são sistemas de propulsão ativa, mas que vão utilizar perturbações orbitais como, por exemplo, uma vela solar<sup>34</sup>. Esta vai permitir mudar a posição orbital do satélite e pode ser adotada para fazer o decaimento do satélite depois que a sua vida operacional acabar para não ter lixo espacial. Pode ser adotada para fazer missões de mudança de órbita (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016, grifos nossos).

A título de uma exemplificação mais didática a figura abaixo mostra a foto tirada da vela solar de um *cubesat* (*LightSail*, ver nota de rodapé referente à vela solar) lançado recentemente.

---

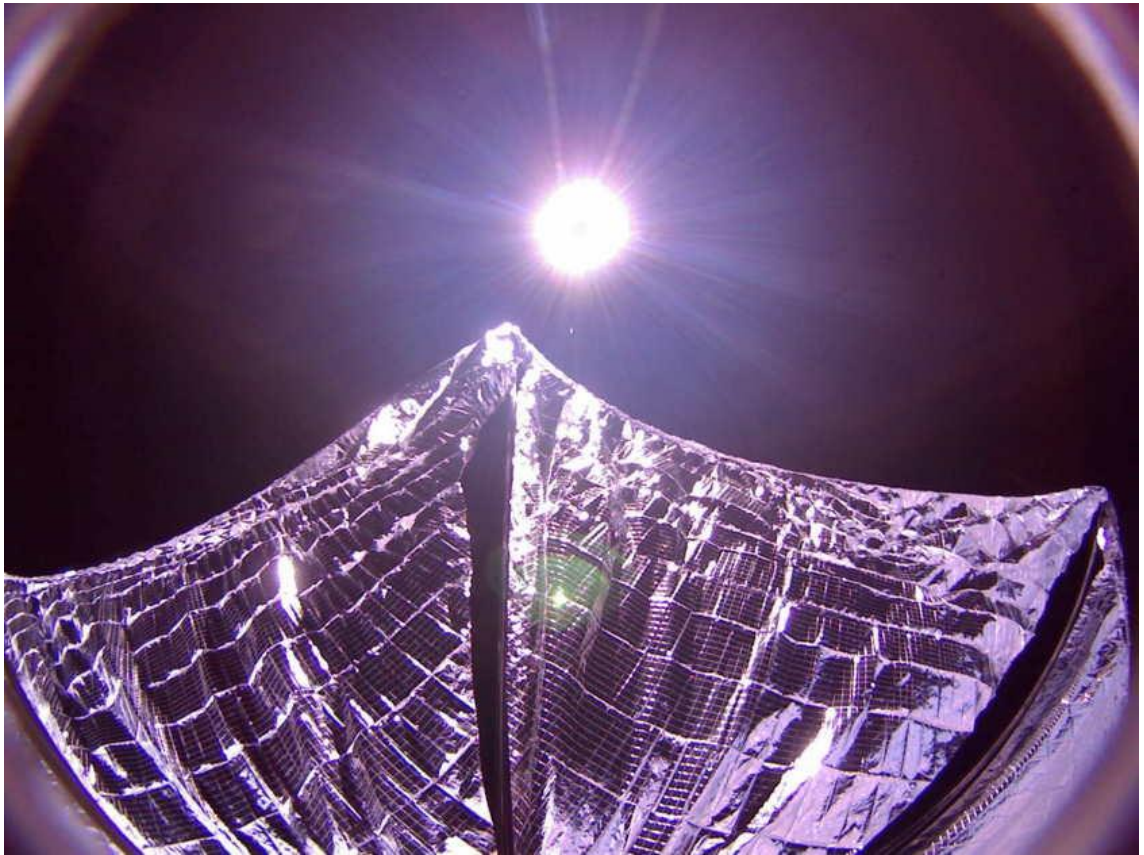
<sup>32</sup> Translação é o movimento que um corpo executa ao redor de outro. Tal como a Terra translada ao redor do Sol, um satélite pode transladar a Terra.

<sup>33</sup> Existem sistemas de propulsão ativos para pequenos satélites, ainda que muitos não os empreguem por questões de custo e duração da missão que os tornam impeditivos ou desnecessários.

<sup>34</sup> Uma vela solar é composta por camadas de um polímero chamado Mylar, o qual é muito fino (da ordem de milésimos de milímetros) e reflete a luz solar. A ideia desta vela, em analogia às velas de navios, é movimentar uma nave ou satélite utilizando-se para tanto da radiação solar. Os fótons, partículas que compõem a luz, incidem na vela solar e têm a sua energia absorvida por esta gerando assim um impulso que a desloca e, por conseguinte, o objeto ao qual ela estiver conectada. Ainda que a velocidade obtida com esse método possa ser baixa dadas as limitações da tecnologia atual (2017), esta forma de propulsão seria mais barata e não dependeria de quaisquer combustíveis. A ideia de um satélite movido por uma vela solar foi idealizada em fins dos anos 1970 pelo astrofísico Carl Sagan (1934-1996). Em maio de 2015, por meio de um foguete Atlas V, foi lançado o *LightSail*, um Cubesat 3U desenvolvido pela *Planetary Society*, organização não-governamental e sem fins lucrativos que se dedica a construir e difundir o conhecimento sobre o espaço (tendo sido o próprio Sagan um de seus fundadores, em 1980), cuja missão era testar a ideia da vela solar. No mês de junho de 2015, o pequeno satélite conseguiu com êxito desfraldar as ditas velas comprovando ser possível o emprego das mesmas em futuras missões, sem, contudo, atingir altitude suficiente para captar os ventos solares. Existem planos para lançar o *LightSail 2* em 2017, o qual visará aprofundar as experiências nesta área. Cf. DAVIS, 2016; THE PLANETARY SOCIETY, s/d.



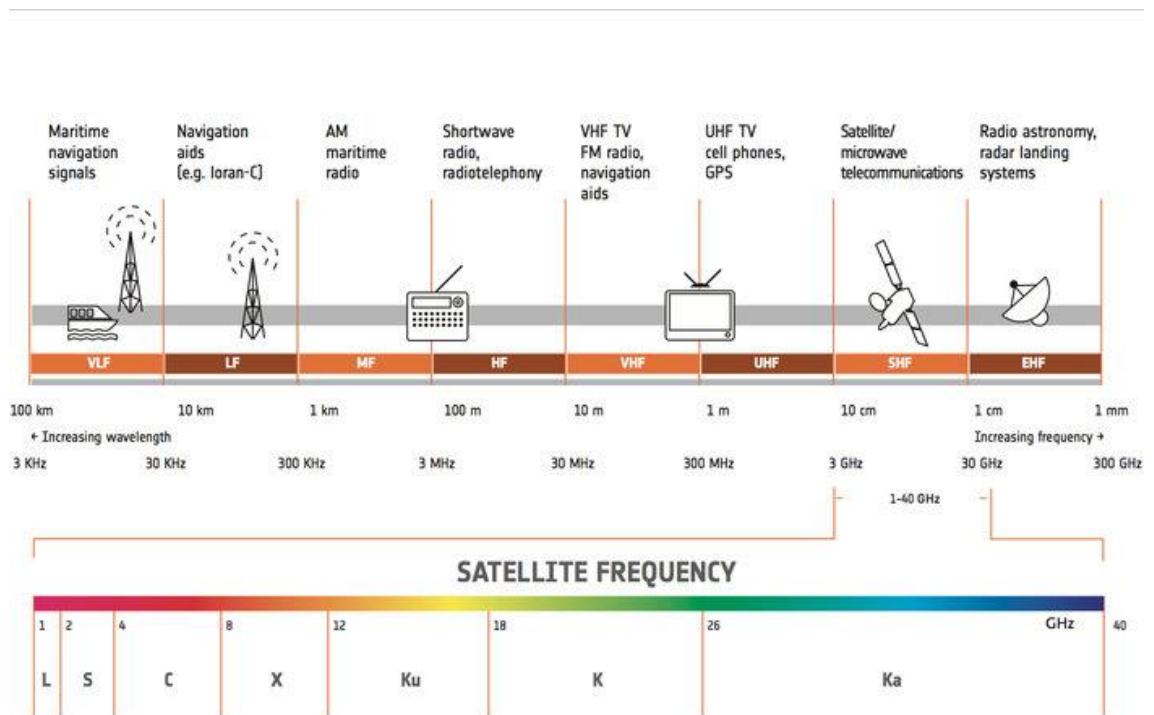
**Figura 1.1 – Foto da Vela Solar do *LightSail***



Fonte: THE PLANETARY SOCIETY, s/d.

Os pequenos satélites podem operar em diversas frequências a depender do propósito da missão da qual participam. De acordo com o Relatório da *International Telecommunication Union* (ITU), órgão ligado às Nações Unidas que zela pela regulação das frequências nas quais operam os satélites de forma que não causem interferência em solo, em vista da constituição peculiar dos nano e picosatélites com equipamentos tecnologicamente mais simples e limitados, tais artefatos tendem a operar entre as faixas de 100 MHz a 10 GHz (INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, 2014). Estas, por sua vez, compreendem as bandas VHF (*Very High Frequency*, se estendendo de 3 a 30 MHz), UHF (*Ultra High Frequency*, a qual se estende de 300 MHz a 3 GHz) e SHF (*Super High Frequency*, indo de 3 GHz a 30 GHz). Nestas o comprimento das ondas, sempre inversamente proporcional à frequência na qual operam, vai de 10 m a 1 cm (EUROPEAN SPACE AGENCY, 2013). A Figura 1.2 contribui para facilitar o entendimento desta questão.

**Figura 1.2 – Bandas de Frequências Satelitais**



Fonte: EUROPEAN SPACE AGENCY, 2013.

Algumas das frequências empregadas, a exemplo de faixas como a que vai de 144 a 146 MHz, ou entre 435 e 438 MHz, pertencem ao espectro do radioamadorismo fazendo com que os satélites que as adotarem tenham que se adaptar às normas da *International Amateur Radio Union (IARU)*<sup>35</sup> para então requisitar uma autorização junto à ITU. A professora da UnB fornece as explicações necessárias para melhor entender este ponto:

[...] a IARU é um processo que você vai fazer antes de receber a frequência da ITU. Se eu não tenho frequência radioamadora eu vou pedir licença no ministério das telecomunicações do meu país, que vai comunicar a ITU que eu estou pegando aquela frequência e este vai dizer se posso usar e onde, se no mundo todo ou se só quando o satélite for passar sobre o Brasil, por exemplo. Quando você trabalha com a IARU, primeiramente você vai falar com todo mundo dos

<sup>35</sup> Esta organização foi fundada em 1925, em Paris, por ocasião de um encontro entre os primeiros radioamadores, preocupados em organizarem uma iniciativa que lhes preservasse o uso das ondas curtas cujo potencial, até então ignorado e por eles descoberto, corria o risco de se tornar monopólio do Estado. Cf. INTERNATIONAL AMATEUR RADIO UNION, s/d.

radioamadores e coordenar as suas frequências, para ver se tem outros satélites e pessoas adotando a mesma e a IARU vai falar: “olha, é melhor adotar esta ou aquela, porque é livre, naquela órbita não tem outro satélite, não tem outra comunicação e todo mundo pode recebê-la”. Depois do IARU você vai à ITU e fala: “a IARU está de acordo com isso, você pode me dar autorização definitiva para o lançamento?”, e a ITU, que coordena todas as frequências do mundo, televisão, avião, navios, tudo isso, vai ver se aquela frequência está de acordo. [...] somente com autorização dela é que você pode fazer o lançamento (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

Mas como escolher dentre os diferentes tipos de frequências existentes? A professora novamente elucidada:

Depende da missão que você tem. Uma missão comercial não pode utilizar frequência de rádio amador porque está criando lucro, dinheiro em cima. Para operar frequência radioamadora você não pode ter objetivos comerciais [...]. Será aberto para todo mundo, todo mundo pode receber os dados, as informações. Por certo você não pode utilizar frequência radioamadora se estiver utilizando satélite para fins militares por uma razão muito simples: porque nesse caso tem dados sensíveis que não pode compartilhar (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

Portanto, a título de concluir o argumento, as missões que não são nem de cunho comercial, nem lidam com dados que não podem ser expostos ao público, estarão mais inclinadas ao emprego de frequências radioamadoras.

As normas internacionais ditam que é dever dos produtores informar aos órgãos cabíveis a necessidade de se adquirir uma frequência exclusiva para seus satélites. O advento dos *cubesats*, todavia, produziu o efeito de tornar certos procedimentos inadequados. A razão se encontra no fato de que um satélite de menor porte pode ser construído mais rapidamente. Para que uma missão envolvendo esta categoria de satélites tenha sucesso é preciso maior celeridade de parte da ITU e organizações afins para a disponibilização de uma frequência em tempo adequado. Sobre a rapidez com a qual se recebe uma frequência a professora da UnB forneceu a seguinte resposta:

Depende do tipo de frequência que se pede. De rádio amador leva no máximo 6 meses. Para autorização paga o pedido vai durar de 6 meses a 1 ano, mas a frequência vai ficar bloqueada por alguns anos dependendo de quanto desembolsar. Outros vão precisar pagar se

quiserem usá-la. Ela fica exclusiva sua, em todo mundo ou só em um país. [...] frequências educacionais, para projetos de pesquisa, podem ser liberadas somente no país de origem do satélite por no máximo 2 anos, mas depende do ministério das telecomunicações do país. Não é paga e não precisa compartilhar informações com outros radioamadores (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

Como se pode notar, obter uma frequência radioamadora compreende um processo mais rápido e simples, fato este que, na visão do professor do INPE, explica a razão da grande maioria dos *cubesats* adotarem esse canal de comunicação (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

#### **1.4 – O caso do NanosatC-Br1: aspectos técnicos e parcerias**

Realizada a devida explicação acerca da classificação dos pequenos satélites sob as perspectivas consideradas relevantes, faz-se necessário agora voltar a atenção especificamente para a categoria nano, aquela que aqui nos interessa, de modo a dissecar os seus pormenores técnicos. Um nanossatélite é composto por peças miniaturizadas às análogas de porte maior também presentes nos demais tipos de satélites que lhe permitirão realizar missões para obtenção de dados científicos, de captura de imagens e de realização de experimentos. A título de fornecer uma melhor explicação convém utilizar um exemplo próximo de nossa realidade, a saber, o nanossatélite brasileiro NanosatC-Br1<sup>36</sup>: este produto da engenharia nacional<sup>37</sup> financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) no âmbito do Projeto CITAR (Circuitos Integrados Tolerantes à Radiação) assume o formato de um cubo (*cubesat*) sendo composto por painéis solares, antenas, baterias, computadores de bordo, rádio e cargas úteis destinadas à realização de experimentos (ERENO, 2014, pp. 5 e 6; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2016). No caso, um dos objetivos principais é o estudo da AMAS (Anomalia Magnética do Atlântico Sul) e seu efeito deletério sobre computadores de bordo, sistemas de GPS, de comunicação e de distribuição de energia por conta de uma falha da magnetosfera terrestre que permite à radiação chegar mais perto da

---

<sup>36</sup> Nesta parte do texto interessa usar o caso do Br-1 como um exemplo palpável para elucidar questões de ordem técnica. No capítulo II, dedicado exclusivamente ao Brasil, voltaremos a discutir o mesmo satélite para explicitar a sua origem e a filosofia por detrás de sua criação.

<sup>37</sup> O termo “engenharia nacional” diz aqui respeito não somente ao conteúdo nacional presente no satélite por meio de componentes fabricados aqui, mas também e principalmente à capacidade de organização do projeto do começo ao fim por instituições brasileiras.

superfície (ERENO, 2014, p.3). Para cumprir sua função principal, o nanossatélite brasileiro teve acoplado à sua estrutura um magnetômetro modelo XEN-1210 de fabricação holandesa.

Se, a exemplo do instrumento previamente mencionado, alguns componentes são importados ou fabricados fora do país, cabe ressaltar que partes essenciais do artefato foram concebidas em solo nacional de acordo com as necessidades do projeto. Podem ser inseridos neste rol o software contido em um FPGA<sup>38</sup> resistente à falha por radiação ionizante desenvolvido pelo Grupo de Microeletrônica do Instituto de Informática da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) a pedido do INPE com vistas a permitir o pleno funcionamento dos sistemas embarcados no pequeno satélite, assim como o circuito integrado RH-DRVTestChip-I desenvolvido pela Santa Maria Design House (SMDH), entidade ligada à UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) e à FATEC (Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência), também resistente à radiação e responsável por ser uma interface entre as cargas úteis e as funções desempenhadas. Como a própria página do INPE na internet dedicada ao projeto NanosatC-Br1 conclui: “São, portanto, dois métodos distintos de proteção à radiação ionizante para componentes que poderão futuramente ser aplicados em projetos espaciais: por projeto com aplicação em hardware e por software” (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2016a).

---

<sup>38</sup>*Field Programmable Gate Array* é uma espécie de circuito integrado que pode ser programado pelo usuário para se encaixar às suas necessidades.

**Figura 1.3 – Cargas úteis do NanosatC-Br1**



Fonte: DURÃO & SCHUCH, 2014.

As três cargas úteis que marcam presença na Figura 1.3, o magnetômetro, o FPGA PROASIC3E e o Chip da SMDH tornaram o NanosatC-Br1 apto a adquirir e analisar informações científicas em um ambiente hostil. Este fato, somado ao lançamento bem sucedido no dia 19 de junho de 2014, fez com que o dito objeto se tornasse o primeiro satélite científico do Brasil a ter funcionado e continuado – como ainda hoje, 2017, continua – em plena operação, qualificando o país ainda no que tange ao desenvolvimento de componentes resistentes à radiação presente no espaço (NANOSATC-BR1 [...], 2014). Os satélites lançados antes não são considerados científicos, pois:

O CBERS [*China-Brazil Earth ResourceSatellite*] é imagem, não é considerado dado científico e o SCD [corresponde a] dados de meio ambiente, não são científicos no sentido da ciência espacial. No sentido da astrofísica, do campo magnético, é outra classificação de satélite (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

A bem da verdade, os primeiros satélites científicos desenvolvidos no país foram o SACI-1 e o SACI-2, dentro do Programa de Satélites de Aplicação Científica ainda em fins de 1994. O desenvolvimento dos mesmos ocorreu durante todo o resto da década de 90, culminando no seu lançamento em 1999. O SACI-1 foi lançado em outubro daquele ano por

um foguete Longa Marcha 4, no mesmo voo que levou o CBERS-1 ao espaço, todavia, estima-se que um defeito no computador de bordo o tenha deixado inoperante. O SACI-2, por sua vez, foi lançado como carga útil em um teste do VLS brasileiro em dezembro do mesmo ano, contudo, com o fracasso desta operação e consequente destruição do foguete, o conteúdo também se perdeu (COSTA FILHO; FURTADO, 2002, p. 322; FALCÃO, 2009).

Apesar do fracasso, as lições da experiência com os SACI foram positivas, visto que demonstraram a capacidade do INPE de atrair e firmar parcerias com a iniciativa privada (componentes) e com universidades públicas (experimentos). Ambos os dois satélites podem ser considerados precursores da onda de satélites brasileiros miniaturizados que ora testemunhamos, visto que se enquadravam na categoria micro (os SACI-1 e 2 pesavam, respectivamente, 60kg e 80kg) ainda que à época não existisse a padronização cúbica, criada justamente nestes anos de transição do século XX para o XXI, com a qual trabalharemos mais adiante. Da mesma forma, no que tange aos estudos que visavam encabeçar, é possível perceber que o NanosatC-Br1 é uma espécie de sucessor espiritual desses satélites mais antigos, visto que assim como eles, possui carga útil embarcada para estudar o campo magnético da Terra (COSTA FILHO; FURTADO, 2002, pp. 322, 326 e 327; FALCÃO, 2009).

A questão da radiação anteriormente citada, por sua vez, não é de modo algum um problema gratuito e de fácil resolução, tendo direta relação com a longevidade do artefato. O professor do INPE, mais uma vez, esclarece:

[Determinar] tempo de vida é difícil, pois não usa equipamento contra radiação, o custo é muito alto. Qualificar a bateria, passar por testes de radiação encarece muito. Não é problemático, pois componentes de hoje são eficientes, guardam mais energia, são menores, mais leves, com processamento maior e resistem, mas não podemos prever de onde virá [a radiação] no espaço, é aleatório, ficamos amarrados. [...] tivemos problema [com NanosatC-Br1] que achamos ser por causa da radiação: a bateria não carrega mais, quer dizer, não retém mais carga, não transmite em eclipse, temos que recarregar sempre<sup>39</sup>. Nós

---

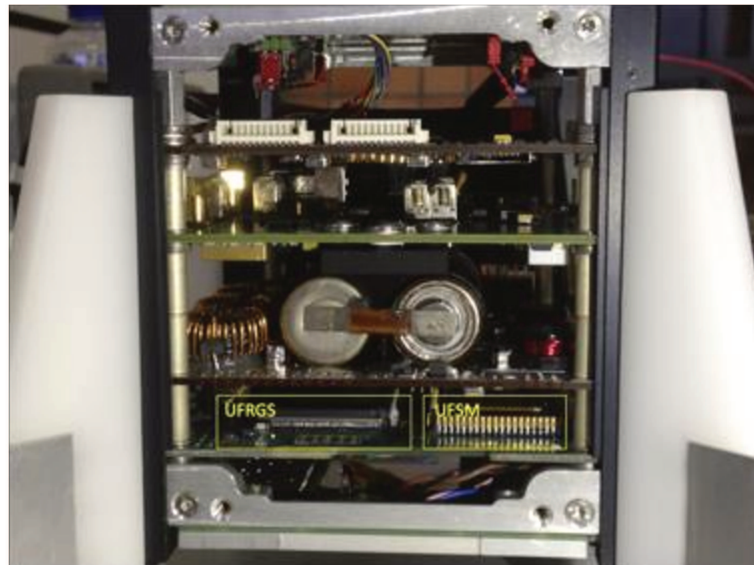
<sup>39</sup> De acordo com a professora da UnB, os tipos de bateria variam conforme a missão. Missões curtas não usam baterias recarregáveis, missões mais longas (como a do Br-1, em órbita desde junho de 2014) usam baterias que recarregam por meio de painéis solares. Quando o satélite não logra receber os raios do sol entra em ação a bateria, que funcionará enquanto durar o eclipse. Pela afirmação do professor do INPE o problema do Br-1 é o de justamente não poder mais utilizar sua bateria em momentos de ausência de luminosidade. Para além desta questão é preciso entender, de acordo, novamente, com as palavras da professora, que: “[...] a vida operativa do satélite vai ser determinada no tipo de bateria que você escolhe [...] as mais utilizadas são as de polímero de lítio ou íon lítio [...]. Essas são as que têm maior densidade de potência com menor peso”. Cf. ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016; ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016.

achamos que foi devido a uma tempestade magnética (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Esta experiência poderá, sem sombra de dúvida, ser replicada e aprimorada no NanosatC-Br2, o qual, por sua vez, terá o dobro de massa (2 kg) e carregará o dobro de experimentos frutos de uma rede de parcerias mais sofisticada do que a anterior (participação com experimentos a UFABC, a UFMG, novamente a UFSM e a UFRGS, e a AMSAT-BR) (EQUIPE [...], 2016; SUCESSO [...], 2014).

A montagem final do NanosatC-Br1 é esta que segue com as figuras abaixo:

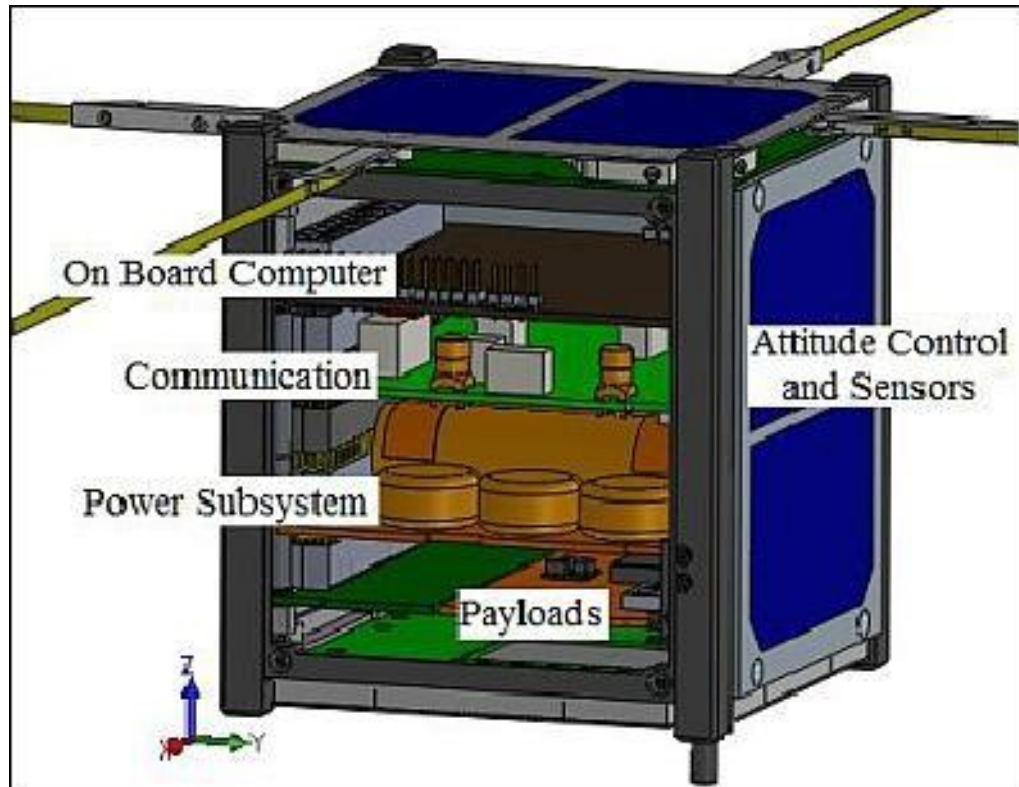
**Figura 1.4 – Visão lateral do NanosatC-Br1**



Fonte: KASTENSMIDT, s/d.



Figura 1.5 – Componentes do NanosatC-Br1<sup>40</sup>



Fonte: NANOSATC-BR1, 2015.

É interessante colocar em foco a parceria do INPE com essas duas instituições federais de ensino<sup>41</sup>, salientando a participação de alunos de Santa Maria pertencentes ao Programa de Iniciação Científica, Tecnológica e de Inovação do CNPq<sup>42</sup>/MCTI<sup>43</sup> e da DSAD/AEB-LSITEC<sup>44</sup> na construção do Br-1, muitos deles bolsistas pelo INPE/MCTI ou pela própria

<sup>40</sup> No intuito de aplicar a este caso específico os temas já discutidos tem-se que o satélite em questão faz uso de frequências amadoras nas bandas UHF/VHF, utilizando ainda uma banda S. Outro aspecto que chama a atenção reside no fato de ter sido lançado com outros 36 satélites, fato que à época constituiu recorde de cargas transportadas em um só voo. Em 15 de fevereiro de 2017, todavia, tal feito foi superado pela *Indian Space Research Organization (ISRO)*, a agência espacial indiana, que logrou de uma só vez colocar em órbita 104 satélites, a grande maioria deles de proporções diminutas. Cf. NANOSATC-BR1, 2015; ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016; SAFI, 2017.

<sup>41</sup> Ainda que, a exemplo do que pode ser constatado por meio da leitura do capítulo II, as parcerias estabelecidas pelo INPE com diversas universidades brasileiras não sejam fenômeno recente.

<sup>42</sup> Fundado em 1951 como Conselho Nacional de Pesquisas (Lei 1.310, de 15/01/1951), nome substituído em 1974 por Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, o CNPq foi até 1985, data da criação do Ministério da Ciência e Tecnologia (a partir de agosto de 2011, MCTI e, após a fusão com a pasta das Comunicações, em maio de 2016, MCTIC), o órgão principal no desenho e coordenação da política de ciência e tecnologia do Brasil. Inicialmente concebido para inserir o país no ramo da energia atômica, o CNPq posteriormente passou a contemplar o financiamento de pesquisas em diversas áreas. Cf. ALBUQUERQUE, 2007.

<sup>43</sup> Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Após a fusão com o Ministério das Comunicações, em maio de 2016, MCTIC.

<sup>44</sup> Diretoria de Satélites, Aplicação e Desenvolvimento da Agência Espacial Brasileira e o Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico.

UFSM. Pode-se afirmar que este fato demonstra a perfeita concordância do projeto com a finalidade educacional prevista de formação de quadros acadêmicos voltados para a engenharia aeroespacial (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2016a).

Uma pergunta essencial permanece: como foram firmadas as parcerias acima descritas? Quais as razões que levaram à escolha destes parceiros e não de outros?

Questionado a respeito deste exato ponto o professor do INPE forneceu a seguinte resposta comparando os projetos do SERPENS e do Br-1:

São duas coisas diferentes. O SERPENS foi a AEB<sup>45</sup> [Agência Espacial Brasileira] que identificou sete parceiros para participar: Universidade do ABC, de Santa Catarina, entre outras. Ela faz um revezamento de quem coordena cada projeto. No primeiro [SERPENS-1] foi a UnB por conta da professora Chantal Cappelletti. Para o SERPENS-2 é a UFSC porque já estão fazendo. É uma escolha da AEB ligada a universidades que já tenham engenharia espacial desenvolvida. A nossa [NanosatC-Br1] foram os alunos que entraram na internet e depois fizemos a licitação do fornecedor da plataforma. Ganhou a ISIS<sup>46</sup>. Quando anunciamos e souberam da possibilidade de testar o FPGA no espaço, que era o que queríamos, chegou a UFRGS. [Agora] outras universidades viram que funciona e querem por seus experimentos. [...]. Nesse sentido fomos bem sucedidos na missão: comprovamos que a tecnologia funciona, que vale a pena e é confiável (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

O diretor da DSAD<sup>47</sup>, entrevistado para a realização deste trabalho, salienta que o SERPENS é o programa da Agência Espacial Brasileira para pequenos satélites (algo já dito pelo professor do INPE, mesmo que não tão claramente) e que a mesma não ingere em outras iniciativas dessa natureza, salvo para auxiliar em questões pontuais, como, por exemplo, a contratação do lançamento. Sobre a forma de organização das parcerias e o próprio *modus operandi* da agência para alocar os atores em suas respectivas tarefas o referido diretor esclarece:

---

<sup>45</sup> Maiores explicações serão fornecidas sobre a AEB ao longo deste trabalho.

<sup>46</sup> *Innovative Solutions In Space*. É uma das mais importantes empresas desenvolvedoras de *cubesats* do mundo. Foi fundada em janeiro de 2006 como *spin-off* de um projeto de nanosatélite realizado na *Delft University of Technology*, na Holanda. Cf. INNOVATIVE SOLUTIONS IN SPACE, 2016.

<sup>47</sup> Engenheiro mecânico, mestre pelo IME/RJ em propulsão aeroespacial, doutor pela USP/*Brigham Young University/Technical Research Centre of Finland*, tendo realizado também pós-doutorado no Laboratório de Combustão e Propulsão do INPE. É professor adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica da UnB e diretor de Satélites, Aplicações e Desenvolvimento (DSAD) da AEB. Dados retirados do Currículo Lattes referente. Também cf. ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016. Entrevista realizada no dia 28/11/2016 via Skype.

[...] a UnB recebeu um desafio e ela o concluiu: fez o satélite e este operou. Então a UnB poderia dizer: “eu quero ficar fazendo satélite”. Nós falamos: “não, nós vamos trabalhar na forma de consórcio e em rodízio, então vocês do consórcio se reúnem e dizem qual universidade vocês acham que está melhor preparada para coordenar o SERPENS-2”. Todo mundo foi unânime que era a [Universidade] Federal de Santa Catarina. [...] O que nós queremos é qualificar a mão de obra para que essa mão de obra atue na indústria, atue nos institutos de pesquisa etc. Ou seja, esse contingente se deslocar para o INPE, se deslocar para o próprio IAE, para a indústria, senão nós não estamos qualificando recursos humanos, nós estamos criando uma estrutura numa instituição para fazer uma coisa específica. Se a AEB tivesse recursos sobrando ela poderia fazer isso, mas como ela não tem, ela usa essa lógica do programa SERPENS (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Sobre o método segundo o qual as parcerias são selecionadas é interessante notar dois pontos em particular. O primeiro deles diz respeito à presença de universidades em iniciativas de construção de pequenos satélites que não pertencem necessariamente ao eixo sul-sudeste, não sendo as mais conhecidas e reverenciadas do país, tal como se a tecnologia do pequeno satélite ainda fosse algo periférico, cujo potencial, aparentemente, passa despercebido por uma parcela não negligenciável dos grandes centros produtores de ciência e tecnologia do Brasil.

A visão do diretor da DSAD e do outro membro da AEB também entrevistado<sup>48</sup>, contudo, fornece novas nuances para essa questão, indo na contramão da primeira impressão que podemos ter ao olhar o cenário descrito no parágrafo anterior<sup>49</sup>. O funcionário da agência, por exemplo, pondera:

Quando você falou: “os cursos não estão concentrados no sul-sudeste”, isso é na realidade bem natural [...]. Os cursos de engenharia espacial brasileiros não foram fomentados pela agência espacial ou fomentados de uma maneira centralizada. Eles surgiram a partir de grupos de pesquisa que já trabalhavam nessa área e eventualmente eles se tornaram cursos de graduação e pós-graduação. Isso é mais uma mostra daquilo que eu falei: o custo para você estabelecer alguma coisa na área de nanosatélites e *cubesats* é pequeno, tão pequeno, que uma universidade brasileira consegue fazer isso mesmo fora do ambiente mundial espacial, por exemplo, tem a UnB, a UFMG. [...]. É

---

<sup>48</sup> Engenheiro mecânico e mestre em Ciências Mecânicas pela UnB. Durante o mestrado também estudou na Ucrânia e teve passagem pela *Thales Alenia Space*, empresa franco-italiana do ramo aeroespacial. Foi participante do programa SERPENS. Dados retirados do Currículo Lattes referente. Também cf. ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016. Entrevista realizada em 28/11/2016 via Skype.

<sup>49</sup> Ainda que não necessariamente cancelando-a por inteiro.

diferente, por exemplo, de um núcleo de satélites maiores ou de algum tipo de aplicação astronáutica em que você precisa de uma grande infraestrutura laboratorial para sequer começar este tipo de pesquisa, que é o que, por exemplo, o INPE faz. Isso é mais uma mostra de como esse ambiente é diferenciado do espaço tradicional (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

O diretor acrescenta que tal descentralização é, a seu ver, positiva para o país, pois cria focos de excelência acadêmica e profissional em diferentes áreas, haja visto que cada universidade – e as respectivas empresas no seu entorno – podem se especializar em aspectos técnicos distintos a depender do direcionamento que conferem para suas pesquisas (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Isso tudo nos leva ao segundo ponto: a justificativa para a seleção das parcerias está basicamente fundamentada no argumento de que as instituições de ensino escolhidas (todas elas públicas), o são por já contarem com cursos de engenharia espacial dando, a princípio, a impressão de que a postura adotada pela Agência Espacial Brasileira é marcada por uma passividade em relação ao quadro atual. A escolha daqueles que já tenham estrutura montada é pragmática sem dúvida, contudo, ao longo das entrevistas, em nenhum momento a professora da UnB e o professor do INPE mencionaram a intenção da AEB em aumentar o rol de parceiros por meio do incentivo a que outras universidades também possuíssem seus cursos de engenharia espacial.

A possibilidade de aumento do rol de instituições de ensino superior que ofereçam tal área de estudo é contemplada pelo diretor de um outro ponto de vista. Para ele deve-se antes de tudo observar o mercado existente no Brasil capaz de absorver essa mão de obra. Ao fazer isso chegar-se-á à conclusão de que o mesmo é exíguo: as oportunidades de emprego ocorrem essencialmente no INPE, no IAE (após concurso, algo cada vez menos recorrente de acordo com o mesmo) e em algumas pequenas empresas, não havendo ainda número considerável de empresas sólidas no ramo espacial, muito menos no de pequenos satélites, capazes de empregarem grandes quadros.

Para o diretor da DSAD, portanto, as universidades e os cursos atualmente oferecidos são, em termos quantitativos, mais do que adequados para um setor que, sob o prisma do que ele denomina de *business*, é bem modesto (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016). A bem da verdade, este problema calcado num potencial excesso de oferta de profissionais da área já havia sido pontuado também pelo professor do INPE, que alertava, dentro da sua linha de raciocínio, sobre a necessidade da AEB voltar-se não apenas para a

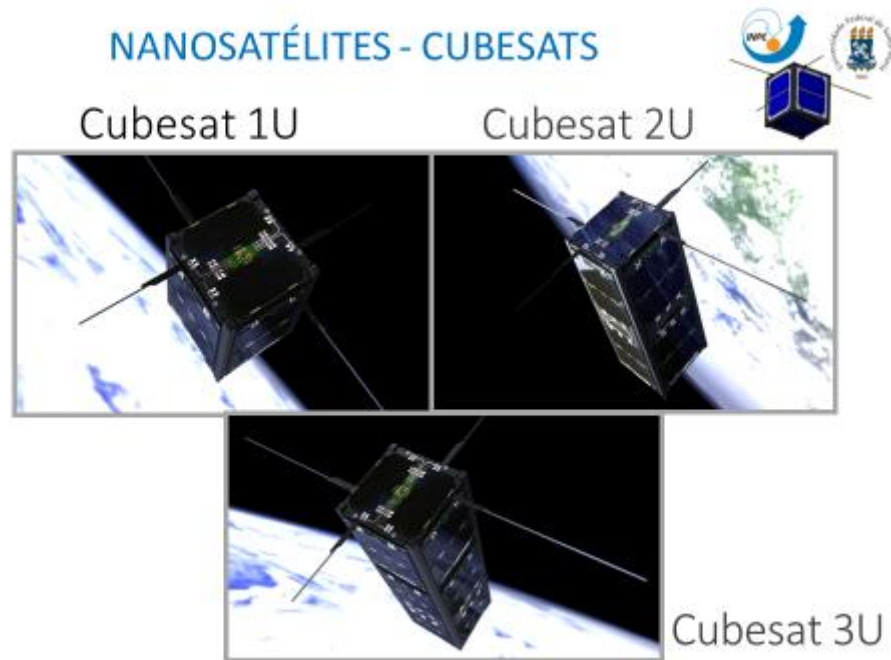
formação acadêmica, mas para a parte industrial e de P&D, no que parece convergir com a preocupação externada pelos funcionários da agência entrevistados (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Destarte, o contexto nacional aponta para a necessidade não de ampliar, em termos numéricos, os cursos e os alunos que os frequentam, mas sim construir capacidades para que estes sejam ainda melhor aproveitados nos institutos e que possam, eventualmente, se direcionar à indústria. Se e quando o mercado brasileiro der sinais de que caminha para superar as diminutas dimensões com as quais hoje o encontramos, será então o momento de ampliar a rede de ensino em termos absolutos.

### **1.5 – O advento do modelo *cubesat***

O próximo passo é realizar uma digressão acerca das plataformas satelitais que permitem um tipo de interação mais fluida entre os alunos e a prática de planejar e produzir satélites de menor porte. Foi justamente para permitir que estudantes tivessem maior contato com o objeto de estudo durante o curto período da pós-graduação que se criou, em fins da década de 1990, o design do *cubesat*. De acordo com um de seus criadores, o professor Jordi Puig-Suari, da *California Polytechnic State University* (CalPoly), “Satélites educacionais não estavam executando seus propósitos suficientemente bem. Eles eram muito complexos, muito grandes e tínhamos que mudar isso” (STEPHENSON, 2010, tradução nossa). Para tanto, em conjunto com o professor Robert Twiggs, da *Stanford University*, foi concebida a plataforma *cubesat*, que consistia essencialmente em um satélite miniaturizado com área de  $10\text{ cm}^3$  e peso de até 1 kg. No jargão da engenharia espacial atribui-se a denominação “U” às medidas cúbicas (largura, altura e comprimento), desta forma, um pequeno satélite com 10 cm de cada uma dessas dimensões passa a se chamar 1U, ou seja, um cubo. Conforme são agregados mais cubos para formar determinado artefato a nomenclatura se altera para 2U, 3U, 4U e assim por diante. A figura 1.6 torna a explicação mais didática:

**Figura 1.6 – Modelos de *Cubesats***



Fonte: Apresentação LUNUS - ALPHA - AGO 2013

Fonte: DURÃO & SCHUCH, 2014.

Um fato extremamente relevante dentro da historiografia dos *cubesats* é o de que o modelo desenvolvido pelos pesquisadores norte-americanos, de acordo com o professor do INPE, jamais chegou a ser patenteado, o que reforçou ainda mais a sua posterior ubiquidade (a qual, por sua vez, frustrou definitivamente quaisquer tentativas de patenteamento dado o uso comum difundido). Sobre este ponto a professora da UnB (que no decorrer da entrevista revelou ser aluna do professor Twiggs) esclarece:

Não, não foi patenteado. O satélite *cubesat* foi inventado pelo professor Twiggs, foi inventado na universidade e tem uma filosofia de vida, que alguns aprovam e outros não, que é conectada com a pesquisa. Se você vai fazer uma patente é como se você estivesse limitando a possibilidade de que aquele projeto seja desenvolvido no mundo. Por alguns anos você não pode comunicar o que está fazendo, nem outra pessoa pode trabalhar nisso. O professor Twiggs [...] não quer patentear nada, porque quer que aquela ideia inicial dele possa ser adotada por outra pessoa para melhorar. Isso significa que pessoas podem roubá-la, mas que outras pessoas podem trabalhar nisso e melhorar em tempo mais curto (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

Aos componentes desenvolvidos para integrarem missões específicas, entretanto, não se aplica a mesma lógica:

Qualquer produto que você desenvolva para um *cubesat* e que não exista é patenteado. Por exemplo, para o primeiro satélite nós contratamos uma empresa de ex-alunos do INPE – que é outra coisa boa que tem acontecido aqui: eles formam estas empresas – para fazer o software de solo do Br-1 e este software está sendo patenteado, *copyright* do INPE com a empresa, que tem algumas coisas novas. Esta mesma empresa, agora para o Br-2, está desenvolvendo além do software de solo, o software de voo também. Agora já têm três funcionários, antes eram dois, todos ex-alunos do INPE da pós-graduação (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Mostrando a sua inclinação para a tese do emprego de pequenos satélites cúbicos para fins educacionais e de pesquisa, a professora da UnB, todavia, faz a seguinte ressalva:

Também não tem sistema de patente típico para *cube* e pequenos satélites. Você precisa adotar o sistema do país que você mora. [...]. Tem patentes internacionais que não são comprovadas ou aprovadas por todos. Por exemplo: se você faz uma patente internacional alguém da China pode copiar sem problema. Elas podem não ser respeitadas. Não há sentido em fazer isso. Por que gastar tempo em patentear se ninguém vai respeitar depois? Normalmente o que se faz é publicar e na publicação você demonstra que você foi o primeiro a fazer esse projeto. [...]. O que é um pesquisador universitário? Alguém que precisa emitir patentes ou alguém que quer contribuir a uma pesquisa internacional? E se você quer contribuir numa pesquisa internacional você não pode privar o outro de fazer a mesma pesquisa, porque o outro pode ter mais conhecimento do que você (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

As contradições entre ambos os entrevistados saltam aos olhos: enquanto o professor do INPE salienta que Twiggs perdeu uma oportunidade de ganhar dinheiro com uma invenção que, posteriormente, assumiu um caráter universal, a professora da UnB, adotando uma perspectiva evolucionária da ciência e da tecnologia que encontramos na economia da inovação, refuta a instituição da patente. O interesse do pesquisador em desenvolver a sua criação foi, ao que parece, superior à vontade de cristalizar o avanço por meio de uma relação de posse que, em contrapartida, teria lhe garantido dividendos de grande vulto.

O quanto da difusão do modelo cúbico deve-se à não existência de uma patente constitui uma questão elusiva, mas interessante e que merece o mínimo de nossa

consideração. Uma tecnologia que nasce com o intuito de facilitar o acesso a um setor até então distante dos olhos dos próprios estudantes e inacessível para países inteiros seria ela própria um *locus* de contradição se fosse feita a opção pelo patenteamento. Ademais, esta mesma tecnologia barata e dotada de componentes facilmente encontrados só possui tais características e, por conseguinte, talvez só tenha se difundido da forma como o fez, por conta da escolha realizada por Twiggs e Suari.

Independente da natureza da missão a ser executada e, por conseguinte, dos diferentes componentes que integrarão a plataforma, é importante notar que o padrão de disposição das peças e *payloads* empregado é o mesmo na maioria absoluta dos casos. Este padrão é conhecido como PC-104<sup>50</sup> e consiste, tal como pode ser testemunhado nas figuras anteriores que retratam o NanosatC-Br1, na disposição paralela de placas dentro da mesma estrutura separadas umas das outras pela distância de 0,6 polegadas (algo em torno de 1,52 cm) (PC/104 CONSORTIUM, s/d). Uma informação chama a atenção no site do Consórcio PC/104, pois de acordo com o mesmo:

Graças à virtude do PC/104, companhias embutindo tecnologia de PC [computador pessoal] em aplicações de espaço limitado podem agora se beneficiar de uma arquitetura completa de sistema padronizado com uma grande variedade de suporte por parte de múltiplos vendedores (PC/104 CONSORTIUM, s/d, tradução nossa).

Quando faz menção ao suporte variado de que dispõe o PC/104, o texto está de fato se referindo à íntima relação entre o referido padrão e os já mencionados componentes de prateleira (COTS), cuja disponibilidade ajuda a explicar o sucesso e a rápida difusão do primeiro. Se os satélites de maior porte, dotados de orçamentos muito maiores, empregam tecnologias as mais sensíveis e complexas (as chamadas *Complex Products and Services*, ou somente COPS), tem-se que o panorama da construção de pequenos satélites contempla componentes mais simples que realizam de forma similar, ainda que em menor magnitude, aquilo que se observa em satélites de mais de 100 kg. Dentro do âmbito dos *cubesats*, tanto os COTS como o PC/104 figuram como aspectos essenciais a terem permitido a viabilidade da iniciativa de Twiggs e Puig-Suari.

---

<sup>50</sup> Também conhecido em inglês como “*stack*” (pilha), este padrão começou a ser utilizado em 1987 sendo formalizado em 1992 pelo Consórcio PC-104, uma instituição que difunde informações correlatas e que consiste em um fórum para todos os que usam o referido modelo. Em artigo publicado em dezembro de 2015, Stephen Amant, presidente do Consórcio, argumenta que as aplicações para o PC-104 são as mais diversas (segurança, jogos, transporte, dentre outros), assim como os locais onde podem ser encontradas (“do fundo do mar ao espaço e em tudo entre eles”, tradução nossa). Cf. AMANT, 2015; PC/104 CONSORTIUM, s/d.



Crucial salientar, no entanto, que em nenhum momento deve-se relacionar a existência e o emprego de COTS em projetos de pequenos satélites com uma redução eventual da pesquisa e do desenvolvimento científico presente nestas máquinas miniaturizadas. Incurrer neste erro seria comprar em certa medida o discurso, que mais à frente discutiremos, daqueles que se opuseram à criação dos dois pesquisadores norte-americanos por considerarem a mesma um brinquedo sem importância. Importante ainda ter em mente que os COTS não se encontram estáticos no universo do desenvolvimento científico e tecnológico: também eles são alvos de melhoras sucessivas que, como já demonstrado anteriormente, lhes conferem maiores capacidades e maior confiabilidade.

A despeito da discussão supra uma dúvida permanece: qual terá sido a trajetória percorrida até a criação da plataforma cúbica? A inspiração necessária para se chegar a este resultado veio quando Twiggs, após participar do projeto OPAL<sup>51</sup> (*Orbiting Picosatellite Automated Launcher*) entre 1995 e 2000, procurava em uma loja de plásticos equipamentos que poderiam ajudá-lo a aprimorar as suas criações no intuito de dotá-las de um maior número de painéis solares. Lá ele se deparou com as chamadas *Beanie Baby Boxes*, recipientes cúbicos de poliestireno nos quais eram guardadas as bonecas de mesmo nome. A partir desta descoberta, Twiggs tinha em mãos o modelo ideal para realizar as mudanças que considerara necessárias ao analisar os pontos fracos do OPAL: o tempo de duração demasiado longo e os custos de lançamento. Para o cientista a solução passaria pela redução do volume do satélite, o que limitaria o número de experimentos por objeto, reduzindo a sua massa e permitindo assim projetos mais rápidos e baratos. O formato cúbico, em suma, resolvia o problema vislumbrado pelo próprio Twiggs: “até quanto podemos reduzir o tamanho e ainda ter um satélite funcional?” (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.157, tradução nossa).

Neste ponto é necessário realizar uma digressão: o predomínio do modelo cúbico não se fez em detrimento de alguma outra forma de miniaturização de satélites. A origem do *cubesat*, como é possível notar, reside no interesse de indivíduos em aprimorar as condições de trabalho com satélites menores. Não houve aqui projetos rivais disputando o mesmo objetivo, ainda que seja razoável afirmar que os pequenos satélites neste novo modelo tenham sacudido a comunidade científica nos primeiros momentos, como veremos mais adiante.

---

<sup>51</sup> O projeto OPAL, como o nome já permite inferir, consistiu em uma plataforma de lançamento para pequenos satélites colocada em órbita em 27 de janeiro de 2000 por intermédio de um foguete da classe Minotauro juntamente com outros dois *microsats* experimentais e um *nanosat*. No dia 6 de fevereiro do mesmo ano o OPAL liberou com sucesso a sua carga, que consistia em seis *picosats*: três da *Santa Clara University* (JAK, Thelma e Louise), um amador (*Stensat*) e mais dois da DARPA/*The Aerospace Corporation*. Para maiores informações cf. HELVAJIAN; JANSON, 2008, pp. 65 e 156.

Em contraposição a este cenário inaugural de desconfiança tem-se outro ponto crucial que não se deve perder de vista: todos os tipos de satélites possuem seu espaço, ou seja, nenhuma categoria anula a importância da outra dentro das condições até então estudadas. O que acontece, isso sim, é o avanço da tecnologia presente nos componentes empregados permitir que os respectivos artefatos tenham desempenho aprimorado e logrem realizar tarefas para as quais até então não estavam aptos. Mesmo neste caso, contudo, continuarão a existir diferenças técnicas entre satélites grandes e pequenos que serão determinantes para que cada tipo tenha papéis distintos, ainda que igualmente importantes. Exatamente por esta razão é preciso encarar as distintas trajetórias tecnológicas como complementares, imbuídas de possibilidades que podem e devem ser exploradas por todos os que assim quiserem, e não como mutuamente excludentes. A adoção de pequenos satélites, por exemplo, não deve significar o abandono de projetos maiores por parte daqueles que logram concebê-los e colocá-los em prática, ou por parte daqueles que realizam o esforço necessário para se equipararem aos grandes atores presentes neste setor.

De posse de um novo padrão (que com o tempo, mesmo sem a intenção de seus criadores, tornar-se-ia universal, capaz de ser empregado em qualquer canto do globo) era necessário agora desenvolver um lançador adequado. Esta tarefa foi realizada com êxito em 2003 por Puig-Suari e sua equipe da CalPoly, ao desenvolverem o P-POD (*Poly Picosat Orbiting Deployer*). O P-POD, tendo alguns aspectos do OPAL como inspiração, consistia basicamente de um condutor alongado no qual seriam armazenados os satélites, separados um do outro por espaçadores acoplados às quinas para evitar contato entre as cargas. No momento do lançamento uma mola localizada no fundo empurraria os *payloads* ao longo de um trilho em direção à porta, a qual se abriria completando o processo (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.159). Com as dimensões variantes dos pequenos satélites (os “Us” previamente mencionados) foi apenas uma questão de adaptar este modelo de lançador para as respectivas características de cada artefato. Sobre isso Twiggs comenta:

Nós concordamos [ele e Suari] que um padrão de picossatélite e de lançador para ser usado por várias universidades poderia permitir o lançamento de um maior número de *picosats* de uma vez por vários tubos. Se a CalPoly conseguisse efetuar a integração do lançador de *cubesats* com o veículo, então seria possível ter lançamentos acessíveis (menos de US\$ 50.000,00) para programas universitários (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.159, tradução nossa).

A despeito de uma acolhida nada calorosa por parte da comunidade científica envolvida com o setor aeroespacial, os *cubesats* e o P-POD tiveram a chance de demonstrar o seu potencial técnico no mesmo ano de 2003, quando o primeiro exemplar foi lançado com sucesso por um foguete Dnper (um míssil balístico intercontinental da antiga União Soviética convertido em veículo lançador após o final da Guerra Fria). Rompida a barreira do ceticismo, responsável até então por acusações de que a nova categoria seria apenas um brinquedo que pouco contribuiria para a epopeia humana no espaço, os pequenos satélites cúbicos tornaram-se a menina dos olhos de universidades e empresas interessadas em lançar os seus próprios programas (DEEPAK; TWIGGS, 2012, p. 4 e 5).

[...] tudo que é novo, você tem que vencer resistência, provar que funciona. Conosco não foi diferente: aqui dentro do INPE tinha muita gente que não acreditava [nos *cubesats*], que achava que era só um brinquedo. A própria AEB não colocava fé. Mas depois não puderam negar a realidade. Isso não foi só aqui no Brasil, isso foi no mundo todo. Este tipo de satélite é um xeque nas grandes empresas, acostumadas a trabalhar com satélites gigantes; para o DoD<sup>52</sup>, com orçamentos gigantes, estrutura enorme, custos fixos enormes. Então chega um satelitezinho [*sic*] com o qual você obtém muita coisa... Foi como a IBM quando lançaram o microcomputador: ficaram de orelha em pé. E não só as empresas, as agências de todo mundo, com normas e procedimentos, relações e contratos com empresas: eram tudo para outro tipo de satélite. Quando surgiu um satélite desse tamanho muita gente não gostou, pois [o modelo] já estava estabelecido e tirou da zona de conforto. Mas hoje, por exemplo, a NASA e a ESA<sup>53</sup>, e a própria AEB, todas elas, trabalham muito com *nanosats*. A resistência natural houve, mas depois diminuiu muito. De novo, não dá para fazer tudo com esses satélites: tem limitações físicas, de energia, tamanho do painel, mas não só pode fazer muito, como fazer que auxiliem em missões, tal como essa de Marte<sup>54</sup>. Mesmo que não substitua é uma ferramenta adicional que existe (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

<sup>52</sup> Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

<sup>53</sup> Agência Espacial Europeia.

<sup>54</sup> Prevista para ser lançada em março de 2016 da *Vanderberg Air Force Base*, na Califórnia, e com data de chegada ao Planeta Vermelho em fins de setembro do mesmo ano. O objetivo da missão era fazer chegar em Marte, sem escalas, um veículo (*lander*) chamado InSight (*Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport*), cuja missão principal seria estudar a estrutura do referido planeta. A transmissão dos dados para a Terra ficaria ao encargo do MarCO (*Mars Cube One*), dois *cubesats* 6U (microssatélite), um principal e outro reserva, os quais se tornariam os primeiros de sua categoria a participarem de uma missão interplanetária. Entretanto, problemas com um dos componentes do InSight, um sismômetro francês, fez com que se perdesse a janela de lançamento (que só ocorre a cada 26 meses, quando ambos os planetas estão a uma distância ideal que permite a execução de um lançamento direto). O futuro da missão permanece incerto, dado o fato de que o lançamento somente poderá ser feito no começo de maio de 2018 e, até lá, representará um gasto adicional de US\$ 150 milhões em um projeto que desde o seu início, em 2012, já gastou mais de meio bilhão de dólares. Para maiores informações cf. BROWN; WEBSTER, 2015; CLARK, 2016.

A professora da UnB complementa de forma ainda mais incisiva ao ser questionada sobre os atores contrários ao novo modelo:

O primeiro que não gostou foi a NASA. Porque no começo toda a comunidade, os grandes atores, agências, acharam que era brincadeira para estudantes, nada mais. Não queriam que este tipo de sistema substituísse o sistema velho deles. Em particular o professor Twiggs teve diferentes tipos de problemas com o *cubesat* no começo porque ninguém achava que este tipo de padrão ia ter as aplicações que agora tem. Fizeram obstrução. Mas são coisas que aconteceram em todo projeto de satélite universitário, porque a ideia é que a universidade, os estudantes, os jovens engenheiros, não têm capacidade para fazer satélites, para fazer algo que pode funcionar no espaço, essa era a mentalidade de diferentes instituições. Primeiro a NASA, que bloqueou diferentes projetos. Mas projetos como OPAL, do professor Twiggs, ou o Unisat, do professor Graziani<sup>55</sup>, e o satélite do professor Nakasuka<sup>56</sup> mostraram que os estudantes podem fazer satélites e têm capacidades escondidas, que podem ser ajudadas por esse tipo de projeto, que a gente chama de *Lesson Education*: mostrar para o estudante como fazer um satélite fazendo o satélite na universidade. Foi assim que nasceram empresas como, por exemplo, *Surrey*, que agora é uma das empresas líderes em microssatélites e que começou na Universidade de Surrey, ou todo o projeto japonês de pequenos satélites, o projeto italiano do Unisat e todos os *cubestats* com o professor Twiggs (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

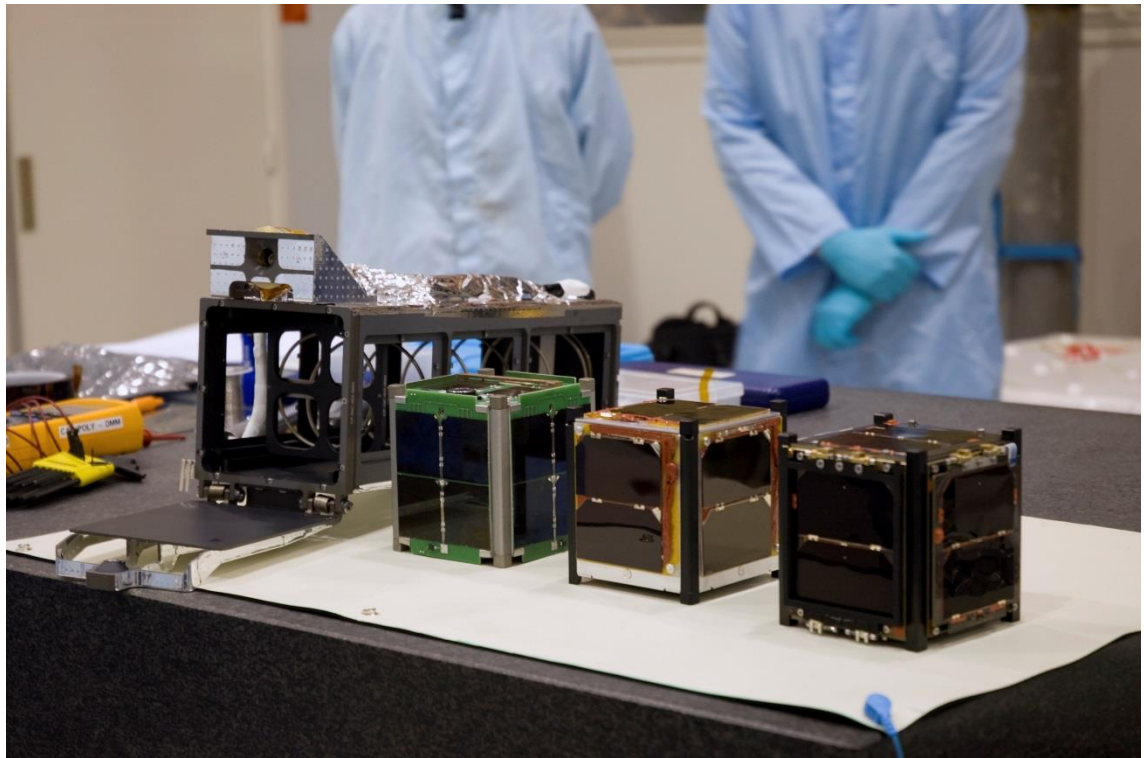
Micro, nano e picosatélites são passíveis de serem produzidos no formato cúbico e, uma vez que este mesmo modelo se difundiu mundialmente, não é raro que se confundam as categorias com a plataforma. Para entender melhor o potencial fornecido pela obra de Twiggs e Suari e cancelar o que já foi afirmado anteriormente cabe a citação: “Três cubesats totalmente autônomos podem ser configurados juntos para formar um nanosat não maior do que um pão” (STEPHENSON, 2010, tradução nossa). A figura 1.7 torna mais clara a explicação dada até aqui.

---

<sup>55</sup> Giorgio Graziani (1957) é professor da Universidade de Roma “La Sapienza” no Departamento de Engenharia Mecânica e Aeroespacial. Cf. SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA, s/d.

<sup>56</sup> Nakasuka Shinichi (1961) é professor do Departamento de Aeronáutica e Astronáutica da Escola de Engenharia da Universidade de Tóquio, onde trabalha no ISSL (sigla em inglês para Laboratório de Sistemas Espaciais Inteligentes). Cf. INTELLIGENT SPACE SYSTEMS LABORATORY, s/d.

**Figura 1.7 – Teste de integração de um mecanismo P-POD feito pela ESA**



Fonte: FIRST P-POD [...], 2012.

A flexibilidade dos pequenos satélites, todavia, não está ligada apenas aos artefatos maiores que podem ser formados a partir de peças menores, mas também aos componentes de prateleira já citados, os quais podem ser facilmente encontrados ou produzidos pelos próprios atores envolvidos resultando em avanços científicos simultaneamente ao desenvolvimento de um tipo de indústria especializada<sup>57</sup> (DEEPAK; TWIGGS, 2012, p.5). Como ferramenta educacional é possível desde cedo envolver alunos em projetos que possam despertar sua curiosidade e convencê-los a seguir carreira no setor aeroespacial – ao que parece sempre carente de novas mentes – assim como retirar o ensino das ciências exatas nas escolas da

<sup>57</sup> Com isso queremos dizer uma indústria que, como apontam Deepak e Twigg, “surgiu ao redor do modelo cubesat” (DEEPAK & TWIGGS, 2012, p.5, tradução nossa), tendo prosperado significativamente nos últimos anos: Pumpkin (EUA), Clyde (Escócia), Satellogic (Argentina), ISIS (Holanda), dentre outras. Representada no Brasil pela Lunus Aeroespacial, cuja sede é em Alcântara (MA), onde presta serviços de engenharia para o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), a ISIS é a responsável por vender diversas plataformas cúbicas (“caixinhas” como aquelas mostradas na Figura 1.7) e outros componentes para projetos a exemplo dos NanosatC-Br1/Br2 e CONASAT (FALCÃO, 2013; MILESKI, 2014). O Grupo Lunus, no qual está integrada a Lunus Aeroespacial, havia, em 2013, manifestado interesse em formar uma outra empresa, a ARION, cuja principal missão seria nacionalizar os conteúdos tecnológicos empregados em *cubesats* de modo a diminuir a dependência brasileira de peças estrangeiras (FALCÃO, 2013). Após esta nota inicial, e já passados mais de três anos desde o fato em questão, nenhuma informação adicional sobre a hipotética empresa pode ser encontrada. No capítulo III discutir-se-á mais adequadamente a questão da participação da iniciativa privada na construção de pequenos satélites.

estagnação (DEEPAK; TWIGGS, 2012, p.6; STEPHENSON, 2010). Para Twiggs, envolvido desde o começo desta década (anos 2010) na produção do chamado *PocketQube*, uma espécie de satélite que caberia no bolso de uma calça, o potencial de um *cubesat* poderia até mesmo representar o início de uma era na qual cada um poderia ter o seu próprio satélite. Sua fala quanto a este ponto não deixa de ser curiosa:

Então, com o lançamento de um único CubeSat da CalPoly custando \$40.000,00, o seu satélite pessoal é uma realidade. Por que você iria querer um satélite pessoal e o que faria com ele? Somente o futuro poderá revelar. Antes do advento do computador Apple ninguém previra as muitas possíveis aplicações para o computador pessoal. Haverá uma revolução a exemplo desta no espaço com o CubeSat? (HELVAJIAN; JANSON, 2008, p.170, tradução nossa).

Já Puig-Suari, ao testemunhar o lançamento do picossatélite Libertad-1, o primeiro satélite colombiano, percebe, mesmo que superficialmente, que o excitamento causado pelo sucesso de uma experiência tão simples tinha por detrás implicações nacionais muito maiores. Para ele, “O campo foi nivelado. Muitas pessoas estão fazendo o mesmo” (STEPHENSON, 2010, tradução nossa). A mensagem que deve ser retirada desta frase é a de que a visão calcada na produção de tecnologia endógena aparenta estar sobrepujando uma concepção mais limitada e conservadora de aquisição de serviços produzidos por atores externos (que até então monopolizavam tudo o que se assemelhava a tecnologia espacial). O próprio sucesso do modelo *cubesat* parece indicar que países até então marginalizados da arena espacial não só estavam cientes desta fragilidade, como a partir do momento em que a janela de oportunidade se abriu trataram logo de buscar esta nova ferramenta capaz de lhes garantir maior autonomia.

O otimismo dos dois cientistas deve, contudo, ser contrabalanceado pelo estudo das condições atuais do setor aeroespacial, dos resultados práticos das ações envolvendo satélites miniaturizados e dos avanços relativos aos veículos lançadores e infraestrutura de solo em países que tenham opinado por adotar esta trajetória tecnológica. Afinal, não basta ter a tecnologia se falta uma estratégia de aplicação plausível que garanta a sua perenidade. É necessário, portanto, dar um passo atrás para entendermos o que os pequenos satélites nos permitiram alcançar até agora (2017). É para esta tarefa que dirigiremos nosso esforço analítico a seguir.

## 1.6 – A presença dos pequenos satélites globalmente

A busca por criação de capacidades próprias para exploração do espaço, entendido aqui como a “área acima da atmosfera da Terra que se estende infinitamente em todas as direções começando a partir de 62 milhas [~ 100 km] acima da superfície terrestre” (HYATT III et al, 1995, p.5, tradução e conversão de distância nossas), tornou-se uma questão premente para diversos países além daqueles que nas décadas precedentes já marcavam presença nesta arena. Destarte, com o fim da Guerra Fria, testemunha-se o avançar dos programas espaciais de nações como China, Índia e Brasil<sup>58</sup> visando o desenvolvimento das três vertentes que caracterizam o setor espacial, a saber: capacidade de lançamento, desenvolvimento de satélites e criação de infraestrutura terrestre para rastreamento e recepção de informações.

A contribuição dos pequenos satélites para a exploração espacial não deixa de ser notável e cimenta a ideia de que o fenômeno observado vai muito além de um fazer ciência de forma despreziosa. Tal como expôs Machado:

[...] o comando do espaço é uma condição necessária (*sine qua non*) para o status de grande potência no sistema internacional no século XXI, ainda que não seja uma condição suficiente. Ele possibilita o aumento de capacidades estatais em termos militares, econômicos e institucionais (cooperação). Portanto, a promoção e desenvolvimento de programas espaciais civis e militares funciona como o meio através do qual os países se engajam na busca pelo comando do espaço (MACHADO, 2014, p.46).

Os dados disponíveis corroboram esta visão, assim fazendo ruir a interpretação tacanha de que a ciência espacial teria início e fim na satisfação da curiosidade científica de alguns indivíduos: entre os anos de 1995 e 2014 dos 2.366 satélites lançados, 863 eram de pequeno porte (de menos de 1 kg até 500 kg), número equivalente a pouco mais de 36% do total. Em 31 de janeiro de 2015, dos 1.266 satélites em funcionamento na órbita terrestre, 363 (28%) eram *smallsats* (PESSOA FILHO, 2015, p.4).

---

<sup>58</sup> No caso brasileiro, basta lembrar que a Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (PNDAE) foi atualizada em 1994 por ocasião da criação da Agência Espacial Brasileira (AEB). O mesmo raciocínio vale para o Sistema Nacional para Desenvolvimento de Atividades Espaciais (SINDAE), que tem no ano de 1996 a sua data de lançamento. As questões relativas à evolução histórica do Programa Espacial Brasileiro (PEB) e às instituições que o compõem serão devidamente elucidadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Cf. BRASIL, 1994, p.1.

A distribuição dos 363 citados estava dada da seguinte forma: 25 picossatélites, 78 nanosatélites, 110 microssatélites e 150 minissatélites (categoria usada pelo autor em questão e que, de acordo com o mesmo, compreende os objetos de massa de 100 kg a 500 kg). Números, como se pode notar, nada negligenciáveis (PESSOA FILHO, 2015, p.4).

Exatos sete meses depois, em 31 de agosto de 2015, o número total de satélites orbitando o planeta pularia de 1.266 para 1.305. A sua distribuição de acordo com o critério de nacionalidade revela a persistência do predomínio norte-americano, seguido por russos e chineses, nesta arena: 549 pertenciam aos Estados Unidos, 142 à China e 131 à Rússia. Os 483 restantes estavam divididos entre os demais países que possuem programas espaciais próprios (PESSOA FILHO, 2015, p.2).

A partir destes números é possível notar como o acesso ao espaço está diretamente ligado à capacidade de algumas nações em terra de transformarem sua pujança política e econômica em estratégia concreta para o setor em questão. Não se deve, contudo, associar dinheiro e espaço de forma gratuita, visto que tal concepção equivocada não resiste a um simples olhar para alguns dos casos mais exemplares disponíveis, sobre os quais versaremos brevemente a seguir.

Não necessariamente dotações orçamentárias homéricas para esta área específica farão de um programa espacial um caso de sucesso. Se o investimento é condição imprescindível para o decolar de um programa espacial – e, de certa forma, o Programa Espacial Brasileiro, sobre o qual falaremos no capítulo seguinte, atesta isso – por outro lado, a sua presença não necessariamente garantirá a conquista dos objetivos pré-determinados.

No caso francês, de acordo com Costa Filho (2000), não houve um aporte de recursos tão grandioso como o observado para o programa espacial norte-americano (ainda que de acordo com o mesmo autor, na época em que realizou sua pesquisa, o setor aeroespacial civil fosse o terceiro na lista de prioridades do investimento público, correspondendo a 10% dos gastos totais em P&D). O resultado obtido, porém, por meio da coordenação do CNES (sigla em francês para Centro Nacional de Estudos Espaciais, instituição análoga à nossa AEB), foi dos melhores, uma vez que o país logrou desenvolver tecnologia própria de ponta no que tange à produção de foguetes e satélites, tendo ainda se tornado um ator central do programa espacial europeu por conta dos veículos lançadores da classe Ariane, sua maior conquista, prontamente absorvida pela Agência Espacial Europeia (ESA) quando o seu programa de veículos lançadores redundou em fracasso (COSTA FILHO, 2000, pp.32, 33, 34 e 37).



O programa espacial japonês, a despeito de seu tamanho, compreende um caso de relativo insucesso. Isso porque os resultados obtidos a partir de um investimento volumoso (ainda que menor do que o norte-americano e o francês no período estudado por Costa Filho) ficam aquém do esperado. Coincidentemente, assim como o Brasil, no ano de 1994 o Japão também atualizou seu plano estratégico referente ao espaço, nele estabelecendo os objetivos que norteariam suas ações pelos anos seguintes, a saber: o desenvolvimento de satélites imageadores, a continuidade da missão de exploração da Lua e a construção de um veículo espacial tendo o *Space Shuttle* (dos Estados Unidos) como inspiração. O orçamento no mesmo ano para colocar em prática tudo isso foi da ordem de quase 1,36 bilhão de dólares, ou seja, 7,5% do orçamento total destinado para P&D naquele país no mesmo ano (COSTA FILHO, 2000, pp. 44 e 45).

Todavia, vários foram os problemas que pesaram sobre as ambições nipônicas referentes ao espaço sideral. Podemos resumi-las com o seguinte trecho:

Uma das razões para esse relativo fracasso foi, sem dúvida, a cooperação com os Estados Unidos e a falta de uma indústria aeroespacial capaz de suprir as demandas internas. No nosso entendimento um outro motivo, que também influenciou foi a maneira de como foi constituído o arranjo institucional, que neste caso é caracterizado por um grande número de setores que não interagiram de maneira satisfatória entre si, o que de certa forma dificultou o desenvolvimento do programa (COSTA FILHO, 2000, p.47).

O caso nipônico permite vislumbrar algo que estará dentro do raio de nossa atenção ao longo de todo o decorrer deste trabalho: não existe quantia de dinheiro capaz de solucionar os entraves de um programa espacial desprovido de uma estratégia sólida.

Para a professora da UnB a afirmação de que somente os países mais ricos são também os mais proeminentes na arena espacial deve também ser relativizada quando falamos em *cubesats*:

Olha, em relação aos pequenos satélites isso não é completamente verdade. Depende do que você entende por pequenos satélites. Se for abaixo de 100 ou 50 kg posso falar que Rússia e China não estão na competição porque estão desenvolvendo satélites maiores. A Europa tem muitos pequenos satélites. E tem também muitos países que até hoje nunca haviam lançado nada e que agora estão começando nesta atividade. Por exemplo, o primeiro satélite peruano foi um *cubesat*, o primeiro satélite romeno foi um *cubesat*, do Paquistão também [...]. Se você fala de grandes satélites, ok, Rússia, China, Estados Unidos, mas

se você fala de pequenos tem talvez países menores, porque podem atingir o custo. [...]. No caso da América, eles têm muito dinheiro, podem fazer grandes e pequenos sem problemas. Os grandes satélites para empresas grandes que podem ganhar mais e os pequenos mais para pesquisa e para pequenas empresas. No caso da Rússia, a mentalidade é muito ligada ao satélite maior, não têm até hoje capacidade muito forte para fazer satélites pequenos lá, eles não têm uma escola para mudar esta mentalidade. Fizeram até hoje grande, por que mudar? [...]. A China tem dinheiro, tem pessoas, tem vontade de fazer algo grande para mostrar que tem potência, para eles não tem sentido fazer algo pequeno (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

O excerto transcrito permite observar um fato curioso: ao que parece a ideia de que tamanho é igual à potência e prestígio não morreu com a Guerra Fria e a corrida espacial que a marcou tão nitidamente. Ao mesmo tempo revela também que mesmo tendo sido aceitos internacionalmente os pequenos satélites cúbicos ainda não lograram penetrar em todos os circuitos de produção de artefatos espaciais da mesma forma. Com isso queremos dizer que se algumas nações os acolhem prontamente, outras, por motivos diversos (mentalidade, razões políticas etc), lhes são refratárias, adotando-os esporadicamente não em razão de uma estratégia bem desenhada, mas sim por iniciativas isoladas.

Com base nisso faz-se necessário expor como os Estados têm empregado a ferramenta do *cubesat* para executar suas próprias agendas. O que nos motiva aqui não são considerações utópicas infundadas de que as versões miniaturizadas dos grandes satélites irão de alguma forma reverter a concentração demonstrada nos parágrafos anteriores. O intuito é, através da exemplificação, comprovar o caráter ubíquo do formato cúbico e comparar com o que tem ocorrido na mesma área no Brasil.

Para realizar tal tarefa foram selecionados os casos que puderam ser encontrados sobre países dos continentes europeu, americano, africano e asiático de modo a ter uma amostra fiel à realidade. Os dados obtidos estão sistematizados no quadro abaixo, o qual é fruto de um trabalho intensivo de busca em sites especializados diversos, listados nas referências bibliográficas. As categorias de análise empregadas foram aquelas que poderiam melhor contribuir para fornecer uma descrição minimamente satisfatória e didática dos objetos estudados.

**Quadro 1.1 – Cubesats ao redor do globo**

Nome	Nacionalidade	Instituição	Categoria	Cubesat	Função Desempenhada	Cargas	Comunicação	Tempo de Duração da Missão	Local e Veículo Lançador
Nanosat-1B	Espanha	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)	Nanosatélite	Não	Comunicação com bases na Antártida, com o navio de guerra Hespérides e com a Espanha	Detector de próton, sensores de radiação e sensor solar	Bandas UHF/S	Desde 29/07/2009	Baikonur/Dnepr-1
3Cat-1	Espanha	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	Nanosatélite	1U	Plataforma de experimentos sob condições espaciais hostis	Contador Geiger, painéis solares, câmera, célula de Peltier	Desconhecida	Ainda não lançado	Ainda não lançado
3Cat-2	Espanha	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	Nanosatélite	6U	Apoio ao <i>Global Navigation Satellite Systems Reflectometry</i> (GNSS-R)	Altímetro e Reflectômetro (PYCARO)	Banda L	Ainda não lançado	Ainda não lançado
TuPOD	Itália	G.A.U.S.S. Srl/Morehead State University	Nanosatélite	3U	Radioamadorismo e vetor de dois <i>Tubesats</i>	Tancredo-1 (BRA) e Ulisses-1 (MEX)	Desconhecida	Desde 16/01/2017	Yoshinobu/LC/H-IIB
UniSat-6	Itália	G.A.U.S.S. Srl	Microsatélite	Sim	Vetor de quatro <i>cubesats</i>	TigriSat, Lemur-1, ANTELSAT e AeroCube-6	Desconhecida	Desde 19/06/2014	Dombarovsky/Dnepr-1
TigriSat	Itália/Iraque	La Sapienza Universidade de Roma	Nanosatélite	3U	Detectar tempestades de areia sobre o Iraque	Câmera, Antenas e Painéis Solares	Bandas VHF/UHF/S	Desde 19/06/2014	Dombarovsky/Dnepr-1
BRITE-Austria	Áustria/Canadá	TU Graz, TU Viena, Univ. Viena e Univ. Toronto	Nanosatélite	Sim	Observações fotométricas do brilho das estrelas (constelação BRITE)	Fotômetro, Rastreador de Estrelas, Magnetômetro, Sensores Solares	Bandas VHF/UHF/S	Desde 25/02/2013	Satish Dhawan/PSLV-CA
NigeriaSat-1	Nigéria	Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL)	Microsatélite	Não	<i>Disaster Monitoring Constellation</i> (DMC) /info. sobre recursos e meio ambiente na África	Câmera, Baterias, Células Solares	Desconhecida	2003-2012	Plesetsk/Kosmos-3M
SathyabamaSat	Índia	Sathyabama University	Nanosatélite	2U	Mensurar densidade de gases causadores do efeito estufa	Espectômetro	Desconhecida	Ainda não lançado	Satish Dhawan/PSLV-CA
Zheda Pixing-2	China	Zhejiang University	Microsatélite	Sim	Experimentos Científicos, Teste de Sistema de Propulsão e Teste de Formação de Voo	GPS, Giroscópio, Sensor Solar, Antenas	Banda S	Desde 19/09/2015	Taiyuan/CZ-6
Mayak	Rússia	UME Moscow/CosmoMayak	Microsatélite	3U	Projeto via Crowdfunding, Estudos Atmosféricos, Construção de Freio Aerodinâmico	Refletores Piramidais, Sistema de Frenagem	Desconhecida	Lançamento em 2017	Desconhecido/Soyuz-2
SNaP	Estados Unidos	USSOUTHCOM, OSD, USASMDC etc	Nanosatélite	3U	Comunicação Militar em Áreas Remotas	Antenas, Painéis Solares, Módulo de Propulsão	Banda UHF	Desde 2015	Vanderberg/Atlas V
CubeBug-2	Argentina	MinCyT/INVAP/Satellogic	Nanosatélite	2U	Imagem, Comunicações, Demonstração Tecnológica, Educativo	Câmera, GPS, Rádio Amador	Desconhecida	Desde 21/11/2013	Dombarovsky/Dnepr-1
Libertad-1	Colômbia	Universidad Sergio Arboleda	Picossatélite	1U	Demonstração Tecnológica, Educativo	Baterias, Painéis Solares, Antenas	Desconhecida	2007-2014	Baikonur/Dnepr-1

Fonte: produção própria a partir de dados de diversos sites, dentre eles o <http://space.skyrocket.de>. Os endereços estão todos devidamente listados nas Referências Bibliográficas.

É imprescindível que o quadro acima receba o devido trabalho de análise. Nele estão alguns exemplos de países que produzem pequenos satélites, sejam estes no formato cúbico ou não. Não custa salientar mais uma vez que a escolha pelo padrão *cubesat* é facultativa, desta forma é importante notar que nem todo pequeno satélite adotará esta plataforma. Um satélite, portanto, pode ser de pequeno porte sem ser cúbico, todavia, todo satélite cúbico tenderá a ser de proporção diminuta, uma vez que a própria criação de Twiggs/Suari esteve voltada desde o início para este universo de componentes miniaturizados.

É possível notar que, a exemplo do que já dissera a professora da UnB, tanto Rússia como China não possuem muitos exemplos passíveis de serem fornecidos aqui, razão pela qual sua presença é menos notável do que a de países como Espanha e Itália e mesmo de nações latino-americanas. Se russos e chineses ainda não desbravaram de forma muito extensiva a seara dos *cubesats*, os norte-americanos, pelo contrário, os empregam em várias situações. Para não nos estendermos desnecessariamente, uma vez que já se abordou a íntima relação que os Estados Unidos guardam com este tipo de satélite em outras partes deste documento, foi escolhido apenas um exemplo de uso que até então não havia sido observado em outros Estados: aquele relacionado à comunicação militar com tropas em localizações remotas, nicho de mercado, aliás, promissor e sobre o qual tornaremos a falar no capítulo III.

Se o panorama de adoção do pequeno satélite como um ativo capaz de realizar distintas missões é o mais variado, desafiando até mesmo o senso comum quanto aos países que mais lançam mão dele, o mesmo não pode ser dito da questão do lançamento. Nesse momento a dura realidade das restrições diversas (recursos financeiros, recursos humanos, *know-how*, embargos) que incidem sobre a esmagadora maioria das nações com programas espaciais ativos se faz presente. Marcam presença no quadro um total de doze nações desenvolvendo sozinhas ou em parceria seus projetos de *cubesats*, ao passo que as bases de lançamento pelas quais tais máquinas terão obrigatoriamente de passar se quiserem chegar ao espaço são apenas sete. Não por coincidência tais bases (e seus veículos lançadores respectivos) estão localizadas nos Estados dotados dos programas espaciais mais pujantes dos últimos tempos: em acréscimo às já conhecidas bases russas e americanas há também aquelas situadas na China, Índia e Japão. Portanto, apesar de serem sete instalações, até onde os dados permitiram descobrir, são apenas cinco os países nos quais elas se concentram e que efetivamente logram lançar alguma coisa.

## Capítulo II – Os *Cubesats* no Programa Espacial Brasileiro<sup>59</sup>

Qual a origem das instituições do Programa Espacial Brasileiro (PEB) e em que bases o mesmo se encontra após mais de meio século das primeiras ações visando construir no país um setor de aeronáutica e espaço? Além disso: onde os pequenos satélites, em especial os nanosatélites, se situam nesta evolução histórica e como se relacionam com tais instituições?

Estas são as perguntas que norteiam e motivam este capítulo. Para respondê-las adequadamente é preciso olhar tanto para o aspecto institucional, resgatando o contexto e os atos de criação destas instituições, como para as contribuições que as mesmas deram ao longo dos anos para o desenvolvimento de ações aeroespaciais legitimamente brasileiras. Ao mesmo tempo, não se deve jamais desviar do esforço de situar os pequenos satélites no contexto descrito de forma a revelar como se inserem estas máquinas no âmbito do PEB.

Para realizar esta tarefa foi imprescindível a busca por bibliografia adequada e o trabalho de encontrar as informações mais acuradas para compor o documento. O esforço neste momento voltou-se para aquilo que é visto como essencial para entender como se estruturou o Programa Espacial Brasileiro e como nele se encaixam os pequenos satélites, em outras palavras: as instituições, sua organização, sua relação com a Missão Espacial Completa Brasileira – momento crucial da odisséia nacional rumo ao espaço – os resultados obtidos, a análise do que significam para o Brasil, os aspectos normativos (leis, atos e planos que embasam as ações brasileiras neste setor) e a relação dos atores com a tecnologia estudada nesta dissertação.

O capítulo está dividido em três partes que logram cobrir os tópicos que nos permitem antever a hipótese que se almeja discutir no capítulo seguinte: a de que existem falhas em todo o processo que impedem a existência no país de uma agência coordenadora eficiente e de um programa espacial pleno, fato este que exerce influência negativa nas ações brasileiras voltadas para *cubesats*, carentes de perenidade, ainda que, como visto no capítulo anterior e como se tornará a ver no seguinte, tais ações ainda assim constituam um *locus* virtuoso no que tange à aquisição de competências.

---

<sup>59</sup> Os dois primeiros tópicos deste capítulo são partes de um artigo intitulado “A Evolução Histórica do Programa Espacial Brasileiro” desenvolvido no curso de História Social da Ciência e da Tecnologia, da professora Cristina de Campos, no âmbito do programa de pós-graduação do IG-DPCT. Tal artigo consta nos anais do congresso da Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBHC), o qual se deu em meados de novembro de 2016 na cidade de Florianópolis. O congresso atende pelo nome de Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia (SNHCT).

## 2.1 – As primeiras cinco décadas: 1941-1994

As primeiras incursões brasileiras na tentativa de organizar o desenvolvimento de atividades ligadas ao meio aéreo datam do início dos anos 1940, ainda no governo de Getúlio Vargas. A criação do Ministério da Aeronáutica (MAer) por meio do Decreto nº 2.961, de 20 de janeiro de 1941, teve como principal razão a ampliação e coordenação das ações já desenvolvidas neste campo, bem como sua centralização em uma única instituição capaz de garantir o cumprimento célere dos objetivos estabelecidos (BRASIL, 1941, p.1).

O término da Segunda Guerra Mundial trouxe ao Brasil a oportunidade de contar com a ajuda de mentes estrangeiras até então envolvidas no esforço bélico. Desejosos de construir uma infraestrutura nacional, os militares brasileiros recorreram ao professor Richard H. Smith<sup>60</sup>, do Departamento de Engenharia Aeronáutica do MIT, o qual foi o mentor do Plano Smith, documento que estabelecia a criação de um Centro Técnico dividido em dois institutos responsáveis pelas pesquisas a serem realizadas na área, e pela construção (prática) daquilo que fora concebido. O objetivo era, também, permitir que as tecnologias desenvolvidas pudessem ser utilizadas futuramente por empresas no intuito de criar um setor de aviação legitimamente brasileiro (INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO, s/d).

Como resultado deste esforço, em 09 de setembro de 1946, através do Decreto nº 9.805, foi criado o Centro Técnico da Aeronáutica (BRASIL, 1946). Os institutos mencionados seriam o ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica), funcionando essencialmente como uma escola de engenharia de ponta, criado em 1950, e o IPD (Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento), que, ao ser criado em 1954, já contava com engenheiros formados pelo ITA. Como símbolo da relação visada entre instituições de pesquisa e empresas vale salientar que a EMBRAER (Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.), fundada em 1969, teria livre acesso aos recursos e pesquisas do IPD para concretizar os seus projetos. O seguinte trecho esclarece adequadamente este fato:

Efetivou-se então, caso primeiro na história da indústria nacional, não só a transferência para a EMBRAER da tecnologia adquirida pelo IPD no desenvolvimento de projetos de aviões, como também a cessão de toda a sua equipe de técnicos, pessoal de administração e da quase

---

<sup>60</sup> Richard Harbert Smith (1894-1957) foi Bacharel em Ciências pela *Moore's Hill College* (atualmente *University of Evansville*), PhD pela *John Hopkins University* e professor no MIT até 1945/46. Por esta época foi contratado pelo governo brasileiro para aqui estabelecer um instituto de aeronáutica. Mais tarde Smith tornar-se-ia o primeiro reitor do ITA. Para maiores informações cf. ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DO ITA, 2016.

totalidade do acervo da sua Divisão de Aeronaves e parcelas menores de outras Divisões do Instituto, dando à nova empresa imediata capacitação técnica e organizacional e permitindo que a mesma assumisse, de pronto, sua posição como organização produtiva e pudesse rapidamente tornar-se o centro de consolidação no desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional (INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO, s/d).

As etapas acima descritas dizem respeito, portanto, à gênese do setor aeronáutico em seu braço militar. Compete agora elucidar o surgimento do componente civil do que viria a ser o Programa Espacial Brasileiro (PEB).

O foco dado pelas instituições ligadas ao Ministério da Aeronáutica, é importante que se perceba, estava ligado ao desenvolvimento de um setor aeronáutico, e não de um setor aeroespacial. O desbravamento do espaço sideral era visto (e em grande medida ainda é) como uma atividade gratuita de exploração científica, baseada na curiosidade de alguns pesquisadores e sem grandes reflexos sobre a vida do país. A importância do setor civil foi a de justamente chamar a atenção para essa questão marginalizada e iniciar os trabalhos que resultariam na criação do INPE, um dos principais órgãos de pesquisa do setor espacial no Brasil não ligado às Forças Armadas.

Nesse sentido é necessário voltar ao ano de 1961, quando o presidente Jânio Quadros, atendendo à solicitação da Sociedade Interplanetária Brasileira (SIB), autoriza, em 03 de agosto, por meio do Decreto nº 51.122, a criação do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), grupo que tinha por objetivo:

[...] dotar o país de infraestrutura capaz de realizar trabalhos relativos à utilização pacífica do espaço exterior, constituir um núcleo de técnicos e de pesquisadores especializados e promover a cooperação com países já integrantes desse círculo de atividades (MACHADO, 2014, p.62).

A despeito de ser um órgão civil subordinado ao então Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), o GOCNAE contou com a ajuda de militares nos trabalhos que levaram à sua formação, tendo utilizado a infraestrutura do CTA em seus primeiros dias e, a partir de 1963, o capital humano oriundo do ITA. Vários foram os projetos desenvolvidos por esta instituição, que não tardou a demonstrar a sua importância para a construção de um setor aeroespacial brasileiro: a implantação do Laboratório de Física Espacial a partir de

instrumentos trazidos por Fernando de Mendonça<sup>61</sup> de sua estada nos Estados Unidos; a formação de quadros profissionais por meio do Projeto Porvir, o qual logrou formar até o ano de 1972, 200 pós-graduandos entre mestres e doutores (um número notável para a época); o Projeto de Sensoriamento Remoto (SERE), iniciado em 1967, que empregava aviões e, mais tarde, satélites, para produzir informações sobre recursos terrestres em várias regiões do Brasil; o Projeto “Satélite Avançado de Comunicações Interdisciplinares” (SACI)<sup>62</sup>, idealizado em 1968, visando à promoção da tele-educação no país; e a recepção, entre 1968 e 1970, de 20 doutores indianos (SALLES; SERRA JR., s/d, pp.4 e 5).

Em 1971, já durante a Ditadura Militar, o CNAE<sup>63</sup> tem seu nome alterado para Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)<sup>64</sup>. É importante salientar o contexto da época, marcado pela emergência do I PND<sup>65</sup> (Plano Nacional de Desenvolvimento), sob o qual o INPE seria responsável pela condução de experimentos científicos diversos, em concordância com a concepção geral dos militares de independência nacional nos principais ramos tecnológicos e consequente diminuição da dependência de importações (uma visão que os ditadores levariam ao paroxismo no II PND) (MACHADO, 2014, p.63).

O interesse dos militares em relação ao espaço materializou-se por meio do processo de criação do Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos de Projetos Espaciais (GETEPE),

---

<sup>61</sup> Fernando de Mendonça (1924) graduou-se pelo ITA em 1958 em engenharia eletrônica. Ainda no ITA construiu juntamente com Júlio Alberto de Moraes Coutinho, seu colega de classe, uma estação miniaturizada para captar os sinais dos satélites norte-americanos da classe Vanguard, adaptada para receber também os sinais do Sputnik 1 e do Explorer 1, chamada de Minitrack Mark II. Tendo recebido o título de PhD em Radiociência pela Universidade de Stanford em 1962 e participado de esforços científicos junto à NASA retornou ao Brasil em 1963 para participar da criação do GOCNAE, do qual foi Diretor Científico. Em 1971, com a criação do INPE, tornou-se o primeiro Diretor Geral desta instituição, permanecendo no cargo até 1976. Desde 1983 atua no setor privado. Para maiores informações cf. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2016; SALLES; SERRA JR., s/d.

<sup>62</sup> Neste ponto cabe uma ressalva: o satélite SACI idealizado nos anos 1960 não corresponde ao projeto de mesmo nome que seria idealizado três décadas mais tarde e sobre o qual já comentamos anteriormente no Capítulo I. Se o objetivo do primeiro era ensinar a tele-educação, o segundo visava realizar experimentos científicos com cargas úteis embarcadas. Todavia, ambos partilham da infeliz coincidência de não terem logrado êxito, ainda que o SACI de 1968, ao contrário dos de 1994, não tenha sequer chegado a ser construído (algo que o leitor pode já ter deduzido pelo fato do primeiro satélite brasileiro ter sido o SCD-1, lançado em 1993). A promoção do tele-ensino no país teve, no final das contas, de ser realizada por intermédio do satélite norte-americano ATS-6, o que de fato ocorreu apenas entre os meses de março e maio de 1975. Sobre isso cf. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, s/d3.

<sup>63</sup> O GOCNAE passara a se chamar CNAE a partir de 1963. Na prática, contudo, era assim que seus membros já o chamavam desde o começo por razões de praticidade.

<sup>64</sup> Decreto nº 68.532, de 22 de abril de 1971, assinado pelo General Emílio Garrastazu Médici. Em 1990 o nome seria novamente alterado para Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e o referido órgão ligado à Secretaria de Ciência e Tecnologia da Presidência da República (SCT/PR), assim permanecendo até 1992, quando a SCT passa a integrar o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, depois MCTI e, atualmente, MCTIC). Cf. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, s/d2; MACHADO, 2014; SALLES; SERRA JR., s/d.

<sup>65</sup> Primeiro de uma série de três planos ao longo dos anos 1970 e 1980 destinados a promoverem ações de desenvolvimento das capacidades industriais e científicas do país. Foi instituído pela Lei nº 5.727, de 04 de novembro de 1971, compreendendo o período que vai de 1972 a 1974, os anos derradeiros do “Milagre Econômico”. Cf. BRASIL, 1972.



ocorrido entre 1963 e 1966. Sob a tutela deste grupo, em 1965, foi concluída a construção (iniciada um ano antes) do Centro de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno (CLFBI, posteriormente apenas CLBI), localizado no Rio Grande do Norte, próximo à capital potiguar (18 km). Deste centro, como fruto dos trabalhos do GETEPE, foi lançado o Sonda I, o primeiro de uma família de quatro foguetes brasileiros destinados à realização de sondagem por meio de instrumentos embarcados em um voo sub-orbital<sup>66</sup>, além de testes de qualificação dos componentes dos próprios foguetes. No final de agosto de 1971, o GETEPE seria extinto e substituído pelo Instituto de Atividades Espaciais (IAE), que passou a administrar o CLFBI. Posteriormente, em 1991, por conta de nova reorganização no seio do CTA, a fusão do IPD com o IAE resultaria no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), órgão existente até a presente data (2017) (GOUVEIA, 2003; INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO, s/d).

No intuito de assessorar a Presidência da República em assuntos correlatos à Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (PNDAE) foi criada em 20 de janeiro de 1971, através do Decreto nº 68.099, a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), sendo a mesma um órgão suplementar ao Conselho de Segurança Nacional (CSN) presidida pelo Chefe do Estado Maior das Forças Armadas (EMFA). Apesar das tensões econômicas e políticas que vão se acentuando no Brasil ao longo da década de 1970 – algo que pode ser notado na mudança de foco dos planos elaborados pelo próprio governo militar, a exemplo do III PND, que passavam a ser mais genéricos em suas metas para ciência e tecnologia – foi nesta época que se instituiu a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), proposta pela COBAE em 1979 e inserida no âmbito do III Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Decreto nº 85.118, de 03 de setembro de 1980) (MACHADO, 2014, p.64; SALLES; SERRA JR., s/d, p.5).

A proposta da MECB era de, em dez anos (até 1989), construir quatro satélites (dois para coleta de dados ambientais e dois para sensoriamento remoto), um veículo lançador (VLS-1) e outro centro de lançamento em localidade remota<sup>67</sup>. Destarte, nota-se a iniciativa neste momento de concatenar esforços para se alcançar objetivos nos três ramos do setor espacial: satélites, veículos lançadores e infraestrutura de solo<sup>68</sup>. Neste momento testemunha-

---

<sup>66</sup> Um voo sub-orbital, pelo que se conseguiu apurar, é aquele que atinge o espaço, mas não completa uma revolução orbital (uma volta ao redor do planeta).

<sup>67</sup> O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), construído em 1983 no estado do Maranhão, com capacidade para lançar cargas maiores do que o CLBI.

<sup>68</sup> Não apenas o CLA, mas também o Laboratório de Integração e Testes (LIT/INPE), fundado em 1987, e o Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (CRC) composto pelas Estações Terrenas de Cuiabá/MT e de Alcântara/MA, assim como pelo Centro de Controle de Satélites (CCS) localizado em São José dos Campos/SP.

se a formação do Programa Espacial Brasileiro como o conhecemos, solidificando a pretensão nacional de buscar resultados – com variados graus de sucesso – nos três vetores há pouco citados (COSTA FILHO, 2000, pp. 121 a 124; GOUVEIA, 2003, p.30; MACHADO, 2014, p.64).

As funções a serem desempenhadas por cada instituição do PEB restaram bem divididas: o CTA (posteriormente DCTA – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial) administraria o IAE (produção de veículos lançadores), o ITA, o CLBI e o CLA (apenas para citar os órgãos mais importantes). Vale lembrar que esta compreende a porção militar do Programa, atualmente (2017) subordinada ao Comando da Aeronáutica, que por sua vez responde ao Ministério da Defesa<sup>69</sup>. Da parte civil ter-se-ia o INPE (com a tarefa de desenvolver satélites e conduzir pesquisas científicas nesta área), responsável pela administração das estações de rastreamento, do LIT e de outros laboratórios envolvidos no esforço de pesquisa e desenvolvimento de satélites<sup>70</sup>. Ainda no ramo civil marca presença a sucessora da COBAE: idealizada desde a redemocratização (1985), mas formalmente criada apenas em 1994<sup>71</sup>, a Agência Espacial Brasileira (AEB), órgão cuja função é coordenar o cumprimento e atualização do PNDAE<sup>72</sup>, além de elaborar os Programas Nacionais de Atividades Espaciais (PNAE), os quais constituem planejamentos decenais para as atividades realizadas neste setor no país. A AEB compreende o órgão central coordenador do chamado Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (SINDAE<sup>73</sup>), o qual abarca toda a estrutura previamente mencionada, tanto em sua face militar como em sua face civil. Ambos o INPE e a AEB são instituições vinculadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)<sup>74</sup>,

---

<sup>69</sup> O ministro da defesa, importante salientar, desde a criação do Ministério em junho de 1999, é sempre um civil. Isso, contudo, não torna o MD propriamente civil, uma vez que seu corpo de funcionários é composto por militares. O ministro, portanto, seja ele quem for, é apenas um elemento civil em uma rede de agentes que seguem a lógica militar.

<sup>70</sup> A título de exemplo de outros laboratórios ligados ao INPE temos o Centro Regional do Nordeste, em operação desde 1970, quando o órgão ainda se chamava CNAE, tendo a cidade de Natal por sede e, a partir desta, coordenando as atividades dos centros de Fortaleza (CE) e São Luís (MA). Na porção sul do país, por sua vez, tem-se o Centro Regional Sul, inaugurado em 1996 e localizado na UFSM. Cf. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2011a; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2011b.

<sup>71</sup> Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994.

<sup>72</sup> Decreto nº 1.332, de 08 de dezembro de 1994.

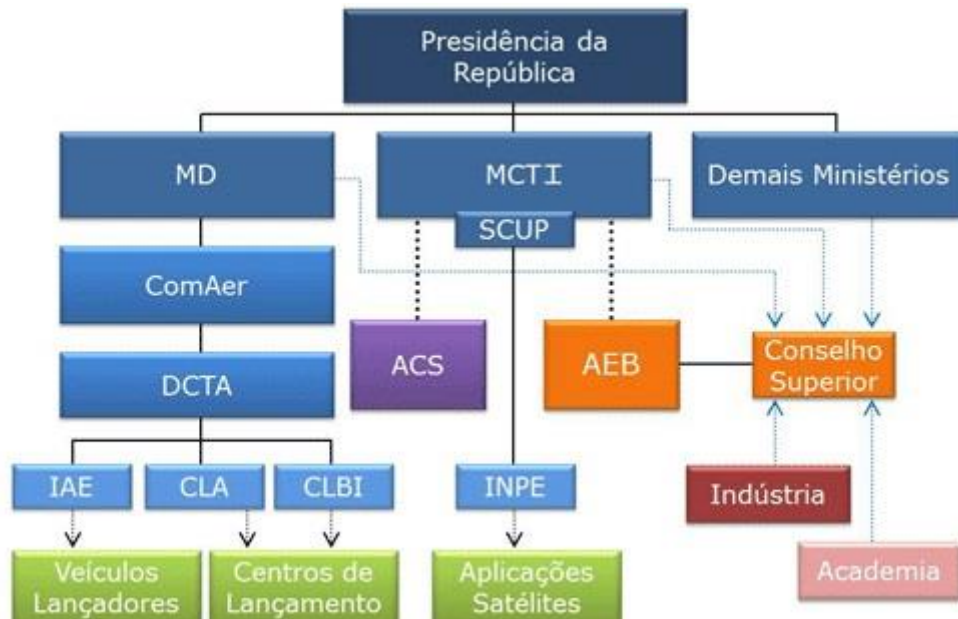
<sup>73</sup> Decreto nº 1.953, de 10 de julho de 1996.

<sup>74</sup> A AEB, até 2003, fora vinculada à Presidência da República. A mudança de subordinação da PR para o MCTI (atual MCTIC) por meio do Decreto nº 4.718, de 04 de junho do mesmo ano, foi encarada como um rebaixamento, pois diminuidora da capacidade do referido órgão de cumprir com o seu papel de centro nevrálgico do PEB. Todavia, a fragilidade institucional, como aponta Costa Filho, já existia desde os tempos da COBAE, visto que o referido órgão não era dotado das condições necessárias para coordenar as atividades do CTA e do INPE, os quais traçavam suas próprias diretrizes e esperavam da COBAE apenas o repasse de verbas. Este problema, importante salientar, persistiu com a AEB. As dificuldades de coordenação comuns à COBAE/AEB, contudo, podem também ser imputadas em parte às prioridades do Governo Federal, raramente de encontro com as demandas por recursos do setor na magnitude que seria apropriada, e aos embargos

o qual foi fundido ao Ministério das Comunicações em 2016, passando a se chamar Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) (GOUVEIA, 2003, p.100; MONSERRAT FILHO, 2016, p.2).

A imagem abaixo torna a explicação quanto ao SINDAE mais didática:

**Figura 2.1 - SINDAE**



Fonte: Agência Espacial Brasileira. À época o MCTIC ainda se chamava MCTI.

## 2.2 – Os resultados observados da MECB

Cabe agora analisar os resultados colhidos pela Missão Espacial Completa Brasileira (assim como os seus desdobramentos pelos anos que se seguirem) de modo a pontuar as conquistas e os limites enfrentados pelo PEB.

No que tange à infraestrutura de solo – que consideraremos como centros de lançamentos, estações de rastreamento e laboratórios de testes – observa-se uma evolução notável, dado que no período de 1979 a 1989, tal como já exposto previamente, foram inaugurados com sucesso o CLA e o LIT/INPE. Aquele um centro de lançamento maior do que o CLBI, este um laboratório dotado com equipamentos de ponta para realização de testes de integração de satélites (a exemplo dos de vibração e de pressão/temperatura). Pouco tempo depois, em 1992/1993, o Brasil ganharia o Centro de Rastreamento e Controle de Satélites, também já citado

---

internacionais, uma vez que por ser ligada ao EMFA, portanto, de caráter militar, as ações da COBAE (materializadas na MECB) eram constantemente vistas com desconfiança pelos demais países (não que isso tenha melhorado depois de 1994). Cf. COSTA FILHO, 2000, pp. 166 a 169; MACHADO, 2014, pp. 65 a 67.

em oportunidade anterior, em sintonia com o fato de que a partir deste momento o país começava a colocar em órbita os seus próprios ativos espaciais e precisaria de autonomia para geri-los.

Alguns detalhes relacionados ao CLA ainda precisam ser elucidados. Quais as razões que justificariam a inclusão na MECB de uma meta prevendo a construção de um novo centro de lançamento? Sobre isso Gouveia (2003) explica:

Quando se pensou em construir o Campo de Lançamentos da Barreira do Inferno, o propósito era operar pequenos foguetes, que na década de 60 era o que se estava fazendo no mundo todo. Pouco se falava em satélites, naquela época, sonho dos países mais ricos em tecnologia e recursos. Destarte, o CLFBI foi pensado para operar foguetes suborbitais [*sic*] de pequenos e médio porte. A cidade de Natal, com vocação para crescer sempre para o lado sul, foi povoando terrenos mais próximos, impedindo um crescimento do CLFBI para as dimensões de um centro de lançamentos de satélites. Assim sendo, muito cedo todos sabiam que a Barreira do Inferno (CLFBI) jamais teria condições de operar um veículo lançador de satélites (GOUVEIA, 2003, pp. 30 e 31).

A produção de satélites logrou sucesso, ainda que não dentro do prazo estabelecido e nem por conta de esforços exclusivamente nacionais. Antes de tudo é preciso levar em conta que alguns aspectos da MECB nunca foram inteiramente esclarecidos pelos militares. Explica-se. A questão da participação de agentes externos em eventuais cooperações e mesmo o prazo estabelecido para a conclusão da missão são dois exemplos passíveis de serem encarados como zonas cinzentas no tocante a esse projeto. Por que o desenvolvimento interno seria mais adequado do que recorrer a parcerias?; e como saber que tudo poderia ser realizado no espaço de uma década sendo que nunca antes o país havia tido experiência semelhante?; são questões sobre as quais podem ser feitas algumas conjecturas sem, contudo, ter certeza absoluta de haver chegado a uma resposta satisfatória (COSTA FILHO, 2000, p.121). Não custa salientar, entretanto, que a MECB, como produto de um determinado contexto, estava imbuída de um claro viés nacionalista que pode nos levar a entender que o cumprimento das metas por ela delineadas se daria, preferencialmente, por meio de e para ensejar capacidades endógenas (COSTA FILHO, 2000, p.120).

De volta aos satélites, se o objetivo era fazer dois de coleta de dados e dois de sensoriamento remoto, tem-se que apenas os dois primeiros foram construídos integralmente pelo país. São os satélites da missão SCD (Satélite de Coleta de Dados), os SCD-1 e SCD-2,

lançados, respectivamente, em 1993 e 1998, do Cabo Canaveral (Flórida/EUA) por um foguete Pegasus<sup>75</sup> e colocados em órbita polar de forma a cobrir todo o território nacional diversas vezes ao dia (GOUVEIA, 2003, p.35). Os satélites de sensoriamento remoto, por sua vez, foram construídos no âmbito da parceira Brasil-China<sup>76</sup>. Entretanto, o projeto CBERS<sup>77</sup> (*China-Brazil Earth Resource Satellites*), como é chamado, também possui a função de coleta de dados (o que para alguns justifica a ausência de novos projetos da linha SCD, preterida pela linha CBERS<sup>78</sup>). O primeiro (de uma série de, até a presente data, 2017, cinco) foi lançado da Base de Taiyuan, na China, por meio de um foguete Longa Marcha 4B<sup>79</sup> em 1999, portanto, dez anos após o prazo final estabelecido na MECB (AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA, s/d; GOUVEIA, 2003, p.35). A demora é um sintoma das dificuldades enfrentadas pelo país, mas não deve nos impedir de concluir que, apesar de tudo, o mais importante é ter os satélites operacionais, dentro ou fora do prazo. Esse objetivo, diga-se de passagem, foi conquistado pelo Brasil de forma indiscutível, para tanto, a título de fornecer apenas um exemplo dentre vários, basta observar que o SCD-1, previsto para funcionar até 1994, continua em atividade até hoje (2017).

As conquistas acima descritas tanto no que tange à infraestrutura de solo, como à montagem de satélites integralmente no Brasil ou em parcerias estratégicas, revelam que o

---

<sup>75</sup> O foguete Pegasus, nas duas ocasiões, foi lançado de um avião em movimento. O processo consiste em levar o veículo sob uma das asas e destacá-lo quando for atingido o ponto de liberação. Feito isso, o foguete experimenta alguns segundos de queda livre até que haja a ignição. Posteriormente, os estágios se desacoplam até que a carga seja liberada no espaço. Cf. ORLANDO; KUGA, 2007, pp. 162, 163 e 168.

<sup>76</sup> Firmada em 06/07/1988 esta parceria, em concordância com o que a PNDAB viria anos depois estabelecer, visava tornar acessível a construção de satélites de sensoriamento remoto, cujos custos eram normalmente impeditivos para serem feitos sozinhos e exclusivos de países ricos que controlavam a tecnologia. Da parte chinesa havia a experiência com o setor aeroespacial, da parte brasileira um parque tecnológico bem desenvolvido e de ambas o interesse comum em resguardar os seus respectivos recursos naturais. Para os CBERS 1 e 2 a divisão dos investimentos realizados seria da ordem de 30% para o Brasil e 70% para a China. A partir de 2002, quando foi assinada a continuação do programa, a divisão passou a ser de 50% para cada um. No espaço de 15 anos (1999-2014) foram lançados cinco satélites: CBERS 1, 2, 2B, 3 e 4. À exceção do 3, vítima de uma falha no veículo lançador, todos obtiveram sucesso. Cf. BRASIL, 1994, p.5; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, s/d1.

<sup>77</sup> Este projeto se encaixa justamente na situação problemática que comentamos há pouco: apesar de ser uma parceria internacional, não pertenceria o CBERS ao escopo da MECB? Para Costa Filho (2000) a relação não é direta, mas existe, visto que o acordo feito por Brasil e China tornou-se atraente a partir do momento em que a MECB começou, por conta de problemas orçamentários, a dar indícios de que não lograria cumprir todas as metas. O interesse do INPE em que se desenvolvesse satélites de sensoriamento remoto, tecnologia ainda não dominada pelo Brasil e por isso mesmo incluída como meta na MECB, foi outro ponto que ajudou a firmar a dita parceria, favorecida pela descoberta de que a CAST (*Chinese Academy of Space Technology*) desenvolvia um projeto relacionado à observação de recursos naturais. Cf. COSTA FILHO, 2000, pp. 202 e 203.

<sup>78</sup> Afirmação externada pelo jornalista especializado em questões científicas Júlio Ottoboni, no site DefesaNet, em artigo comemorativo dos 21 anos de vida do SCD-1. Esta afirmação, contudo, não pode ser confirmada pelos canais oficiais pesquisados. Cf. OTTOBONI, 2014.

<sup>79</sup> Todos os satélites da família CBERS foram lançados por este mesmo modelo.

país tem uma estrutura e um capital humano valioso no setor aeroespacial. Isso, contudo, não impede que existam sérios gargalos ao pleno desenvolvimento do PEB.

Um dos maiores entraves ao avanço do setor aeroespacial nacional reside na incapacidade, até a presente data, de construir e lançar com sucesso um veículo lançador de satélites (VLS). Talvez seja este o ponto mais crítico da MECB, tanto pelo fato de nunca ter sido equacionado devidamente, como pelo fato de que possuir um veículo desta natureza constituiria um grande avanço para o Programa Espacial Brasileiro no tocante a sua autonomia. Esta questão merece ser discutida com maiores detalhes.

As implicações geopolíticas que gravitam ao redor do assunto são notáveis e potencialmente mais complexas do que aquelas ligadas aos outros ramos da MECB previamente analisados. Um foguete não só é uma tecnologia dual, ou seja, que pode ser tanto um veículo como uma arma<sup>80</sup> a depender da carga transportada (ogiva), mas o seu domínio pode transformar um centro de lançamento estratégico (e até mesmo invejado pela sua posição geográfica privilegiada, como é o de Alcântara), ainda que periférico no que tange à capacidade e número de lançamentos, em um capaz de, eventualmente, rivalizar com outros de nações mais desenvolvidas, igualmente participando de um mercado lucrativo como o de voos espaciais. Em outras palavras, a posse de um veículo lançador próprio em um programa espacial marcado pela perenidade de suas ações possibilita a colocação da importância de um centro de lançamento em bases superiores.

Não é por falta de esforço que o Brasil ainda não logrou obter o seu veículo lançador. O projeto do VLS-1 teve seu início em 1984, tendo sido inspirado pelo conhecimento adquirido no desenvolvimento dos foguetes Sonda nas duas décadas precedentes e almejando utilizar as tecnologias já dominadas pelo país de forma a evitar a dependência externa e driblar os embargos sofridos (VILLAS BOAS, s/d, p.16).

Ao longo dos anos 1980, várias missões foram realizadas visando aprimorar as tecnologias espaciais no âmbito do Projeto Sonda IV, foram elas: a Operação Parangaba (21/11/1984, voo do primeiro protótipo), a Operação São José dos Campos (19/11/1985,

---

<sup>80</sup> Com isso queremos apenas apontar a questão técnica que perpassa uma tecnologia dual. Não é a intenção deste item com esta frase dar a entender que o Brasil procura produzir mísseis. Em relação a isso, aliás, é necessário lembrar que em 1995 o país adentrou o MTCR reafirmando o seu compromisso com o uso pacífico das tecnologias espaciais. O componente estratégico de um artefato como um veículo lançador e o ambiente anárquico e incerto no qual se estabelecem as relações internacionais servem, contudo, para fazer com que, a despeito da presença de organizações multilaterais que tentam dirimir as tensões entre os Estados, a desconfiança mútua seja mais regra do que exceção e termine por prevalecer entre os atores. Por outro lado, adotando a perspectiva de países em desenvolvimento, tal como o Brasil, é inegável que acordos como o MTCR e o ITAR trabalham para congelar o *status quo* em favor dos países mais desenvolvidos por meio da paralisação do avanço tecnológico, algo já mencionado anteriormente nessa dissertação e sobre o qual tornaremos a falar no capítulo seguinte.

recuperação de cargas úteis), a Operação Petrópolis (08/10/1987, qualificação de componentes) e a Operação Rio de Janeiro (28/04/1989, a última, cuja intenção era qualificar os dispositivos responsáveis pela separação dos estágios do foguete). O saldo positivo deixado por estas quatro bem-sucedidas operações permitiu ao IAE/DCTA ambicionar a construção de um Veículo Lançador de Satélites. Foi para esta tarefa que tais instituições se voltaram a partir dos anos 1990 (FALCÃO, 2015).

Após anos de trabalho, o primeiro teste com o VLS-1 ocorreu em 02/11/1997, sendo batizado de Operação Brasil. Uma falha num dos motores do primeiro estágio fez com que o foguete decolasse sem alinhamento com a Torre Móvel de Integração (TMI) e após pouco mais de um minuto o mesmo foi destruído via comando do controle da missão. Junto com o foguete estava o SCD-2A, um satélite de coleta de dados pertencente à linha dos SCD já previamente comentada (FALCÃO, 2015).

O segundo teste foi realizado dois anos depois, em 11/12/1999. Conhecida como Operação Almenara, esta tentativa também resultou em fracasso por conta do não funcionamento dos motores do segundo estágio do foguete. A carga principal, o satélite SACI-2 (Satélite de Aplicações Científicas), desenvolvido pelo INPE a fim de realizar experimentos com as cargas úteis nele embarcadas, também se perdeu (COSTA FILHO; FURTADO, 2002; FALCÃO, 2015).

O fato de que cargas valiosas foram perdidas nas duas oportunidades não passou despercebido para Gouveia (2003), muito menos deixou de lhe causar estranheza:

No mundo todo, os primeiros lançamentos de qualquer foguete experimental, é feito [*sic*] com carga-útil técnica, buscando unicamente definir os parâmetros de voo. Pela experiência do autor, que esteve em várias fábricas de foguetes nos EUA, são necessários entre cinco a dez lançamentos eminentemente técnicos para a definição do comportamento de um certo foguete [...]. E só após os lançamentos qualificadores da operacionalidade do veículo, é que o mesmo pode ser considerado homologado, destarte, pronto para operar em qualquer situação. Mas, entre nós, desde o primeiro lançamento, pretendeu-se que o VLS já era um foguete homologado e operacional, colocando um satélite na ogiva de cada um deles, o que se tornou muito, mas muito mais caro do que uma carga-útil meramente técnica (GOUVEIA, 2003, p.33).

O terceiro teste, marcado para ocorrer em 25/08/2003 jamais chegou a acontecer em vista da tragédia que se passou três dias antes no CLA, quando um dos motores do VLS-1, ainda alocado na TMI, entrou em ignição antes do previsto destruindo a torre e matando os 21

funcionários do corpo técnico encarregado de montar o veículo que naquele momento lá se encontravam. As cargas a serem transportadas, os satélites nacionais SATEC e UNOSAT-1, foram igualmente destruídas (FALCÃO, 2015). A maior perda, mais do que o próprio foguete, foi a dos engenheiros, muitos dos quais tinham experiência acumulada por décadas na profissão. Logo, um capital humano de difícil e demorada substituição.

De 2003 em diante poucos foram os avanços no projeto do VLS-1 que, em vista de uma multiplicidade de problemas (falta de recursos, envelhecimento dos componentes, falta de pessoal, dentre outros), foi oficialmente cancelado em fevereiro de 2016. Após 32 anos de trabalho árduo para tentar colocar em funcionamento um veículo capaz de conferir autonomia ao país em um setor sensível, tanto a AEB como o DCTA parecem ter finalmente jogado a toalha (MARCIANO, 2016).

Entretanto, as dificuldades enfrentadas pelo projeto do VLS (e pelos profissionais nele envolvidos) datam dos anos 1980 e não podem recair exclusivamente sobre questões de caráter técnico. O aspecto geopolítico também foi decisivo para o seu insucesso, principalmente por meio da já comprovada interferência norte-americana<sup>81</sup>, guiada pelo interesse de que o Brasil não tivesse um foguete próprio viável. Essa constatação confere novo significado e, em última instância, explicação, aos embargos comerciais impostos aos componentes mais simples e serviços mal prestados por empresas norte-americanas que haviam sido contratadas pelo Brasil (BRAGA, 2011; VALENTE; MAGALHÃES; ODILLA, 2011).

[...] ainda que os Estados Unidos estejam preparados para apoiar o projeto conjunto entre Ucrânia e Brasil<sup>82</sup> uma vez que o Tratado de Salvaguardas Estados Unidos-Brasil se torne ativo, não apoiamos o programa indígena de veículos lançadores espaciais brasileiros (RESPONDING [...], 2009, tradução nossa).

A determinação norte-americana contra o ramo de foguetes do Programa Espacial Brasileiro é justificada pela própria diplomacia estadunidense com o seguinte argumento:

Os Estados Unidos atualmente não permitem lançamentos de satélites norte-americanos ou de satélites estrangeiros com componentes norte-americanos licenciados de Alcântara por conta da nossa longa política de não “encorajar” o programa do VLS brasileiro (ou de quaisquer outros programas de VLS de países pertencentes ao MTCR

<sup>81</sup> Por meio do *Wikileaks*.

<sup>82</sup> Projeto que mais adiante abordaremos com a devida atenção.



que os Estados Unidos já não apoiavam antes do advento do Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis em 1987) (RESPONDING [...], 2009, tradução nossa).

Nos anos 1990, é importante ressaltar, a agenda estadunidense de boicote ao PEB encontraria respaldo internamente nos atores que dominavam a cena política nacional, a saber, os governos de direita neoliberal<sup>83</sup> capitaneados primeiro por Fernando Collor (1990-1992) e depois por Fernando Henrique Cardoso (1995-2002). Tal década compreendeu um período extremamente difícil para o programa espacial do Brasil que, em termos práticos, quase deixou de existir. Com cortes orçamentários, atraso de salários e dispensa de pessoal ultrapassando a casa dos milhares, os poucos que permaneceram fizeram o que podiam dentro das condições dadas. Coincidiu com essa época, como é possível perceber, os testes realizados com o VLS-1: os resultados não poderiam ter sido outros senão aqueles já expostos nos parágrafos anteriores. Uma tragédia aos moldes daquela ocorrida em Alcântara em 2003 já estava sendo gestada havia anos<sup>84</sup> (AMARAL, 2009, pp. 32 e 33).

---

<sup>83</sup> Comprometidos com uma visão de mundo que rechaça o planejamento econômico e impõe uma doutrinação do pensamento econômico em prol do mercado financeiro. Um governo neoliberal é principalmente associado ao desmonte do Estado de Bem-Estar Social com base na argumentação de que a obtenção de direitos torna os trabalhadores preguiçosos e improdutivos e que quaisquer tentativas de planejamento remontam aos governos socialistas ditatoriais do falecido bloco comunista. Obviamente que esse discurso reacionário é empregado para naturalizar a perda de direitos, dando-lhe uma roupagem virtuosa. De fato significa que o ajuste de contas se dá sobre grande parte da população enquanto as elites econômicas beneficiadas se mantêm protegidas sob as asas do Estado. O livro *A Doutrina do Choque*, de Naomi Klein, é uma excelente leitura para aqueles que desejam compreender as raízes e o modo de funcionamento do neoliberalismo.

<sup>84</sup> Importante salientar também o papel dos militares neste fracasso. De acordo com a investigação realizada para apurar as causas da explosão do VLS-1, alguns funcionários reclamavam de terem recebido descargas elétricas ao tocarem o corpo do foguete ao mesmo tempo em que muitos desconheciam o fato dos motores de arranque terem sido instalados antes do previsto. Os procedimentos de segurança eram ineficientes, com saídas de emergência levando para dentro da própria torre de ignição. Outros dois fatores trazidos à tona pelo inquérito realizado foram a pressão a que estavam submetidos os operadores, resultando em um desgaste físico e mental severo, bem como a já citada defasagem salarial. Tudo aponta para um projeto tocado às pressas, no improviso e em condições de trabalho próximas à insalubridade (D'ALAMA; FERREZIM, 2013). Todo esse quadro, independentemente dos resultados inconclusivos sobre a causa do acidente, nos leva a questionar a capacidade das Forças Armadas em gerenciarem projetos complexos. Sobre o arranjo institucional do PEB nos debruçaremos no capítulo III.

**Figura 2.2 – Veículo Lançador de Satélites (VLS-1)**



Fonte: VLS-1 [...], 2016.

O engenheiro da Avibrás por nós entrevistado<sup>85</sup>, quando perguntado por um blog especializado sobre o atual estágio do PEB, resume a questão da seguinte forma:

Minha sensação é a de que o Programa Espacial Brasileiro teve seu ponto máximo na MECB, porém, devido às dificuldades em projetos espaciais muitos pesquisadores acabam se desmotivando e também a burocracia, que faz com que muitas vezes a política prevaleça em relação à técnica (FALCÃO, 2014).

Concordando ou não com a opinião do entrevistado é preciso ter a noção de que não atingir todos os objetivos propostos na MECB constitui um grave problema para um país que depende de tecnologia espacial para garantir o cumprimento de sua agenda de interesses e que almeja entrar no clube dos grandes. O fracasso com o VLS, provavelmente o golpe mais duro dentre todos os percalços enfrentados desde que a Missão foi traçada, pode ser sintomático da inexistência no Brasil de um verdadeiro Programa Espacial, pelo menos não com as características observadas nas potências do ramo.

<sup>85</sup> Engenheiro eletricitista formado pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Mestre em Ciências e Tecnologias Espaciais pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) onde também foi professor colaborador do curso de engenharia aeroespacial. Atualmente (2017) trabalha na Avibrás Aeroespacial como Engenheiro de Projetos na área de eletrônica embarcada. Dados retirados do *LinkedIn* e da entrevista realizada via envio de questionário digital em 11/10/2016. As opiniões externadas pelo profissional em questão não necessariamente refletem aquelas do ITA ou da Avibrás.

As boas intenções materializadas nas metas estabelecidas nos PNDAE e PNAE (2012-2021) correm o risco de permanecerem exatamente desta forma: boas – e inócuas – intenções. Se em épocas anteriores o orçamento destinado a todo o setor aeroespacial já chegou a contabilizar míseros US\$ 8 milhões (durante o governo FHC, em 1999, mesmo ano no qual se realizou um dos testes do VLS com o resultado já sabido) (AMARAL, 2009, p.28), o momento atual de crise política e econômica e de vitória de forças políticas comprometidas com uma inserção internacional que não podemos chamar exatamente de soberana, visto que adota a já citada via neoliberal, também não soa muito animador. A opinião de Amaral (2010) a respeito deste mesmo assunto é extremamente proveitosa:

Assim, contrariando a Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (reduzida a um livrinho que descansa nas mesas das instituições ou dormita nas gavetas da burocracia), que priorizava nossos lançadores e centros de lançamento no Brasil, somente os gastos para os lançamentos nos EUA<sup>86</sup> e na China<sup>87</sup> suplantaram em muito, desde 1994, os investimentos em lançadores e centros de lançamento nacionais, que deveriam ser prioritários e merecer atenção especial, inclusive por envolverem maiores avanços e complexidade tecnológica e por serem submetidos às barreiras e embargos de outros países (AMARAL, 2010, p.195).

Falta, portanto, uma política clara para levar adiante tudo aquilo que é posto por meta nos planos periódicos para o setor, clara consequência, de acordo com o próprio Amaral (2009), do fato de não haver em relação ao tema uma perenidade na forma de uma política de Estado e de uma burocracia capacitada e ciente das implicações que os seus atos acarretam sobre a vida e o futuro do país. Governos progressistas, como os que tivemos por alguns anos até que seu ciclo se esgotasse entre 2013/2014, foram capazes de conferir maior atenção para esta área estratégica, contudo, também cometeram os seus erros a julgar pela quantidade de recursos financeiros investidos, sempre aquém do montante investido por países como Índia e China e nunca de forma estável, ora apresentando alta, ora apresentando queda<sup>88</sup>.

Além do caso trágico do VLS, cujas razões podem ser identificadas principalmente no descaso com o qual o projeto estava sendo levado por parte do Estado e na conduta negligente dos militares, que o gerenciavam, podemos tomar também por exemplo a parceria malfadada com os ucranianos por meio da empresa *Alcântara Cyclone Space* (ACS) na construção do

---

<sup>86</sup> Dos satélites SCD-1 e SCD-2.

<sup>87</sup> Dos satélites da linha CBERS.

<sup>88</sup> Sobre a questão orçamentária versaremos mais adiante.

foguete Cyclone-4, cujo acordo foi unilateralmente denunciado pelo Brasil em 2015 (HENRY, 2016a).

O projeto em questão nasceu, em fins dos anos 1990<sup>89</sup>, da percepção de que era necessário dar um salto qualitativo que permitisse ao PEB obter um veículo lançador próprio. É importante salientar que a sua existência dividiu opiniões entre os que nele viam uma grande oportunidade de colocar as mãos em uma tecnologia superior ao VLS, proveniente de uma família de foguetes já testada e homologada em centenas de voos na Ucrânia (AMARAL, 2009, p.38), e os que acreditavam que os recursos depositados neste projeto poderiam ter sido investidos na continuidade do VLS (a exemplo da Força Aérea Brasileira) (NERY; GIELOW, 2015). A posição deste segundo grupo tornou-se cada vez mais fortalecida com o passar dos anos dado a inexistência de resultados em comparação aos gastos astronômicos efetuados.

Os interesses em questão de ambos os lados eram os que seguem: no caso brasileiro a chance, como já explicitado, de possuir um veículo lançador próprio movido à propulsão líquida e, do lado ucraniano, a oportunidade de poder lançar o seu foguete de uma base próxima à Linha do Equador, junto ao Atlântico, uma vez que esse país é desprovido de instalações para tal finalidade. Inicialmente, o consórcio para lançar o Cyclone-4 teria como terceiro participante a empresa italiana Fiat Avio, que ficaria encarregada de construir a plataforma. Contudo, em uma perfeita mostra do teor geopolítico do qual está imbuído o setor aeroespacial, após ingerência dos Estados Unidos com recomendações em contrário, a mesma empresa recuou e desistiu de fazer parte da iniciativa (AMARAL, 2009, pp. 40 e 41).

Em 2003 foi firmado o acordo entre as partes que formalmente iniciava a parceria, criando também a já citada ACS. As dificuldades enfrentadas a partir deste momento foram inúmeras a começar pelo fato de que o Cyclone-4 teria de utilizar outro ponto de lançamento dentro do CLA, uma vez que o inicialmente previsto já estava reservado para o VLS (em um espaço de cinco meses e uma semana a Aeronáutica, que havia inicialmente aquiescido com o local de lançamento, retrocedeu em sua decisão). Posteriormente, para construir a infraestrutura necessária, foi preciso lidar com a questão dos quilombolas, que reivindicavam parte do terreno do CLA (AMARAL, 2009, pp. 42, 43 e 44; NERY; GIELOW, 2015).

Frente a todos estes problemas, o planejamento inicial de lançar o Cyclone-4 em 2010 teve de ser adiado para 2015. Em muitos momentos, cabe dizer, o problema foi a falta de recursos que acometeu ambos os parceiros. Com a guerra civil na Ucrânia a partir de 2014 e o

---

<sup>89</sup> De acordo com Amaral (2009), a Ucrânia já demonstrava interesse na parceria desde 1991, quando realizou os primeiros contatos, todavia, o consórcio somente começou a tomar forma no ano de 1997. Desse modo tem-se que o projeto do Cyclone-4 foi desenvolvido, no que tange ao Brasil, ao longo de três governos distintos. Esta continuidade, todavia, não foi suficiente para fazer dele um sucesso.

cenário de crise econômica pairando sobre o Brasil, no ano em que deveria ter sido lançado, e já com metade das obras concluídas, o acordo que havia firmado a parceria e criado a ACS foi unilateralmente denunciado pelo então governo Dilma (NERY; GIELOW, 2015).

A informação de que houve ingerência russa no projeto no intuito de desfavorecer os seus rivais ucranianos, creditada por Nery e Gielow (2015) em reportagem do jornal Folha de São Paulo do dia 09 de abril de 2015, foi enfaticamente negada pela agência espacial russa, a Roscosmos, sob o argumento de que não seria do interesse desse país estabelecer um acordo com o Brasil nos moldes do que foi realizado com a Ucrânia. Dessa forma, não haveria razão de retirar os ucranianos de um negócio que não interessava aos russos<sup>90</sup> (ROSCOSMOS [...], 2015).

Com o fracasso do projeto encabeçado por Brasil e Ucrânia por meio da ACS, o cenário geopolítico assumiu os seguintes contornos: a Ucrânia continua em busca de parceiros para lançar o seu foguete e, de acordo com reportagem do site *Via Satellite* de começo de setembro de 2016, a *Yuzhnoye Design Office*, companhia responsável por construir o Cyclone-4, recebeu autorização da Agência Espacial Estatal da Ucrânia para procurar bases de lançamento nos Estados Unidos e no Canadá. O lançamento em si poderá ocorrer em breve, pois de acordo com a mesma reportagem, o foguete não está longe de ser concluído e as obras necessárias no que tange à infraestrutura de solo levariam em torno de dois anos e meio (HENRY, 2016a).

---

<sup>90</sup> A polêmica, contudo, não se encerra aí. Lendo os comentários presentes em matérias correlatas em um blog especializado este autor se deparou com a afirmação de um dos visitantes do site, a qual não logrou êxito em confirmar pelos canais oficiais, mas que considerou importante que constasse nesse trabalho, de que teria havido uma disputa política no início do primeiro governo Lula (2003-2006), época em que foi criada a ACS, entre os ministros da Ciência e Tecnologia (Roberto Amaral) e da Defesa (José Viegas Filho) a respeito do parceiro ideal para o Brasil realizar um empreendimento em conjunto no intuito de obter o seu veículo lançador. Aquele, como a bibliografia selecionada já permitiu ao leitor deduzir, era favorável a uma cooperação com a Ucrânia, ao passo que este defendia uma parceria com a Rússia. Apesar de não ser uma informação confirmada, mesmo porque as tratativas com os ucranianos já vinham desde o governo anterior, pesa o fato conhecido de que José Viegas Filho, diplomata de carreira, havia sido, entre 2001 e 2002, o embaixador do Brasil na Rússia, cargo que deixou ao aceitar o convite de Lula, vitorioso nas urnas em 2002, para integrar o seu governo. Ademais, é importante trazer à luz o fato de que, ainda em fins de abril de 2015, menos de duas semanas após a decisão de rescindir o contrato com a Ucrânia ter sido tomada em conjunto pela presidente Dilma e os ministros da Defesa (Jacques Wagner), da Ciência, Tecnologia e Inovação (Aldo Rebelo), da Casa Civil (Aloisio Mercadante) e das Relações Exteriores (Mauro Vieira), faltando apenas o comunicado oficial a Kiev (que só seria encaminhado ao embaixador ucraniano em 16 de julho do mesmo ano), já havia proposta de parceria por parte dos russos para dar prosseguimento aos trabalhos em Alcântara. Uma nota editorial do site DefesaNet em adendo à reportagem de Maltchik (2015) conjectura que o congelamento do projeto se deve a uma preferência brasileira pelo lado russo no conflito que, a partir de 2014, opôs ambos os países. Por fim, de modo a cobrir todas as opiniões que se pode encontrar sobre esse tema delicado, em matéria veiculada pela Gazeta Russa, foi possível conhecer a opinião do astronauta brasileiro Marcos Pontes de que o cancelamento era iminente de ambos os lados já havia algum tempo e que era hora de procurar parcerias mais vantajosas com os EUA ou com a Rússia. Sobre os assuntos tratados nesta nota de rodapé, cf. DARMAROS et al, 2015; FALCÃO, 2015a; MALTCHIK, 2015; RÚSSIA [...], 2015.

O Brasil, por sua vez, continua sem ambos os veículos lançadores (uma vez que o projeto do VLS, tal como citado previamente, também foi abandonado) e com R\$ 500 milhões a menos para investir (total gasto pelo país na referida iniciativa, ainda que não seja perdido o investimento materializado em obras de infraestrutura, como apontado pelo diretor da DSAD) (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016). Apesar da proposta russa à qual fizemos menção na nota de rodapé que lhe cabia, recentes notícias dão conta de que é vontade do atual governo (presidente Michel Temer) permitir que a base de Alcântara seja utilizada pelos Estados Unidos para a realização de lançamentos, sem a contrapartida de uma política de transferência tecnológica em razão de um acordo de salvaguardas, ainda a ser votado pelo Congresso, que garantiria a inviolabilidade de artefatos técnicos de origem norte-americana. Este tema ronda o meio político nacional desde os anos Fernando Henrique Cardoso, tendo, contudo, sido enterrado durante as administrações Lula e Dilma. Agora, com o governo Temer, de inclinação claramente favorável aos interesses norte-americanos na região, o assunto voltou a ganhar força, tornando-se talvez não mais uma questão de “se”, mas de “quando” vai ocorrer (FARIELLO; MALTCHIK, 2016).

Em somatório a este panorama de desalento, de inserção geopolítica subalterna, que esquece o objetivo maior de um programa espacial independente em prol de uma visão de curto prazo superficial (externada pelo atual ministro da defesa, Raul Jungmann) calcada apenas em ganhos econômicos (questionáveis se for contabilizada a potencial perda de autonomia), tem-se a notícia de que, no âmbito do Estado policalesco que nos tornamos, a parceria com a Ucrânia é alvo de inquérito policial que averigua irregularidades (FARIELLO; MALTCHIK, 2016). O mesmo se aplica às empresas Odebrecht e Camargo Corrêa, responsáveis pelas obras em Alcântara, que são acusadas de não terem passado pelo devido processo licitatório (MALTCHIK, 2015) e investigadas em uma porção de outros malfeitos em diversos setores da economia, o que, contudo, abala todas as suas atividades de forma indiscriminada. O enfraquecimento das principais empresas do país por conta de uma espetacularização jurídico-midiática só serve para combalir ainda mais a economia e, por conseguinte, justificar estultices como esta defendida pelo ministro Jungmann. O saldo final é a perda da capacidade de planejamento estratégico do país em áreas cruciais ao seu desenvolvimento.

O maior vencedor neste caso trágico foram os Estados Unidos, que têm chances de lucrar nos dois lados da equação: podem ser escolhidos pela Ucrânia para uma eventual

parceria que culmine no lançamento do Cyclone-4<sup>91</sup> e, ainda, como Nery e Gielow (2015) também já haviam pontuado, têm possibilidades reais de obterem o acesso que há tempos desejavam em relação ao Centro de Lançamento de Alcântara sem nem necessitarem transferir tecnologia, destarte afastando Rússia e Ucrânia de firmarem acordos em relação a esta localidade altamente estratégica.

Para os membros da AEB entrevistados, ambos favoráveis à aliança com os ucranianos por considerarem-na comercial e estrategicamente vantajosa para ambos os lados<sup>92</sup>, o fator que mais fortemente contribuiu para decretar o insucesso da empreitada do Cyclone-4 foi a escolha do modelo de gestão da ACS. Nas palavras do diretor da DSAD:

[...] se a ACS vem com um DNA que é puramente comercial, minha opinião, é que a falha foi a escolha do modelo, ou seja, criar uma empresa que tenha participação do Estado. Então, eu acho que se a atividade era eminentemente comercial, o governo brasileiro deveria colocar apoio no sentido de encontrar os parceiros, ou seja, quem no Brasil poderia ser parceiro nesse empreendimento, dar garantias para o BNDES, por exemplo, que ao financiar aquilo o governo o estaria apoiando nessa iniciativa e não o Estado se comprometer a fazer isso. Quando o Estado se compromete a fazer ele entra em uma atividade em que nosso conhecimento é zero, ou seja, o Brasil nunca atuou comercialmente na área de lançamento de satélites e, portanto, era uma empreitada muito corajosa do Estado brasileiro querer entrar nesse *business* com todas as amarras. Diferente de muitos colegas, eu acho que não há nada de errado na ACS, na ideia comercial, o que há de errado é o fato do projeto ser implementado pendurado no governo brasileiro (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

O segundo membro da AEB com o qual falamos pontua ainda que a política de Kiev para o veículo lançador e a ACS seguiu a mesma lógica: apesar de contarem com a *Yuzhnoye/Yuzhmash*, empresa estatal de larga experiência no ramo e que atuava de modo independente, o governo daquele país preferiu ligar o projeto à Agência Espacial Ucraniana. O mesmo entrevistado, ademais, é da opinião de que o acordo não deveria ter sido denunciado e o veículo lançador deveria ter sido finalizado, ainda que com todos os percalços e mesmo

---

<sup>91</sup> Maiores detalhes sobre esse possível acordo são dados mais à frente no item 2.3. Cumpre apenas salientar que o contexto de rivalidade entre Rússia e Ucrânia por conta do recente episódio de anexação da região da Crimeia pelo governo de Vladimir Putin pode ser favorável a que os ucranianos fechem uma parceria de lançamento com os Estados Unidos, rivais dos russos não só nesta como em outras questões geopolíticas.

<sup>92</sup> Sobre isso, para citar um exemplo, o outro membro da agência lembra que dois dos maiores contratos de lançamento de constelações de pequenos satélites do momento, os das empresas *Iridium (Iridium Next)* e *OneWeb*, poderiam ser efetuados perfeitamente pelo Cyclone-4 (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

sem a garantia de transferência tecnológica<sup>93</sup> por uma questão de otimização dos valores que já haviam sido despendidos (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016). Um curso de ação que, na visão deste autor, em que pesem todos os problemas conjunturais enfrentados pelo Brasil, teria sido mais sensato.

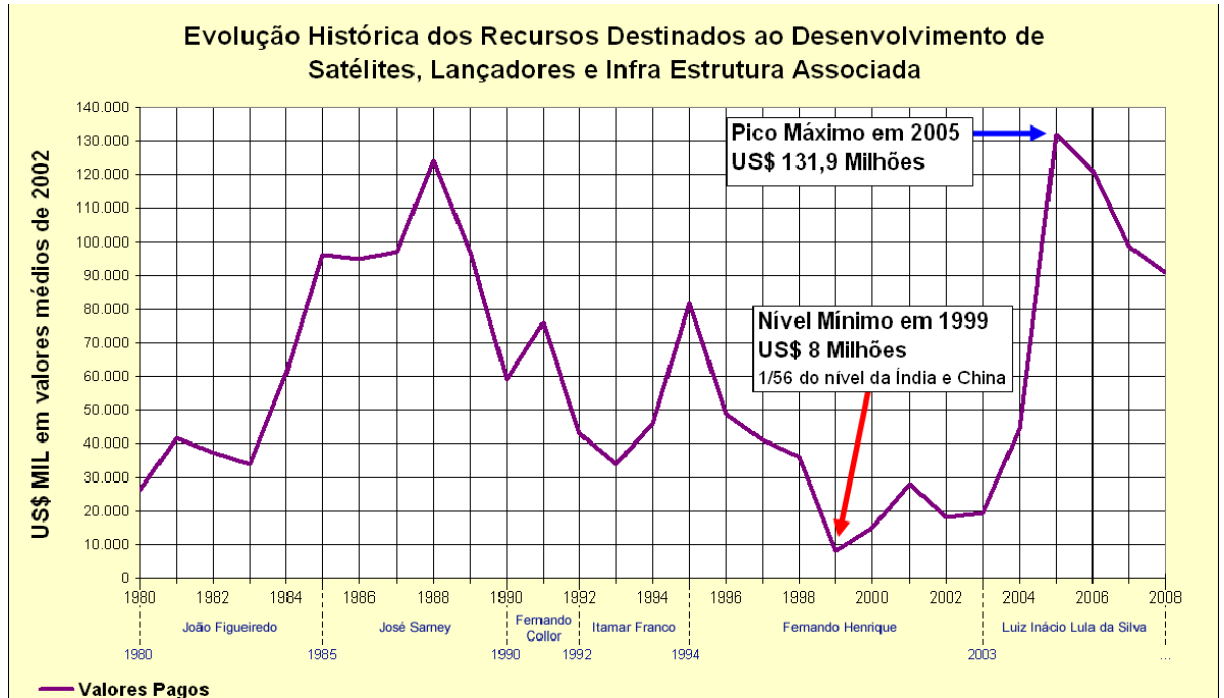
O caso da Alcântara Cyclone Space, todavia, não é o único no qual a imagem do Brasil ficou desgastada perante a comunidade internacional. Cumpre citar aqui o passo em falso dado pelo país ao querer fazer parte do projeto de construção da Estação Espacial Internacional sem possuir os recursos financeiros para tanto. A parceria firmada em 1997 previa um investimento pela parte brasileira da ordem dos US\$ 120 milhões (o custo total da empreitada estava estimado em US\$ 100 bilhões) para a construção de seis peças pelo INPE, as quais deveriam ser entregues entre os anos de 2002 e 2004. Desde o início, e ainda mais por se tratar dos anos FHC, época na qual o orçamento para o PEB foi vítima de uma queda histórica, estava claro que o país não lograria cumprir com as metas estabelecidas (OTTOBONI, 2013). O gráfico abaixo demonstra isso claramente, uma vez que o orçamento (em moeda forte) destinado para todo o programa durante o segundo mandato da presidência de Fernando Henrique Cardoso ficava aquém da quantia necessária que o Brasil deveria desembolsar para cumprir suas obrigações junto ao projeto da EEI.

---

<sup>93</sup> Apesar de não haver previsão de que isso ocorresse formalmente, o diretor da DSAD ressalta a existência de um intercâmbio natural de conhecimentos por conta de qualquer projeto que demande trabalho em conjunto. Sendo este o caso justamente do Cyclone-4, para ele haveria tal troca sem que fossem necessários maiores esforços e a despeito da empreitada estar imbuída de um viés majoritariamente comercial. Cf. ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016.

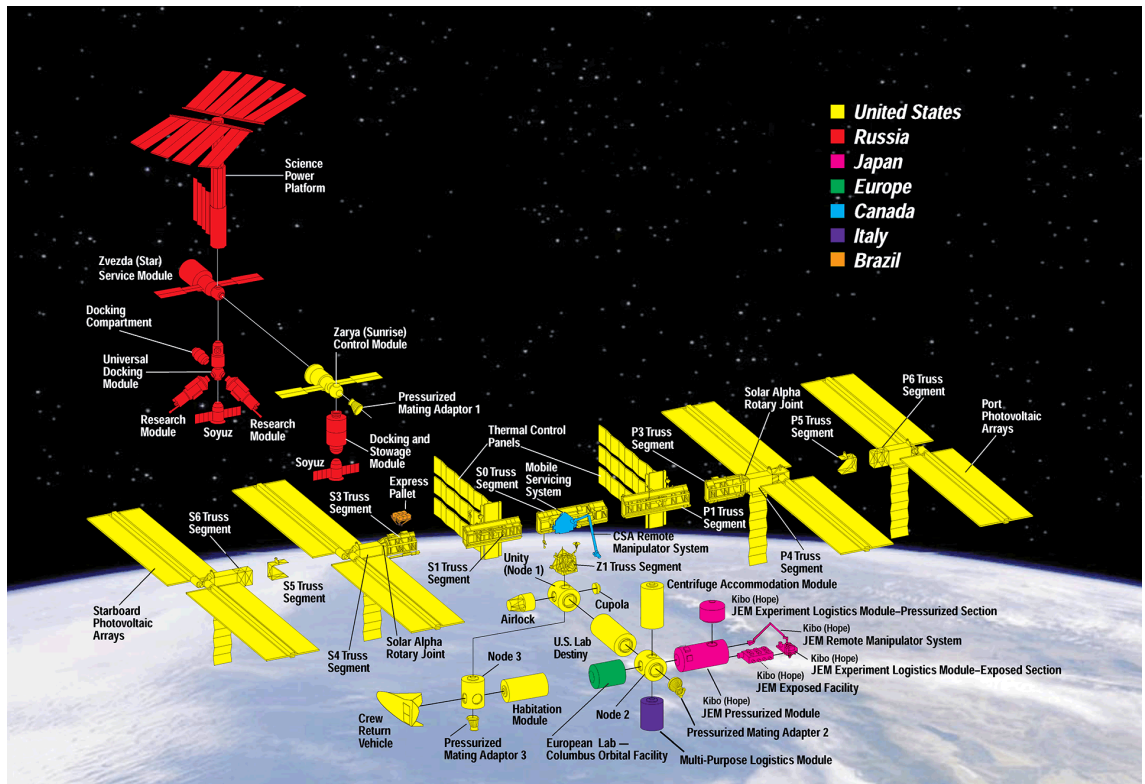


Gráfico 2.1 – Nível dos Investimentos no PEB entre 1980 e 2008



Fonte: AMARAL, 2009

Figura 2.3 – Componentes da EEI por país



Fonte: PEREZ, 2014.

A figura 2.3, que não corresponde ao estado final da distribuição das responsabilidades entre os países, visto que o Brasil, não logrando cumprir sua parte do acordo<sup>94</sup>, foi retirado do consórcio (composto por outras 15 nações<sup>95</sup>), serve, todavia, para melhor ilustrar o que estamos dizendo, bem como para mostrar a magnitude da participação de EUA e Rússia na construção da EEI. A não presença dos chineses se deve ao fato destes estarem envolvidos na construção da sua própria estação espacial, a TianGong-1<sup>96</sup>.

O acordo com a NASA previa que ao ajudar na construção da EEI, o Brasil teria direito a enviar experimentos com todos os custos arcados pela agência espacial norte-americana, assim como um astronauta por um período padrão de três meses (OTTOBONI, 2013). Por ocasião do malogro da participação brasileira na estação espacial, as relações entre as agências espaciais do Brasil e dos Estados Unidos ficaram estremecidas, fato este que complicou a viagem do astronauta brasileiro Marcos Pontes, que havia se preparado durante anos na estatal norte-americana. Para que um brasileiro finalmente rompesse a barreira da atmosfera terrestre foi necessário que o governo brasileiro pagasse US\$ 10 milhões para a Roscosmos (o que dentro desse setor não seria considerado caro), fato este que permitiu que em 29 de março de 2006, no âmbito da Missão Centenário, uma comemoração dos cem anos do voo pioneiro de Santos Dumont<sup>97</sup>, o brasileiro e mais dois astronautas partissem em

---

<sup>94</sup> As seis peças iniciais pelas quais o Brasil ficaria encarregado transformaram-se no *Express Pallet* que podemos ver na figura 2.3. Posteriormente, não conseguindo entregar tal instrumento também, o país deveria construir 15 placas adaptadoras. Esta tarefa, entretanto, foi cancelada frente ao argumento de que as referidas peças não eram mais necessárias. Sobre isso cf. PONTES, 2007, pp. 297 e 298.

<sup>95</sup> Além do Brasil, o consórcio contava com Estados Unidos, Rússia, Japão, Canadá, França, Alemanha, Itália, Inglaterra, Suíça, Suécia, Noruega, Dinamarca, Bélgica, Holanda e Espanha. Sobre a estação em si vale lembrar que sua construção se deu entre 1998 e 2011 com um custo aproximado de US\$ 150 bilhões, seu peso é de 400 toneladas e tem o tamanho de um campo de futebol, é operada pelas agências espaciais dos Estados Unidos (NASA), Rússia (Roscosmos), Japão (JAXA), Canadá (*Canadian Space Agency*) e União Europeia (ESA) e, de acordo com as previsões feitas por especialistas, seu decaimento contínuo a fará colidir com a Terra em 2030. Cf. PEREZ, 2014; PONTES, 2007, p.295.

<sup>96</sup> A *Tiangong-1* (“palácio celeste” em mandarim) foi inaugurada em 2011, tendo funcionado até 2013 (em concordância com o prazo de validade estabelecido de dois anos). Bem menor do que a EEI, esta estação chinesa de doze metros de comprimento por três de diâmetro e 8,5 toneladas de peso comporta uma tripulação de três astronautas. Em setembro de 2016, para substituí-la, a China colocou em órbita a *TianGong-2*. Pela mesma época o governo chinês afirmou que havia perdido o controle sobre a *TianGong-1*, fato este que gerou polêmica sobre se a estação vai ou não colidir com a Terra. Estima-se que isso possa ocorrer no segundo semestre de 2017, mas a data e o local são indeterminados dada a natureza imprevisível da situação. Cf. BROWN, 2016; ESTAÇÃO [...], 2016.

<sup>97</sup> Alberto Santos Dumont (1873-1932) foi um inventor e aeronauta brasileiro que, em 1906, em Paris, logrou realizar com êxito o primeiro voo de uma máquina mais pesada do que o ar, o avião 14-Bis. A grande polêmica em torno de quem teria inventado o avião, se Dumont ou os Irmãos Wright (que fizeram o seu voo em 1903, mas em uma máquina pertencente a uma trajetória tecnológica diferente daquela posteriormente adotada pela indústria aeronáutica, trajetória esta que coincide com a do artefato desenvolvido pelo inventor brasileiro) permanece viva até hoje e opõe brasileiros e norte-americanos. O uso de seu invento como arma a partir da Primeira Guerra Mundial (1914-1918) o deixaria amargurado e determinaria o encerramento de sua carreira como aeronauta. Posteriormente, com o emprego de aviões na Guerra Civil de 1932, Santos Dumont, já em depressão profunda, tirou a própria vida.

direção à EEI a bordo de uma nave Soyuz TMA-8. O Brasil teve um astronauta no espaço por um período de 10 dias, sendo dois deles dentro da espaçonave russa (OTTOBONI, 2013; PONTES, 2007, pp. 299 e 300).

O tema em questão, não é preciso dizer, suscita paixões e interesses. A literatura disponível é altamente enviesada, dotada de matizes diversos. Num extremo temos a tentativa por parte da mídia e de pessoas do meio científico de desacreditar por completo a missão, reduzindo-a a uma custosa viagem para germinar brotos de feijão no espaço apenas pelo capricho do governo Lula e pela propaganda que isso lhe traria. No outro, marca presença a romantização da conquista do astronauta brasileiro, que após concluída a missão, dentre outras coisas, escreveu um livro de autoajuda e, na referência aqui empregada, de sua própria autoria, usa a terceira pessoa para construir uma narrativa detalhista, literária até, mas desprovida de teor crítico.

A Missão Centenário, segundo Pontes (2007), permitiu a condução de diversos experimentos em ambiente de microgravidade de várias instituições de pesquisa de renome (FEI, INPE, UERJ, UFSC, CenPRA e CENARGEN/EMBRAPA) e, sim, dois experimentos educacionais (PONTES, 2007, p.299). De acordo com o mesmo autor, que caracteriza a missão como um “sucesso”, tais experimentos, no momento em que escrevia, já haviam redundado em avanços científicos concretos na forma de sistemas de refrigeração e de controle de temperatura para satélites (PONTES, 2007, p.300).

Um filtro deve ser utilizado aqui para que não sejamos vitimados pelo pessimismo de alguns, bem como para que não concluamos, comprando a narrativa de outros, que a missão foi uma conquista titânica para o Brasil. A jornada do astronauta brasileiro ao espaço foi importante e rendeu frutos à nação<sup>98</sup>, mas esteve restrita desde sua concepção às limitações do Programa Espacial Brasileiro. Nada além disso.

Para fechar nossa análise sobre os resultados da Missão Espacial Completa Brasileira e, mesmo após o fim oficial desta, sobre os demais pontos que marcaram a história recente do Programa Espacial Brasileiro e que aqui não poderiam faltar, é necessário agora que nos

---

<sup>98</sup> Sobre isso é curiosa a afirmação do então presidente da AEB, Sérgio Gaudenzi, de que a missão em questão almejava mais a divulgação científica do que a obtenção de resultados concretos em termos de produção de conhecimentos. Essa fala é um contraponto ao que tempos depois diria o astronauta brasileiro que, como visto, defende seu legado no que tange à produção de ciência e tecnologia nacionais. Todavia, de acordo com Sabbatini (2006), a oportunidade de divulgação científica se perdeu em meio às narrativas construídas em torno do fato, mais imbuídas de elementos ufanistas pelo lado dos apoiadores, ou de críticas de fundo político pelo lado dos críticos, do que propriamente de um discurso que auxiliasse o Programa Espacial Brasileiro. Cf. SABBATINI, 2006, pp. 13 e 14.

voltemos à análise daquele que é (ou almeja ser) o centro nevrálgico do programa, a saber, a Agência Espacial Brasileira.

Não faltam críticas ao papel desempenhado pela agência desde a sua criação. Críticas orientadas pelo argumento de que a instituição em questão ainda não mostrou a capacidade de coordenação das atividades que englobam um programa espacial que se quer fazer respeitável que dela se esperaria. Sobre esse ponto, Amaral (2009) pode nos trazer alguma luz:

Mas não foram dadas condições operacionais à Agência Espacial Brasileira, que se transformou – e de certa forma ainda o é, até hoje – numa simples repassadora de recursos. A AEB repassa 94% de seu orçamento e não interfere na programação do CTA, que atua na área de lançadores; não interfere na programação do INPE, que está voltado à produção de satélites, e não interfere em nenhum dos organismos que atuam na área do Programa Espacial Brasileiro. A AEB financia o CLA, mas é despojada de competência legal e administrativa de gerência. Cobra-se dessa agência uma coordenação de atividades que não lhe cabe exercer, desprovida que está, formalmente, legalmente, administrativamente, politicamente de poderes (AMARAL, 2009, pp. 25 e 26).

Nota-se, portanto, um quadro muito maior no qual a própria AEB está inserida. A opinião de Amaral (2009) corrobora a princípio aquilo que em momento anterior já havíamos tomado por hipótese, indo de encontro a outros autores empregados nesta dissertação: a agência apenas repassa recursos conforme estes são demandados pelos demais membros do PEB.

Um sinal daquilo que pode estar errado com esta instituição se encontra na fala do professor do INPE que, em determinado momento da entrevista, externou a opinião (já revelada no capítulo anterior) de que a AEB deveria, além da formação de quadros, se voltar para uma parte mais industrial, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento no setor. Quando perguntado sobre o porquê a agência não fazia isso, o mesmo forneceu a seguinte resposta:

[...] eu acho que eles não têm recursos humanos suficientes para isso [...]. A AEB poderia encomendar, pedir para o INPE fazer um plano deste tipo se ela quisesse, mas nunca se manifestaram nesse sentido. [...] não têm internamente, eu acho, uma equipe de pessoas com experiência para formular este tipo de planejamento (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

O dilema posto perante a AEB, se lermos aquilo que está escrito nas entrelinhas do excerto prévio, é o que segue: incapacitada de coordenar adequadamente o programa espacial por razões orçamentárias que mais a frente veremos, a agência necessita que os órgãos que são seus subordinados façam aquilo que seria dever dela, ou seja, planejar e conduzir iniciativas, todavia, ao fazer isso, distancia-se ainda mais de ser o centro do PEB e caminha para se tornar uma entidade figurativa. Tanto mais pelo fato das instituições subordinadas não terem a visão do quadro geral que ela poderia/deveria ter. O dilema da AEB é o dilema de todo o programa: sem uma agência central coordenadora existem apenas iniciativas individuais, meritórias sim, mas ineficientes para, no cômputo geral, construir aquilo que o Brasil precisa. Não haveria, em princípio, nenhum problema em coordenar esforços com as demais instituições do SINDAE e até aceitar os eventuais conselhos destas, desde que antes disso a agência tivesse uma estrutura sólida.

Tal estrutura, entretanto, tem sido construída paulatinamente e a despeito das dificuldades (opinião partilhada pela professora da UnB e pelo engenheiro da Avibrás) e o seu advento, ainda que tardio, é bem-vindo. O diretor da DSAD, por sua vez, defende a ideia de que a Agência Espacial Brasileira era dotada de quadros administrativos competentes, capazes de articular ações com outras instituições, mas lhe faltava os quadros técnicos, adquiridos recentemente. Ele elucidava:

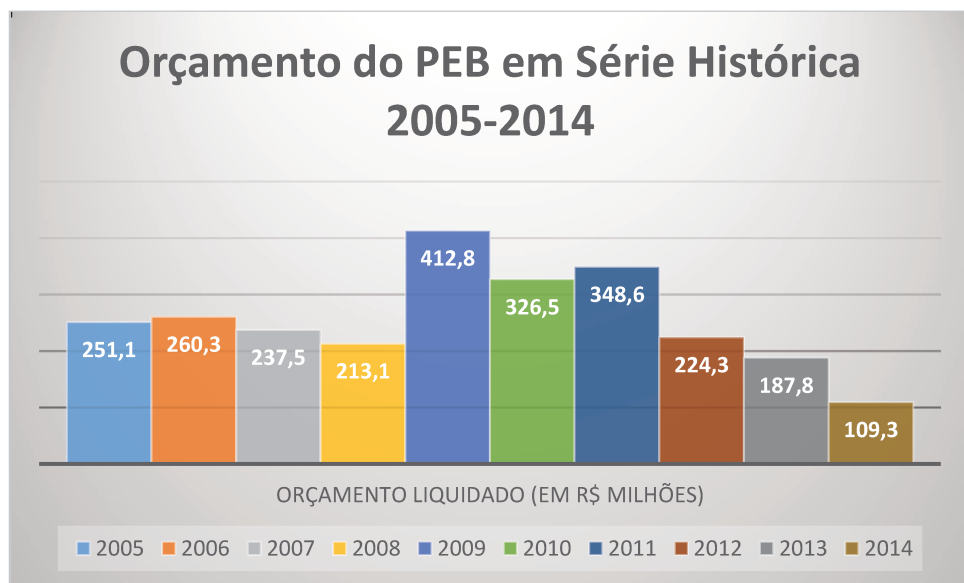
[...] esse quadro técnico está entrando agora na agência espacial, ele não tem cinco meses na agência, e nós já temos participado de discussões técnicas de altíssimo nível com os nossos órgãos executores. Hoje eles já têm dito, nos nossos meios aqui, hoje eles já têm concordado que nós temos quadros bastante interessantes aqui na AEB, gente bastante qualificada. Então eu sou obrigado, em alguma medida, a concordar com isso [a crítica de Roberto Amaral] que tem sido dito, mas acho que hoje nós estamos num ponto de inflexão [...] (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Apesar do novo panorama apresentado pelo diretor estar imbuído de um sentimento de otimismo, não deixa de causar estranheza o simples fato de que, após mais de vinte anos de existência formal como AEB (lembrando que sua antecessora fora a COBAE), a referida instituição tenha começado a ter profissionais da área técnica capazes de dotá-la de maior cabedal científico, a contar a data da entrevista (28/11/2016) e os cálculos do professor, em junho de 2016. Seja como for, ao considerar esta situação, somos obrigados a conferir novo

sentido às intenções do Estado brasileiro, que sempre atribuiu responsabilidades e exigiu resultados do seu programa espacial maiores do que este era capaz de entregar.

Não é difícil entender as razões do estado vegetativo no qual a instituição que deveria coordenar o PEB se encontra. Analisemos com atenção a série histórica referente ao orçamento disponibilizado para o programa espacial nacional (ou seja, para todos os ramos que o compõem e para todas as atividades inseridas dentro desses) entre 2005 e 2014.

**Gráfico 2.2 – Série Histórica de Investimentos no PEB**



Fonte: elaboração própria a partir de AEB, s/d1; e SOUZA, 2012.

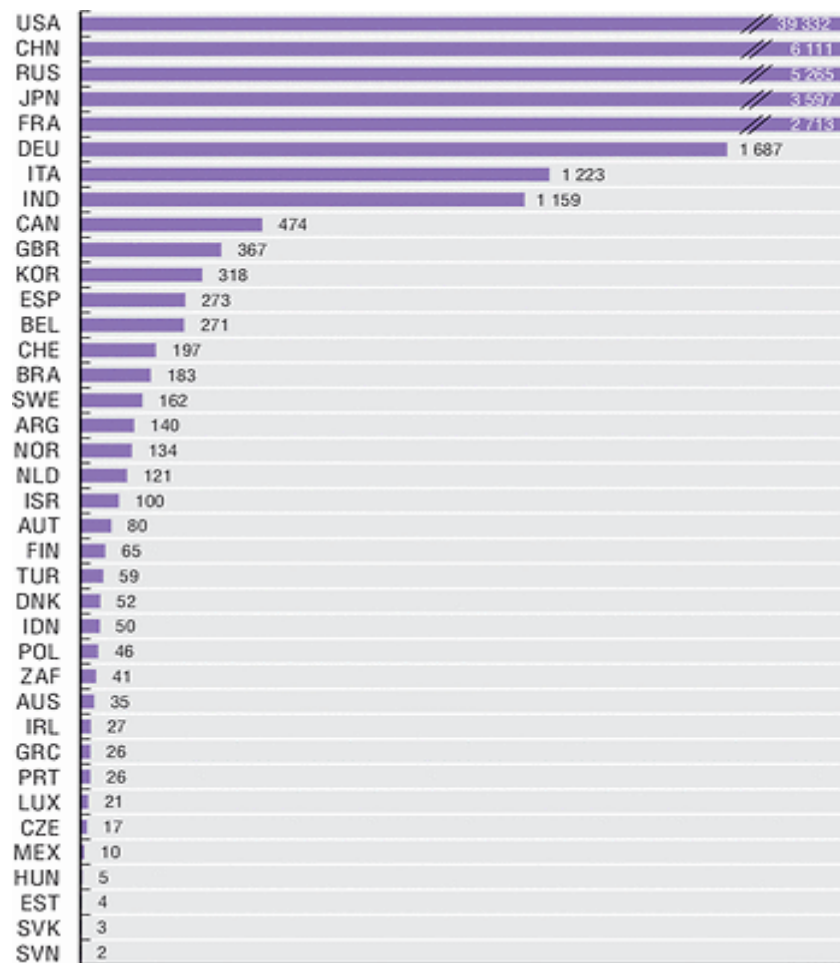
O gráfico 2.2 apresenta valores arredondados do orçamento liquidado para o programa espacial, ou seja, aquele efetivamente executado nos anos da amostra. Uma observação, contudo, se faz necessária: em vista da disparidade de informações acerca deste tema, e para que não se criassem lacunas, este autor achou por bem inserir os dados obtidos juntos à fonte mais relacionada ao assunto, a saber, a própria AEB. Durante a pesquisa para fazer o gráfico em questão foi interessante notar como muitas informações, mesmo em canais oficiais, divergiam umas das outras. O que estava numa proposta de uma Lei Orçamentária Anual (LOA) (BRASIL, 2007) ou em um relatório do então Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2006) nem sempre casava com o informado pela AEB. Nesses casos optou-se por manter o dado da agência.

Todavia, nada disso altera a dimensão do fenômeno que intencionamos aqui expor. Um simples cálculo revela que de 2005 a 2014 o Brasil investiu no setor aeroespacial em média R\$ 257 milhões por ano, o que é muito pouco se comparado com outros países. Não

estamos levando em conta aqui, é bom que se diga, a inflação e os movimentos de valorização/desvalorização cambial. A razão de realizar o gráfico em moeda nacional se deu pelo fato de ser mais viável dessa forma, visto que as informações em moeda forte nem sempre estavam disponíveis para anos mais recentes (de uma década para cá). Os anos cujos dados (aproximados) em dólar temos em mãos são 2005 (US\$ 132 milhões), 2006 (US\$ 120 milhões), 2007 (US\$ 100 milhões), 2008 (US\$ 90 milhões), 2009 (US\$ 206 milhões) e 2013 (US\$ 183 milhões) (AMARAL, 2009; EUA FORAM [...], 2013; OECD, 2011).

Basta compararmos os orçamentos destinados para este setor no Brasil e nos demais competidores para termos uma ideia do grande fosso que nos separa. Nesse sentido, o *The Space Economy at a Glance 2014*, documento oficial da OCDE (que tem 2013 como ano-base), é extremamente útil.

**Gráfico 2.3 – Investimentos no Setor Aeroespacial em 2013 por país**



Fonte: OECD, 2014. Valores em US\$ milhões.

Todos os países que dominam a tecnologia aeroespacial e constituem hoje os principais atores na arena espacial investem em seus respectivos programas mais do que um bilhão de dólares, sem exceção. Os oito primeiros possuem orçamentos que vão desde pouco mais de um bi até 39 bilhões, sendo este último, o orçamento dos Estados Unidos, superior a todos os outros disponíveis no gráfico 2.3 juntos.

Ainda que seja um ponto fora da curva, a verba destinada ao programa espacial estadunidense, de acordo com a própria OCDE, corresponde a menos do que 0,25% do PIB daquele país, tendo sofrido queda na comparação com 2008, quando representava 0,3%. O Brasil gasta em seu programa espacial algo em torno de 0,01% do Produto Interno Bruto, porcentagem que se manteve estável na comparação com o dado de cinco anos antes (OECD, 2014).

Não se pode perder de vista que toda decisão orçamentária é fundamentada por uma decisão política. Um orçamento que não estava à altura dos objetivos traçados no PNAE 2005-2014, e continua não estando em relação ao PNAE 2012-2021<sup>99</sup>, demonstra que o Programa Espacial Brasileiro, a exemplo de tantas outras áreas cruciais para o país, aparentemente não faz parte do rol de prioridades do Estado, e isso independente de colorações partidárias. Como já dito anteriormente, se os anos Collor e FHC foram marcados pela escassez quase que total de recursos e sangria de quadros profissionais que redundaram em uma tragédia como a de Alcântara, os anos posteriores com Lula viram uma trajetória de aumento (não sem revezes) nos investimentos que, contudo, não serviu para conferir o impulso que seria desejável ao programa. A era Dilma, por sua vez, voltou a ser marcada pelo declínio sistemático dos valores destinados ao programa, mesmo quando os efeitos da crise financeira mundial ainda não eram tão sentidos no Brasil<sup>100</sup>. (AMARAL, 2009, pp. 28 e 29).

Os valores mais recentes referentes ao PEB de que se tem notícia são aqueles liberados pela própria agência. Os mesmos dizem respeito à LOA e, portanto, são previsões. Para 2015

---

<sup>99</sup> A título de ilustrar tal inadequação, basta comentar que estava previsto no PNAE 2012-2021 que o setor aeroespacial brasileiro, no decorrer da referida década, necessitaria de cerca de R\$ 9,1 bilhões para atingir as metas propostas pelo programa. Isso corresponderia a um investimento anual na casa dos R\$ 900 milhões, valor nunca alcançado na história do Programa Espacial Brasileiro, cuja média de investimento, como já visto, fica muito aquém disto. O contexto de otimismo no qual foi produzido – e que hoje não mais se sustenta – talvez explique o choque entre o planejado e a realidade que se apresentou (e ainda o faz) ao longo da vigência deste PNAE. Cf. BRASIL, 2012, pp. 16 e 17.

<sup>100</sup> Sobre o governo Dilma é interessante notar que de 2012 a 2014 o ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação foi Marco Antonio Raupp, matemático brasileiro que já havia sido diretor do INPE e saiu justamente da presidência da AEB – cargo que manteve de março de 2011 até janeiro de 2012 – para assumir o então MCTI. A despeito deste fato, o que se viu nos anos seguintes, como já explicitado, foi uma deterioração do quadro de investimentos que, de 2011 até 2014, foi reduzido à terça parte do que era quando a presidente assumiu. As razões que poderiam explicar tamanha indolência em relação ao Programa Espacial Brasileiro por parte de um governo teoricamente de esquerda e em tese comprometido com o desenvolvimento das forças produtivas nacionais escapam a este autor Cf. MARCO [...], 2012.



o orçamento previsto era de R\$ 323,6 milhões e para 2016 o valor ficava na casa dos R\$ 159,6 milhões, provavelmente em vista do cenário tumultuado pelo qual passa o país (AEB, s/d1). Para 2017, a informação que se teve acesso dá conta do fato de que, apesar de cortes em vários setores, o setor espacial, pelo contrário, será beneficiado com um aumento de 22,5%. A fonte é do site de notícias *The Intercept Brasil* e, de acordo com o jornalista Breno Costa, que assina a matéria, apesar dos cortes generalizados em áreas vitais como saúde, educação e programas sociais, as áreas referentes aos militares (defesa nacional, política espacial e política nuclear) e ao agronegócio seguirão na contramão. Isso, contudo, estará sujeito ao crivo do Legislativo, que durante o processo de apreciação da referida lei poderá mudar todos os valores para mais ou para menos (COSTA, 2016).

A notícia, teoricamente positiva para o setor aeroespacial brasileiro, deve ser encarada com a devida precaução. Aparentemente o governo Temer visa favorecer dois estratos que têm lhe sido muito caros nos últimos tempos. Grande parte dos ruralistas apoiaram o conluio que o levou à presidência da República por meio de uma metodologia não ortodoxa e sua relação com militares conservadores (ainda que, de acordo com a AEB, o programa espacial seja de caráter civil, algo questionável quando se observa a clara dualidade nele existente e que mais a frente abordaremos) é um tema controverso que põe em alerta aqueles temerosos de que os setores mais radicais dentro das Forças Armadas (leia-se, que negam os crimes da Ditadura Militar) voltem a obter poder dentro do cenário nacional.

É difícil, no entanto, pensar que no longo prazo conseguiremos aprimorar o PEB frente aos cortes nos gastos públicos em atividades-fim do Estado, a exemplo da educação, prevista no âmbito da PEC 241/PEC 55 que na presente data já foi aprovada nas duas casas do Legislativo brasileiro. Hoje esses efeitos ainda não são sentidos, mas em vinte anos poderemos tomar ciência de que estamos atrasados em relação aos demais países não só no quesito tecnológico *per se*, mas também na qualificação dos profissionais do ramo (que em termos quantitativos já são escassos no presente). A esperança reside em uma eventual mudança na correlação das forças políticas que impeça que aqueles que empunham bandeiras retrógradas se encafilem no poder por muito tempo.

### 2.3 – Os *cubesats* dentro do Programa Espacial Brasileiro e o VLM-1<sup>101</sup>

Inseridos dentro do vetor de produção de satélites e seus componentes se encontram os *cubesats*. Até a presente data (2017), o Brasil já conseguiu lançar quatro pequenos satélites cúbicos, três da categoria nano e um da categoria pico, e tem no mínimo outros seis na fila de espera, um deles com lançamento previsto ainda para este ano.

O Brasil integra o rol de nações que não tardaram muito a enxergar o potencial dos pequenos satélites. Se não fosse a tragédia ocorrida em Alcântara<sup>102</sup>, e na hipótese do teste com VLS-1 ter logrado sucesso, o Brasil teria sido o primeiro país da América Latina a lançar um satélite de pequeno porte próprio, ainda que não com o formato cúbico. Apenas em 2014, com o lançamento do NanosatC-Br1, é que o Brasil passou a efetivamente adotar esta forma de produzir satélites de menor dimensão.

Esta seção tem por objetivo aprofundar o entendimento acerca dos satélites brasileiros que adotam o padrão cúbico e do veículo lançador específico para esta categoria que tem sido desenvolvido pelo país no intuito de conquistar a tão sonhada autonomia em relação ao vetor de lançadores. Para tanto, no tocante aos satélites, iremos nos focar em alguns daqueles que já foram lançados, analisando não tanto os aspectos técnicos de cada um, mas principalmente as filosofias<sup>103</sup> que nortearam os grupos responsáveis por criá-los. Os demais também receberão a devida atenção (de acordo com a quantidade de informações disponíveis), ainda que o horizonte temporal não nos permita saber se lograrão sucesso ou não. Por fim, abordaremos a questão do VLM-1 e das expectativas depositadas sobre este foguete, cujo voo de teste está previsto para 2019.

Os objetivos e aspectos técnicos do NanosatC-Br1 já foram devidamente elucidados em seção prévia. Agora resta-nos entender as origens do projeto responsável por colocar no espaço o primeiro satélite científico funcional do país (lembremo-nos dos SACI-1 e SACI-2,

<sup>101</sup> Veículo Lançador de Microsatélites.

<sup>102</sup> Ocorrido no dia 22 de agosto de 2003 no Centro de Lançamento de Alcântara (Alcântara/MA) este acidente matou 21 técnicos do Instituto de Aeronáutica e Espaço do Centro Técnico Aeroespacial (IAE/CTA) quando o terceiro protótipo do VLS-1 (Veículo Lançador de Satélites) entrou em ignição ainda dentro da Torre Móvel onde estava. O relatório produzido pela Aeronáutica descartou sabotagem (ainda que as teorias permaneçam), mas foi inconclusivo quanto às causas da tragédia. Junto com o veículo lançador perdeu-se também o microsatélite de pesquisas meteorológicas SATEC (carga principal), do INPE, e o nanosatélite UNOSAT-1 (carga secundária), um paralelepípedo de quase 9 kg construído pelos pesquisadores e estudantes da Universidade Norte do Paraná (Unopar) para transmitir mensagens de voz e dados de telemetria. As perdas humanas e tecnológicas constituíram um duro golpe ao Programa Espacial Brasileiro, que até hoje não conseguiu concluir o seu veículo lançador. Para maiores informações, cf. BATISTA, 2013; SATÉLITES [...], 2003.

<sup>103</sup> Por “filosofia”, palavra usada pelo professor do INPE em sua entrevista, podemos entender também “ideia”, ou até mesmo, “objetivo”, palavras mais empregadas, por sua vez, pela professora da UnB. No contexto descrito no item em questão as mesmas podem ser entendidas como sinônimas.

sobre os quais já falamos no capítulo anterior). A história deste satélite, é importante dizer, remonta aos primeiros contatos dos pesquisadores brasileiros com a tecnologia dos *cubesats*. O professor do INPE relembra:

A demanda [por satélites mais baratos] sempre houve, porque satélite é uma coisa cara, grande, e nosso orçamento é pequeno, relativamente pequeno. Quando surgiu o *cubesat* nos Estados Unidos no começo do século, em 2003, 2004, 2005, eu me interessei e comecei a estudar. Apareceu um aluno da UFSM interessado em fazer trabalho de iniciação científica. Propus que fizesse sobre *cubesats* e ele topou. No dia em que foi apresentar, eu e o gerente do projeto, que é do centro do INPE que fica lá no *campus* de Santa Maria, nós decidimos junto com o aluno de transformar aquele projeto em uma missão concreta. A partir daí que surgiu a ideia e nós começamos a trabalhar para criar esse *cubesat* que é o NanosatC-Br1[...] a filosofia do projeto, não era desenvolver a plataforma em si, o *cubesat* em si, mas sim ofertar aquela possibilidade para a academia brasileira de fazer seus experimentos no espaço, comprovar que a tecnologia era útil, dá retorno e colocar à disposição dos pesquisadores. Compramos a plataforma em licitação internacional feita pelo INPE, compramos a estação e fizemos uma procura por interessados em colocar experimentos no Br-1. Então a seleção foi do software de uma professora da UFRGS tolerante à falha, para testar em ambiente de radiação, de um grupo da UFSM, que projetou o circuito integrado que protege contra radiação e o terceiro foi o magnetômetro para obter dados da AMAS (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Deste trecho podemos depreender o quão versátil pode ser o processo produtivo de um pequeno satélite. É crucial notar aqui que o primeiro *cubesat* lançado pelo Brasil foi fruto de um interesse particular e não de uma política da agência espacial, muito menos de uma política de Estado. Foi algo, portanto, que veio de baixo para cima e de fora para dentro. Resta saber se continuará assim pelos anos que virão, todavia, é imperativo não cair no erro de concluir que por se tratar de iniciativas descentralizadas as mesmas seriam esvaziadas de valor estratégico. O que ocorre é justamente o contrário, pois no mundo todo ações satelitais envolvendo categorias e plataformas miniaturizadas tradicionalmente começaram sem planejamento para depois atraírem, como já mencionado, as atenções de entidades e organismos diversos. A produção científica e tecnológica, entretanto, sempre existiu e só faz aumentar desde que a difusão do padrão cúbico catalisou a adoção de micro, nano e picossatélites mundo afora.

O contraste com o projeto do AESP-14 é evidente quando comparamos as motivações para desenvolvê-lo. Em entrevista a um blog especializado no tema um dos engenheiros do ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) envolvidos no planejamento e construção do referido satélite, ao ser questionado quanto ao fato de qual teria sido o primeiro *cubesat* brasileiro logrou distinguir perfeitamente as filosofias norteadoras do Br-1 e do AESP-14:

[...] o primeiro *cubesat* brasileiro é o NanosatC-Br1 e o primeiro *cubesat* criado/desenvolvido no Brasil é o AESP-14. Com isso não se quer dizer que um projeto seja melhor do que o outro, mas que cada um tem sua importância e filosofia de projeto, e ambos contribuem para formação de recursos humanos para o programa espacial brasileiro que é de extrema importância para o país. A equipe do projeto NanosatC-Br1 está focada na carga útil. A equipe do AESP-14 está focada na plataforma, e esperamos que no futuro seja possível embarcar a carga útil desenvolvida pela equipe do NanosatC-Br1 em uma plataforma desenvolvida pela equipe do AESP (FALCÃO, 2014).

A diferença nos caminhos percorridos pode ser visualizada nas missões e objetivos de cada artefato: o Br-1 realiza estudos científicos por meio de equipamentos brasileiros embarcados em uma plataforma importada, ao passo que o AESP era dotado de fins educacionais e de transmissão de mensagens via frequência radioamadora em um projeto que almejava construir a primeira plataforma legitimamente nacional, não possuindo carga útil voltada a experimentos. Vale citar que a denominação do satélite, de acordo com o próprio engenheiro da Avibrás, remonta à sigla do curso dentro do qual foi desenvolvido e ao número da turma que trabalhou em prol da sua criação (ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016).

O mesmo nos explica também que a inspiração para tal iniciativa veio do professor Geilson Loureiro que, após participar de um projeto de satélite cúbico durante seu pós-doutorado em Wurtzburgo, na Alemanha, foi contratado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica e lá ajudou a fundar o curso de engenharia espacial. Em 2010, junto com seus alunos, o professor Loureiro escreveu um projeto para o CNPq no qual detalhava o plano de desenvolver um *cubesat*. A ideia, ainda de acordo com o entrevistado, um dos bolsistas contratados para participar da empreitada, era comprar uma plataforma estrangeira e, por meio de engenharia reversa, criar uma tecnologia totalmente nacional. Este objetivo foi alcançado e, para tanto, a participação dos alunos, a exemplo do que também se testemunhou com o Br-1, foi extremamente proveitosa (ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016).

O AESP-14 foi lançado do Cabo Canaveral (Flórida/EUA) por um foguete Falcon 9 no dia 10 de janeiro de 2015 em direção à Estação Espacial Internacional, de onde, no dia 5 de fevereiro do mesmo ano foi colocado em órbita. A missão, todavia, fracassou quando o pequeno satélite não conseguiu emitir os sinais que deveria uma vez em órbita. Especula-se que isto tenha sido causado pela não abertura de sua antena de transmissão (o que teria que ocorrer cerca de 30 minutos depois do lançamento da EEI), uma vez que testes em solo já haviam apontado este problema (DURÃO, 2016). Apesar de inúmeras tentativas infrutíferas a situação tornou-se irreversível quando a bateria do satélite se esgotou 15 dias depois deste estar em órbita. Em 4 de março de 2015 o *cubesat*, cuja vida seria de 3 meses, foi oficialmente declarado inoperante (CARVALHO, 2015; PRIMEIRO [...], 2015).

A opinião do professor do INPE é a de que a equipe do AESP assumiu um risco muito alto ao se propor a fazer todos os subsistemas do satélite, pois a possibilidade de erros, neste caso, aumenta consideravelmente visto que integrar tudo estaria longe de constituir uma tarefa corriqueira, tendo ainda o possível agravante de nem sempre se descobrir qual foi a parte que ocasionou a falha.

[...] era um risco muito alto, porque fazer todos os subsistemas e fazer funcionar, era risco muito alto, se fizesse um ou dois você pelo menos teria mais garantia de que o erro foi ali, mas integrar tudo não é fácil, cada subsistema tem probabilidade de falha, colocar vários juntos... acho que foi um erro estratégico, mas acho que foi válido (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Reconhecendo a importância do projeto para o país, contudo, o mesmo ressalta que o essencial seria dar continuidade à linha AESP com eventuais AESP-15, AESP-16 e outros, a fim de que a experiência e o conhecimento não se perdessem, algo que, de acordo com ele, já se observa em vista do fato de não haver desdobramentos nesta direção e do desmembramento da equipe original, cujos membros ou estão alocados em outros projetos ou não se encontram mais no ITA<sup>104</sup> (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

---

<sup>104</sup> Nesse sentido, a própria trajetória profissional do engenheiro da Avibrás nos últimos anos pode ser sintomática desse desmembramento, uma vez que o mesmo atualmente não se encontra em algum tipo de projeto do ITA visando a dar continuidade ao que poderia ser uma família de satélites AESP. O profissional em questão não saiu de seu setor, pois está empregado em uma empresa – fundada por engenheiros do ITA em inícios dos anos 1960 – ligada à produção de tecnologia aeroespacial e, segundo o próprio, foi a sua experiência em desenvolver os subsistemas do *cubesat* em questão que lhe deu condições para conseguir o seu posto de trabalho atual. Contudo, ao ser perguntado sobre a continuidade do projeto, ele limitou-se a dizer que o curso no ITA havia sofrido uma reformulação e que este autor deveria fazer tal pergunta para outro professor, cujo nome forneceu em seguida (professor Pedro Laçava). Em momento posterior da entrevista, no entanto, o engenheiro afirmou que sua ida para a Avibrás se explicava por conta do fato de sua bolsa ter terminado e o projeto ter sido

As razões para esta descontinuidade marcam presença na fala do engenheiro da Avibrás ao ser indagado na entrevista de 2014, portanto, antes mesmo do lançamento do AESP-14, sobre o futuro do projeto:

Estamos estudando um novo projeto chamado de AESP-16. Contudo, esse tipo de iniciativa, onde o aprendizado está baseado em atividades “*hands on*” [“mãos à obra”], tão comum em instituições americanas por exemplo, torna-se bastante complicado aqui no Brasil, especialmente em instituições públicas como o ITA. Mesmo uma iniciativa como o AESP-14 ser totalmente possível de ser encampada por recursos institucionais, no que se refere aos valores necessários para execução, na prática a burocracia para o uso dos recursos públicos inviabiliza. Aí dependemos das instituições públicas de fomento a esse tipo de iniciativa e ficamos no aguardo de oportunidades. Na prática, isso gera interrupções entre a continuidade dos projetos e na transferência do conhecimento entre uma equipe e outra (FALCÃO, 2014).

Interessante contrapor essas opiniões em favor da continuidade do projeto, ainda que sabedoras das dificuldades financeiras e técnicas por este enfrentadas, com a política da Agência Espacial Brasileira de tentar privilegiar o aspecto mercadológico dos pequenos satélites. Dessa forma, dois são os pontos mais relevantes na fala do diretor da DSAD a respeito do ITA. O primeiro é a afirmação, feita por ele de modo categórico, de que a agência enxerga o Instituto Tecnológico de Aeronáutica como uma universidade que dispõe de um curso de engenharia aeroespacial. Não há, portanto, nenhum tratamento preferencial neste relacionamento, apenas a certeza da parte do órgão que comanda o programa espacial de que o papel de uma instituição de ensino superior é, fundamentalmente, qualificar mão de obra, e não operar com recursos da AEB (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Mesmo que a princípio isto soe como uma desculpa mais do que como uma política, o estudo que fizemos no item anterior a respeito do orçamento disponibilizado para o programa espacial nos permite ao menos compreender os constrangimentos que se abatem sobre a AEB. Na falta de verbas abundantes, a referida instituição deve ser pragmática e conduzir as universidades e centros de pesquisa para o objetivo da formação de quadros que possam ser empregados na indústria. Outra política que parece se encaixar aqui com perfeição é a decisão desta instituição de não mais financiar integralmente projetos de satélites de outros órgãos. O setor espacial brasileiro, conforme crê o próprio diretor, crescerá sobre os sucessos obtidos,

---

finalizado. Não é possível saber se ele se referia somente ao AESP-14 ou à linha AESP como um todo. Cf. ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016.

atraindo mais e mais resultados positivos (bem como a atenção do público e dos governantes), mas para tanto é preciso saber alocar o pouco que se tem em atividades que possam construir um setor industrial espacial e oferecer perspectivas de retornos financeiros (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

O segundo ponto, intimamente ligado ao primeiro, é o de que, justamente por ter incorporado uma cultura *pró-business*, aos olhos da agência não se sustentam argumentos em prol da manutenção de grupos de alunos já qualificados dentro dos muros da universidade. Esta interpretação, independente de como possamos encará-la, pode ajudar a entender porque, ao que tudo indica, não se deu continuidade ao programa AESP (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016). Só o tempo dirá se esse curso de ação é o mais adequado, todavia, não é possível explicitar tal política sem considerar que se a mesma pode obter resultados no curto prazo, no longo prazo poderá danificar o programa espacial e a competitividade da indústria que almeja fomentar. O ideal é que haja um equilíbrio entre a formação de cérebros e a formação de empresas neste ramo específico: a hipertrofia de um dos lados de nada serviria aos intuitos do programa espacial nacional.

No que tange aos resultados obtidos com o AESP-14 e à forma como este foi feito a visão do engenheiro da Avibrás diverge totalmente da do professor do INPE. Vejamos:

[...] existe um ditado em engenharia que “se algo funcionou de primeira, pode ser que você não aprendeu o suficiente, e conseqüentemente faz achar que você sabe”. Empresas que atualmente vendem os subsistemas também tiveram insucessos no início de seu desenvolvimento [...]. Poderia listar diversos casos de insucesso para você, de diferentes naturezas, e nem por isso estas instituições são criticadas ou menosprezadas. O fato de o projeto resultar em um insucesso depende do ponto de vista. Para as pessoas de fora do projeto aparentemente foi um insucesso, porém ao desenvolver o projeto AESP-14, nós realizamos uma análise de risco, e assumimos este risco. Isso nos fez aprender sobre todas as dificuldades que as mesmas empresas estrangeiras que hoje “batem” em nossas portas para vender plataformas passaram, nós adquirimos algo que não se consegue comprar destas empresas, o conhecimento (ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016).

A opinião do engenheiro atesta – em consonância com o que dizem os demais entrevistados – que o processo de concepção e construção de um pequeno satélite é ele mesmo um aprendizado. Nas palavras do próprio: “[...] este projeto gerou diversos trabalhos acadêmicos e também uma Spin Off para o desenvolvimento de uma plataforma desenvolvida

no Brasil, empresa esta chamada de Launch Space Systems LTDA” (ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016).

O funcionamento no espaço é, portanto, um ponto distinto: pode coroar toda a experiência ou apontar os erros que ainda devem ser corrigidos, mas jamais desmerecerá o trabalho feito durante a etapa de planejamento e construção do artefato. Seja como for, o eventual “fracasso” da empreitada não deve (ou não deveria) ser encarado como o fim da estrada. Se o negativismo e a visão de curto prazo forem as posturas adotadas nunca desenvolveremos capacidades próprias em se tratando de ciência e tecnologia.

Saindo do eixo ITA-INPE há ainda o terceiro satélite cúbico lançado pelo Brasil, o SERPENS (Sistema Espacial para Realização de Pesquisas e Experimentos com Nanossatélites), cujo lançamento se deu em agosto de 2015 do Japão para, no mês seguinte, ser colocado em órbita, com sucesso, pelo braço robótico J-SSOD (OLIVEIRA, 2016).

O objetivo deste *cubesat* 3U, além da capacitação de recursos humanos e fomento dos cursos de engenharia espacial, era o de coletar dados ambientais. É importante salientar que o SERPENS é ele próprio um consórcio que envolve diversas universidades nacionais e internacionais: UnB, UFSC, UFMG e UFABC são as principais universidades que, pretende-se, irão se revezar na liderança deste e de outros projetos da mesma família, tendo como parceiras internacionais as Universidades de Vigo, de Roma (La Sapienzà), assim como a *Morehead State University*. A instituição responsável por liderar este primeiro projeto foi a UnB (OLIVEIRA, 2016). Sobre esse ponto em específico a contribuição da professora da UnB, testemunha privilegiada dos acontecimentos, é inigualável:

O consórcio SERPENS foi instituído pela AEB envolvendo todas as universidades do Brasil com curso de engenharia espacial. Quando a gente começou estas eram a UnB, a UFSC, a UFMG e a UFABC. O ITA não foi envolvido, porque estava empolgado com o ITASAT. A ideia era que cada projeto tivesse um líder. No primeiro foi a UnB porque a ideia de fazer o SERPENS começou lá, que propôs fazer este satélite para monitorar o nível de água no Brasil. O segundo para a UFSC porque ela tem mais experiência com satélites do que a UFMG e a UFABC. [...]. A UnB também foi a primeira porque a única pessoa que tinha experiência no lançamento de satélites era eu, que já lancei quatro na minha vida. [...] a gente está aprendendo nos erros do SERPENS-1 para melhorar no 2 e melhorar a parceria. O SERPENS-3 será melhor, no 4 se espera que todos os sistemas funcionem corretamente. É um processo feito passo a passo, *step by step*, até ter um time de multiuniversidades que possam trabalhar sem problemas em qualquer tipo de missão (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).



Ainda de acordo com a professora, e como a própria leitura dos parágrafos anteriores sugere, houve participação mínima da iniciativa privada na construção do referido *cubesat*: à exceção dos painéis solares fornecidos pela Orbital<sup>105</sup>, todo o resto foi feito – propositalmente – apenas pelas já citadas universidades.

O propósito do arranjo construído a partir da missão SERPENS é, de acordo com o diretor da DSAD, fazer com que as universidades pratiquem engenharia de sistemas, ou seja, desenvolvam e organizem sistemas artificiais complexos. Como dito por ele mesmo: “ela [a universidade] tem que ter todos os componentes, a missão já toda definida, ela integra, testa o satélite, contrata o lançamento, opera e finaliza a missão”. A partir dessa constatação é possível compreender melhor a razão do consórcio, da implementação de rodízio nas atividades e da quase exclusiva participação de instituições de ensino no projeto como sendo uma política deliberada da AEB<sup>106</sup> (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Após concluir sua missão com êxito, em 27 de março de 2016, o SERPENS se desfez ao reentrar na atmosfera terrestre.

Em seguida, interessa-nos revelar a situação dos demais pequenos satélites brasileiros que ainda não foram lançados. Tanto o NanosatC-Br2 como o SERPENS-2 figuram aqui a título de demonstrar que os grupos envolvidos em sua construção (já citados em oportunidade anterior) trabalham para transformá-los em iniciativas perenes de forma a manter vivo o conhecimento adquirido nos últimos anos. São, portanto, iniciativas de maior importância, visto que cimentam a coesão do Programa Espacial Brasileiro em seu vetor de construção de satélites.

O ITASAT-1, por sua vez, é um nanossatélite 6U de 6 kg de objetivos similares aos da linha NanosatC (medição de radiação no campo eletromagnético da Terra), com a qual visa formar uma rede de satélites (ERENO, 2014, p.23). Este projeto pode ser dividido em duas fases distintas, a primeira, de 2005 a 2013, compreende todo o período em que se criou capacidades para construí-lo e se pensou em sua arquitetura. Nesse momento, a intenção do ITA, em parceria com o INPE e a AEB, era desenvolver um microssatélite que pesaria quase 80 kg, com arestas de 50 cm. A segunda etapa, que se estende até a presente data, compreendeu o momento em que, por dificuldades variadas (rotatividade dos quadros de alunos envolvidos, itens embargados e custos altos), decidiu-se mudar a face do projeto,

---

<sup>105</sup> A Orbital Engenharia, fundada em 2001, é uma empresa que fabrica equipamentos eletrônicos para aplicações aeroespaciais.

<sup>106</sup> Até aqui, no que tange à AEB, o leitor já deve ter percebido que, dado o contexto de escassez de recursos, a linha que separa determinada ação de ser considerada uma política deliberada de uma simples desculpa visando não comprometer ou ferir a imagem desta instituição é bem tênue.

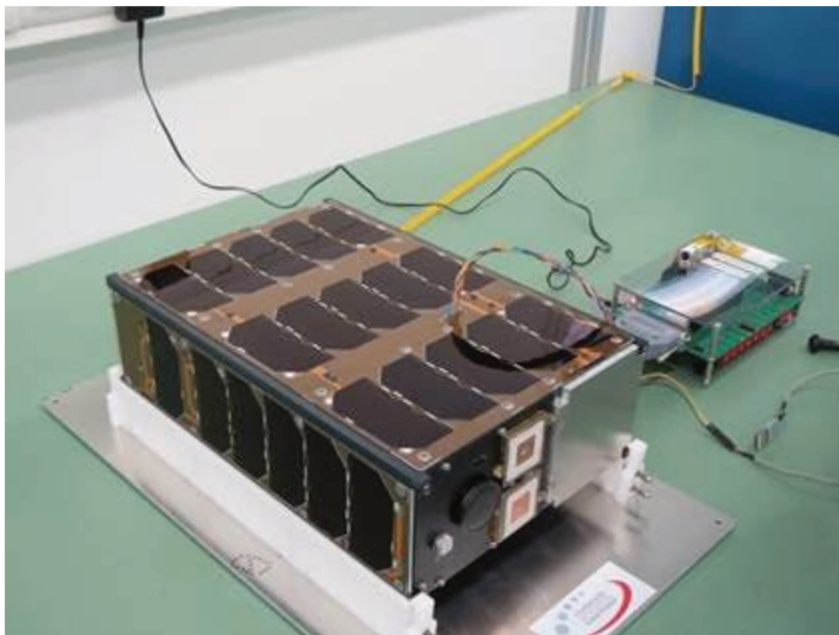
transformando-o em um *cubesat* 6U. As intenções, além da realização de experimentos, são a formação de recursos humanos (na esfera da produção e nas estações de solo) e, mais uma vez, provar que os pequenos satélites cúbicos podem ser usados em missões estratégicas (FONSECA, 2014).

Vale a pena ressaltar a relação entre os projetos do ITASAT e do AESP, visto que ambos foram desenvolvidos dentro do mesmo espaço institucional, o ITA. Sobre isso, o engenheiro da Avibrás oferece, mais uma vez, contribuição decisiva:

[...] basicamente pelo fato de nós termos desenvolvido todos os subsistemas do *cubesat* [AESP-14], nós adquirimos conhecimento suficiente para auxiliar outros projetos que optam por adquirir parte ou todo o *cubesat*. No caso do ITASAT nós auxiliamos principalmente nas questões do plano de integração e testes, uma vez que o Eduardo Escobar Bürger [integrante da equipe que construiu o AESP-14] desenvolveu sua dissertação de mestrado com o tema de integração de pequenos satélites (ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016).

Notícias recentes dão conta de que o referido satélite já está totalmente pronto e integrado no seu dispositivo de lançamento (o chamado *QuadPack*, uma espécie de P-POD de maiores dimensões em vista do fato do ITASAT-1 ser um 6U), contudo, em vista da explosão do Falcon-9 – veículo da SpaceX que levaria o satélite brasileiro em fins de outubro de 2016 – no Cabo Canaveral no primeiro dia do mês de setembro, o lançamento foi adiado e ainda não há uma data certa para que ocorra (INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA, 2016).

**Figura 2.4 – ITASAT-1 em fase de testes finais no ITA**



Fonte: FALCÃO, 2016.

**Figura 2.5 – Modelo de um QuadPack**



Fonte: QUADPACK [...], s/d.

Outro pequeno satélite nacional já concluído e com data de lançamento inicialmente marcada para 30 de dezembro de 2016<sup>107</sup>, a partir dos Estados Unidos por meio de um veículo Antares 230, é o 14-BISat (UNITED STATES COMMERCIAL ELV LAUNCH MANIFEST, 2016). Fruto de uma parceria entre o Instituto Federal Fluminense (IFF), a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Tekever S.A.<sup>108</sup>, este pequeno satélite 2U, cujo nome é uma homenagem ao inventor brasileiro Santos Dumont, integra a missão internacional de nome QB50. Este projeto europeu (pois concebido e administrado por instituições daquele continente) capitaneado pelo *Von Karman Institute for Fluid Dynamics* (VKI), de origem belga, e que congrega diversos outros parceiros oriundos dos quatro cantos do globo, tem por objetivo principal a formação de uma rede de 50 *cubesats* construídos em ambientes universitários a fim de realizar pesquisas sobre a chamada baixa termosfera (região que vai de 200 km até 380 km de altitude e compreende a camada mais inexplorada da atmosfera terrestre) (FALCÃO, 2014a; QB50, s/d). Os demais objetivos seriam a consolidação de uma forma facilitada de acesso ao espaço por meio destas pequenas máquinas, comprovar que esta tecnologia específica funciona e ainda incentivar o seu desenvolvimento em universidades por meio da já citada experiência “*hands on*” (QB50, s/d).

O 14-BISat possui como carga útil um sensor para medir concentrações de oxigênio atômico e molecular na atmosfera desenvolvido pela Universidade de Dresden (FIPEX, *Flux Probe Experiment*, um dos componentes comuns aos artefatos que integram a missão QB50 criado justamente para que se lograsse cumprir a missão principal) e um link de Banda S, denominado GAMALink, produzido em conjunto pela Tekever, IFF e FEUP, que permite trocas de dados em alta velocidade entre os satélites e destes com as estações em solo (FALCÃO, 2014a, QB50, s/d).

Alguns detalhes acerca deste nanossatélite chamam a atenção e não podem deixar de figurar neste documento visto que contemplam aspectos já discutidos anteriormente, inclusive de modo a corroborá-los.

---

<sup>107</sup> Este autor não logrou obter informações sobre se o referido satélite foi lançado na data planejada ou se, em caso de resposta negativa, há alguma previsão de quando o seu lançamento irá de fato ocorrer.

<sup>108</sup> A Tekever S.A. é uma empresa multinacional de origem lusitana do ramo aeroespacial fundada em 2001 e com sede na cidade de Lisboa. Possui filiais nos Estados Unidos (São Francisco), no Brasil (São Paulo), no Reino Unido (Londres) e na China (Pequim). Ainda que sua área principal de atuação se encontre na produção de *drones*, nos últimos anos a Tekever tem tomado iniciativas para participar do mercado de exploração espacial, incluindo aí o de pequenos satélites. A referida companhia já desenvolveu tecnologia de comunicação entre satélites a pedido da Agência Espacial Europeia, fabrica cargas úteis que podem ser inseridas em plataformas de outras empresas, a exemplo da *Shanghai Engineering Center for Microsatellites* (SECM), com a qual firmou acordo em 2014, e lidera um consórcio europeu que desenvolve na Noruega uma rede de sensores térmicos e de luminosidade para exploração de planetas e luas. Sobre as informações aqui dispostas cf. MULTINACIONAL [...], 2014; PEREIRA, 2014; PORTUGAL [...], 2015; TEKEVER, 2012.

Em primeiro lugar é curioso notar a proeminência de atores de nacionalidades que não estamos acostumados a ver em direta associação com setores de alta tecnologia, muito menos com o setor aeroespacial. Temos uma multinacional portuguesa que produz tecnologias e coordena iniciativas continentais em igual patamar qualitativo a outras instituições europeias. Há ainda uma missão ambiciosa de caráter internacional, que, portanto, transcende fronteiras ao concatenar esforços de parceiros em todo o globo, cuja liderança, como nos informa o Professor Cedric Salotto, do IFF, em entrevista a um blog especializado, recai sobre uma instituição belga (FALCÃO, 2014a).

A descrição dos negócios da Tekever S.A. na nota de rodapé que lhe foi destinada certamente não aconteceu apenas por mera curiosidade ou prolixidade deste autor, o mesmo raciocínio se aplicando à descrição da natureza constitucional da QB50. O intuito ao executar ambas as tarefas era o de ilustrar um fato sobre o qual a professora da UnB entrevistada já havia nos alertado: a geopolítica dos pequenos satélites é distinta daquela existente para os grandes satélites. Com isso queremos dizer que países que muito pouco participam na construção dos últimos podem, se assim intencionarem, sobressair-se mais na produção dos primeiros, visto que a tecnologia do satélite cúbico permite, mesmo que com limites, esse desarranjo do *status quo* com todos os benefícios que daí podem advir: inserção em um mercado altamente lucrativo, capacitação de recursos humanos, desenvolvimento tecnológico endógeno e desenvolvimento de uma capacidade de planejamento.

O segundo ponto de interesse reside na entrevista que o professor Salotto conferiu ao blog *Brazilian Space* ainda em 2014 a respeito da missão QB50. Nela, ao ser questionado a respeito da data e da forma de lançamento do 14-BISat e dos outros 49 *cubesats* integrantes da iniciativa, o professor Salotto foi categórico ao afirmar que a missão seria efetivamente lançada em janeiro de 2016, do CLA, por meio de um foguete Cyclone-4, até então desenvolvido em conjunto por brasileiros e ucranianos no âmbito da empresa binacional *Alcantara Cyclone Space* (ACS) (FALCÃO, 2014a). Em matéria do dia 29 de janeiro de 2016, época, portanto, determinada para que se desse o lançamento, o website especializado *Satellite Today* informou que, devido aos problemas enfrentados pela ACS (que redundaram na conseqüente estagnação do projeto do Cyclone-4), o encargo de lançar a missão QB50 fora transferido para as empresas NanoRacks<sup>109</sup> e Kosmotras<sup>110</sup>, aquela uma companhia norte-

---

<sup>109</sup> A NanoRacks foi fundada em 2006 e tem por principal negócio o fornecimento de hardware especializado (com foco em componentes miniaturizados) para o Laboratório Nacional dos Estados Unidos na EEI (denominação conferida à parte estadunidense da Estação). Isso é possível graças a um acordo firmado com a NASA, o *Space Act Agreement*, que viabiliza o trabalho da agência norte-americana com parceiros da iniciativa privada. Cf. NANORACKS, s/d.

americana, esta uma empresa de capital russo, ucraniano e cazaque (HENRY, 2016). Deste fato, além das implicações geopolíticas já analisadas previamente, fica a sensação da oportunidade perdida pelo Programa Espacial Brasileiro como um todo de fazer do Cyclone-4 uma vitrine para as capacidades nacionais neste setor em específico, assim como de inserir o Brasil neste mercado em expansão<sup>111</sup>.

O CONASAT (Constelação de Nanossatélites Ambientais), desenvolvido pelo Centro Regional do Nordeste (CRN) do INPE (localizado em Natal/RN) em parceria com a UFRN, compreende seis *cubesats* 8U cuja missão será dar continuidade à coleta de dados ambientais até então realizada pelos satélites SCD-1/2, lançados ainda nos anos 1990. Como salientado por Ereno (2014) e pelo professor do INPE na entrevista com ele realizada, contudo, o primeiro satélite desta iniciativa terá a constituição de um 2U e será encarregado de testar um *transponder* desenvolvido pelo próprio CRN a fim de verificar o sistema (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016; ERENO, 2014, p.23).

Exatamente por conta de sua missão, o CONASAT compreende a continuação do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA, até então representado pela linha SCD) que, não por coincidência, é operacionalizado a partir do CRN (FALCÃO, 2014b). Para melhor entender a importância e a complexidade deste sistema, o seguinte trecho, a transcrição de uma entrevista concedida pelo engenheiro Manoel Mafra de Carvalho, coordenador do projeto, a um blog especializado, é essencial:

Esse sistema de monitoramento ambiental foi concebido nos anos 80 com o objetivo de oferecer um serviço nacional de coleta de dados autônomo e hoje é usado por mais de 100 instituições nacionais com aplicações diversas, notadamente no monitoramento de bacias hidrológicas, na previsão meteorológica e climática, no estudo de correntes oceânicas, no estudo da química da atmosfera, no controle da poluição, na previsão e mitigação de catástrofes, na avaliação do potencial de energias renováveis como, a eólica e a solar. Vale registrar que, também, são fornecidos dados para pesquisas científicas realizadas em diversas instituições (FALCÃO, 2014b).

---

<sup>110</sup> A Kosmotras foi fundada em 1997 como parte de um acordo entre Rússia, Ucrânia e Cazaquistão que visava a eliminação dos Mísseis Balísticos Intercontinentais (ICBM, em inglês) SS-18 e sua consequente transformação em veículos lançadores Dnper. Como fruto desta iniciativa, a Kosmotras atualmente controla esta linha de foguetes, lançando os mesmos dos centros de Baikonur (Cazaquistão) ou de Yasny (Base Aérea de Dombrovsky, Rússia). A *Yuzhnoye Design Office*, empresa ucraniana anteriormente mencionada que constrói o Cyclone-4, faz parte do Programa Dnper. Cf. KOSMOTRAS, s/d.

<sup>111</sup> O papel da iniciativa privada no setor aeroespacial e as formas como ela se apresenta, tanto no Brasil como no mundo, serão temas abordados no capítulo III.

Assim como o ITASAT, o primeiro satélite desta constelação tinha lançamento previsto para 2016, entretanto, a falta de notícias atualizadas a respeito deste projeto (até mesmo no que concerne ao seu estado atual) torna pouco verossímil que isso tenha acontecido. Em decorrência deste cenário não há previsão de quando será efetivamente posto em órbita (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016; ERENO, 2014, p.23). Ainda que exista capacidade própria para produzir esta constelação, todavia, não será no horizonte de curto prazo que o país testemunhará a plena maturação do projeto em questão. O próprio Carvalho pondera que os dois maiores riscos enfrentados pelo CONASAT correspondem, como costumeiro, à escassez de pessoal e de financiamento (FALCÃO, 2014b).

Realizada a devida explicação acerca dos principais pequenos satélites nacionais produzidos ou em produção, convém neste momento esclarecer a ligação existente entre tais máquinas e o ambiente normativo (criado pela PNDAE e pelos PNAEs) no qual as mesmas se inserem. Para esta tarefa nos voltaremos a seguir.

É interessante notar que o Decreto N<sup>o</sup> 1.332, de dezembro de 1994, responsável por atualizar a PNDAE, já naquela época explicitava o papel dos satélites de pequeno porte no novo arranjo que teria o setor aeroespacial pelos anos do porvir. Segue o trecho:

Como decorrência das tendências no âmbito internacional, as tecnologias de pequenos satélites e de veículos lançadores de menor porte passam a ter maior importância, valorizando a experiência brasileira adquirida com a MECB e criando maiores oportunidades para futuras iniciativas (BRASIL, 1994, p.3)

A percepção do Estado brasileiro derivava do entendimento de que o cenário geopolítico internacional havia sofrido profundas alterações, as quais incidiam diretamente sobre o formato dos programas espaciais ao redor do globo, forçando o surgimento de um novo contexto que favoreceria a cooperação entre os atores e seria marcado ainda por programas mais enxutos, menos dispendiosos e cujas ações estariam voltadas para o curto prazo (BRASIL, 1994, p.3). Em outras palavras, uma percepção extremamente semelhante àquela dos Estados Unidos (descrita no capítulo anterior) e de tantos outros países, revelando que o Brasil, neste sentido, acompanhava de perto e com atenção o desenrolar dos fatos na arena espacial.

Se logrou transformar esta percepção acertada em uma política concreta e plausível capaz de, por meio de tecnologias como os *cubesats*, resolver os entraves nacionais neste

setor específico é o que veremos no capítulo seguinte. Por enquanto deve-se ter por foco a conscientização da existência de uma relação concreta entre os objetos que são alvo deste estudo e o meio normativo que os engloba.

Ainda no tocante à PNDAE tem-se que os pequenos satélites, mesmo quando não citados nominalmente, marcam presença por se adequarem aos objetivos traçados no referido documento. Quando, por exemplo, se aponta a necessidade de manter e atualizar a infraestrutura existente, aumentar e aprimorar os recursos humanos envolvidos, ampliar a participação das instituições no setor e criar oportunidades de comercialização de bens e serviços espaciais, se está falando, ainda que não exclusivamente, de satélites miniaturizados (BRASIL, 1994, p.3).

Seguindo o mesmo raciocínio, podemos encaixar tais artefatos no item 9 da PNDAE, que trata do “Pragmatismo na Concepção de Novos Sistemas Espaciais”, no qual se lê:

Na concepção de novos projetos de desenvolvimento de sistemas espaciais, os esforços deverão voltar-se, preferencialmente, para a solução de problemas peculiares à sociedade ou ao território brasileiro e que se incluam, adicionalmente, no rol de preocupações da comunidade internacional. As soluções buscadas deverão caracterizar-se, preferencialmente, pela atratividade da relação custo-benefício, pela exploração de vantagens comparativas inerentes às condições nacionais e pela potencialidade de exploração comercial rentável (BRASIL, 1994, p.6).

Tudo o que já se escreveu neste documento acerca dos *cubesats* permite chegar à conclusão de que os mesmos consistem em uma ferramenta de mais alta importância para cumprir com as necessidades elencadas no excerto prévio. Os satélites miniaturizados, podemos arriscar o palpite, são eles mesmos a materialização do mundo multipolar que emergia com o fim da Guerra Fria, bem como das novas relações de poder no âmbito tecnológico que, doravante, seriam estabelecidas. Dentro de uma lógica própria, tais máquinas permitem o desarranjo do *status quo* e o surgimento de novos pólos de criação de ciência e tecnologia.

Os pequenos satélites são contemplados de forma geral pelo PNAE 2012-2021 dentro do escopo das “ações e projetos complementares” (BRASIL, 2012, p.19). O referido programa estabelece uma conexão direta entre estes artefatos de porte reduzido e a necessidade/possibilidade do Brasil de “capturar” tecnologias ditas críticas, separadas, no documento em questão, em três categorias. São elas: as tecnologias niveladoras, já dominadas



pelos países centrais, mas não distribuídas de modo equitativo, muito menos encontradas com facilidade no mercado mundial; as tecnologias avançadas, ainda em desenvolvimento; e as disruptivas, oriundas de inovações radicais que abalam e provocam mudanças nas estruturas vigentes e que, por essa razão, necessitam ser “perseguidas”(BRASIL, 2012, p.12).

A estratégia para efetivamente buscá-las e, por fim, dominá-las, é exposta pelo trecho que segue:

Para capturar todas estas tecnologias, devemos promover mais missões científicas e tecnológicas, mais capacitação de especialistas e mais acesso de baixo custo ao espaço. Precisamos usar plataformas orbitais e suborbitais de baixo custo para testar, demonstrar e comercializar novas tecnologias e realizar experimentos científicos. A meta é industrializar e comercializar pequenos satélites, lançados por veículos de nossa lavra (BRASIL, 2012, p.12).

Em outras palavras, no que concerne a estas máquinas miniaturizadas, o PNAE (e, por conseguinte, o governo responsável pela sua elaboração) nelas enxergam uma oportunidade para ensejar o desenvolvimento tecnológico endógeno que assegure ao país a sua tão sonhada autonomia no campo da produção de conhecimentos e de bens referentes ao setor aeroespacial, tornando-se, de fato, independente dos caprichos de potências estrangeiras. Seriam os *cubesats*, mesmo com todas as limitações já sabidas, um primeiro passo rumo a conquistas maiores, contudo, a transferência desses satélites da esfera da produção quase artesanal para uma de industrialização plena exigirá o esforço de traçar uma política clara e dotada dos recursos necessários para executar tamanho salto.

Em termos de resultados práticos no curto e médio prazo, o PNAE associa o advento desta classe de satélites ao aumento na capacidade de articulação entre governo, academia e indústria (o que poderia redundar em um maior grau de autonomia tecnológica para o Brasil); ao desenvolvimento de “competências humanas”; e à consolidação/expansão dos cursos de engenharia aeroespacial no país (BRASIL, 2012, p.19). Em suma, uma visão consoante com as opiniões externadas pelos profissionais da área entrevistados.

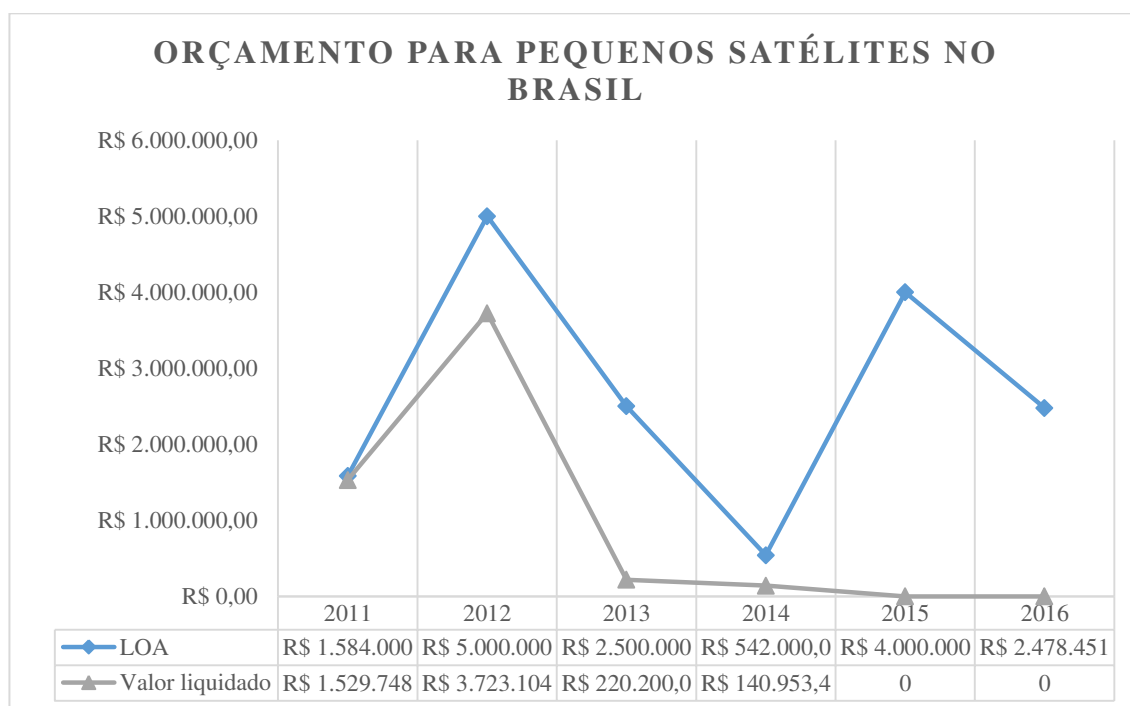
Se analisarmos as três categorias de tecnologias críticas dadas, chegaremos à conclusão de que os *cubesats* logram dialogar com todas, pois possuem características específicas de cada uma: trabalham com tecnologias já dominadas por alguns países e, não à toa, também sofrem as consequências de embargos; constituem um formato que não é patenteado por ninguém e que compreende um *locus* de desenvolvimento de novos instrumentos e saberes sem que ninguém possa controlar este notável fluxo criativo; e são

dotados de um potencial disruptivo, já devidamente explicado, que reescreveu – ao menos em parte – a geopolítica do espaço.

Em um mundo pautado por relações capitalistas, todavia, nada do que se disse a respeito da PNDAE e do PNAE 2012-2021 sairá do papel sem a contraparte do financiamento. Por esta razão é necessário, para complementar nossa análise, retornar à questão do orçamento, agora, no entanto, com foco restrito aos satélites miniaturizados.

O orçamento disponibilizado pelo Estado brasileiro para cumprir com as iniciativas de construção de satélites de pequeno porte é exposto de forma didática no gráfico abaixo.

**Gráfico 2.4 – Orçamento para Pequenos Satélites Nacionais**



Fonte: elaboração própria a partir de AEB, s/d1. Só logramos encontrar dados de 2011 para frente.

Os dados comparativos tornam possível observar que os valores realmente gastos (até onde foi possível obtê-los, ou seja, 2014) estão sempre abaixo do montante inicialmente previsto na LOA para o ano respectivo e nunca ultrapassaram o patamar dos R\$ 4 milhões. Apesar de serem valores diminutos, em se tratando de pequenos satélites, como afirmado em oportunidade anterior, a restrição orçamentária não compreende um grande constrangimento às atividades dos centros que se propõem a construir tais artefatos. O próprio professor do INPE afirma que as cifras são suficientes (com eventuais percalços podendo ser driblados pela engenhosidade dos profissionais envolvidos) e que, em sua opinião, o maior problema no

tocante a estes objetos é – como já salientado e como discutiremos adiante – a falta de uma política para tornar perene a construção dos mesmos, não permitindo que continuem como resultados de empreendimentos isolados das instituições do SINDAE (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016). É óbvio, contudo, que o fato de não concordarmos com determinada política não a torna inexistente, pois, como também já demonstramos, os recursos com os quais a AEB deve trabalhar são escassos e mesmo que a aparência geral das iniciativas envolvendo nanossatélites seja a de um esforço descentralizado, com vários focos em diversas regiões do país, isso não implica dizer que não haja valor estratégico envolvido.

Por fim, para concluir este capítulo compete abordar um tema ainda não tratado e que guarda relação direta com o que foi discutido nesta parte da dissertação e com o que ainda será visto na terceira e última etapa do texto: o Veículo Lançador de Microssatélites (VLM).

Antes de tudo devemos refletir sobre a escolha de deixar esta tecnologia específica a ser comentada por último. A razão para seguir tal curso de ação se encontra no fato do VLM-1, frente à revisão do PEB em seu ramo de veículos lançadores nos últimos tempos, ser na atualidade o projeto mais palpável de que o país dispõe neste sentido. Ainda que as instituições que compõem o SINDAE já convivam há muito com as dificuldades referentes à colocação em prática daquilo que é planejado (ainda mais quando, aparentemente, não há uma política de Estado para este setor), contudo, é da opinião deste autor que, nos anos mais recentes, por ocasião dos duros golpes sofridos pelo PEB, é imperativo que haja algum caso de sucesso (no que concerne tecnologias críticas de lançamento) para novamente estimular e impulsionar os atores envolvidos na empreitada brasileira de conquistar o seu acesso independente ao espaço.

O sucesso do VLM-1, neste contexto, pode ser um divisor de águas, seja pelo simbolismo, seja pelas lições que podem ser aprendidas, fazendo com que o país busque trajetórias de desenvolvimento de tecnologias sensíveis marcadas por parcerias simples que possam de fato frutificar em objetos utilizáveis. Isso, de forma alguma, seria sinônimo de desistência em relação ao domínio de artefatos mais complexos ou parcerias mais complexas, mas sim a tomada de consciência de uma maior cautela nos passos a serem dados daqui por diante.

Aprender com o simples para em seguida fazer o mais difícil talvez não seja uma má ideia, ainda mais quando a realidade de investimentos pende mais para a escassez do que para a abundância, sem sinais de mudanças estruturais neste quesito no horizonte próximo. A viabilização deste projeto e a conseqüente atração de ganhos comerciais no mercado de

lançamentos pode, contudo, render bons dividendos (sem perda de soberania) que sirvam como fonte de investimento na infraestrutura e nas capacidades da nascente indústria espacial brasileira<sup>112</sup>.

Se de um lado conjectura-se que o VLM tenha um potencial para reescrever a conduta dos agentes do PEB (e do próprio programa, por conseguinte), do outro há o significado implícito (e que ainda carece de verificação) de que ações envolvendo *cubesats* e tecnologias miniaturizadas sejam cada vez mais contempladas no âmbito do Programa Espacial Brasileiro. Os vetores de foguetes e de satélites teriam, a partir deste ponto, muito mais em comum no que tange a custos e velocidade de lançamento de uma missão, doravante podendo dialogar mais.

Ora, tais reorientações dizem respeito a um dos objetivos que nos motivaram desde o começo a escrever esta dissertação: os pequenos satélites, principalmente os de formato cúbico, constituem afinal de contas uma saída viável para os entraves até então enfrentados pelo PEB? Esta pergunta, em suas faces geopolítica e econômica, receberá o devido enfrentamento no capítulo seguinte. Neste momento, a discussão sobre o VLM serve apenas para introduzi-la. Portanto, para completar a tarefa a que nos propusemos nesta parte do documento, voltemo-nos às origens e aspectos técnicos do foguete em questão.

O foguete específico para microssatélites integra a família de veículos lançadores de satélites (VLS) ambicionada pelo país, composta inicialmente pelos seguintes lançadores: VLS-1, VLM, VLS-Alfa e VLS-Beta<sup>113</sup> (BRASIL, 2012, p.20). No que tange aos quesitos técnicos, o VLM-1 compreende uma derivação do projeto do VLS-1 visto que é basicamente o corpo deste sem os quatro propulsores laterais do primeiro estágio. É um foguete de pequeno porte cuja concepção inicial prevê três estágios, propelente sólido e capacidade de transporte de cargas de até 150 kg (BRASIL, 2012, p.28). Outras configurações dão conta de um veículo de quatro estágios que poderá empregar propelente líquido (INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO, s/d1).

---

<sup>112</sup> Esta é a opinião do atual presidente da AEB, José Raimundo Braga Coelho. Cabe, no entanto, atentar que existe ainda um longo caminho a ser percorrido até que o VLM seja lançado em 2019 (contando que esta previsão seja mantida) e mesmo depois, na construção da credibilidade, um processo que por si só demanda tempo e dedicação. Cf. BRASIL, 2016; MILESKI, 2016.

<sup>113</sup> Tanto o VLS-Alfa como o VLS-Beta fazem parte do chamado Programa Cruzeiro do Sul (PNAE 2012-2021), que compreendia um total de cinco veículos lançadores diferentes (Alfa, Beta, Gama, Delta e Épsilon) cuja base seria o VLS-1. Seriam foguetes de médio e grande porte capazes de colocar em órbita cargas maiores (de 200 kg a 500 kg no caso do Alfa, e até 800 kg no caso do Beta) correspondendo (e expandindo) àquilo que no PNAE 2005-2014 se denominava de VLS-2 e VLS-3. Como o projeto original que lhes daria fundamentação não logrou sucesso e foi abandonado, este programa específico, ainda que os canais oficiais não tenham se esforçado para tornar isso claro, aparentemente também foi deixado de lado. Cf. BRASIL, 2005, pp. 46 e 47; BRASIL, 2012, pp. 30 e 31.

O lançador em questão é fruto de uma parceria com a Alemanha, país com o qual o Brasil já trabalha em conjunto no ramo aeroespacial desde 1971. O interesse germânico em participar do projeto do VLM consiste em colocar em órbita o seu experimento intitulado SHEFEX III (*Sharp Edge Flight Experiment*), que compreende a terceira etapa de um projeto que, desde o início dos anos 2000, visa desenvolver plataformas orbitais recuperáveis e experimentos de reentrada atmosférica para, posteriormente, habilitar a construção de veículos lançadores reutilizáveis e aviões hipersônicos (DUARTE, 2011).

Os dois passos dados anteriormente no que concerne ao SHEFEX (I e II) foram o lançamento do VS-30 (em 27 de outubro de 2005, da Base de Andoya, na Noruega) e do VS-40 (na data de 22 de junho de 2012, também da Base de Andoya) respectivamente. No caso do SHEFEX I, seu lançamento foi resultado de uma combinação entre o VS-30, um foguete de apenas um estágio que correspondia, no caso, ao inferior, e um foguete HAWK (estadunidense, também conhecido como Orion), encarregado do estágio superior (WUCHERPFENNIG, 2010, p.26). Em relação ao SHEFEX II é importante salientar que além do experimento alemão, havia também um brasileiro que visava testar placas cerâmicas de fibra de carbono em situação de reentrada na atmosfera terrestre para, se validadas, integrar a missão SARA<sup>114</sup> (Satélite de Reentrada Atmosférica, que também consta no PNAE mais recente) (DUARTE, 2011).

---

<sup>114</sup> O SARA está sendo desenvolvido no intuito de que o Brasil conte com uma plataforma orbital e sub-orbital na qual possam ser realizados experimentos em microgravidade. De acordo com o PNAE 2012-2021, este projeto, além da academia e da iniciativa privada, vislumbra atrair a ESA como potencial cliente. Cf. BRASIL, 2012, p.34.

**Figura 2.6 – SHEFEX II (no topo) acoplado ao VS-40**



Fonte: SHEFEX, 2012.

De acordo com o PNAE 2012-2021, o VLM-1 é o resultado também do trabalho de empresas nacionais como Mectron, Cenic e Avibrás<sup>115</sup>. A previsão inicial de lançamento se situava em 2015, mas findo este prazo sem que nada ocorresse foi fornecida pela AEB nova data: novembro de 2018 (PRIMEIRO VOO [...], 2015). Recentemente, no entanto, outras informações dão conta que o teste será realizado apenas em 2019 (MILESKI, 2016).

Como não poderia deixar de ser, é interessante investigar os dados relativos ao orçamento disponibilizado para o VLM-1 pela AEB. Mais construtivo ainda, contudo, é fazê-lo *vis-à-vis* o VLS-1. 2014 corresponde ao primeiro ano em que as planilhas orçamentárias passaram a discriminar os veículos lançadores por nome, visto que até então se encontravam todos aglutinados em uma mesma categoria. Com isso foi possível obter os seguintes valores para o VLM-1: R\$ 10.000.000,00 (LOA e Liquidado) em 2014, R\$ 30.000.000,00 (LOA) em 2015 e R\$ 14.490.568,00 (LOA) para 2016. Simultaneamente, as cifras para o VLS-1 foram: R\$ 15.558.078,00 (LOA) e R\$ 12.751.561,47 (Liquidado) em 2014, R\$ 5.558.078,00 (LOA) em 2015 e R\$ 1.996.912,00 (LOA) em 2016 (AEB, s/d1).

O que nos dizem estes números? Mesmo que não tenhamos em mãos os dados referentes aos valores realmente gastos no VLM-1, todavia, os montantes previstos na LOA superaram em muito aqueles destinados para o VLS-1 a partir de 2015. Olhando para estas

<sup>115</sup> Conforme já esclarecemos em oportunidade anterior, a iniciativa privada será o foco de nossa atenção no capítulo seguinte, razão pela qual não abordaremos o seu papel aqui.

informações e constatando a queda drástica do investimento em um projeto tão importante como o do Veículo Lançador de Satélites (que jamais se sustentaria com montantes irrisórios como os previamente apresentados) é quase impossível não ser levado a concluir que a AEB, gradualmente, dava sinais de que o mesmo seria abandonado, passando o VLM-1 a ser o foco dali por diante. Esse palpite, no entanto, só se provará verdadeiro se a trajetória de investimentos no foguete específico para pequenos satélites não começar a cair nos próximos – e decisivos – anos. Uma queda no volume de gastos estratégicos, como são os direcionados ao setor aeroespacial, ainda mais levando-se em conta que o prazo de lançamento para o VLM-1 avizinha-se rapidamente, jamais será portadora de bons resultados. Essa experiência esperamos ter aprendido com o VLS-1.

A longeva e frutífera parceria com os germânicos pesa a favor do veículo para microssatélites. A literatura que trata deste artefato específico e do seu processo de desenvolvimento parece não se preocupar com os entraves que geralmente eram associados e, em última instância, explicavam o insucesso do VLS-1. A sensação que se tinha ao desbravá-la era a de que os dois projetos estavam sendo gestados em mundos diferentes, o que sabemos não ser verdade. Isso leva qualquer um a se perguntar: por que o VLM-1 tem, no que concernem as aparências, dado certo, ao passo que o VLS-1 foi paulatinamente bombardeado por problemas até seu irremediável naufrágio? A única resposta encontrada por este autor é composta por duas partes: a primeira reside no fato de ser este um projeto simplificado em seu desenho, como até já havíamos dito antes, e a segunda diz respeito ao peso da aliança com os alemães, parceiros, como tendem a ser os europeus em geral, mais suscetíveis ao trabalho com tecnologias sensíveis (ainda que não necessariamente com transferência tecnológica<sup>116</sup>) e, talvez, menos suscetíveis a pressões norte-americanas.

Os quarenta e seis anos de parceria certamente renderam um *know-how* para ambas as partes que não se deixa intimidar. É inquestionável que do ponto de vista geopolítico a Alemanha possua algumas vantagens em relação aos ucranianos: é o mais forte dentre os países do Velho Continente, tanto do ponto de vista político como econômico e não sofre a doença do separatismo que aflige a Ucrânia (maquiavelicamente explorada pela Rússia)<sup>117</sup>.

---

<sup>116</sup> O que, no entanto, sem sombra de dúvidas, é mais fácil de conseguir dos europeus do que dos estadunidenses. Nesse sentido, basta olhar o caso da aquisição dos caças Gripen NG da Suécia, no qual está prevista plena transferência de tecnologia para o Brasil. Para os interessados, cf. PLAVETZ, 2016.

<sup>117</sup> Não se trata aqui de desmerecer a parceria com os ucranianos, a qual este autor também considerava interessante, mas sim de pontuar alguns detalhes que podem fazer a diferença no caso do VLM-1 em prol deste veículo. É preciso lembrar também que a escolha da Ucrânia para a criação de uma empresa binacional estava fundamentada, justamente, no caráter complementar das ações de ambos os atores. Fosse a Ucrânia um país com todos os ramos do setor espacial desenvolvidos, portanto, com seu próprio centro de lançamento, muito provavelmente a ACS jamais teria sido criada.

Por tudo isso, e esperando não sermos inadvertidamente otimistas, podemos pensar que talvez o VLM-1 seja a etapa que faltava para permitir que o PEB alce voos mais complexos. Ao mesmo tempo podemos ponderar que talvez o VLS-1 tenha sido, em razão do contexto em que se inseria (e se insere) o Brasil, e não tanto pela vontade dos profissionais envolvidos, mais do que podíamos dar conta naquele momento. Tudo isso, entretanto, será posto à prova em 2019, data na qual daremos um salto importante em nosso programa espacial ou arranharemos uma parceria até então ininterrupta e que já dura décadas com um de nossos principais aliados.

A expectativa, entretanto, de acordo com o diretor da DSAD, é a de que este veículo atenda o mercado de lançamentos dedicados, terminando assim com a necessidade dos *cubesats* de pegarem carona em outras missões envolvendo satélites ou *payloads* quaisquer em geral maiores (ou ao menos oferecendo uma alternativa viável, mesmo que um tanto mais cara), com a particularidade brasileira de poder lançar satélites em órbitas variadas dada a característica geográfica do país. Se tudo der certo, o Brasil estará apto a abocanhar um mercado relativamente inexplorado: o de lançamentos específicos de pequenos satélites (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).



Figura 2.7 – VLM-1 idealizado



Fonte: KASEMODEL, 2012.

### Capítulo III – Desafios e Oportunidades envolvendo *Cubesats*

Neste capítulo temos por objetivo fechar nossa discussão acerca dos pequenos satélites abordando determinados pontos ainda não considerados e que são fundamentais para vislumbrarmos algumas respostas para as perguntas que orientam esta dissertação.

Trataremos, portanto, das questões referentes ao desenvolvimento econômico promovido pelo setor aeroespacial (com foco nos *cubesats*); à regulação do uso do espaço sideral; e à geopolítica que perpassa este tema, jamais perdendo de vista o aspecto nacional. Dessa maneira, espera-se concluir o trabalho satisfatoriamente e construir um quadro completo da situação para aqueles interessados no estudo desta temática ou daquelas que lhe são correlatas.

#### 3.1 – Os *cubesats* e a mudança estrutural competitiva na indústria de satélites

Neste momento, como dito, compete visualizar a questão dos satélites cúbicos por meio do prisma econômico, algo ainda não realizado no escopo deste texto. Todavia, não é possível – nem desejável – destacar a parte sem compreender o todo visto que ambos mantêm uma relação de complementaridade. Por esta razão será necessário elucidar também os resultados apresentados nos últimos tempos pelo setor de satélites em geral (o qual é parte integrante do setor espacial global). Para esta tarefa nos voltaremos agora.

Os dados mais recentes disponibilizados pela *Satellite Industry Association* (SIA – órgão estadunidense que congrega e confere voz às indústrias de satélites daquele país), em seu relatório anual intitulado *State of the Satellite Industry Report*<sup>118</sup>, referente ao ano de 2015, revelam que o setor em questão movimentou um montante equivalente a US\$ 208,3 bilhões, um acréscimo de 3% na comparação com 2014, quando a renda obtida foi de US\$ 203 bilhões (SIA, 2015, p.4; SIA, 2016, p.4).

A indústria espacial é composta em sua totalidade pelos ramos de satélites e “não-satélites”, conforme denominação da própria SIA (que não chega a explicitar o que compõe esta última categoria). Sendo assim, a soma das duas partes é equivalente ao valor total produzido em um ano. A referida indústria, em 2015, valia US\$ 335,3 bilhões, 4% a mais que os US\$ 322,7 bilhões de 2014. O mercado de satélites, foco da nossa atenção, se não cresce

---

<sup>118</sup> O documento mais atual foi divulgado em junho de 2016 e traz dados referentes a 2015. Aqui usamos as informações das publicações de 2015 e 2016. Vale ressaltar que tais documentos são preparados por uma empresa de consultoria especializada chamada *The Tauri Group*.

espetacularmente (como fizera no passado com taxas de dois dígitos<sup>119</sup>), entretanto, mantém suas taxas em uma média respeitável se considerarmos o cenário de crise atualmente vivenciado. Nesse sentido, a já citada expansão de 3% foi superior ao desempenho mundial (+2,4%) e ao próprio PIB norte-americano (+2,5%) (SIA, 2015, p.7; SIA, 2016, pp. 5 e 7).

Os Estados Unidos são donos da mais desenvolvida indústria satelital do mundo, tanto em termos qualitativos como em termos quantitativos. Sozinhos, logram obter participação de 43% neste mercado (pouco mais de US\$ 89 bilhões), o qual, por sua vez, consiste em 62% de toda a indústria espacial. Em outras palavras, e a despeito do fato de sua participação estar desde 2010 (até onde se estende a análise da SIA) estagnada na faixa dos 43%, o Estado norte-americano e as empresas estadunidenses correspondem a pouco mais de um quarto de tudo o que se refere a tecnologia espacial (26,7%) (SIA, 2016, pp. 6 e 7). Por esta razão os temos como um exemplo máximo daquilo que já se alcançou neste ramo. Ainda que seja necessário diferenciar o caso estadunidense do brasileiro (a respeito do qual não podemos, até a presente data, afirmar que possua uma indústria de satélites plena) para não incorrer no erro de estabelecer associações inverídicas, o estudo dos dados da SIA pode revelar aspectos de interesse para a discussão que pretendemos realizar.

Feita a devida ressalva, parte-se agora para entender o que compõe a indústria de satélites. Prosseguindo na análise do mesmo documento, constata-se que quatro são as subdivisões do referido setor: serviços satelitais, produção de satélites, indústria de lançamentos e equipamentos de solo.

Os serviços satelitais correspondem a serviços de consumo (TV, rádio e banda larga via satélite), serviços fixos (*transponders* e serviços de rede, incluindo voos espaciais), serviços de telefonia celular e serviços de observação terrestre. Em 2015, confirmando a tendência estabelecida nos anos anteriores, esse subsetor foi a fatia mais robusta da indústria de satélites, gerando US\$ 127,4 bilhões (uma alta de 4% em relação a 2014), dos quais 42% (ou US\$ 53,5 bi) pertencem aos Estados Unidos (SIA, 2016, p.11).

Um fato importante, diretamente relacionado a este trabalho, chama a atenção: o papel cada vez maior dos pequenos satélites no tocante à observação terrestre. Estes objetos, dadas as características técnicas que lhes são intrínsecas, devidamente explicitadas em oportunidade prévia, permitem a diversificação do setor por meio de novos entrantes e novas parcerias que podem ser estabelecidas mais facilmente. Quanto a isso não deixam de ser sintomáticos os dados da própria SIA de que em 2015, 59 países possuíam ao menos um satélite em órbita,

---

<sup>119</sup> Apenas para citar alguns números: 2006 (+19%), 2007 (+15%), 2008 (+18%) e 2009 (+11%). Cf. SIA, 2016, p.5.

mesmo que para tanto alguns deles tivessem de recorrer a consórcios, bem como de que o custo de construção de todos os pequenos satélites que adotam o padrão cúbico feitos desde 2005 não tivesse ultrapassado a casa dos US\$ 100 milhões (SIA, 2016, pp. 8, 15 e 21).

A intensificação de parcerias no ramo espacial é um dos efeitos que podemos atribuir à onda de satélites miniaturizados presenciada nos últimos dez/quinze anos. Mesmo que os casos com os quais tivemos contato apontem geralmente para países em desenvolvimento procurando a ajuda de países desenvolvidos a fim de produzirem e colocarem um artefato no espaço, não se pode excluir a possibilidade de que no futuro alguns dentre aqueles que até então vinham sendo ajudados passem a fornecer ajuda.

O Brasil é uma das nações que poderá vir a se encaixar nesse cenário caso a política desenhada pela AEB logre sucesso. A trajetória tecnológica baseada em componentes miniaturizados torna-se ainda mais interessante para os países e povos do Terceiro Mundo na medida em que suscita a expansão da cooperação sul-sul por uma vereda nunca antes imaginada. Não deixa de servir de consolo o fato de que, em meio a um momento tão conturbado de crise, no qual os projetos supranacionais se encontram seriamente ameaçados por retóricas conservadoras e pela própria ausência de pensamento estratégico por parte de *policy makers* de índole duvidosa, haja uma janela de oportunidade que, por menor que seja, aponte na direção contrária.

Não é nenhum segredo que o advento dos *cubesats* possibilitou um aumento significativo no número total de satélites lançados por ano (tema discutido no item 1.6 e sobre o qual voltaremos a tratar mais a frente). Quanto a isso temos que 2015 terminou com 1381 satélites operacionais em órbita, 120 a mais do que o ano anterior, predominantemente alocados no ramo de comunicações (37% em comunicações comerciais e 14% em comunicações civis e militares). A quantidade de satélites colocados em órbita foi, contudo, de 202, 108 dos quais eram satélites cúbicos (com praticamente um quinto destes se perdendo devido a falhas de lançamento) (SIA, 2016, pp. 8, 18 e 21).

Tendo, portanto, adentrado o ramo da produção de satélites, devemos salientar alguns fatos. Essa subdivisão gerou um valor da ordem de US\$ 16,6 bilhões em 2015 (acréscimo de 4%), destes, US\$ 10 bilhões pertencem apenas aos Estados Unidos (60%), revelando o teor da concentração do mercado nas mãos de um ator somente (mesmo se considerarmos que ultimamente esta fatia tem sido diminuída, visto que era 70% em 2013 e 63% em 2014, quase voltando ao nível de 2012, quando era 56%) (SIA, 2016, p.17).

Se os Estados Unidos abocanham 60% do *market share* da produção de satélites, é importante ponderar que, desta fatia, 73% provêm de contratos governamentais, ou seja, o Estado norte-americano é, sozinho, responsável por quase 44% do valor gerado neste ramo. Outro dado, agora envolvendo a iniciativa privada daquele país, também salta aos olhos: as firmas estadunidenses, se não fizermos restrições de formato e tamanho, foram responsáveis pela construção de 64% de todos os satélites lançados em 2015 (sem contar os *cubesats*, tal participação cai para 32%) (SIA, 2016, p.19).

No tocante à indústria de lançamentos tem-se que o ano de 2015 significou um revés no valor total que lhe é atribuído. A queda foi da ordem de 9%, indo de US\$ 5,9 bilhões (2014) para US\$ 5,4 (valor idêntico a 2013). De acordo com a SIA, o resultado negativo é explicado pela menor quantidade de lançamentos comerciais (65 contra 73 do ano anterior, eminentemente direcionados para LEO e GEO). O que se notou, contudo, foi o aumento da participação de países como China, Índia e aqueles pertencentes à União Europeia em detrimento de Estados Unidos e Rússia, que experimentaram problemas com alguns de seus veículos lançadores. Se antes os estadunidenses eram responsáveis por 41% do valor gerado, agora passaram a responder por apenas 34% (SIA, 2016, pp. 23 e 24).

Os governos, apesar de ligeira baixa, são os principais demandantes de lançamentos (69% em 2015, 72% em 2014). Apesar do resultado econômico frustrante do subsetor como um todo, o número de encomendas feitas em 2015 superou a cifra do ano anterior, indo de 22 para 33 (o que certamente trará lucros no futuro próximo assim que esses projetos maturarem). Deste total de 33, 15 correspondem a contratos firmados com companhias norte-americanas. Em 2014 haviam sido 11. Todavia, o *market share* dos Estados Unidos decresceu de 50% para 45% tendo em vista o crescimento da participação da Arianespace (UE), que com suas 16 encomendas (49%) ultrapassou o poderio estadunidense e recolocou a Europa na dianteira (tal como fora dentre os anos de 2011 a 2013, época na qual sua fatia de mercado fora, respectivamente, 46,7%, 44% e 56,25%) (SIA, 2016, pp. 24 e 25).

Estes dados apenas corroboram aquilo que em certa medida já sabíamos: o setor espacial é altamente oligopolizado e, ao que parece, mesmo os *cubesats* não logram sucesso absoluto em romper esta realidade. Pelo contrário, aquilo que é fonte de inspiração para nações em desenvolvimento e até mesmo uma alternativa para inicia-las em atividades deste naipe, serve também para reafirmar o poderio dos países que de longa data já são capacitados para disputar o controle do espaço.

A trajetória tecnológica fundada em artefatos miniaturizados a serviço das potências do ramo torna-se algo ainda mais factível quando, no próprio documento da *Satellite Industry Association*, encontramos a afirmação de que na atualidade são desenvolvidos “ao redor do mundo” 17 lançadores de pequeno porte. Entretanto, analisando as empresas que se propuseram a criar tais objetos constata-se que a grande maioria é norte-americana ou está sediada naquele país (SIA, 2016, p.26). Construções como o VLM-1, portanto, não são uma exclusividade do Brasil, o que torna imperativo que o país aperte o passo, faça o voo-teste em 2019 e não perca mais esta oportunidade de ter um veículo seu e de poder adentrar em um mercado comprovadamente lucrativo.

Por fim, os equipamentos de solo renderam US\$ 58,9 bilhões em 2015 (+1%), dos quais 41%, como no ano anterior, foram dos Estados Unidos. A maior parte dos lucros deste subsetor (53%) provém do chamado GNSS (*Global Navigation Satellite System*) (SIA, 2016, p.29). Este, por sua vez, compreende a base técnica dos sistemas de posicionamento geográfico via satélite que permeiam nossas vidas a despeito do fato de terem sido concebidos para cumprirem com propósitos de natureza militar: GPS (EUA), GLONASS (Rússia), GALILEO (UE, o único exclusivamente civil), COMPASS/BEIDOU (China) e IRNSS/NAVIC (Índia). Tornaremos a abordar este tema crucial mais adiante, por ora nossa atenção se volta para um último detalhe que o exame dos documentos da SIA permitiu entrever.

Se a indústria de satélites cresce a taxas estáveis e compreende um setor que movimenta bilhões em moeda forte todos os anos, a sua participação na geração de postos de trabalho nos EUA é cada vez mais precária. Em 2015, contando apenas até o terceiro quarto, foram quase 11.000 postos a menos, com a grande maioria das perdas concentradas no setor de produção de satélites (-24%, ou 5.529 demissões/aposentadorias/mortes, pois a SIA não faz a devida distinção), que foi de pouco mais de 23.000 para algo em torno de 17.500 trabalhadores empregados (SIA, 2016, p.31). Ao tomar ciência destes dados, a pergunta que inevitável e necessariamente nos fazemos é: haveria alguma relação entre este desempenho negativo e a aposta cada vez maior justamente na produção de pequenos satélites? De forma categórica: os satélites miniaturizados eliminam postos de trabalho por serem versões simplificadas dos grandes modelos?

Longe de ser uma indagação fútil e descabida, a pergunta em questão nos força a pensar a situação de forma holística. Várias podem ser as explicações para o decréscimo no número de funcionários neste setor como um todo: aposentadoria, enxugamento de recursos,

instabilidade proveniente de riscos de investimento e avanços tecnológicos poupadores de mão de obra (que aqui é nada menos do que altamente qualificada) estão entre algumas delas. O advento dos pequenos satélites certamente desvia o foco que até então recaía exclusivamente sobre os artefatos maiores e, temporariamente, pode forçar um reajuste do setor: novos entrantes absorvem parte da demanda, que agora pode também se deslocar a favor de objetos miniaturizados (gerando sua parcela de empregos), enquanto antigas empresas buscam se adaptar aos novos tempos.

No Brasil, que conta com uma indústria nascente, numericamente pequena (condensada em algumas regiões) e em constante luta para se firmar, não há dúvidas de que a construção de pequenos satélites trará mais benefícios do que malefícios se adequadamente institucionalizada dentro de uma estratégia coerente. No tocante aos Estados Unidos, como visto no parágrafo anterior, a questão assume contornos mais profundos: trata-se de uma indústria madura e ampla que não pode imputar a responsabilidade por maus resultados a apenas um aspecto dentre tantos outros. Notícias recentes (outubro de 2016) de que a Casa Branca pretende lançar um projeto voltado para o fomento de atividades envolvendo *cubesats* (*Harnessing the Small Satellite Revolution*) com o potencial de impulsionar a indústria espacial naquele país tornam ainda mais difícil acreditar que os pequenos satélites possam ser inimigos dos trabalhadores do setor (GRUSH, 2016). Na opinião do diretor da DSAD, pelo contrário, a geração de empregos ficaria ameaçada sem a presença deste tipo de atividade, pois produzir dez satélites de 100 kg cada, como ele mesmo supõe, pode fazer muito mais pela questão do emprego e da renda do que concentrar esforços em apenas um objeto de uma tonelada (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

O impulso dado por esta política estadunidense, a primeira no mundo a ser fruto de uma iniciativa deliberada de um Estado (sem ter o meio acadêmico como ponto de origem), certamente contribuirá para desenvolver uma indústria de satélites miniaturizados naquele país, traduzindo, novamente na opinião do diretor, a vontade dos norte-americanos de serem líderes nesse mercado (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Tendo discorrido sobre a estrutura da indústria de satélites, faz-se necessário agora entender quais são os mercados atualmente abertos para a categoria de satélites estudada e nos quais a mesma pode efetivamente se inserir. Esta será a tarefa que irá nos guiar pelos próximos parágrafos.

No artigo *If you build it who will come? Identifying markets for low-cost small satellites*, Foust et al (2008) realizam o trabalho de compilar possíveis nichos de atuação dos

satélites miniaturizados, separando aqueles nos quais tais artefatos possuem maiores chances de sucesso daqueles onde muito provavelmente fracassariam devido ao fato de representarem uma tecnologia nascente, mais custosa (em relação a outras soluções passíveis de serem encontradas) e ainda desconhecida do público. Para tornar mais dinâmica a explicação e irmos direto ao ponto de maior interesse discriminaremos aqui somente os nichos que se encaixam no primeiro caso. No entanto, antes de começarmos propriamente é preciso dividi-los em quatro ramos para evitar confusões. São eles: militar, comunicação civil/comercial, sensoriamento remoto (doravante, SR) civil/comercial e outros mercados.

No tocante às aplicações militares, os autores ressaltam as seguintes possibilidades: *blue-force tracking* (BFT), que consiste na identificação e comunicação de/entre forças aliadas em um campo de batalha; *intelligence, surveillance and reconnaissance* (ISR), ou sensores e plataformas empregados para produzir imageamento, captar sinais e realizar medições, *locus* de aplicação no qual os *cubesats*, dado o contexto de enxugamento de custos, podem ser favorecidos; defesa contra mísseis baseada em ativos espaciais e sistemas de alerta (parte daquilo que os autores chamam de *Operationally Responsive Space* – ORS) que, todavia, dependem ainda do amadurecimento da tecnologia dos satélites cúbicos; demonstração tecnológica, um mercado por excelência para os pequenos satélites visto que contribui para aumentar a confiança em componentes desenvolvidos para missões com tais máquinas, aumentando também, por conseguinte, a confiabilidade dos próprios *cubesats*; *space surveillance and situational awareness* (SSSA), compreendendo o uso das referidas máquinas miniaturizadas para mapear – com maior eficiência do que estações de solo – objetos capazes de colocar missões espaciais em risco, distinguindo-os ainda entre naturais e artificiais (*man-made*) e servindo até mesmo para diferenciar uma ameaça natural de um ataque intencional; “preenchedores de lacunas” ou “amplificadores de sistemas” (*gap-fillers/system augmentation*), condição na qual os satélites miniaturizados podem funcionar como substitutos temporários de satélites maiores avariados ou em processo de degradação para não permitir que a função que estes exerciam seja interrompida afetando a disponibilização dos serviços em solo (como satélites de comunicação, por exemplo) ou, no segundo caso, ampliar a capacidade existente de um sistema de satélites; e monitoramento de condições oceânicas, ainda que sobre esse ponto específico os autores do texto aqui utilizado como base não tenham total certeza dado a existência de tecnologias competidoras mais baratas e que não precisariam estar no espaço para exercerem suas funções (FOUST et al, 2008, pp. 3 a 6).



O ramo das comunicações civis/comerciais possui dois nichos de maior destaque. O primeiro deles é o uso de pequenos satélites para integrar redes de sensores em localidades remotas, que não podem contar com a presença humana por serem inóspitas ou, quando não, perigosas. Neste caso específico, como bem pontuam os autores, os principais clientes seriam os governos, interessados em cortar custos e na possibilidade que tais máquinas oferecem para equipes em solo de reprogramarem seus sensores à distância, sem terem, como costuma acontecer, de se deslocarem fisicamente até o local onde estão os sensores. O segundo corresponde à comunicação com locais remotos e serviços de dados, cujos principais clientes seriam, novamente, os governos. A iniciativa privada (empresas do ramo de energia e, até mesmo, do ramo turístico) por estar sujeita a “padrões imprevisíveis de atividades de exploração e perfuração”, não vê vantagem em manter satélites próprios que podem enfrentar períodos de desuso de duração incerta. Para ela a melhor saída é contratar este tipo de serviço *vis-à-vis* suas necessidades ao invés de ser dona do mesmo (FOUST et al, 2008, pp. 6 e 7).

Em relação ao SR civil/comercial três são os nichos que podemos elencar. O primeiro é o de monitoramento de condições marítimas, uma aposta dos autores do texto aqui empregado tendo em conta a evolução da tecnologia dos *cubesats*. Como visto, essa aplicação pode privilegiar tanto civis quanto militares, ampliando a percepção de embarcações a respeito do que irão encontrar pela frente. A produção de imagens de alta resolução é o segundo nicho, podendo ser aplicada para mapeamento, planejamento urbano, segurança nacional, defesa e situações emergenciais. Se as constelações de pequenos satélites lograrem produzir imagens mais baratas, de qualidade superior e em maior quantidade àquelas dos grandes satélites darão um grande e decisivo passo para conquistar mais um mercado<sup>120</sup>. O terceiro e último nicho é o das imagens de média resolução, que compreendem o monitoramento de ecossistemas, níveis de poluição, condições oceânicas e de/reflorestamento. Atualmente, no que tange aos Estados Unidos, essa tarefa cabe aos satélites da série *Landsat*, desenvolvidos pela NASA, e a forma pela qual se dará a continuidade da missão permanece em aberto, podendo ainda recair sobre satélites de menor porte dado o seu custo reduzido (FOUST et al, 2008, p.8).

No que tange a outros mercados, tem-se que o nicho de maior potencial vislumbrado é o da exploração por meio de pequenos satélites (SR, comunicações e reconhecimento), uma aposta que a NASA, aparentemente, tem levado a sério (FOUST et al, 2008, p.10).

---

<sup>120</sup> O diretor da DSAD esclarece que já existem satélites de pequeno porte capazes de produzir imagens de alta resolução tão ou até melhores do que aquelas de artefatos convencionais. No caso ele cita um *cubesat* 3U da empresa *Planet Labs* capaz de realizar imageamento de até 5 metros de resolução, desempenho superior ao do *CBERS*, que é de grande porte. Cf. ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016.

Ironicamente, o ramo intitulado “outros mercados” soa praticamente como uma repetição daquilo já discriminado nos outros três. Não é por acaso que isso ocorre: tudo está diretamente ligado à maneira como evoluirá a tecnologia dos *cubesats*, percepção esta que levou os autores do texto a associar a aceitação dos satélites miniaturizados em aplicações potencialmente lucrativas com o “dilema do ovo e da galinha”. O trecho a seguir, ainda que voltado para o caso específico das comunicações em locais remotos, esclarece o problema enfrentado por estes artefatos de forma geral:

[...] pequenos satélites não serão considerados realmente viáveis no mercado de comunicações em locais remotos a menos que consigam demonstrar confiabilidade ao longo do tempo, no entanto, eles não podem demonstrar tal confiabilidade até que um cliente os escolha para atender as necessidades referentes a comunicações em locais remotos ao invés de optar por tecnologias espaciais e terrestres competidoras (FOUST *et al*, 2008, p.13).

Como os próprios autores colocam, a confiabilidade de qualquer tecnologia no setor espacial (e os pequenos satélites não são exceção) deve estar entre 90% e 95% antes que um mercado possa se formar para as suas eventuais aplicações (FOUST *et al*, 2008, p.11). Para chegar a esse patamar no que concerne aos *cubesats* missões de baixo custo são essenciais, caso contrário poucos, seja no campo civil ou militar, serão aqueles dispostos a dar uma chance para esta tecnologia relativamente nova brilhar. Outro ponto que chama a atenção é o papel indispensável do Estado, que em muitos casos é o único demandante de atividades envolvendo *cubesats*, e isso mesmo nos Estados Unidos, onde o senso comum fez (e ainda faz) gerações inteiras acreditarem que se encontram os mais audaciosos e visionários empreendedores. O mercado estadunidense pode ser o mais sólido dentre todos e as tecnologias nele produzidas e ofertadas as mais avançadas, mas a existência de riscos no investimento, bem como a psicologia envolvida neste ato, parecem ser elementos universais, onipresentes, quando tratamos do sistema capitalista.

O assunto tratado no parágrafo anterior nos remete, portanto, à questão do poder de compra do Estado como elemento impulsionador de setores estratégicos e fomentador de mercados. Se dependêssemos da livre iniciativa para enfrentar o risco envolvido em atividades tão complexas e da acumulação de capital oriunda apenas do reinvestimento dos lucros a humanidade não teria logrado alcançar o grau de avanço tecnológico de que hoje dispõe. Sem Estado e sem financiamento pesado não se constrói uma indústria espacial. O que ocorre, para que não sejamos taxados como contraditórios em nossa argumentação, é que

satélites menores podem driblar as dificuldades que muitos países enfrentam relacionadas à questão do capital disponível para investimento, isso, todavia, não permite que os produtores destas máquinas prescindam do apoio do ente estatal.

No caso brasileiro lidamos com os dois lados desta equação. Por um lado temos ambições que se igualam às de países com programas espaciais já desenvolvidos, o que implica dizer que a quantia destinada ao nosso próprio programa sempre foi aquém do que o necessário, indo de patamares irrisórios para patamares ainda insuficientes e depois oscilando entre as duas condições. Por outro lado, mesmo nossos nanosatélites precisam do apoio da mão visível para conquistarem um lugar ao sol e, ainda que o que tenhamos com a AEB não possa ser encarado como uma política de Estado, contudo, pode ser vista como um primeiro passo rumo a uma institucionalização deste tema. O que se quer dizer com tudo isso é: a criação de uma indústria espacial plena requer que política espacial e política de Estado sejam sinônimas, caso no qual o indispensável poder de compra do Leviatã seria otimizado.

Esses últimos parágrafos se destinaram, portanto, a situar alguns condicionantes para a própria existência de um mercado de pequenos satélites. Tais objetos possuem um potencial de fornecer serviços mais baratos, de forma rápida e com eficiência igual ou superior, permitindo que alguns nichos específicos possam se reestruturar à sua imagem e semelhança (desde que como já mencionado recebam o devido apoio do Estado e façam parte de uma política coerente). Alguns limites ainda não mencionados que se colocam no caminho para que isso de fato ocorra e que devemos elencar são: a competição de grandes satélites e veículos aéreos (*drones*, por exemplo), cujos projetos atraem mais dinheiro por constituírem tecnologias já conhecidas; a falta de conhecimento do público a respeito da existência de uma alternativa baseada em tecnologias miniaturizadas; e a preferência de muitos clientes potenciais por terceirizarem a tarefa de operar um satélite, seja pela característica sazonal de suas atividades, o que faria o investimento em satélites próprios soar como (e realmente ser) desperdício de recursos, seja por não quererem ter este tipo de preocupação/trabalho eles próprios, aparentemente ignorando o lado positivo da questão, ou seja, o empoderamento que este tipo de tecnologia traz para quem quer que a possua (FOUST et al, 2008, pp. 15 e 16).

Sobre esse último ponto específico o professor do INPE salienta:

[...] você tem dois tipos: a empresa que fornece o subsistema e fornece a plataforma; e tem a empresa que está interessada em ter satélites para explorar, vai fornecer imagens e dados. Então ela compra, opera e vende o serviço. Essas estão começando, mas acho que é o mais

promissor do meu ponto de vista (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Logo, não só a opinião do professor vai de encontro com a prática daquilo que chamamos aqui de “terceirização”, como ainda pode-se constatar que a recusa de alguns de possuírem e operarem suas próprias plataformas satelitais gera um mercado – que tem tudo para se expandir – para outras empresas, interessadas não apenas na venda da tecnologia, mas também no serviço passível de ser executado, atuarem.

O panorama descrito neste item, ainda que fundamentado com dados referentes aos Estados Unidos, contém informações relevantes que podem muito bem ser aplicadas à situação brasileira. Em relação aos nichos de mercado para satélites miniaturizados no Brasil devemos novamente recorrer às palavras do professor do INPE:

Aqui no Brasil, para competir com estes caras [empresas internacionais] tem que comprovar que o que fez vai vender, e aqui nós não temos mercado ainda, são dois ou três satélites por ano no máximo, enquanto na Europa são 30, 40 ou 50. [...] A respeito dos *spin-offs* foi o que eu te falei: empresas que saem do INPE para construir algo, mas tem que ter mercado. A outra [aplicação] seria essa que acho mais viável: não desenvolver necessariamente o satélite, mas explorar o satélite para oferecer serviços. Já há perspectivas disso na área de dados, sensoriamento remoto, agricultura de precisão, que é uma aplicação interessante [...] (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

A diferença central entre a visão do mesmo e a do funcionário da Avibrás, como já devidamente salientado em oportunidade anterior (ainda que nunca seja demais lembrar), reside exatamente na ideia daquele de não desenvolver completamente o satélite, mas comprá-lo e vender os seus serviços, ao passo que este já enxerga como imprescindível o domínio completo do processo produtivo. Os argumentos do professor, entretanto, não devem ser encarados como algo leviano, de teor cosmopolita: estão antes baseados na sua experiência profissional e no contato próximo com o setor. É interessante, aliás, perceber a coerência do seu pensamento, independente do que consideremos dele: o Brasil pode se inserir em qualquer nicho (defesa, imagens e outros), mas não consegue produzir do começo ao fim um pequeno satélite sem recorrer a componentes estrangeiros. O engenheiro da Avibrás certamente discordaria disso citando o aprendizado do AESP-14<sup>121</sup>. As duas visões continuam a se

---

<sup>121</sup> Na fala do próprio a respeito do desenvolvimento de tecnologias correlatas ao setor espacial por parte de universidades brasileiras: “Equipamentos que certamente seriam adquiridos por equipes brasileiras que acham

digladiar e cabe à AEB traçar o melhor plano possível para tornar claro o teor das relações que o país desejará travar com esta tecnologia específica.

Qual a estratégia divisada então pela Agência Espacial Brasileira para lidar com a questão da cadeia produtiva envolvendo *cubesats*? Novamente, o diretor da DSAD, referindo-se à relação AEB-INPE, elucida:

Nós temos sim provocado o INPE para que ele não necessariamente faça satélites, mas, fundamentalmente, a gente tenta sensibilizá-lo para que eventualmente ele faça *payloads*, subsistemas, componentes que possam no futuro próximo serem avaliados e testados no programa SERPENS e depois que esse desenvolvimento se comprovar, transferir isso para a indústria brasileira. Em que sentido? Para que num prazo de 5, 10 anos, o Brasil tenha uma cadeia de valor que esteja baseada nessas pequenas plataformas. Não necessariamente fazendo tudo, mas fazendo aquilo que eventualmente os profissionais do INPE entendam que podem fazer com um certo diferencial. Ou seja, não temos demanda ainda para, mas se um produto é bem feito nada nos impede, e a agência espacial tem estimulado muito isso: que se pense no mercado internacional. Ou seja, não adianta você olhar só para as demandas do Programa Espacial Brasileiro porque elas são modestas. Se a gente estimular algum desenvolvimento, esse desenvolvimento tem que terminar tornando aquele componente um componente disponível para o mercado internacional, que aí sim é muito grande (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Nota-se a partir deste excerto a inclinação da agência em usar as plataformas satelitais miniaturizadas como vetor de testes para componentes desenvolvidos em solo brasileiro de modo a fomentar uma indústria nacional neste ramo. Estamos falando aqui de geração de valor por meio de uma cadeia produtiva fundada em tecnologias espaciais de pequeno porte que almeja transpor as fronteiras do mercado interno.

O desenvolvimento tecnológico, na grande maioria das vezes, não segue o padrão clássico linear (ciência básica – ciência aplicada – desenvolvimento – produção – comercialização) e uma política de ciência e tecnologia que almeje obter sucesso não pode ser ofertista, ou seja, estimular e coordenar a produção de algo para só então descobrir se a sociedade aceita e, ulteriormente, demanda aquela mercadoria. O que se pode afirmar então sobre os pequenos satélites no que diz respeito a essas duas constatações?

---

que não possuem capacidade de desenvolver, e ficam dizendo que estes equipamentos não são o foco do trabalho”. Tendo em mente que o mesmo discorda da opinião do professor do INPE, este trecho não deixa de soar como uma censura à lógica de comprar tecnologia pronta para então usá-la. Cf. ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016.

A demanda por componentes existe e sobre isso não há dúvidas. Não existe, é claro, uma obrigatoriedade de que os mesmos sejam oriundos do Brasil ou de qualquer nação em particular. Logo, na visão deste autor, não é descabido que o país se lance nesse mercado, imprudente seria não o fazer tendo em conta o imenso potencial do setor. No tocante ao caminho trilhado para desenvolver a referida tecnologia, não é possível deixar de notar que a produção de artefatos espaciais esteve sempre ligada ao meio acadêmico e isso por razões óbvias que remontam à complexidade do tema: não se faz um foguete ou um satélite apenas com conhecimentos empíricos para depois tentar entender porque estes deram certo. Considerações sobre a integridade física de astronautas e referentes aos grandes custos envolvidos explicam o porquê. O sistema linear, mesmo que imperfeito para explicar a forma pela qual a humanidade se relaciona com muitas das tecnologias que a rodeiam, parece, no entanto, ser aplicável ao caso das tecnologias espaciais.

Mesmo que, como afirmado anteriormente pelos membros da AEB entrevistados, os cursos de engenharia espacial não tenham sido fomentados pela agência, é inegável que o ecossistema resultante de alunos, professores e infraestrutura laboratorial seja muito benéfico para o Programa Espacial Brasileiro “na medida em que a pesquisa mais básica, ou seja, o desenvolvimento de tecnologias críticas etc, o ideal é que se dê início na universidade” (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016). O caminho retratado daí por diante pelo diretor da DSAD é, sem tirar nem pôr, o do modelo linear: das instituições de ensino para os institutos de pesquisa (INPE, IAE e outros), destes para os testes em ambiente espacial viabilizados pela própria AEB, para em seguida transferir a tecnologia para indústrias e *startups* (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Essa é a natureza da reestruturação que os pequenos satélites têm provocado no setor espacial. Suas faces técnica, econômica e geopolítica estão entrelaçadas. Nos dedicamos nas últimas páginas a explicitar as suas características pela ótica do mercado sem, todavia, desvencilhá-la das demais, tarefa que seria simultaneamente impossível e indesejável. Neste momento cabe apenas prosseguir para a conclusão da discussão na esperança de torná-la ainda mais pertinente e jogar luz sobre pontos que porventura continuem obscurecidos.

Qual a grande diferença entre um satélite convencional e um de proporções diminutas? Se tivéssemos de elencar apenas uma, muito provavelmente escolheríamos as lógicas de produção totalmente distintas que guiam a confecção de um e de outro. No primeiro caso, de acordo com o que vimos ao longo deste trabalho e tendo também por apoio as palavras do funcionário da AEB entrevistado, há um artefato feito à mão, com gastos de alta monta e que

deve ser extremamente confiável, garantindo matematicamente o menor número de falhas possível (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016). No segundo pode-se trabalhar mais rapidamente com vários projetos similares, de menor complexidade e que demandam investimentos reduzidos, permitindo que um objeto como um satélite adentre ainda mais o ramo industrial.

O artefato em questão não pertence mais apenas à ciência, pertence também àqueles que desejam – e agora logram – produzi-lo e lança-lo em massa. Isso não quer dizer, como o leitor já deve ter notado, que os pequenos satélites sejam imunes a embargos ou questões orçamentárias, todavia, indica que esta classe específica é, dadas as características técnicas que lhe são intrínsecas, dotada de capacidade para superar mais facilmente questões que, no que tange aos grandes satélites, seriam impeditivas.

À guisa de conclusão, para não nos estendermos mais do que o necessário, é importante recorrermos à síntese feita pelo diretor da DSAD:

[...] você faz um pequeno satélite pela fração, não só faz, como lança um satélite bem pequeno numa fração de um satélite grande, significa que você pode fazer mais satélites. E como ele é uma fração, com os recursos você pode fazer um conjunto de satélites, e aí você entra naquela questão da recorrência. Você vai ter uma espécie de produção seriada. Fazer um ou fazer uma dezena, por exemplo. E aí eu acho que isso facilita você estruturar o negócio, porque não são encomendas esporádicas, seriam encomendas quase que constantes dessas pequenas plataformas (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Como transformar toda essa expectativa em realidade no que concerne ao Brasil? Para o diretor não se pode dissociar a produção de *cubesats* e satélites miniaturizados em geral da construção do VLM-1. Na sua visão, a posse de um veículo lançador que facilite ao país colocar em órbita este tipo de plataforma reduzida poderá bem servir como um gatilho para gerar demandas maiores dessa tecnologia, podendo impulsionar também a indústria local. O papel da agência espacial, nesse sentido, seria o de ajudar nas missões e auxiliar no fomento do setor (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Trata-se aqui de uma esfera de atuação que requer menores gastos e que poderá, se o orçamento da AEB não for ainda mais prejudicado pelo curso dos acontecimentos recentes, constituir um *locus* de ação bem sucedido se a referida instituição tiver foco suficiente para tanto. O que se pode interpretar do discurso do diretor é que, em vista das sempre presentes restrições financeiras, a agência deverá se focar em caminhos simples que tragam resultados

concretos em concordância com a visão pró-*business* adotada. A questão do VLM-1 parece se enquadrar justamente nesse caso: depois de tantos percalços e revezes com outros projetos, o Brasil tem a chance agora de obter avanços importantes em seu Programa Espacial apostando em uma alternativa relativamente simplificada.

Ao fim e ao cabo, para que fique claro qual a política da Agência Espacial Brasileira destinada a preparar o país para que este possa se inserir dentro das oportunidades engendradas por este *boom* global de pequenos satélites, devemos sintetizar em algumas palavras tudo o que foi discutido concernente à AEB neste item.

A política da agência possui um viés bem claro que não podemos deixar passar despercebido: tudo o que se assemelha à manutenção excessiva de capacidade de aplicação prática somente em uma determinada instituição, e tudo o que pode acarretar nisso, é firmemente desencorajado. O interesse que norteia as ações do órgão central do programa espacial nacional é fazer todos os esforços convergirem em direção à fundação de um setor industrial baseado em satélites e, em especial, em pequenos satélites. As universidades qualificam mão de obra, a qual deve afluir para institutos e render assim frutos que deverão ser direcionados à formação de negócios.

Não se pode deixar de notar que esse curso de ação é resultado de uma escassez de verbas que provoca a AEB a agir de determinada forma visando conseguir, por caminhos os mais descomplicados possíveis, resultados para o PEB. A política da agência, ao menos neste momento, é, pelo que se pode inferir, contrária à concessão de um poder de gestão dos negócios envolvendo *cubesats* para as universidades. Às instituições de ensino é legada a tarefa de formarem quadros e estimularem a P&D, nada mais.

O futuro do Programa Espacial Brasileiro está condicionado a um fino equilíbrio entre tecnologias miniaturizadas: desenvolver apenas satélites ou apenas o veículo lançador não o levará a lugar algum. Se os planos da AEB, cujo intuito deste item era analisar, se provarão acertados não se sabe. É certo, contudo, que já passou o tempo de dedicar maior capacidade financeira para os órgãos do SINDAE diretamente envolvidos com o dia a dia do setor. Caminho outro não há: ou se fornece condições para a manutenção das pretensões brasileiras no que tange ao espaço, ou, se abandona de vez a luta por maiores quantias de recursos e se aceita o papel periférico ao qual o país estará fadado em relação a este tema daqui por diante. Não pode haver dúvidas sobre qual dos caminhos é o melhor a se seguir.



### 3.2 – Considerações de natureza diversa acerca dos *cubesats*

Para concluir este trabalho e encaminhá-lo na direção de responder as perguntas que nos motivam é necessário agora voltar nossa atenção para alguns aspectos com os quais ainda não se trabalhou adequadamente. Algumas questões importantes sobre os satélites cúbicos continuam pendentes e faz-se necessário abordá-las de modo a que seja possível ter o quadro completo da situação (ou o mais próximo disso) no intuito de entender o que se deve esperar das tecnologias espaciais miniaturizadas para os próximos anos e de que forma as mesmas podem ajudar o Programa Espacial Brasileiro.

O primeiro tópico sobre o qual devemos nos debruçar é: como os pequenos satélites se encaixam no regime internacional que normatiza o uso do espaço? Responder tal pergunta requer que antes entendamos, ao menos em linhas gerais, a história e as principais características do ordenamento jurídico que visa trazer harmonia para a exploração do espaço sideral pelas nações da Terra. Para esta tarefa nos voltaremos agora.

Em decorrência dos acontecimentos que deram início à corrida espacial entre EUA e URSS no âmbito da Guerra Fria em finais da década de 1950, foi formado em dezembro de 1958 o comitê *ad hoc* para o uso pacífico do espaço sideral (COPUOS, na sigla em inglês) dentro do Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Sideral (UNOOSA, na sigla em inglês) inicialmente contando com 18 Estados-membros (o Brasil dentre eles). O documento criador deste órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) foi a Resolução 1348 (XIII) da Assembleia Geral, denominada de *Question of the Peaceful Use of Outer Space*. Nela, em essência, testemunhava-se a iniciativa destes países em impedir que o espaço se tornasse um campo de batalha ou uma zona de tensão entre os povos da Terra. Partia-se do princípio de que o que estava além da atmosfera terrestre não era de ninguém e, sendo assim, deveria ser permitido que todas as nações pudessem ter acesso – se assim quisessem ou conseguissem – às benesses que a exploração espacial poderia lhes trazer. Tal documento era, portanto, uma mostra de boa vontade dos Estados em aceitarem que seus conflitos e rugas na superfície não deveriam se estender para um outro ambiente do qual todos poderiam se beneficiar se soubessem trabalhar em conjunto ou, ao menos, não tentassem impor sua vontade sobre o direito do outro (UNITED NATIONS, 1958).

A governança espacial está fundamentada sobre cinco tratados de maior destaque e cinco princípios que os orientam. O primeiro princípio é o da governança das atividades dos Estados no espaço sideral (Resolução 1962 [XVIII], de 13/12/1963), que estabelece o uso

pacífico do espaço, o caráter comunal deste, as obrigações dos Estados com os objetos por eles construídos e lançados (inclusive se ocasionarem danos a artefatos de outrem), e a visão dos astronautas não como nacionais de um determinado país, mas como emissários da humanidade, os quais, se necessário, deveriam ser assistidos indistintamente por qualquer nação a fim de garantir a sua integridade física e o seu retorno seguro à superfície (UNITED NATIONS, 1963).

Os outros quatro, mais pontuais, discorrem sobre a transmissão de sinais de televisão (1982), sobre o sensoriamento remoto da Terra (1986), sobre o uso de fontes de energia nuclear (1992) e sobre a cooperação internacional na exploração e no uso do espaço (1996) (UNOOSA, 2016).

Os cinco tratados, por sua vez, são o Tratado sobre o Espaço Sideral (o principal, cuja entrada em vigor se deu em 10/10/1967), que se inspirava na Resolução 1962 já citada e constitui praticamente o cerne do direito espacial, não à toa sendo considerado a “Carta Magna do Espaço”; o Acordo de Resgate (1968), que reforçava a obrigação dos Estados em assistirem astronautas em casos de emergência ou mesmo em pousos não planejados; a Convenção sobre Responsabilidade (em inglês *Liability Convention*, de 1972), que esclarecia a questão da responsabilidade sobre danos causados por objetos espaciais; a Convenção de Registro (1975), que demandava o registro de todos os artefatos lançados ao espaço junto ao Secretariado Geral das Nações Unidas (iniciativa que já existia no âmbito da ONU desde 1961 por ocasião da aprovação da Resolução 1721B [XVI], mas que agora tornava-se ainda mais sólida e serviria para apoiar a Convenção sobre Responsabilidade); e a o Acordo sobre a Lua (de 1979 e cuja entrada em vigor data de julho de 1984) que almejava expandir o entendimento fruto do Tratado de 1967 para a Lua e outros corpos celestes, tornando a exploração dos mesmos a mais livre, aberta e responsável quanto possível, evitando assim o surgimento de tensões entre os Estados desejosos/capazes de fazê-lo (UNOOSA, 2016; UNOOSA, 2016a).

Os pequenos satélites se inserem na questão legal sob dois aspectos relacionados entre si. Por serem máquinas que podem ser produzidas e lançadas em maior quantidade e mais rapidamente é esperado que as mesmas causem impacto negativo sobre a questão do lixo espacial, aumentando consideravelmente também o risco de colisões com outros objetos. Ainda que a COPUOS exista justamente para lidar com problemas desta natureza, todavia, a soberania dos Estados e o poder que dela advém em aceitar ou não as sugestões da ONU é quem dita as regras no final das contas. A cooperação, entretanto, tem sido positiva neste

sentido, visto que é de comum acordo a necessidade em se preservar o ambiente espacial para que as consequências não sejam sentidas em solo. As três maiores potências do ramo espacial (EUA, Rússia e China), vale salientar, integram a UNOOSA: EUA e Rússia são membros fundadores e a China passou a integrar os seus quadros em 1980<sup>122</sup> (UNOOSA, 2016b).

Para se ter uma ideia da seriedade do problema do lixo espacial e de como o espaço tornou-se um meio congestionado (problema acentuado pela categoria de satélites que estudamos nessa dissertação), é importante citar as palavras do professor do INPE:

[...] nós assinamos aqui um serviço da Força Aérea Norte-Americana que nos avisa toda vez que tem uma aproximação do Br-1 com outro objeto vagando pelo espaço, sejam partes de foguete ou um satélite desativado, eles fazem um rastreio lá nos Estados Unidos. Nós já recebemos aqui mais de quinze ou vinte avisos de cerca de 100 metros de proximidade. [...] eles dão qual é o outro objeto, a data, a distância, distância radial (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Como lidar com essa questão premente? A tendência, afinal, é de que cada vez mais *cubesats* sejam postos em órbita. O problema é delicado, pois, como é possível ler no texto de Caleb Henry intitulado *SmallSat Boom Outpacing Regulators in the US*, teme-se que a regulação afete negativamente a competitividade das empresas norte-americanas (e não só elas) o que torna imperativo que se encontre um equilíbrio. Além disso, não adianta que apenas um país assuma uma postura consciente se os demais continuarem mergulhados em más práticas, exigindo dessa forma uma concatenação dos esforços para que haja resultados concretos<sup>123</sup> (HENRY, 2016b).

Para evitar ao máximo o congestionamento do espaço e a ocorrência de outros episódios geradores de detritos (e, logo, de uma possível reação em cadeia em escala

<sup>122</sup> O que, contudo, não lhe impediu de executar em janeiro de 2007 um teste com uma arma antissatélite (ASAT, na sigla em inglês) que, tendo sido bem sucedido, destruiu um satélite descontinuado da família Fengyun e espalhou uma quantidade incalculável de *debris* pelo espaço. A arma em questão era um míssil SC-19 e compreende aquilo que é chamado em inglês de *kinetic kill system*, ou seja, uma arma que destrói um satélite por meio do contato físico, sem carregar ogivas. Por razões óbvias a comunidade internacional envolvida na manutenção das condições de uso do espaço sideral desaprovou e condenou a atitude chinesa. Apesar da reprimenda, EUA e a então URSS costumavam fazer os mesmos testes na época da Guerra Fria e, em tese, nada os impede de continuar fazendo se assim o quiserem atualmente. Por detrás da preocupação com o ambiente espacial não deixa de haver interesses geopolíticos, uma vez que os chineses passaram a ser capazes de destruir com isso satélites espões ao mesmo tempo em que deram uma mostra de seu poder para o mundo. Cf. CHINA [...], 2007.

<sup>123</sup> Não deixa de ser interessante notar que o texto de Henry, apesar do diagnóstico proposto, em nenhum momento faz alusão à importância da UNOOSA como uma instituição que, por já congrega todos os grandes produtores de artefatos espaciais, poderia constituir o local ideal para esse tipo de diálogo. Isso nos leva a pensar se o seu texto é incompleto ou se pouca fé é depositada pelo autor na capacidade das Nações Unidas em resolverem essa questão.

geométrica) é necessário retirar parte dos artefatos que se encontram em órbita (principalmente em LEO), diminuindo assim a densidade das áreas pelas quais trafegam e, por conseguinte, as chances de colisão. A regra atual, internacionalmente aceita, dita que todos os satélites lançados ao espaço devem reentrar na atmosfera terrestre em até 25 anos. Ela, contudo, é anterior ao *boom* dos pequenos satélites. Recentemente, de acordo com o professor do INPE entrevistado, existem iniciativas de alterar o período de decaimento de 25 para apenas 2 anos, uma resposta certamente mais adequada em vista do novo contexto (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

No ano de 2015 constatou-se um dado alarmante no que tange à questão do lixo espacial: de acordo com o site especializado *Space News*, um em cada cinco *cubesats* viola a conduta aconselhada para o descarte destas máquinas. A razão, de acordo com a reportagem, reside na necessidade destes pequenos satélites pegarem carona em seu lançamento, o que faz com que sejam colocados em órbitas desfavoráveis ao cumprimento da regra<sup>124</sup>. Não é à toa que muitos *cubesats* são lançados da EEI, uma vez que esta, por orbitar a 400 km de altitude, garante que a reentrada desses objetos se dará dentro do período de tempo requerido (SELDING, 2015).

Os produtores de satélites miniaturizados já há algum tempo estudam formas de resolverem o problema. A iniciativa própria não é gratuita. Pelo contrário, corresponde ao seu interesse de evitar que regulações tidas por draconianas possam vir a prejudicar os negócios em um mercado que apenas começou a se firmar, a despeito do imenso potencial. Uma das principais medidas tomada consiste naquilo que vimos no item 1.3 na fala da professora da UnB: a inclusão na plataforma satelital de uma vela solar empregada para aumentar o arrasto da mesma (*dragsail*) e fazê-la deorbitar, reduzindo assim o seu tempo no espaço consideravelmente. Por razões de custo, sistemas mais complexos como propulsores estão fora de cogitação para a grande maioria das empresas do ramo, sendo considerados apenas pelas de maior porte, a exemplo da *OneWeb* (HENRY, 2016b).

Outras possibilidades têm sido estudadas no âmbito da *RemoveDebris Mission*, um consórcio formado pela Comissão Europeia (o braço executivo da União Europeia) e diversas empresas do ramo espacial como SSTL, *Airbus Defense and Space*, ISIS, NanoRacks etc com o propósito de assegurar o equilíbrio do ambiente espacial e a continuidade das operações tão

---

<sup>124</sup> Daí se pode inferir que os veículos lançadores de menor porte constituem um excelente negócio e que a tendência é que sejam largamente explorados daqui por diante visando a colocar satélites cúbicos e de pequeno porte em órbitas que lhes permitirão respeitar os prazos definidos de permanência no espaço. O problema do lixo espacial, como se pode notar, está ligado também às características dos veículos que conduzem artefatos para fora da atmosfera terrestre.

necessárias à vida na superfície como a conhecemos na atualidade (REMOVEDEBRIS [...], 2016). Isso aponta para o fato de que, além de uma necessidade, a questão da remoção de detritos pode muito bem tornar-se um negócio.

A partir do momento em que uma determinada questão é monetizada, segue-se inevitavelmente, para o bem ou para o mal, a aplicação de um curso de ação visando garantir que os resultados desejados sejam alcançados. Isso não significa que defendamos que o mercado sozinho será capaz de resolver o problema<sup>125</sup>, é antes apenas o reconhecimento de como costumam se mover as engrenagens do sistema predominante. Por esta razão, deve-se enxergar com otimismo – cauteloso, mais ainda assim otimismo – de que o referido problema encontrará o devido equacionamento.

Por fim, no tocante ao Brasil, há um acordo de monitoramento de *debris* firmado entre o Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) e a Roscosmos, a agência espacial russa, com o auxílio da AEB, para a instalação de um telescópio no Observatório do Pico dos Dias (Brazópolis, MG). Ele terá por função o rastreamento e o monitoramento do lixo espacial com vistas a criar um banco de dados. Em paralelo a isso, a parceria visa também à formação de recursos humanos de alta qualificação (ACORDO [...], 2016).

O segundo tópico sobre o qual devemos nos debruçar corresponde ao debate em torno da alegada capacidade dos satélites de proporções diminutas e dos objetos ligados à exploração espacial que adentraram a trajetória da miniaturização tecnológica em geral de democratizarem o espaço sideral. Apesar de ser espinhoso, deixar passar a chance de dedicar um pouco de nossa atenção para um tema tão relevante seria, sem sombra de dúvida, perder uma grande oportunidade no tocante a tentar elucidar qual será o teor das relações entre humanidade e espaço pelas próximas décadas.

Para iniciar este estudo, todavia, é preciso antes compreender em que consiste um projeto de democratização<sup>126</sup>. Por um lado, deve-se abordar a questão pela ótica do artefato em si, por outro é preciso entender e, em última instância, diferenciar, o que aquele determinado objeto traz de distinto em sua relação com o meio circundante que os demais não eram capazes de trazer.

De acordo com Langdon Winner, as tecnologias podem ser tanto autoritárias quanto democraticamente geridas a depender do contexto em que se encontram inseridas. É muito

---

<sup>125</sup> Mesmo porque já vimos o quão importante é o Estado para esse setor.

<sup>126</sup> Este autor entende democracia como a divisão igualitária de poderes entre os membros de um grupo permitindo assim que todos busquem, em um ambiente de harmonia, os melhores cursos de ação possíveis para satisfazer suas necessidades e garantir a observância dos seus direitos sem diminuir a capacidade do próximo em fazer o mesmo. Segundo este raciocínio, o fato do espaço não ser de ninguém, como se costuma afirmar, não garante *a priori* que ele seja democrático.

difícil, senão inconcebível, imaginar uma planta produtiva capaz de criar bens e cumprir metas sem ter por implícito que todo o arranjo ali observado não se sustentaria sem o mínimo de organização hierárquica. Em determinadas situações, portanto, algumas tecnologias exigirão formas autoritárias de gestão, ao passo que em outras, formas mais democráticas poderão frutificar não havendo de início uma regra estabelecida. Para tanto, o referido autor cita o exemplo de uma embarcação: quando se encontra no mar, necessita de uma tripulação e de alguém que a comande com mão firme; quando se encontra atracada no porto, necessita apenas de alguém que possa fazer a sua manutenção (WINNER, 1980, pp.129 e 135).

Winner, tendo Engels por inspiração, não poupa esforços em tornar claro que é praticamente impossível dissociar os modos autoritários de produção que se inserem dentro do sistema capitalista das formas de vida opressivas às quais os indivíduos estão submetidos. Ambos se retroalimentam em um eterno ciclo. É preciso, todavia, ter clareza de que uma revolução em prol de modos mais conviviais de sociabilidade (usando um termo aqui oriundo de Ivan Illich<sup>127</sup>), ou seja, em prol de uma sociedade cujos bens materiais não sejam feitos de acordo com e nem reiterem uma visão utilitarista que apenas escraviza os seres humanos, está diretamente conectada com as escolhas feitas pelos cidadãos (ou, não raro, feitas em nome deles). Optar por determinado artefato/processo técnico pode ser equivalente a optar por se tornar refém de castas de especialistas, as únicas capazes de compreender e administrar tais objetos em detrimento da liberdade e da independência dos demais (WINNER, 1980, p.130).

Logicamente, nenhuma tecnologia até hoje implementada e aceita pela sociedade logrou sucesso em tal feito se retratando como autoritária. Todas, sem exceção, foram alvos de campanhas de marketing agressivas responsáveis por alardear o quão libertadoras estas eram em relação ao que havia anteriormente. Os *cubesats*, nesse sentido, não são diferentes. Isso só torna a sua análise criteriosa ainda mais imperativa, pois não é raro, muito menos estranho, que seus produtores costumem defender que a democratização do espaço está apenas a um passo a partir da chegada dessas “novas” máquinas.

O satélite miniaturizado – e a trajetória tecnológica a qual pertence – integra, afinal de contas, o rol das tecnologias autoritárias? O professor do INPE, quando perguntado sobre se o fenômeno da democratização do espaço sideral era real ou apenas propaganda, externou a seguinte opinião:

---

<sup>127</sup> Em seu livro *Tools for Conviviality*.

Eu acho que é democratizar mesmo [...] tem países desenvolvendo *cubesats* que se não fosse por isso não poderiam desenvolver. Não teriam condições. [...] A ONU tem um simpósio chamado *Basic Space Technologies: SmallSats* e ela usa para estimular países em desenvolvimento para que a tecnologia espacial sirva de ferramenta de desenvolvimento tecnológico de modo geral. [...] Mesmo que esses países tenham que pagar para lançar, mas o simples fato de desenvolver um *cubesat*, participar daquele desenvolvimento já é, já atinge o propósito (ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE, 2016).

Outra visão igualmente favorável é a da professora da UnB, que pondera:

[...] sendo estudante do professor Twiggs estou seguindo a sua filosofia, estou trabalhando muito nisso [a democratização do espaço] [...] acho que no futuro terá a possibilidade para todos acessarem o espaço, ter o próprio satélite e fazer projetos que tenham finalidade mais interessante para a comunidade na Terra (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016).

De ambos os excertos é possível extrair a noção de que não só as máquinas em questão facilitam o acesso ao espaço para uma grande quantidade de atores que, de outro modo, jamais conseguiriam obter tal resultado como também, e principalmente, de que os pequenos satélites, ao menos aparentemente, podem estar mais próximos da sociedade do que os satélites convencionais no que tange a atender interesses específicos de comunidades. Muito do que se faz, no entanto, não é sem segundas intenções, visto que até mesmo satélites de fins educacionais almejam formar recursos humanos para os programas espaciais de cada nação, em especial daquelas que desesperadamente necessitam repor os profissionais da área em processo de saída do mercado de trabalho.

É sabido, e a entrevista com os membros da AEB bem o revelou, que a visão *pró-business* tem dominado a questão dos *cubesats*. Os negócios envolvendo estas máquinas imprimem uma lógica de industrialização, tornando um satélite não mais um produto artesanal, mas algo ainda mais adequado para um dia, quem sabe, ser feito em uma linha de produção. Satélites de maior porte podem, pelas razões já vistas, ser máquinas que se encontram longe dos olhos do público, exigem grandes somas de dinheiro e são frutos do trabalho de uma mão de obra altamente especializada, mas as características que se delineiam em relação aos pequenos fazem deles artefatos democráticos? São os satélites menores assim tão diferentes de seus irmãos maiores? Afinal de contas, mesmo quando utilizados para fins educacionais, visando motivar estudantes a seguirem carreira neste setor, não deixam de

seguir um padrão pré-estabelecido de montagem. Os estudantes podem participar do processo e aprender, mas não se sabe até que ponto são capazes de influir no *design* e mesmo no propósito final do objeto (e se isso é sequer permitido). É óbvio que tais estudantes formarem empresas e, a partir disso, terem capacidade de influir em projetos de *cubesats*, é um fator extremamente positivo e desejado. Associar isso a uma ideia de democracia tecnológica, contudo, pode soar um tanto ingênuo.

Se no meio científico já não constituíam tecnologia acessível, como a inserção dos satélites na indústria não acabará se revelando um reforço à lógica utilitarista, na qual as coisas são privadas de significação maior em prol de uma *rationale* pautada única e exclusivamente pela funcionalidade (como aponta Andrew Feenberg em seu texto *The Politics of Meaning: Modernity, Technology and Rationality*)? Não estamos munidos aqui de uma nostalgia tola, afirmando para tanto que a forma clássica era melhor, apenas pontuamos que se o potencial para atender demandas específicas existe, *verbi gratia*, de comunidades, povos etc em parceria conjunta com os mesmos, ele ainda não se manifestou abertamente<sup>128</sup>. O que há, isso sim, são interesses de Estado e, em última instância, interesses de instituições específicas que almejam estudar fenômenos específicos e que foram facilitados pela chegada desse modelo de satélite. Se os estudos se provarão frutíferos e se as soluções propostas com base nos dados recebidos serão benéficas e unanimemente aceitas por todos não há como afirmar.

O número de países que aceitam o modelo cúbico e se esforçam para possuir os seus próprios satélites é cada vez maior. De fato, o número destes objetos e o ceticismo em relação a eles constituem duas grandezas inversamente proporcionais (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016). Mas dificilmente virá o dia em que todas as nações da Terra terão, em condição de igualdade mínima, os três ramos do setor espacial desenvolvidos. A aposta mais segura – e mais conservadora também – reside na expansão do poder daqueles que já o possuem e no surgimento de algumas novas potências espaciais, ao passo que a grande maioria dos países continuarão relegados ao papel de plateia (e isso mesmo com os pequenos satélites). O Brasil, é bom que se diga, a depender de suas escolhas, poderá se encontrar no segundo ou no terceiro grupo. Tendo ciência dessa percepção, não é de se estranhar a resposta lacônica do engenheiro da Avibrás entrevistado quando perguntado se

---

<sup>128</sup> Salvo os já citados satélites feitos para fins educacionais, este trabalho não logrou sucesso em encontrar casos de *cubesats* produzidos em coparticipação, por exemplo, com pessoas de comunidades afetadas por algum tipo de fenômeno natural e que pudessem dessa forma contar com um canal para expressarem suas necessidades junto aos responsáveis pela criação dessas máquinas. É óbvio que um pequeno satélite pode eventualmente fornecer dados cruciais para tais populações, mas isso não altera o fato de que todo o processo foi feito à revelia das mesmas.



acreditava na existência do fenômeno da democratização do espaço a partir do advento dos pequenos satélites: “Não. O espaço é de quem possui lançadores de satélite. Logo de uma minoria” (ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016).

Não faltam elementos que possam apontar esta tendência à oligopolização encontrada no setor espacial. Dentre eles podemos destacar alguns até então apenas brevemente considerados ao longo deste texto. O primeiro compreende a normatização internacional derivada de acordos de não proliferação de armas como o MTCR e o ITAR. O discurso que embasa a existência de ambos, ainda que pautado por um senso de pacifismo e controle dos armamentos que podem destruir a humanidade, não consegue esconder de todo o efeito colateral (ou pretensamente colateral) que recai sobre as nações que ainda não desenvolveram tecnologia própria. Logo, apesar de todas as mostras de boa vontade, o efeito prático deste tipo de acordo é a cristalização das relações de poder em prol daqueles que já possuem capacidade tecnológica autônoma. Os prejuízos, no entanto, como já visto, não se limitam apenas à indústria bélica, se estendendo também ao setor espacial nascente em muitos países.

Albuquerque (2010, pp. 80 e 81) oferece uma visão geopolítica interessante a respeito da gaiola dourada que estes acordos constituem para o Brasil: para ele, a aceitação automática de parâmetros ideológicos por conta dos intelectuais indígenas faz com que, em última instância, a agenda estratégica brasileira seja pautada pelo que ele denomina de uma “geopolítica da dependência”. Para ser acolhido na comunidade internacional, o país aceita a visão de segurança das nações centrais e termina por aderir a iniciativas internacionais de regulação de temas controversos sem maiores debates. Como resultado, as várias agendas brasileiras (de comércio, de política exterior e de defesa) são vitimadas por um ritual de autolimitação apenas ao seu entorno geográfico imediato e a um papel periférico no âmbito das relações internacionais, logo, apequenando o potencial da nação como um ator global.

A adesão do Brasil ao MTCR, por exemplo, faz parte de um conjunto de iniciativas ocorridas ao longo dos anos 1990 e começo dos 2000 para sinalizar ao mundo que o programa espacial aqui desenvolvido era civil e voltado exclusivamente para fins pacíficos<sup>129</sup>. Entretanto, a continuidade da posição intransigente do *hegemon* norte-americano frente às ações brasileiras para tentar dominar a tecnologia do veículo lançador, sempre pautada pela inclinação desfavorável a tudo que se assemelhe à conquista da autonomia tecnológica por

---

<sup>129</sup> Nos referimos aqui à própria assinatura de tratados como os que estão em discussão (podendo inclusive agregar o TNP, assinado pelo Brasil em 1998) e à concepção da AEB como um órgão civil, inicialmente ligado à Presidência da República, mas depois, para evitar pressões por parte dos militares (como nos ensinou o professor Alexandre Fuccille, professor de Relações Internacionais da UNESP-Franca, por ocasião da banca de qualificação desta dissertação), transferida ao então MCT.

parte do Brasil nesta área específica, cumpre a função de colocar em xeque a noção de que tratados como os supracitados são isentos de interesses geopolíticos. Em última instância, o que guia os Estados nesta arena tão particular são políticas imbuídas de um cunho realista-pragmático, a partir do qual se almeja, simultaneamente, concentrar poder e diminuir a capacidade de um potencial competidor/adversário/inimigo de fazer o mesmo.

Outro elemento cuja análise não poderia faltar é a do sistema de navegação global, comumente conhecido pela sigla GPS (*global positioning system*). Como já dito anteriormente neste capítulo (item 3.1) existem poucos países no mundo que dominam (e logram implementar) esta tecnologia crucial para a estratégia de desenvolvimento e segurança de qualquer nação, são eles: Estados Unidos, Rússia, China, Índia e a União Europeia<sup>130</sup>. Para melhor entender a dimensão do que estamos falando cabe a leitura do trecho a seguir, parte de uma entrevista concedida por Alexander Gurko, presidente do GLONASS, o sistema russo de navegação, à RIA Novosti, uma das principais agências de notícias daquele país, e disponibilizada no Brasil pela Gazeta Russa:

O operador do sistema de navegação, que no GPS continua sendo o Pentágono, tem a possibilidade de desativar o sinal civil para determinada região ou limitá-lo. Essa função é suportada pela nova geração de satélites do sistema americano. É por isso que, nesse caso, a dependência tecnológica no campo da navegação por satélite fica apenas a um passo da dependência política, econômica e militar. A infraestrutura utilizada em todo o mundo, e na qual se baseia uma parte importante da economia nacional, não deve depender de um único país (MITOS [...], 2014).

As palavras de Gurko, certamente dirigidas para o caso russo, bem poderiam ser aplicadas à realidade brasileira. Longe de ser capaz de produzir e lançar constelações de satélites que pudessem inaugurar uma espécie de GPS nacional, o Brasil deve se curvar àqueles que dominam e disponibilizam esta tecnologia. Exemplo mais claro de assimetria de poderes e dependência tecnológica talvez não exista. Tudo isso, contudo, deve ser analisado à luz das características específicas do Brasil, um país que, a despeito da crise atual, ainda é uma das maiores economias do mundo, possui dimensão territorial como poucos e detém alguns dos recursos naturais mais cobiçados do planeta. Pelas mesmas razões (quando não por menos) outras nações já foram invadidas (ou desestabilizadas) por potências estrangeiras ao

---

<sup>130</sup> Uma ressalva se faz necessária: o objetivo desta parte não é adentrar em explicações pormenorizadas sobre as principais características dos sistemas de navegação respectivos das nações aqui elencadas. O objetivo é antes analisar essa tecnologia particular à luz do debate sobre a democratização do espaço, associando ainda esta questão ao Brasil e aos *cubesats*.

longo da história. Qualquer planejamento de cenários digno de consideração deve levar em conta os fatores de instabilidade carregados pelo Brasil em seu âmago (os tempos atuais não poderiam ser melhores para tomar consciência disso), a flagrante incapacidade até agora do país em dominar uma tecnologia tão sensível e os meios através dos quais poder-se-ia ao menos mitigar os efeitos perversos advindos desta condição.

A participação dos *cubesats* é ainda incerta neste setor, mas, de acordo com Olorunniwo e Olorunniwo (2010), promissora:

À medida que os eventos ocorrem, os benefícios econômicos, os desafios futuros e as novas capacidades claramente estipulam a tecnologia dos pequenos satélites como um grande potencial para reforçar missões GNSS já existentes, reduzir custos ao máximo e harmonizar conceitos de missões espaciais (OLORUNNIWO; OOLORUNNIWO, 2010, p.9, tradução nossa).

Isso se dá porque, de acordo com os autores em questão, a tecnologia miniaturizada permite uma organização do trabalho que é ideal para atender às demandas do setor espacial no que tange ao tempo e aos recursos envolvidos por conta das equipes pequenas, altamente integradas e dotadas de comunicação eficiente que tendem a tomar parte nesse tipo de iniciativa. A “abordagem integrada”, como a denominam os autores, é um conceito próprio do universo dos satélites de pequeno porte, sendo também responsável pelo sucesso de muitas missões, envolvendo ou não a categoria estudada nesta dissertação (OLORUNNIWO; OOLORUNNIWO, 2010, p.8).

Se países como o Brasil, que dominam a tecnologia do *cubesat*, serão capazes de traduzir este esforço em mudanças estruturais para os seus respectivos programas espaciais, tanto do ponto de vista técnico/mercadológico *per se* como do ponto de vista organizacional, é algo que apenas o tempo dirá. Por ora, resta a noção de que o setor espacial é marcado por uma desigualdade muito grande entre alguns dos atores que nele estão presentes e todos os demais. Os satélites cúbicos, apesar de tudo o que foi explicitado ao longo deste texto, não são suficientes para tornar a luta mais justa. Os degraus que devem ser galgados até se chegar em uma situação minimamente soberana são muitos e o nível de detalhamento é tamanho que não é apenas um elemento dentre tantos que conseguirá sozinho democratizar o espaço.

Vivemos em uma era de grandes conquistas no que concerne ao espaço, mas ainda não adentramos o período histórico no qual começaremos a explorar as riquezas escondidas no universo infinito com fluência. Esse momento, ainda a ser vivenciado pela humanidade nas

próximas décadas e séculos, se provará interessante, pois poderá desafiar as noções jurídicas talhadas no âmbito das Nações Unidas que ainda hoje prevalecem em relação ao espaço (aqui entendido como um conjunto sempre aberto de corpos celestes e planetas). Ninguém é dono de nada daquilo que se encontra fora da atmosfera terrestre, mas a partir do momento em que a humanidade juntar capacidades técnicas e interesses comerciais para, por exemplo, minerar jazidas de ferro em um asteroide qualquer ou estabelecer uma colônia em algum planeta que o permita, certamente surgirá a pergunta: quem tomará posse dos lucros e benefícios gerados por essa empreitada?<sup>131</sup> Se só alguns Estados (e a iniciativa privada por ação deles fomentada) têm capacidade para organizar um empreendimento dessa natureza, aceitarão dividir com outros aquilo que apenas eles tiveram de trabalhar para conseguir?

De fato, a aceitação já não existe no presente: não é coincidência que o Tratado sobre a Lua (1979), que estipula justamente que os corpos celestes são de posse da comunidade internacional para o benefício de toda a humanidade, e não de países específicos, era, em 01/01/2016, ratificado por apenas dezesseis nações (nenhuma potência espacial dentre elas) e assinado por outras quatro (França, Guatemala, Índia e Romênia), totalizando duas dezenas de Estados que o reconheciam de algum modo, sendo considerado, levando em conta tais números, um acordo fracassado (COPUOS, 2016, pp. 5 a 10). Ao que tudo indica, em detrimento de uma visão igualitária mais utópica o futuro da exploração espacial continuará a ser pautado pelos interesses nacionais e os dividendos obtidos provavelmente concentrar-se-ão nas mãos de alguns Estados tecnologicamente mais desenvolvidos.

O fato da arena criada pelos *cubesats* ser uma na qual os custos de entrada são consideravelmente menores não faz necessariamente dela um *lócus* de aplicação democrática que se traduza em um espaço democratizado. A questão é mais qualitativa do que

---

<sup>131</sup> Antes que seja acusado de divagar sobre assuntos pertencentes a um futuro distante, este autor pontua que Luxemburgo, o pequeno país encravado no meio do Velho Continente, almeja investir na mineração de asteroides. Um dos conselheiros do projeto é ninguém menos do que o ex-chefe da Agência Espacial Europeia, Jean-Jacques Dordain, o que confere credibilidade à empreitada. Os argumentos que justificam e norteiam esse interesse são o de que a tecnologia para realizar tal tarefa já existe e que é necessário que a Europa faça um contraponto aos Estados Unidos, que já possuem empresas do ramo montando suas equipes para fazer o mesmo. Os EUA, por sua vez, criaram e sancionaram em 2015 o Ato para Exploração e Utilização de Recursos Espaciais, cujo objetivo é dar respaldo legal aos projetos de mineração de corpos celestes oriundos de empresas daquele país. O ato em questão, criticado como uma afronta aos princípios estabelecidos pela ONU e apontado como algo nulo no plano internacional, permite a posse e comercialização do que quer que seja encontrado no espaço sideral por cidadãos norte-americanos. Mesmo que o discurso seja de respeito aos compromissos internacionais, na prática o que ocorrerá – vislumbram especialistas em direito aeronáutico e espacial, como José Montserrat Filho – é a tomada de posse de territórios por parte de alguns em detrimento de todos os outros atores, visto que nenhuma atividade exploratória se dá sem a montagem prévia de uma base de operações, o que requer delimitação territorial. Tendo esse quadro esclarecido, torna-se mais fácil entender a razão da preocupação de muitos a respeito da possibilidade de que a mineração espacial reproduza os erros daquela realizada na Terra e contribua para aumentar ainda mais a desigualdade entre os povos. Cf. BAIMA, 2015; LUXEMBURGO [...], 2016.

quantitativa. Pelo contrário, frutificam iniciativas pautadas pelo individualismo e pela manutenção do *status quo* tecnológico (MTCR, ITAR e a própria conformação do sistema de navegação global) e naufragam aquelas que poderiam assegurar ao menos um acesso mais equânime aos frutos da exploração espacial. Apesar da ONU e do arcabouço jurídico que tenta apontar na direção contrária, as práticas no que tange à conquista e manutenção do espaço são marcadas por um senso de restrição: em tese ninguém irá tolher a liberdade de terceiros tentarem ir além da atmosfera terrestre, na prática não se pode fazer tal afirmação. Esta realidade é alheia à existência de pequenos satélites.

Por fim, um último e decisivo ponto sobre o qual devemos tratar é a questão da dualidade do Programa Espacial Brasileiro. O que nos motiva aqui pode ser sintetizado na seguinte pergunta: o fato de termos um programa espacial que conta tanto com militares como com civis em sua composição constitui um obstáculo ao seu desenvolvimento dentro de uma estratégia coerente? Todos os entrevistados no decorrer deste trabalho<sup>132</sup> foram unânimes em afirmar que não. A professora da UnB e o engenheiro da Avibrás foram sucintos e se limitaram a dizer que não viam problemas maiores neste tipo de arranjo que, aliás, pode ser encontrado em muitos outros países, sendo comum no setor em questão (ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB, 2016; ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS, 2016).

A resposta mais detalhada partiu dos representantes da Agência Espacial Brasileira e dela podemos extrair alguns pontos interessantes. O funcionário da AEB, por exemplo, afirmou que o Programa Espacial Brasileiro é civil em sua totalidade e voltado para fins pacíficos (como ele mesmo coloca, os veículos que o Brasil tenta desenvolver são exclusivamente para lançamento de satélites e o CLA também é um centro civil<sup>133</sup>), sendo que todas as instituições do programa, sem exceções, se submetem àquilo que é decidido pelos escritórios da agência em Brasília. Ele ponderou que, apesar de projetos militares (especificamente da Aeronáutica), serem desenvolvidos no âmbito do IAE, contudo, estes correm em paralelo e não têm nenhuma relação com o PEB (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

---

<sup>132</sup> Exceção feita ao professor do INPE, para o qual, por falha deste autor, tal pergunta não foi feita.

<sup>133</sup> Ao pé da letra isso não seria exatamente correto, visto que os centros de lançamento respondem a organismos militares. Apesar destes estarem sob a tutela do Ministério da Defesa, que, como já dito em oportunidade anterior, é sempre comandado por um civil, todavia, o funcionamento do MD, como também já afirmado, é militarizado.

O diretor da DSAD, por sua vez, atentou para o fato de que a AEB se encontra em processo de evolução: se anteriormente não era dotada dos quadros técnicos necessários e devia recorrer ao INPE ou ao DCTA para suprir tal carência, agora isso já não ocorre, sendo assim a sua capacidade de traçar políticas e se fazer respeitar é muito superior àquela testemunhada em outros momentos. Implícita a este discurso está a ideia de que uma agência fortalecida é capaz de coordenar ações e fazer valer o teor civil que se deseja imprimir ao programa espacial aqui desenvolvido. Ainda de acordo com ele:

[...] me parece que a agência espacial em função da sua responsabilidade, que é executar o programa espacial, tem um protagonismo inquestionável na hora de definir dentro do orçamento e das políticas públicas, e de cenários internacionais etc etc, ou seja, é aquela coisa de olhar o conjunto da obra e entender a capacidade dos nossos institutos, entender a capacidade das nossas universidades e da nossa indústria. Percebe que quando você olha o programa espacial de maneira mais ampla é difícil entregar a responsabilidade para definir as missões satelitais 100% para o INPE, as missões de veículos lançadores 100% para o IAE? Por quê? Porque eles não têm pessoal, não é uma função deles entender o ecossistema como um todo. Em sendo esse o papel da agência espacial, a tendência é que ela aos poucos comece a definir quais são as missões e quais são os desenvolvimentos importantes para que o programa como um todo ganhe musculatura [...]. Agora, isso em tese nós não temos nenhuma dificuldade em o INPE estar no mesmo ministério que a gente e o IAE estar no Ministério da Defesa. A gente tem trabalhado de maneira próxima e conjuntamente e nós não enxergamos nenhuma dificuldade nisso não (ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB, 2016).

Deve-se, todavia, lembrar que foi o próprio diretor quem, como já constatamos neste trabalho, informou que a agência começou no ano de 2016 a implantar quadros técnicos que lhe conferem maior independência no trato das questões relacionados ao PEB. Desta forma, o mais cauteloso seria não esperar que as mudanças se deem em um curto espaço de tempo. Existe de fato um pensamento estratégico por parte deste órgão controlador para o programa espacial nacional, mas não se pode dissociá-lo do contexto muitas vezes adverso dentro do qual está situado, principalmente se se considerar a escassez de recursos como regra. O tempo dirá se tal estratégia redundará nos resultados desejados ou se cairá vítima das contradições de um país cujas ambições eram maiores do que a vontade política existente e o montante de capital disponível para concretizá-las.

Em suma, apesar de ter componentes militares, o programa espacial intenciona ser plenamente civil. Isso, entretanto, não exclui das preocupações relacionados ao tema o fato de que a convivência entre e a coordenação de ambas as esferas poderia representar uma tarefa demasiado complicada. Dessa forma, é interessante notar que nem o PNDAE e muito menos os PNAE fazem menção a esse tipo de questão, antes parecem tomar por implícito que tudo funcionaria (e funcionará) bem. Ora, a própria existência de um episódio como o de Alcântara serve para gerar dúvidas quanto a este entendimento.

A tentação em relação a este assunto é colocar a referida tragédia no mesmo saco no qual já se encontram tantas outras como, por exemplo, a explosão do ônibus espacial Challenger<sup>134</sup>, e rotulá-las sob a acusação genérica de negligência. Nada mais equivocado do que isso. Podemos constatar no segundo capítulo do livro *Golem à Solta*, escrito em parceria por Harry Collins e Trevor Pinch, que, a despeito da rápida atribuição de culpa feita no caso da nave norte-americana, tal como se o quadro fosse o de um embate entre mocinhos e bandidos, o que houve de fato foi um erro de mensuração do risco aceitável quanto à incapacidade dos anéis de vedação realizarem a sua função. Os engenheiros envolvidos no projeto estudavam ininterruptamente já há mais de dez anos o comportamento dessas peças, mas pouca era a sua compreensão do que acontecia com as mesmas em condições de baixa temperatura, quando o enrijecimento dos componentes impedia a vedação adequada (COLLINS; PINCH, 1998).

O caso brasileiro, como já explicitado nas notas de rodapé que lhe foram atribuídas, é de natureza distinta. O que ocorreu no Maranhão foi representativo da incapacidade dos gestores do projeto VLS-1 em oferecerem condições de segurança mínimas para aqueles que lá estavam. Mais ainda: representa também a falta de comunicação com as equipes de engenheiros que trabalhavam na TMI e que nem haviam sido avisadas da instalação dos motores de arranque. Erros que não podem ser classificados senão como primários. Grosseiros, até. Portanto, os casos estadunidense e brasileiro apresentam diferentes tipos de negligência. O caso nacional, todavia, aponta a necessidade de pensar nas capacidades gerenciais dos militares quando o assunto é conduzir ações de cunho complexo. O relatório inconclusivo quanto às causas do acidente de agosto de 2003, naturalmente, serviu para enterrar este debate incômodo.

---

<sup>134</sup> Tragédia ocorrida no Cabo Canaveral em 28/01/1986, quando, pouco depois de seu lançamento, o referido ônibus veio a explodir matando a tripulação de sete astronautas. A investigação do acidente concluiu que os anéis de vedação de um dos propulsores haviam se corroído permitindo a saída de gases em altíssima temperatura e pressão que derreteram a fuselagem e ocasionaram a explosão. Acredita-se que as baixas temperaturas na manhã do lançamento tenham enrijecido os chamados Aneis-em-O e impedido os mesmos de vedarem adequadamente os propulsores da nave. Cf. COLLINS; PINCH, 1998, cap.2.

A questão organizacional se encontra (e espera-se que continue assim) em processo de equacionamento com a evolução interna da AEB (o que, no entanto, não invalida as críticas reproduzidas ao longo deste trabalho), mas ainda há um longo caminho a ser percorrido. Não é fácil separar com clareza o que é fato e o que é discurso, pois os cinco entrevistados tem seus pontos de vista e seus interesses particulares, mas ao que tudo indica medidas realmente têm sido tomadas para direcionar o programa espacial para os fins pretendidos, apenas não se sabe se esta estratégia receberá o devido respaldo de instâncias superiores que, ultimamente, dão sinais de estarem alienadas em relação a tudo aquilo que corresponda a um projeto de nação soberana.

A existência de um programa depende da existência de um plano para executá-lo. Não foram poucas as vezes nas quais este autor se deparou com opiniões de que o Brasil não tem programa espacial, mas sim iniciativas pertencentes ao campo espacial justamente por não contar com uma estratégia convincente. Não raro também a postura normalmente assumida é crítica ao trabalho da agência espacial. Ainda que concorde que a AEB é merecedora de tais críticas<sup>135</sup>, todavia, este autor não deixa de pensar que tal conduta é muito confortável: a agência afinal não é uma ilha flutuante desconectada da realidade ao redor.

Os problemas do programa espacial aqui desenvolvido não se restringem a tal organismo: quando, por exemplo, se ouve empresários do ramo espacial defendendo políticas de austeridade fiscal em um workshop no INPE<sup>136</sup>, ou quando se lê – sem que se cause surpresa, é bom que se diga – que o governo Temer preferiu contratar no exterior serviços de sensoriamento remoto redundantes ignorando a regra do conteúdo nacional e passando por cima de todas as instituições brasileiras que poderiam prover este serviço<sup>137</sup>, toma-se ciência

---

<sup>135</sup> Um ponto, por exemplo, que causa certo desconforto na lógica do diretor da DSAD é o de passar a impressão que, após anos de letargia, agora, de súbito, a agência tem pressa em colocar o programa espacial nos trilhos visando à formação de uma indústria e à obtenção de retornos tanto financeiros quanto tecnológicos. Pois bem, se lembrarmos da discussão acerca do AESP-14 e da ausência de uma continuidade para esse projeto que poderia ajudar a sedimentar ainda mais o conhecimento envolvido, suspeita-se que a AEB possa estar imbuída de uma visão de curto prazo apesar do discurso. Pressa e rapidez são diferenciadas apenas pela questão qualitativa dos resultados apresentados: se um dos focos do programa espacial é criar tecnologia e competir no mercado internacional, tal afobamento pode mostrar-se contraproducente.

<sup>136</sup> Esse episódio ocorreu em meados de março de 2016 por ocasião de um workshop de dois dias nos quais os diretores do INPE discutiram com vários representantes de empresas do ramo sobre a fabricação de componentes para a Missão EQUARS. À época, a indicação do ex-presidente Lula para a Casa Civil gerava o temor de que as “tão necessárias” políticas de contração fiscal fossem postas de lado prejudicando assim a “recuperação” do país. Tudo isso em um setor marcado pela escassez de verbas no qual a iniciativa privada luta cotidianamente para sobreviver.

<sup>137</sup> A reportagem em questão é do dia 17/12/2016, ou seja, bem recente. O autor, o jornalista Mauro Santayana, cunhou o termo “Satelitegate” para se referir ao acontecido. Agradeço à professora Leda Gitahy, do IG-DPCT, por chamar minha atenção para esta notícia. Cf. SANTAYANA, 2016.



das contradições profundas na própria forma de pensar daqueles envolvidos no dia a dia do PEB (SANTAYANA, 2016).

Em um documento oficial de 2011 intitulado Desafios do Programa Espacial Brasileiro, os professores Otávio Durão e Décio Ceballos assinam artigo no qual associam as mazelas enfrentadas pelo programa (inclusive as orçamentárias) à falta de um planejamento concreto (DURÃO; CEBALLOS, 2011, p.46). Não se pode concordar plenamente com esta visão. A pergunta que precisa ser feita é: no caso hipotético de termos um planejamento lúcido e rigoroso, o mesmo seria aplicado? Em outras palavras: qual o apelo que a questão espacial traz para certos grupos que, ocupando os cargos-chave da hierarquia do Estado, se esforçam apenas em legitimar um discurso privatista e em prol do capital financeiro?

Frente a todo este quadro é possível concluir que os satélites de pequeno porte, principalmente aqueles que adotam o formato cúbico, constituem uma resposta importante, mas parcial, aos problemas enfrentados pelo Programa Espacial Brasileiro. Tais máquinas resolvem problemas pertencentes à esfera do acesso ao espaço e à geração de ciência e tecnologia, podendo inclusive apontar soluções para as questões referentes à organização do programa, ao financiamento e à entrada de recursos, mas pouco podem fazer quando o assunto é a vontade política em tornar o PEB uma política de Estado.

## Considerações Finais

Os *cubesats* são ferramentas essenciais para facilitar a exploração do espaço, permitindo que mais e mais atores se lancem nesta arena em desafio à ordem anteriormente estabelecida, a qual havia sido assentada sob um determinado paradigma tecnológico que privilegiava apenas um seleto grupo de nações.

É preciso sempre ter em mente que produtos espaciais, sejam eles satélites ou foguetes, ou mesmo os seus componentes, fazem parte de um setor da economia altamente estratégico e que dificilmente deixará de ter conexões expressas com as capacidades dos Estados em terra. Não estamos falando aqui, portanto, de objetos quaisquer, mas de artefatos que podem garantir a vanguarda científica e tecnológica para aqueles que os possuírem.

De posse desse entendimento não nos é permitido sonhar ingenuamente com uma abertura ampla e irrestrita do espaço para todos os atores: o conflito e a desconfiança, mesmo que dirimidos por acordos e mostras de boa vontade, sempre farão parte das ações ligadas à conquista e ao aprofundamento do entendimento sobre o que há além da atmosfera terrestre. O fracasso do Acordo sobre a Lua em atrair as principais potências do ramo para firmar um compromisso sólido em prol de uma governança do espaço pautada pela repartição igualitária dos frutos da exploração do mesmo indica que tais nações já articulam para que no futuro os dividendos de suas empreitadas não tenham de ser compartilhados. Da mesma forma, empresas que fabricam componentes ou até mesmo sistemas espaciais inteiros, do início ao fim, não estarão dispostas a revelar seus segredos correndo o risco de abrirem mão de um conhecimento que lhes custou para ser obtido e que pode lhes render lucros em condição de oligopólio. O espaço não é de ninguém, mas isso não o torna democrático.

Nesse contexto é que se inserem os pequenos satélites e sua capacidade de diminuir os custos e o tempo de produção de um satélite operacional. Longe de ser um brinquedo, essa tecnologia pode permitir que as mais variadas instituições logrem produzir seus próprios satélites, os quais cumprirão as suas respectivas agendas de forma autônoma ou em parceria. Revelar este fato foi o que nos motivou a construir o quadro no final do primeiro capítulo no qual marcam presença países da América Latina, África e Ásia que décadas atrás muito provavelmente nem sonhavam em fazer parte deste setor desenvolvendo tecnologia própria. Da mesma maneira, descobrir que uma empresa portuguesa como a Tekever compete em condições de igualdade com outras de nações muito mais desenvolvidas do ponto de vista tecnológico tradicional não deixa de ser surpreendente, atestando as mudanças significativas

que os pequenos satélites são capazes de trazer se bem empregados. Seja para fins educacionais, formando quadros de engenheiros espaciais, seja para fins de pesquisa, de comunicação, sensoriamento remoto e até mesmo militares os *cubesats* – e no Brasil, a categoria que mais nos interessa por ser a mais fabricada, os nanossatélites – são máquinas excepcionais que desafiaram e continuam desafiando convenções.

Ações bem sucedidas envolvendo pequenos satélites, contudo, não são suficientes para cumprir com os objetivos de um país de se tornar independente no tocante ao setor espacial. Em primeiro lugar é premente, e isso vale para o Brasil, que se estabeleça um planejamento estratégico que garanta a continuidade dos projetos e que permita a um ator específico antever aonde quer chegar com as iniciativas que apoia. Sem uma estratégia bem delineada não há estabilidade e sem esta não é possível obter resultados de longo prazo. A Agência Espacial Brasileira, independente do que pensemos acerca da política que vem desenvolvendo nos últimos tempos, parece ter entendido essa mensagem.

Em segundo lugar, se em muitos ramos do setor espacial os entraves são de ordem financeira e de recursos humanos (o fracasso com o VLS-1 bem o comprova), no caso dos *cubesats*, ainda que não se descarte o aspecto financeiro, o problema central é mais institucional. Como vimos, cortes orçamentários, ainda que terríveis para a continuidade de um programa espacial ambicioso, não chegam a afetar seriamente a produção de tal classe de satélites, o que pode inclusive fazer deles uma alternativa ainda mais atraente em tempos de escassez de recursos. Ainda que um satélite não chegue no espaço sem foguetes e não possa enviar dados se não houver em solo uma estação para recebê-los e para monitorar o seu funcionamento (todas essas atividades envolvendo quantias consideráveis de dinheiro), pode-se afirmar que a falta de direcionamento adequado – ainda mais quando a infraestrutura, como é o caso do Brasil, é de boa qualidade e já está relativamente montada – é um dos maiores responsáveis por tornar isoladas ações que poderiam muito bem ser encadeadas e, portanto, melhor aproveitadas no sentido de gerar frutos concretos para o Programa Espacial do qual fazem parte.

Atualmente temos muitas iniciativas descentralizadas de mérito e valor estratégico indubitáveis, mas permanecer desta forma não é o curso ideal a ser seguido. A política da AEB, mesmo que a princípio não enfrente explicitamente esta questão, se bem sucedida, poderá amarrar esses focos de produção de satélites pequenos de uma forma coerente, conferindo maior importância aos mesmos.

O programa SERPENS é um bom exemplo de iniciativa que pode gerar frutos importantes para o Brasil, não apenas por conta de sua característica perene, como também do entendimento da agência espacial de que é preciso que os quadros formados em seu âmbito sejam direcionados para a indústria. Outra ação digna de nota é a que dá continuidade à linha NanosatC, tanto pelas mesmas razões que se aplicam ao SERPENS, como também pelo fato de que, dentro do escopo da política desenvolvida pela AEB e, mais especificamente, pela DSAD, incentiva o INPE e as instituições que participam do projeto a desenvolverem componentes em solo nacional com algum tipo de diferencial que poderá emergir desse processo de P&D.

Entretanto, no contexto de insegurança política e econômica que atualmente vive o país é muito difícil que tenhamos grandes avanços neste setor nas áreas que, em anos de bonança, já não recebiam a devida atenção. Se, como nos disseram os membros da agência entrevistados, o VLM-1 pode ser uma espécie de gatilho para alavancar a produção de mais *cubesats* no Brasil, então a questão esbarra novamente no problema do financiamento. Espera-se que o projeto simplificado desse lançador de microsatélites logre evitar esse tipo de obstáculo para que o Brasil, após mais de trinta anos, tenha o seu foguete a consiga atribuir novo significado ao CLA e ao seu vetor de produção de satélites.

Todavia, projetos mais complexos, com os quais inevitavelmente teremos de lidar se quisermos atender nossas ambições, irão sempre requerer maiores quantias de investimento, um impasse que cedo ou tarde o país terá de resolver. Cientes disso, não podemos apenas culpar as instituições pelos eventuais fracassos que ocorreram. A AEB, ainda que passível de responsabilização pela falta de um planejamento estratégico até então para tornar perene as ações do programa, nos parece tão vítima de uma visão tacanha que se arrastou por diferentes governos quanto os outros órgãos que participam do cotidiano do PEB.

Os indícios mais recentes em matéria de tratamento da questão da C&T não são nada alvissareiros, apontando para um sistemático descaso no que tange à mesma no Brasil. Para tanto basta olharmos para o caso do MCTI, ministério que, ao gosto de interesses políticos nada altruístas, perdeu importância no governo Temer, fundido a outra pasta totalmente estranha aos seus propósitos. O receio é que, independente de uma política da AEB, da quantidade de recursos disponíveis ou da boa vontade de todos os envolvidos com o setor espacial brasileiro, falte visão (como tende geralmente a ocorrer) por parte das classes dominantes a respeito da importância que a formação de uma indústria espacial teria para o Brasil.

Para termos um programa espacial digno de nota é preciso combinar capital, vontade política, pensamento estratégico e o devido funcionamento das instituições que o compõem. Dado a conjuntura de crise política e econômica na qual escrevemos não sabemos exatamente o que esperar do futuro, temos ciência apenas que ainda precisamos subir muitos degraus para chegarmos em um patamar desejado de autonomia tecnológica na arena espacial. O interessante a se notar a respeito dos quatro itens elencados é que os dois primeiros não dependem exclusivamente da AEB, do DCTA ou do INPE. No que concerne aos dois últimos, esses mesmos organismos têm trabalhado para que possam tornar-se realidade: o planejamento começa a existir e com isso pode garantir maior confiabilidade para as instituições executarem suas respectivas funções. Logo, as críticas e pressões devem ser direcionadas para outros alvos de modo a otimizar a campanha em prol do desenvolvimento do setor espacial brasileiro.

Este estudo objetivava, como afirmado na Introdução, investigar a questão dos pequenos satélites por uma variada gama de prismas. Mesmo ciente de que o resultado jamais atingirá a perfeição, visto que o imenso contingente de fatores que podem ser explorados impede que todos sejam contemplados ou discutidos da mesma forma, contudo, é preciso salientar que uma empreitada dessa natureza não poderia ter sido realizada senão pela lógica da Política Científica e Tecnológica. O pensamento multidisciplinar que embasa tal campo de estudo é o responsável por conceber a tecnologia do pequeno satélite como uma potencialmente revolucionária, capaz de realizar tarefas cada vez mais complexas graças aos avanços da ciência e da técnica envolvidas em sua construção nas últimas décadas. Não apenas isso, pois não somente no lado técnico reside nosso interesse: os *cubesats*, mesmo que de modo imperfeito, imprimem uma noção de desenvolvimento com inclusão de atores em um nível de intensidade tecnológica que permite aos mesmos competir nesse recém formado mercado. Ademais, tais artefatos também cumprem com a função de formar quadros profissionais para o Programa Espacial Brasileiro, podendo suprir nossa deficiência de pessoal capacitado.

Os satélites cúbicos não seriam relevantes para nós se fossem apenas mais uma tecnologia importada que não guardasse nenhuma ligação com nossa realidade. O estudo de tais máquinas dentro de uma lógica de PCT é, portanto, essencial para compreender como as mesmas são capazes de prover o devido respaldo às necessidades locais. Ambos os lados se beneficiam de um esforço analítico como esse: abordamos um tema relativamente obscuro, talvez até mesmo exótico, vitimado pelo desconhecimento da grande maioria das pessoas,

com a ajuda inestimável da política científica e tecnológica, mas ao mesmo tempo fornecemos nossa pequena contribuição para sedimentar o uso desse instrumental como algo imprescindível para entender o caminho que devemos trilhar para superarmos as adversidades impostas por um mundo cada vez mais competitivo e indiferente com aqueles que não lograram desenvolver estruturas produtivas próprias.

Os dias em que, no setor espacial, maior e melhor eram sinônimos podem não ter ficado inteiramente para trás, mas certamente não correspondem mais à verdade absoluta dos fatos. A história dos satélites de pequeno porte, aqui retratada, é uma com começo e meio, mas sem um fim que possamos prever. Exatamente como deveria ser.

### Referências Bibliográficas<sup>138</sup>

3CAT-1. **Gunter's Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/3cat-1.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/3cat-1.htm)> Acesso em: 28 mai. 2016.

ACORDO entre Brasil e Rússia garante monitoramento de lixo espacial. **Agência Espacial Brasileira**, Brasília, 06 abr. 2016. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/acordo-entre-brasil-e-russia-garante-monitoramento-de-lixo-espacial/>> Acesso em: 12 dez. 2016.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Linha do Tempo**, s/d. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial/linha-do-tempo/>> Acesso em: 25 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. **Investimentos**, s/d1. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial/investimentos/>> Acesso em: 12 out. 2016.

ALBUQUERQUE, V.M. dos S. A história do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – um retrato da pouca expressão feminina na política de Ciência & Tecnologia nacional. In: III JORNADA INTERNACIONAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS, QUESTÃO SOCIAL E DESENVOLVIMENTO NO SÉCULO XXI, 3., 2007, São Luís. **Trabalhos**. São Luís: UFMA, 2007. Disponível em: <<http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIII/html/Trabalhos/EixoTematicoD/a05d48b280a39c383f00V%C3%8DVIAN%20MATIAS%20DOS%20SANTOS%20ALBUQUERQUE.pdf>> Acesso em: 23 set. 2016.

ALBUQUERQUE, E. S. de. A Geopolítica da Dependência como estratégia brasileira de inserção no Sistema Internacional. **Revista Oikos**. Rio de Janeiro: Vol. 9, nº 1, p. 67-82, 2010. Disponível em: <<http://www.revistaoikos.org/seer/index.php/oikos/article/viewFile/179/128>> Acesso em: 19 dez. 2016.

AMANT, S. PC/104 architecture: module, company, and marketplace compatibility. **PC/104 and Small Form Factors**, 02 dez. 2015. Disponível em: <<http://smallformfactors.mil-embedded.com/articles/pc104-module-company-marketplace-compatibility/>> Acesso em: 21 mai. 2016.

AMARAL, R. **A crise dos projetos estratégicos brasileiros**: o caso do Programa Espacial, 2009. Disponível em: <<http://www.psb40.org.br/bib/b387.pdf>> Acesso em: 27 set. 2016.

<sup>138</sup>De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

\_\_\_\_\_. Desafios ao Veículo Lançador de Satélites. In: DOMINGOS NETO, M. (Org.). **O militar e a ciência no Brasil**. Rio de Janeiro: Gramma, p. 169-211, 2010. Disponível em: <<http://www.ramaral.org/wp-content/uploads/2013/07/O-militar-e-a-ciencia-no-brasil.pdf>> Acesso em: 27 set. 2016.

ASÍ despegó “Manolito”, El nuevo nanosatélite argentino. **La Nación**, Buenos Aires, 21 nov. 2013. Disponível em: <<http://www.lanacion.com.ar/1640336-asi-despego-manolito-el-nuevo-nanosatelite-argentino>> Acesso em: 29 mai. 2016.

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DO ITA. **Richard Harbert Smith**, 2016. Disponível em: <[http://www.aeitaonline.com.br/wiki/index.php?title=Richard\\_Harbert\\_Smith\\_\(1o\\_Reitor\\_do\\_ITA\)](http://www.aeitaonline.com.br/wiki/index.php?title=Richard_Harbert_Smith_(1o_Reitor_do_ITA))> Acesso em: 05 jul. 2016.

ATRASO Espacial. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 20 ago. 2008. Editorial. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaofz2008200801.htm>> Acesso em: 18 out. 2016.

BAIMA, C. Nova lei americana permite posse de recursos no espaço. **O Globo**, Rio de Janeiro, 21 dez. 2015. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/nova-lei-americana-permite-posse-de-recursos-no-espaco-18340392>> Acesso em: 07 mar. 2017.

BATISTA, L. Investigação da explosão em Alcântara foi inconclusiva. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 22 ago. 2013. Acervo. Disponível em: <<http://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,investigacao-da-explosao-em-alcantara-foi-inconclusiva,9213,0.htm>> Acesso em: 16 jun. 2016.

BRAGA, T. A posição norte-americana contra projetos espaciais brasileiros. **Democracia & Política**, 10 out. 2011. Disponível em: <<http://democraciapolitica.blogspot.com.br/2011/10/eua-boicotaram-e-boicotam-o-programa.html>> Acesso em: 19 out. 2016.

BRASIL. Decreto-Lei nº 2.961, de 20 de janeiro de 1941. Cria o Ministério da Aeronáutica. **Legislação informatizada**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-2961-20-janeiro-1941-412859-publicacaooriginal-1-pe.html>> Acesso em: 17 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto-Lei nº 9.805, de 9 de setembro de 1946. Abre ao Ministério da Aeronáutica o crédito especial de CR 29.444.000,00, para despesas com Centro Técnico da Aeronáutica. **Legislação informatizada**. Disponível em:



<<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-9805-9-setembro-1946-457417-publicacaooriginal-1-pe.html>> Acesso em: 17 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Congresso. Senado. Resolução nº 1, de 15 de maio de 1972. Aprova as partes reformuladas do I Plano Nacional de Desenvolvimento (1972-1974). **Informação legislativa.** Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=96754&norma=121171>> Acesso em: 23 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Decreto Nº 1.332, de 08 de Dezembro de 1994. Aprova a atualização da Política de Desenvolvimento de Atividades Espaciais. **Assuntos jurídicos,** Brasília, DF, 08 dez 1994. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D1332.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1332.htm)> Acesso em: 15 out. 2014.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Ministério da Ciência e Tecnologia. Agência Espacial Brasileira. **Plano Nacional de Atividades Espaciais 2005-2014,** Brasília, DF, 116p., 2005. Disponível em: <[http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2012/11/pnae\\_web.pdf](http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2012/11/pnae_web.pdf)> Acesso em: 31 out. 2016.

\_\_\_\_\_. **Relatório do Gestor** – Exercício de 2006. Disponível em: <[http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2012/09/Relatorio\\_gestor2006.pdf](http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2012/09/Relatorio_gestor2006.pdf)> Acesso em: 17 out. 2016.

\_\_\_\_\_. **Orçamento 2007** – Projeto de Lei Orçamentária. Disponível em: [http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/sof/orcamentos-anuais/2007-1/plo/060831\\_ploa\\_2007\\_apresentacao\\_imprensa.pdf](http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/sof/orcamentos-anuais/2007-1/plo/060831_ploa_2007_apresentacao_imprensa.pdf) Acesso em: 17 out. 2016.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira. **Plano Nacional de Atividades Espaciais 2012-2021.** Brasília, DF, 36p., 2012. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2013/03/PNAE-Portugues.pdf>> Acesso em: 23 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações. **Agência Espacial Brasileira quer exportar veículos lançadores de microssatélites.** Publicado em 24 out 2016. Disponível em: <[http://www.mcti.gov.br/pagina-noticia/-/asset\\_publisher/IqV53KMvD5rY/content/agencia-espacial-brasileira-quer-exportar-veiculos-lancadores-de-microssatelites;jsessionid=503A970AAEAF70E108A11545E8870563?p\\_p\\_auth=W4OJf7TW&\\_101\\_INSTANCE\\_IqV53KMvD5rY\\_redirect=%2F](http://www.mcti.gov.br/pagina-noticia/-/asset_publisher/IqV53KMvD5rY/content/agencia-espacial-brasileira-quer-exportar-veiculos-lancadores-de-microssatelites;jsessionid=503A970AAEAF70E108A11545E8870563?p_p_auth=W4OJf7TW&_101_INSTANCE_IqV53KMvD5rY_redirect=%2F)> Acesso em: 24 out. 2016.

BROWN, D. Amateur astronomers say Chinese space station could crash to Earth – are they right? **International Business Times**, Nottingham, 19 jul. 2016. Disponível em: <<http://www.ibtimes.co.uk/amateur-astronomers-say-chinese-space-station-could-crash-earth-are-they-right-1571412>> Acesso em: 19 out. 2016.

BROWN, D; WEBSTER, G. NASA Prepares for First Interplanetary CubeSats on Agency's Next Mission to Mars. **National Aeronautics and Space Administration**, Washington/Pasadena, 12 Jun. 2015. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/press-release/nasa-prepares-for-first-interplanetary-cubesats-on-agency-s-next-mission-to-mars>> Acesso em: 26 Mai. 2016.

CARVALHO, E. Nanossatélite brasileiro de R\$ 400 mil é declarado inoperante após falha. **G1**, São Paulo, 04 mar. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/03/nanossatelite-brasileiro-de-r-400-mil-e-declarado-inoperante-apos-falha.html>> Acesso em: 19 jun. 2016.

CENTRO DE ESTUDOS INTERNACIONAIS SOBRE GOVERNO (CEGOV). Espaço e Relações Internacionais. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, p. 1-69, 2015. Disponível em: <<http://multimedia.ufrgs.br/conteudo/napead/MOOCs/CEGOV/CEGOV%20-%202015%20-%20Comando%20do%20Espaco%20Caderno%20de%20Estudos%20V.2.pdf>> Acesso em: 01 set. 2015.

CHINA confirms satellite downed. **BBC**, 23 jan. 2007. Disponível em: <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/6289519.stm>> Acesso em: 12 dez. 2016.

CHINA inaugura Chang Zheng-6 com lançamento de 20 satélites. **Em Órbita**, 20 set. 2015. Disponível em: <<http://www.orbita.zenite.nu/china-inaugura-chang-zheng-6-com-um-lancamento-de-20-satelites/>> Acesso em: 29 mai. 2016.

CLARK, S. Fate of NASA's InSight Mars mission to be decided soon. **Spaceflight Now**, 05 mar. 2016. Disponível em: <<https://spaceflightnow.com/2016/03/05/fate-of-nasas-insight-mars-mission-to-be-decided-soon/>> Acesso em: 26 mai. 2016.

COLLINS, H.; PINCH, T. **O Golem à Solta** – O que Você Deveria Saber Sobre Tecnologia. Fabrefactum Editora, 1998.

COMMITTEE ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE – LEGAL SUBCOMMITTEE, 55<sup>th</sup> session, 2016, Viena. **Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2016**. Viena: 04 abr. 2016. Disponível em:

<[http://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/treatystatus/AC105\\_C2\\_2016\\_CRP03E.pdf](http://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/treatystatus/AC105_C2_2016_CRP03E.pdf)

> Acesso em: 19 dez. 2016.

COSMOMAYAK. **Meet Mayak, The Satellite**, 2016. Disponível em: <<http://cosmomayak.com/>> Acesso em: 29 mai. 2016.

COSTA, B. Temer pede corte médio de 30% em programas sociais, mas verba para militares e agronegócio aumenta. **The Intercept Brasil**, 02 set. 2016. Disponível em: <<https://theintercept.com/2016/09/02/temer-pede-corte-medio-de-30-em-programas-sociais-mas-verba-para-militares-e-agronegocio-aumenta/>> Acesso em: 19 out. 2016.

COSTA FILHO, E. de J. **A Política Científica e Tecnológica no Setor Aeroespacial Brasileiro**: da Institucionalização das Atividades ao Fim da Gestão Militar – Uma Análise do Período 1961-1993. 236p. Dissertação de Mestrado. Unicamp – Instituto de Geociências. 25 ago. 2000.

COSTA FILHO, E. de J.; FURTADO, A. T. The Brazilian Microsatellite Development Strategy: na Assessment of the Scientific Applications Satellite (SACI) Programme. In.: RYCROFT, M. & CROSBY, N. (Org.). **Smaller Satellites: Bigger Business?** Kluwer Academic Publishers. 2002.

CUNHA, B.P. Os componentes “COTS” nos sistemas digitais operativos. **Revista Passadiço**, Niteroi, RJ, p.60-61, 2005. Disponível em: <<http://livrozilla.com/doc/293594/%E2%80%9C%Cots%E2%80%9D-nos-sistemas-digitais-operativos?mode=scroll>> Acesso em: 21 mai. 2016.

CUTSHAW, J.B. Air Force gives lift to SMDC nanosatellites. **U.S.Army**, Redstone Arsenal, Alabama, 08 out. 2015. Disponível em: <[https://www.army.mil/article/156917/Air\\_Force\\_gives\\_lift\\_to\\_SMDC\\_nanosatellites/](https://www.army.mil/article/156917/Air_Force_gives_lift_to_SMDC_nanosatellites/)> Acesso em: 29 mai. 2016.

D’ALAMA, L.; FERREZIM, R. Tragédia em Alcântara faz dez anos e Brasil ainda sonha em lançar foguete. **G1**, São Paulo, 22 out. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/08/tragedia-em-alcantara-faz-dez-anos-e-brasil-ainda-sonha-em-lancar-foguete.html>> Acesso em: 02 mar. 2017.

DARMAROS, M. et al. Rússia não pressionou Brasil por rompimento com Ucrânia em Alcântara. **Gazeta Russa**, 10 abr. 2015. Disponível em: <[http://gazetarussa.com.br/politica/2015/04/10/russia\\_nao\\_pressionou\\_brasil\\_por\\_rompimento\\_com\\_ucrania\\_em\\_alcantara\\_30025](http://gazetarussa.com.br/politica/2015/04/10/russia_nao_pressionou_brasil_por_rompimento_com_ucrania_em_alcantara_30025)> Acesso em: 11 out. 2016.

DAVIS, J. Ground finale? Deployment test moves LightSail 2 closer to handoff. **The Planetary Society**, 07 dez. 2016. Disponível em: <<http://www.planetary.org/blogs/jason-davis/2016/20161206-ls2-boom-only-ditl.html>> Acesso em: 13 mar. 2017.

DEEPAK, R.A., TWIGGS, R. Thinking Out of the Box: Space Science Beyond the CubeSat. **Journal of Small Satellites**, vol. 1, n. 1, pp. 3-7, 2012. Disponível em: <<http://www.jossonline.com/downloads/0101%20Thinking%20Outside%20the%20Box%20Space%20Science%20Beyond%20the%20CubeSat.pdf>> Acesso em: 16 out. 2014.

DEPARTMENT OF DEFENSE. National Security Space Strategy: Unclassified Summary. **Office of the Director of National Intelligence**, p.1-21, 2011. Disponível em: <[http://www.dni.gov/files/documents/Newsroom/Reports%20and%20Pubs/2011\\_nationalsecurityspacestrategy.pdf](http://www.dni.gov/files/documents/Newsroom/Reports%20and%20Pubs/2011_nationalsecurityspacestrategy.pdf)> Acesso em: 12 mar. 2016.

DUARTE, L. Brasil e Alemanha, uma parceria de sucesso. **Revista Espaço Brasileiro**, ano 4, nº 12, p. 14-15, jul-set 2011. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2012/09/Revista-EB-JulAgoSet-2011.pdf>> Acesso em: 31 out. 2016.

DURÃO, O.S.C. Aplicações de cube e nanosats no Brasil e no mundo nos últimos anos. **Panorama Espacial**, 16 out. 2016. Disponível em: <<http://panoramaespacial.blogspot.com.br/2016/10/aplicacoes-de-cube-e-nanosats-no-brasil.html>> Acesso em: 18 out. 2016.

DURÃO, O.S.C & CEBALLOS, D.C. Desafios Estratégicos do Programa Espacial Brasileiro. In.: BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Desafios do Programa Espacial Brasileiro**, Brasília, p. 41-57, 2011. Disponível em: <<http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/presidencia/dilma-vanarousseff/publicacoes/orgao-essenciais/secretaria-de-assuntos-estrategicos/desafios-do-programa-espacial-brasileiro-brasileiro/view>> Acesso em: 17 out. 2016.

DURÃO, O.S.C. & SCHUCH, N.J. NanosatC-Br1: o Nanossatélite Brasileiro. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DEFESA, 1, 2014, Santa Maria. **Arquivos 1º SEMINDE**. Santa Maria: UFSM, 2015, Painel 8. Disponível em: <[semide.com/wp-content/uploads/arquivos-2014/painel8/nelson-schuch.pptx](http://semide.com/wp-content/uploads/arquivos-2014/painel8/nelson-schuch.pptx)> Acesso em: 14 mai. 2016.

EL NANOSAT 1B ya está en Órbita. **Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial**: Madrid, 29 jul. 2009. Disponível em: <[http://www.inta.es/noticias/documentos/NANOSAT\\_EN\\_ORBITA.pdf](http://www.inta.es/noticias/documentos/NANOSAT_EN_ORBITA.pdf)> Acesso em: 28 mai. 2016.

EQUIPE do NanosatC-Br2 recebe computador de bordo do cubesat. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**: São José dos Campos, 10 mar. 2016. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=4129](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4129)> Acesso em: 15 mai. 2016.

ERENO, D. Pequenos ganham o Espaço. **Revista Pesquisa FAPESP**, Edição 219, 15 mai. 2014. Disponível em: <[http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2014/05/016-021\\_CAPA\\_nanosatelite\\_219-NOVO1.pdf](http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2014/05/016-021_CAPA_nanosatelite_219-NOVO1.pdf)> Acesso em: 15 out. 2014.

ESTAÇÃO espacial chinesa fora do controle pode ter pedaços atingindo a Terra. **O Globo**, Rio de Janeiro, 21 set. 2016. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/estacao-espacial-chinesa-fora-do-controle-pode-ter-pedacos-atingindo-terra-20149760>> Acesso em: 19 out. 2016.

EUA FORAM contrários aos programas espaciais do Brasil. **Jornal GGN**, 12 fev. 2013. Disponível em: <<https://jornalggn.com.br/blog/luisnassif/eua-foram-contrarios-aos-programas-espaciais-do-brasil>> Acesso em: 18 out. 2016.

EUROPEAN SPACE AGENCY. **Satellite Frequency Bands**, 21 nov. 2013. Disponível em: <[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Telecommunications\\_Integrated\\_Applications/Satellite\\_frequency\\_bands](http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/Satellite_frequency_bands)> Acesso em: 02 abr. 2016.

FALCÃO, D. Sucesso e Insucessos do Programa Espacial Brasileiro. **Brazilian Space**, 2009. Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/2009/05/sucessos-e-insucessos-do-programa.html>> Acesso em: 22 set. 2016.

\_\_\_\_\_. Grupo Brasileiro Lança Empresa na Área de Cube e Nanosats. **Brazilian Space**, 2013. Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/2013/05/grupo-brasileiro-lanca-empresa-na-area.html>> Acesso em: 05 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. BLOG Entrevista o Responsável Pelo Hardware do Cubesat AESP-14 do ITA. **Brazilian Space**, 2014. Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/2014/11/blog-entrevista-o-responsavel-pelo.html>> Acesso em: 19 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Blog Entrevista Coordenador do Projeto do Nanossatélite 14-BISat. **Brazilian Space**, 2014a Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/search?q=14-BISat>> Acesso em: 05 out. 2016.

\_\_\_\_\_. Blog Entrevista Coordenador do Projeto CONASAT do CRN/INPE. **Brazilian Space**, 2014b. Disponível em:

<[http://brazilianspace.blogspot.com.br/2014/07/blog-entrevista-coordenador-do-projeto\\_22.html](http://brazilianspace.blogspot.com.br/2014/07/blog-entrevista-coordenador-do-projeto_22.html)> Acesso em: 25 out. 2016.

\_\_\_\_\_. Conheça a Verdade sobre o Projeto do VLS-1. **Brazilian Space**, 2015. Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/2015/01/conheca-verdade-sobre-o-projeto-do-vls-1.html>> Acesso em: 29 set. 2016.

\_\_\_\_\_. Rússia Não Pressionou Brasil por Rompimento com Ucrânia em Alcântara. **Brazilian Space**, 2015a. Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/2015/04/russia-nao-pressionou-brasil-por.html>> Acesso em: 11 out. 2016.

\_\_\_\_\_. ITASAT Está Pronto Para Lançamento. **Brazilian Space**, 2016. Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/2016/09/itasat-esta-pronto-para-lancamento.html>> Acesso em: 21 out. 2016.

\_\_\_\_\_. Tubesat TANCREDO-1 Foi Lançado com Sucesso Esta Manhã da ISS. **Brazilian Space**, 2017. Disponível em: <<http://brazilianspace.blogspot.com.br/2017/01/tubesat-tancredo-1-foi-lancado-com.html>> Acesso em: 13 mar. 2017.

FARIELLO, D.; MALTCHIK, R. Brasil quer retomar uso da base de Alcântara com parceria dos EUA. **Poder Aéreo**, Brasília e Rio de Janeiro, 30 Set. 2016. Disponível em: <<http://www.aereo.jor.br/2016/09/30/brasil-quer-retomar-uso-da-base-de-alcantara-com-parceria-dos-eua/>> Acesso em: 10 out. 2016.

FEENBERG, A. **The politics of meaning: modernity, technology and rationality**, 2016.

FIGUEIREDO, D. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto. **Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB**, Set. 2005. Setembro de 2005. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)> Acesso em: 26 mar. 2016.

FIRST P-POD integration: the e-st@r, Goliat and XaTcobeo CubeSats ready for integration onto the first P-POD. European Space Agency, 06 fev. 2012. Disponível em: <[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2012/02/First\\_P-POD\\_integration2](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2012/02/First_P-POD_integration2)> Acesso em: 03 abr. 2016.

FONSECA, E. Projeto ITASAT-1 – Plataforma Experimental Para Missões de Comunicações e Imageamento com Nanossatélites. **Instituto Tecnológico de Aeronáutica**,

São José dos Campos, 08 set. 2014. Disponível em: <<http://www.itasat.ita.br/?q=content/o-projeto>> Acesso em: 05 out. 2016.

FOUST, J. et al. If you build it, who will come? Identifying markets for low-cost small satellites. **Futron Corporation**, Bethesda, MD, 2008. Disponível em: <<http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1351&context=smallsat>> Acesso em: 24 mar. 2016.

GOUVEIA, A. **Esboço Histórico da Pesquisa Espacial no Brasil**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003, 119p. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/07.02.08.39/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 23 abr. 2016.

GRUSH, L. Exclusive: White House makes a big bet on small satellites. **The Verge**, 21 out. 2016. Disponível em: <<http://www.theverge.com/2016/10/21/13352166/white-house-small-satellite-revolution-initiative-nasa>> Acesso em: 22 nov. 2016.

HELVAJIAN, H.; JANSON, S.W. (Ed.). **Small Satellites: Past, Present and Future**. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 2009.

HENRY, C. QB50 Launch Switches from Alcantara Cyclone Space to NanoRacks and Kosmotras. **Via Satellite**, 2016. Disponível em: <<http://www.satellitetoday.com/launch/2016/01/29/qb50-launch-switches-from-alcantara-cyclone-space-to-nanoracks-and-kosmotras/>> Acesso em: 05 out. 2016.

\_\_\_\_\_. Yuzhnoye Bringing Ukraine's Cyclone 4 Launch Vehicle to North America. **Via Satellite**, 2016a. Disponível em: <<http://www.satellitetoday.com/launch/2016/09/02/yuzhnoye-bringing-ukraines-cyclone-4-launch-vehicle-north-america/>> Acesso em: 08 out. 2016.

\_\_\_\_\_. SmallSat Boom Outpacing Regulators in the US. **Via Satellite**, 2016b. Disponível em: <<http://www.satellitetoday.com/regional/2016/04/08/smallsat-boom-outpacing-regulators-in-the-us/>> Acesso em: 10 abr. 2016.

HYATT III, J.L. et al. **Space Power 2010**. Montgomery, AL: Federation of American Scientists, Mai. 1995. Disponível em: <<https://fas.org/spp/eprint/95-010e.pdf>> Acesso em: 12 mar. 2016.

ILLICH, I. **Tools for conviviality**, 1973. Disponível em: <[http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/arq\\_interface/3a\\_aula/illich\\_tools\\_for\\_conviviality.pdf](http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/arq_interface/3a_aula/illich_tools_for_conviviality.pdf)> Acesso em: 03 ago. 2016.

INNOVATIVE SOLUTIONS IN SPACE. **History**, 2016. Disponível em: <<https://www.isispace.nl/about-us/history/>> Acesso em: 16 mai. 2016.

INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. **Histórico**, s/d. Disponível em: <<http://www.iae.cta.br/index.php/historico>> Acesso em: 17 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **VLM-1**, s/d1. Disponível em: <<http://www.iae.cta.br/index.php/espaco/vlm-1>> Acesso em: 31 out. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **História**, 2011a. Disponível em: <<http://www.crn2.inpe.br/historia.php>> Acesso em: 16 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Institucional**, 2011b. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/institucional.php>> Acesso em: 16 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Fernando de Mendonça** – Um homem à frente de seu tempo, 2016. Disponível em: <<http://www.inpe.br/FernandoMendonca/biografia.php>> Acesso em: 23 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **Programa Nanosatc-Br**, Desenvolvimento de Cubesats, 2016a. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/nanosat/NanoSatCBR1.php>> Acesso em: 26 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. **CBERS**, s/d1. Disponível em: <[http://www.cbears.inpe.br/sobre\\_satelite/historico.php](http://www.cbears.inpe.br/sobre_satelite/historico.php)> Acesso em: 26 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. **História**, s/d2. Disponível em: <[http://www.inpe.br/institucional/sobre\\_inpe/historia.php](http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/historia.php)> Acesso em: 23 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **INPE** – 1968, s/d3. Disponível em: <[http://www.inpe.br/50anos/linha\\_tempo/68.html](http://www.inpe.br/50anos/linha_tempo/68.html)> Acesso em: 28 set. 2016.

INTELLIGENT SPACE SYSTEMS LABORATORY. **Research**, s/d. Disponível em: <[http://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/nlab/about\\_e.html](http://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/nlab/about_e.html)> Acesso em: 15 jun. 2016.

INTERNATIONAL AMATEUR RADIO UNION. **History**, s/d. Disponível em: <<http://www.iaru.org/history.html>> Acesso em: 15 mai. 2016.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Characteristics, definitions and spectrum requirements of nanosatellites and picosatellites, as well as systems composed of such satellites. **Report ITU-R SA.2312-0**. Geneva, 2014. Disponível em: <[https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SA.2312-2014-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SA.2312-2014-PDF-E.pdf)> Acesso em: 15 mai. 2016.

ITASAT está pronto para lançamento. **Instituto Tecnológico de Aeronáutica**: São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://www.ita.br/noticias/itasatestprontoparanamento>> Acesso em: 21 out. 2016.



JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY. **International Space Station Japanese Experiment Module “Kibo”**, 06 nov. 2013. Disponível em: <<http://iss.jaxa.jp/en/kiboexp/jssod/>> Acesso em: 27 mar. 2016.

JESSA, T. Low Earth Orbit. **Universe Today**, 2011. Disponível em: <<http://www.universetoday.com/85322/low-earth-orbit/>> Acesso em: 02 abr. 2016.

JOHN F. KENNEDY. **The White House**, s/d. Disponível em: <<https://www.whitehouse.gov/1600/presidents/johnfkennedy>> Acesso em: 16 jul. 2016.

KASEMODEL, C.A. de M. Domínio de Tecnologias Críticas e Estratégicas. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CONTRIBUIÇÕES DA TECNOLOGIA ESPACIAL NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE DEFESA, 12., 2012, Rio de Janeiro. **SlideShare**, Rio de Janeiro: 09 jan. 2013. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/saep/contribuies-da-tecnologia-espacial-na-solucao-de-problemas-de-defesa>> Acesso em: 31 out. 2016.

KASTENSMIDT, F.L. Carga útil do satélite NanosatC-Br1. **Instituto de Informática:** UFRGS, s/d. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~fglima/nanosatbr1/projeto.htm>> Acesso em: 16 mai. 2016.

KOSMOS-3M. **Gunter’s Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_lau\\_det/kosmos-3m.htm](http://space.skyrocket.de/doc_lau_det/kosmos-3m.htm)> Acesso em: 28 mai. 2016.

KOSMOTRAS. **Dnper Program**, s/d. Disponível em: <[http://www.kosmotras.ru/en/program\\_dnepr/](http://www.kosmotras.ru/en/program_dnepr/)> Acesso em: 27 out. 2016.

KOUDELKA, O. The BRITE Nanosatellite Constellation. **TU Graz – Institute of Communication Networks and Satellite Communications**, Graz, 2013. Disponível em: <<http://www.unoosa.org/pdf/pres/stsc2013/tech-61E.pdf>> Acesso em: 28 mai. 2016.

LIBERTAD-1. **Gunter’s Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/libertad-1.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/libertad-1.htm)> Acesso em: 29 mai. 2016.

LONDON, J. SMDC Space Initiatives. **U.S. Army Space and Missile Defense Command**, 26 mar. 2015. Disponível em: <[http://ndiatvc.org/images/downloads/SMDWG\\_26\\_March\\_2015/smdc\\_space\\_initiatives\\_26\\_march\\_2015\\_approved\\_for\\_public\\_release.pdf](http://ndiatvc.org/images/downloads/SMDWG_26_March_2015/smdc_space_initiatives_26_march_2015_approved_for_public_release.pdf)> Acesso em: 29 mai. 2016.

LUXEMBURGO vai investir em mineração de asteroides no espaço. **O Globo**, Rio de Janeiro, 03 fev. 2016. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/luxemburgo-vai-investir-em-mineracao-de-asteroides-no-espaco-18597753>> Acesso em: 06 mar. 2017.

MACHADO, F. da S. **Estratégia Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais do Brasil**: Justificativas, Requisitos e Componentes. 2014. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MALTCHIK, R. Alcântara Cyclone Space Rumo ao Fracasso. **DefesaNet**, 15 fev. 2015. Disponível em: <<http://www.defesenet.com.br/space/noticia/18210/Alcantara-Cyclone-Space--Rumo-ao-Fracasso/>> Acesso em: 11 out. 2016.

MARCIANO, S. Problemas de “governança” e gestão explicam em parte extinção do VLS-1. **Jornal do SindCT**, São José dos Campos, 29 fev. 2016. Disponível em: <<http://jornaldosindct.sindct.org.br/index.php?q=node/615>> Acesso em: 27 jun. 2016.

MARCO Antonio Raupp é o novo ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Universidade Federal de Minas Gerais**, 20 jan. 2012. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/online/arquivos/022469.shtml>> Acesso em: 15 mar. 2017.

MERCHANT, B. Obama denied the Death Star, but he still spends billions on Star Wars. **Motherboard**, 15 jan. 2013. Disponível em: <<http://motherboard.vice.com/blog/obama-denied-the-death-star-but-he-still-funds-star-wars>> Acesso em: 30 ago. 2016.

MILESKI, A.M. CONASAT: continuidade ao SBCDA. **Panorama Espacial**, 24 nov. 2014. Disponível em: <<http://panoramaespacial.blogspot.com.br/2014/11/conasat-continuidade-ao-sistema-de.html>> Acesso em: 05 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Mais informações sobre o programa VLM-1. **Panorama Espacial**, 27 dez. 2016. Disponível em: <<http://panoramaespacial.blogspot.com.br/2016/12/mais-informacoes-sobre-o-programa-vlm-1.html>> Acesso em: 06 mar. 2017.

MITOS e Verdades: GLONASS x GPS. **Gazeta Russa**, 15 jan. 2014. Disponível em: <[http://gazetarussa.com.br/ciencia/2014/01/15/mitos\\_e\\_verdades\\_glonass\\_x\\_gps\\_23615](http://gazetarussa.com.br/ciencia/2014/01/15/mitos_e_verdades_glonass_x_gps_23615)> Acesso em: 20 dez. 2016.

MONSERRAT FILHO, J. Presente de Aniversário para a Agência Espacial Brasileira. **Agência Espacial Brasileira**, Brasília, fev. 2016. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2016/02/Artigo-Anivers%C3%A1rio-AEB-2016.pdf>> Acesso em: 23 abr. 2016.

MULTINACIONAL portuguesa desenvolve tecnologia para melhorar comunicação espacial. **SOL Sapo**, 20 set. 2014. Disponível em: <<http://sol.sapo.pt/noticia/115353>> Acesso em: 05 out. 2016.

NANORACKS. **Our History**, s/d. Disponível em: <<http://nanoracks.com/about-us/our-history/>> Acesso em: 27 out. 2016.

NANOSATC-BR1. **Earth Observation Portal**, 2015. Disponível em: <<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nanosatc-br1>> Acesso em: 16 mai. 2016.

NANOSATC-BR1 é lançado com sucesso e estação já recebe sinais do primeiro cubesat nacional. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**: São José dos Campos, 20 jun. 2014. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=3640](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3640)> Acesso em: 22 set. 2016.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **International Space Station**, 12 abr. 2012. Disponível em: <[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/experiments/J-SSOD.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/J-SSOD.html)> Acesso em: 27 mar. 2016.

NERY, N.; GIELOW, I. Brasil vai cancelar acordo com Ucrânia para lançar foguetes. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 09 abr. 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2015/04/1614126-brasil-vai-cancelar-acordo-com-ucrania-para-lancar-foguetes.shtml>> Acesso em: 10 out. 2016.

NIGERISAT-1 reaches end of long life. **Surrey Space Technology Ltd**, Surrey, 29 out. 2012. Disponível em: <<https://www.sstl.co.uk/Blog/October-2012/NigeriaSat-1-reaches-end-of-long-life>> Acesso em: 28 mai. 2016.

NIKITA Krushev. **Biography**, s/d. Disponível em: <<http://www.biography.com/people/nikita-khrushchev-9364384#synopsis>> Acesso em: 16 jul. 2016.

OLBERG, J. Satellite turns 50 years old...in orbit! **NBC News**, New York, 17 mar. 2008. Disponível em: <[http://www.nbcnews.com/id/23639980/ns/technology\\_and\\_space/t/satellite-turns-years-old-orbit/#.VvWZP9IrLIU](http://www.nbcnews.com/id/23639980/ns/technology_and_space/t/satellite-turns-years-old-orbit/#.VvWZP9IrLIU)> Acesso em: 25 mar. 2016.

OLIVERIA, G. Nanossatélite SERPENS cumpre missão e se desintegra na atmosfera. **Agência Espacial Brasileira**, Brasília, 06 abr. 2016. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/nanossatelite-serpens-cumpre-missao-e-desintegra-na-atmosfera/>> Acesso em: 19 jun. 2016.

OLORUNNIWO, O.; OLORUNNIWO, M. GPS, GALILEO, and Nanotechnology: A Cost-Effective Satellite Technology? **Obafemi Awolowo University**, Ile-Ife, Nigeria, 2010. Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/document/5603319/?reload=true&arnumber=5603319>> Acesso em: 15 jul. 2016.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. The Space Economy at a Glance 2011. **Report**. Paris, 2011. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9211051e.pdf?expires=1476792156&id=id&accname=guest&checksum=4086FAAE83838A53F946F86B33FB9028>> Acesso em: 18 out. 2016.

\_\_\_\_\_. The Space Economy at a Glance 2014. **Report**. Paris, 2014. Disponível em: <<http://www.asaspazio.it/wp-content/uploads/2014/11/The-Space-Economy-at-a-Glance-2014.pdf>> Acesso em: 12 mar. 2016.

ORLANDO, V.; KUGA, H.K. Os Satélites SCD1 e SCD2 da Missão Espacial Completa Brasileira – MECB. In: WINTER, O.C.; PRADO, A.F.B.de.A. (Org.). **A Conquista do Espaço: do Sputnik à Missão Centenário**. São Paulo: Editora Livraria da Física, pp. 151-177, 2007. Disponível em: <<http://www.cdcc.usp.br/cda/oba/aeb/a-conquista-do-espaco/index.html>> Acesso em: 16 jul. 2016.

OTTOBONI, J. EEI – A história de uma crise anunciada: AEB versus NASA. **Defesanet**, 07 nov. 2013. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/space/noticia/12978/EEI---A-historia-de-uma-crise-anunciada-AEB-versus-NASA/>> Acesso em: 12 out. 2016.

\_\_\_\_\_. SCD-1 completa maioria e se torna o mais antigo em sua categoria no espaço. **Defesanet**, 16 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/space/noticia/14223/SCD-1---Completa-maioridade-e-se-torna-o-mais-antigo-em-sua-categoria-no-espaco/>> Acesso em: 26 jun. 2016.

PALMA, G. Explorer 1, primeiro satélite americano, completa 55 anos. **Techtudo**, 31 jan. 2013. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/01/explorer-1-primeiro-satelite-americano-completa-55-anos.html>> Acesso em: 27 mai. 2016.

PC/104 CONSORTIUM. **What is PC/104?**, s/d. Disponível em: <<http://pc104.org/hardware-specifications/pc104/>> Acesso em: 21 mai. 2016.

PEREIRA, A.T. Tekever assina acordo com empresa chinesa de satélites. **Jornal de Negócios**, 22 abr. 2014. Disponível em: <<http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/detalhe/tekever-assina-acordo-com-empresa-chinesa-de-satelites.html>> Acesso em: 05 out. 2016.

PEREZ, M. Tudo sobre a Estação Espacial Internacional. **Canaltech**, 20 mar. 2014. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/materia/ciencia/Tudo-sobre-a-Estacao-Espacial-Internacional/>> Acesso em: 19 out. 2016.

PESSOA FILHO, J.B. Análises e Alternativas para o Programa Espacial Brasileiro. In: DEBATE: ANÁLISES E ALTERNATIVAS PARA O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO, 2015, São José dos Campos. **Arquivos**. São José dos Campos: SindCT, 2015. Disponível em: <<http://www.sindct.org.br/files/Bezerra.pdf>> Acesso em: 27 mai. 2016.

PLAVETZ, I. Brasil e Suécia aprovam plano de transferência de tecnologia do Gripen NG. **Tecnodefesa**, 24 out. 2016. Disponível em: <<http://tecnodefesa.com.br/brasil-e-suecia-aprovam-plano-de-transferencia-de-tecnologia-do-gripen-ng/>> Acesso em: 07 dez. 2016.

PONTES, M.C. O Brasil na Estação Espacial Internacional – ISS. In: WINTER, O.C.; PRADO, A.F.B.de.A. (Org.) **A Conquista do Espaço**: do Sputnik à Missão Centenário. São Paulo: Editora Livraria da Física, pp. 293-317, 2007. Disponível em: <<http://www.feg.unesp.br/~orbital/sputnik/Capitulo-10.pdf>> Acesso em: 12 out. 2016.

PORTUGAL lidera consórcio que vai testar na Noruega tecnologia para explorar planetas. **Público**, 01 set. 2015. Disponível em: <<https://www.publico.pt/2015/09/01/tecnologia/noticia/portugal-lidera-consorcio-que-vai-testar-na-noruega-tecnologia-para-explorar-planetas-1706545>> Acesso em: 05 out. 2016.

PRIMEIRO nanossatélite brasileiro registra falha e fica inoperante. **Olhar Digital**, 06 mar. 2015. Disponível em: <<http://olhardigital.uol.com.br/noticia/primeiro-nanosatelite-produzido-no-brasil-registra-falha-e-fica-inoperante/47181>> Acesso em: 19 jun. 2016.

PRIMEIRO VOO do VLM-1 será em novembro de 2018. **Agência Espacial Brasileira**, Brasília, 12 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/primeiro-voo-do-vlm-1-sera-em-novembro-de-2018/>> Acesso em: 12 abr. 2016.

PROGRAMA Nanosat. **Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial**: Madri, 16 jul. 2009. Disponível em: <<http://www.inta.es/noticias/documentos/PROGRAMA%20NANOSAT.pdf>> Acesso em: 28 mai. 2016.

QB50. **Mission Objectives**, s/d. Disponível em: <<https://www.qb50.eu/index.php/project-description-obj/mission-objectives>> Acesso em: 05 out. 2016.

QUADPACK CubeSat deployer. **Innovative Solutions in Space**, Delft, s/d. Disponível em: <<https://www.isispace.nl/product/quadpack-cubesat-deployer/>> Acesso em: 21 out. 2016.

REMOVEDEBRIS Mission Confirms Launch in 2017 using the ISS. **Nanoracks**, Webster, TX, 28 set. 2016. Disponível em: <<http://nanoracks.com/removedebris-mission/>> Acesso em: 13 dez. 2016.

RESPONDING to Ukrainian Questions Concerning USG Support For Ukrainian-Brasilian SLV Joint Venture At Alcântara (C). **Wikileaks**, 14 jan. 2009. Disponível em: <[https://wikileaks.org/plusd/cables/09STATE3691\\_a.html](https://wikileaks.org/plusd/cables/09STATE3691_a.html)> Acesso em: 28 out. 2016.

ROSCOSMOS nega participação russa no rompimento do acordo espacial entre Brasil e Ucrânia. **Sputnik Brasil**, 11 abr. 2015. Disponível em: <<https://br.sputniknews.com/mundo/20150411729067/>> Acesso em: 11 out. 2016.

RÚSSIA quer cooperar com Brasil na base de Alcântara. **Gazeta Russa**, 27 abr. 2015. Disponível em: <[http://gazetarussa.com.br/ciencia/2015/04/27/russia\\_quer\\_cooperar\\_com\\_brasil\\_na\\_base\\_de\\_alcantara\\_30199](http://gazetarussa.com.br/ciencia/2015/04/27/russia_quer_cooperar_com_brasil_na_base_de_alcantara_30199)> Acesso em: 11 out. 2016.

RUSSAKOVA, T. Projeto para prever terremotos unirá Rússia, Bielorrússia e Peru. **Gazeta Russa**, 05 set. 2014. Disponível em: <[http://gazetarussa.com.br/ciencia/2014/09/05/projeto\\_para\\_prever\\_terremotos\\_unira\\_russia\\_bielorrussia\\_e\\_peru\\_27253](http://gazetarussa.com.br/ciencia/2014/09/05/projeto_para_prever_terremotos_unira_russia_bielorrussia_e_peru_27253)> Acesso em: 12 mai. 2016.

SABBATINI, M. O astronauta brasileiro e o “Retorno das Estrelas”: mito e política científica na análise de conteúdo da cobertura da missão Centenário da Agência Espacial Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 29., 2006, Brasília. **Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação**. Brasília: UnB, 2006, 15p. Disponível em: <[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33766998/r0744-1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1488829257&Signature=Jn1mWdmx%2FTK2wiG9KCNxpnTQhhw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DO\\_astronauta\\_brasileiro\\_e\\_o\\_Retorno\\_das.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33766998/r0744-1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1488829257&Signature=Jn1mWdmx%2FTK2wiG9KCNxpnTQhhw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DO_astronauta_brasileiro_e_o_Retorno_das.pdf)> Acesso em: 06 mar. 2017.

SAFI, M. India launches record-breaking 104 satellites from single rocket. **The Guardian**, Delhi, 15 fev. 2017. Disponível em:

<<https://www.theguardian.com/science/2017/feb/15/india-launches-record-breaking-104-satellites-from-single-rocket>> Acesso em: 15 fev. 2017.

SALLES, C. E. R.; SERRA JR., A. M. **Início das Atividades Espaciais no Brasil e a Qualificação de Sistemas Propulsivos para Aplicações Espaciais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, s/d. Disponível em: <[https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/ijespacial\\_07\\_sistemas\\_propulsivos\\_p1.pdf](https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/ijespacial_07_sistemas_propulsivos_p1.pdf)> Acesso em: 23 abr. 2016.

SANTAYANA, M. Sensoriamento Remoto: vem aí um “Satelitegate” do Governo? **Mauro Santayana**, 17 dez. 2016. Disponível em: <<http://www.maurosantayana.com/2016/12/sensoriamento-remoto-vem-ai-um.html?m=1>> Acesso em: 17 dez. 2016.

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA. **Graziani Giorgio**, s/d. Disponível em: <<http://gomppublic.uniroma1.it/Docenti/Render.aspx?UID=58eb094e-459d-449b-95fc-c7fd904bb9fd>> Acesso em: 15 jun. 2016.

SATÉLITES desenvolvidos no Brasil serão lançados ainda neste ano. **Inovação Tecnológica**, 30 abr. 2003. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010130030430>> Acesso em: 16 jun. 2016.

SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION. State of the Satellite Industry Report. **Report**. Washington D.C., 2015. (SIA satellite industry report series, 18). Disponível em: <<http://www.sia.org/wp-content/uploads/2015/06/Mktg15-SSIR-2015-FINAL-Compressed.pdf>> Acesso em: 20 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. State of the Satellite Industry Report. **Report**. Washington D.C., 2016. (SIA satellite industry report series, 19). Disponível em: <<http://www.sia.org/wp-content/uploads/2016/06/SSIR16-Pdf-Copy-for-Website-Compressed.pdf>> Acesso em: 12 set. 2016.

SATHYABAMASAT. **Gunter’s Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/sathyabamasat.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/sathyabamasat.htm)> Acesso em: 28 mai. 2016.

SEIS años en órbita com el Libertad-1. **Universidad Sergio Arboleda**, Barranquilla, 2013. Disponível em: <<http://www.usergioarboleda.edu.co/noticias/seis-anos-en-orbita-con-el-libertad-1/>> Acesso em: 29 mai. 2016.

SELDING, P. B. de. 1 in 5 Cubesats Violates International Orbit Disposal Guidelines. **Space News**, Paris, 23 jul. 2015. Disponível em: <<http://spacenews.com/1-in-5-cubesats-violate-international-orbit-disposal-guidelines/>> Acesso em: 12 dez. 2016.

SHEEHAN, M. **The International Politics of Space**. Routledge, 2007.

SHEFEX. Durch die Atmosphäre mit scharfen Kanten. **Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt**, 22 jun. 2012. Disponível em: <[http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10548/883\\_read-4015/year-all/#/gallery/6378](http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10548/883_read-4015/year-all/#/gallery/6378)> Acesso em: 31 out. 2016.

SOUZA, P.N. de. Orçamento/Financiamento do Programa Espacial. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS (XXI ENEE), 12., 2012, Rio de Janeiro. **SlideShare**. Rio de Janeiro: 09 jan. 2013. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/saepr/xii-enee-oramento-financiamento-para-o-programa-espacial>> Acesso em: 17 out. 2016.

STEPHENSON, H. The Next Great Thing Is Small. **Academy of Program/Project & Engineering Leadership – NASA**, 12 abr. 2010. Disponível em: <<http://appel.nasa.gov/2010/04/12/the-next-big-thing-is-small/>> Acesso em: 03 abr. 2016.

SUCESSO da carga útil desenvolvida no INF do satélite NanosatC-Br1. **Instituto de Informática: UFRGS**, 23 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/site/noticia/sucesso-da-carga-util-desenvolvida-no-inf-do-satelite-nanosatc-br1/>> Acesso em: 15 mai. 2016.

SYRLINKS. **Radiocommunication equipment for CubeSat and NanoSatellite**, 2016. Disponível em: <<http://www.syrlinks.com/en/products/cubesat-and-nanosatellite-platforms.html>> Acesso em: 02 abr. 2016.

TEKEVER. **TEKEVER Worldwide**, 2012. Disponível em: <<http://www.tekever.com/en/group/location/>> Acesso em: 05 out. 2016.

THE PLANETARY SOCIETY. **Lightsail**, s/d. Disponível em: <<http://sail.planetary.org/>> Acesso em: 12 jun. 2016.

THE 3Cat-2 Project. **Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelonatech**, 01 jan. 2015. Disponível em: <<http://www.tsc.upc.edu/tormes/>> Acesso em: 28 mai. 2016.

TIGRISAT. **Gunter's Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/tigrisat.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/tigrisat.htm)> Acesso em: 28 mai. 2016.

TUGSAT-1 (BRITE-Austria, CanX 3B). **Gunter's Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/tugsat-1.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/tugsat-1.htm)> Acesso em: 28 mai. 2016.



TUPOD. **Gunter's Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/tupod.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/tupod.htm)> Acesso em: 28 mai. 2016.

TUPOD successfully launched. **GAUSS Srl**, 09 dez. 2016. Disponível em: <<https://www.gaussteam.com/tupod-successfully-launched/>> Acesso em: 14 mar. 2017.

UNISAT-6. **Gunter's Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/unisat-6.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/unisat-6.htm)> Acesso em: 28 mai. 2016.

UNITED NATIONS. **Resolutions adopted on the reports of the First Committee**, 1958. Disponível em: <[http://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES\\_13\\_1348E.pdf](http://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_13_1348E.pdf)> Acesso em: 10 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. **Resolutions adopted on the reports of the First Committee**, 1963. Disponível em: <[http://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES\\_18\\_1962E.pdf](http://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_18_1962E.pdf)> Acesso em: 12 dez. 2016.

UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS. **Treaties**, 2016. Disponível em: <<http://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/history/treaties.html>> Acesso em: 12 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. **A Timeline of the Exploration and Peaceful Use of Outer Space**, 2016a. Disponível em: <<http://www.unoosa.org/oosa/en/timeline/index.html>> Acesso em: 12 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. **Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Membership Evolution**, 2016b. Disponível em: <<http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/members/evolution.html>> Acesso em: 12 dez. 2016.

UNITED STATES COMMERCIAL ELV LAUNCH MANIFEST, 2016. Disponível em: <<http://www.sworld.com.au/steven/space/uscom-man.txt>> Acesso em: 05 out. 2016.

VALENTE, R.; MAGALHÃES, J.O.; ODILLA, F. EUA boicotaram o programa espacial do Brasil nos anos 90. **Plano Brasil**, Brasília, 09 out. 2011. Disponível em: <<http://www.planobrazil.com/eua-boicotaram-o-programa-espacial-do-brasil-nos-anos-90/comment-page-1/>> Acesso em: 19 out. 2016.

VILLAS BOAS, D. J. F. **O Veículo Lançador de Satélites – VLS-1**. Instituto de Aeronáutica e Espaço, s/d. Disponível em: <[https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/ijespacial\\_06\\_veiculo\\_lancador\\_de\\_satelites.pdf](https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/ijespacial_06_veiculo_lancador_de_satelites.pdf)> Acesso em: 26 jun. 2016.

WINNER, L. **Do artifacts have politics?** Cambridge: MIT Press, 1980. Disponível em: <<http://innovate.ucsb.edu/wp-content/uploads/2010/02/Winner-Do-Artifacts-Have-Politics-1980.pdf>> Acesso em: 25 set. 2016.

WUCHERPFENNIG, J. A breath of fresh air for re-entry technology. **DLR Magazine**, 127-128, p. 24-27, 2010. Disponível em: <[http://www.dlr.de/en/Portaldata/1/Resources/kommunikation/publikationen/128\\_magazin/DLR\\_Magazine\\_127-128\\_EN\\_online.pdf](http://www.dlr.de/en/Portaldata/1/Resources/kommunikation/publikationen/128_magazin/DLR_Magazine_127-128_EN_online.pdf)> Acesso em: 31 out. 2016.

YIRKA, B. Mayak, the crowd funded Russian satellite nearing launch. **Phys**, 01 mar. 2016. Disponível em: <<http://phys.org/news/2016-03-mayak-crowd-funded-russian-satellite.html>> Acesso em: 29 mai. 2016.

ZPDS 2A, 2B (ZhedaPixing 2A, 2B). **Gunter's Space Page**, s/d. Disponível em: <[http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/zdps-2.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/zdps-2.htm)> Acesso em: 29 mai. 2016.

## Vídeos

GRAVITY Gradient Stabilisation. Hocgaming. Youtube, 03 jan. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-WsuNSuIhG0>> Acesso em: 12 jun. 2016.

VLS-1 – Veículo Lançador de Satélites. The Maker Brasil. Youtube, 28 abr. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vns1zscIc-g>> Acesso em: 21 out. 2016.

WERNHER von Braun and the V2 Rocket. The Joker. Youtube, 29 dez. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3Br4JfMysRc>> Acesso em: 20 mar. 2016.

## Entrevistas

ENTREVISTA COM A PROFESSORA DA UNB [Jun. 2016]. Entrevistador: Eduardo Vichi Antunes. Entrevista realizada via Skype. 06 jun. 2016.

ENTREVISTA COM MEMBROS DA AEB [Nov 2016]. Entrevistador: Eduardo Vichi Antunes. Entrevista realizada via Skype. 28 nov. 2016.

ENTREVISTA COM O ENGENHEIRO DA AVIBRÁS [Out 2016]. Entrevistador: Eduardo Vichi Antunes. Entrevista realizada via envio de questionário digital. 11 out. 2016.

ENTREVISTA COM O PROFESSOR DO INPE [Abr. 2016]. Entrevistador: Eduardo Vichi Antunes. Entrevista realizada pessoalmente no INPE, em São José dos Campos. 26 abr. 2016.