



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas

Departamento de Economia

**MICHELLY SAMPAIO GOMES DE MORAIS**

**TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO SETOR ESPACIAL: o comportamento das  
firmas brasileiras no *new space***

Brasília – DF

2022

MICHELLY SAMPAIO GOMES DE MORAIS

**TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO SETOR ESPACIAL: o comportamento das  
firmas brasileiras no *new space***

Dissertação apresentada ao Departamento de  
Economia como requisito parcial à obtenção  
do título de Mestre em Economia.

Professor Orientador: Pós Doutor, Prof. Luiz  
Guilherme de Oliveira - CEAG

Brasília – DF

2022

MICHELLY SAMPAIO GOMES DE MORAIS

**TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO SETOR ESPACIAL: o comportamento das  
firmas brasileiras no *new space***

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova a dissertação em economia da  
Universidade de Brasília da aluna

**Michelly Sampaio Gomes de Moraes**

Pós Doutor, Prof. Luiz Guilherme de Oliveira -  
CEAG  
Professor-Orientador

Pós Doutor, Danilo Sakay,  
Professor-Examinador- Externo

Pós Doutor, Antônio Nascimento  
Júnior,  
Professor-Examinador-Interno

Brasília, 13 de janeiro de 2023

**DEDICATÓRIA**

*Ao meu amado esposo Laercio, às minhas filhas princesa Beatriz e princesa Laura, a minha Rainha e incansável mami Lúcia, ao meu papi Francisco, à minha avó, em memória, Do Carmo e meus amados irmãos Kennedy, Kelwennys, Charles Victor e Ítalo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por todo cuidado que sempre teve e tem comigo. Agradeço à minha mãe e ao meu pai, pelos ensinamentos, por sempre me incentivarem aos estudos, por me apoiarem e por sempre acreditarem em mim. Agradeço à minha avó Do Carmo, que hoje está em memória, mas deu sua vida para cuidar, zelar, educar e sempre fez tudo para me ver feliz. Sem essa base eu não teria estímulo, ânimo e nem disciplina para realizar essa etapa e concluir o mestrado.

Agradeço ao meu esposo que segurou essa barra comigo. Não foram dias fáceis, mas sempre estive ao meu lado me apoiando e dando força para continuar. Sem contar as inúmeras vezes que cuidou das nossas filhas e da nossa família para que eu estudasse.

Agradeço às minhas filhas, em especial à Beatriz que se tornou por um bom tempo a segunda mãe da Laura. Assim, com a mamãe ausente, me deixaram tranquila para ter concentração, estímulos e vontade para permanecer firme.

Agradeço aos meus sogros que sempre me apoiaram e me deram forças para concluir.

Agradeço aos meus irmãos, minhas cunhadas, meus tios, primos e amigos que me incentivaram e estiveram ao meu lado em cada etapa concluída.

Agradeço à AEB por me dar essa gigantesca oportunidade de fazer o mestrado profissional, ampliar meus conhecimentos e poder colaborar com o estudo para o Programa Espacial Brasileiro. O apoio, incentivo e entrevista especial do meu chefe, Presidente Carlos Moura.

Agradeço aos colegas de trabalho e parceiros de turma do mestrado que me ajudaram a desenvolver esse projeto, em especial à Ediléia, Pamela, Paulo Nicholas, Dr. Rodrigo Leonardi, Leticia, Aluísio e Dr. Danilo Sakay.

Agradeço à UnB por ofertar um curso com tanta qualidade e com professores extremamente capacitados. Agradeço ao meu orientador, Professor Luiz Guilherme, aos membros da banca de qualificação, em especial a Professora Michele Melo que me orientou desde o início do projeto, por todas as instruções, sugestões e pela dedicação. Desta forma, me fizeram abrir um novo horizonte intelectual.

Agradeço aos entrevistados, Dr. Petrônio Noronha (INPE) e o Dr. Danilo Miranda (Visiona), por compartilharem detalhes tão importantes para o crescimento do Programa Espacial Brasileiro, por dividirem conhecimentos, experiências e percepções que fizeram toda diferença no meu estudo. Por fim, agradeço às pessoas que antes de mim estudaram o setor espacial, vocês foram ótimas fontes de dados.



## RESUMO

A indústria espacial brasileira é intensiva em tecnologia altamente inovadora e está na fronteira do conhecimento. No entanto, com a evolução da tecnologia observa-se a importância dos serviços e dos produtos advindos das atividades espaciais que se tornam cada vez mais cruciais na vida de todos. Com as transformações das últimas décadas, em que novas empresas entram no setor espacial, o “*New Space*” vem sendo, cada vez mais, comparado com o “*Traditional Space*”. Desta forma, este estudo analisa a trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro, fazendo um comparativo entre o *Traditional Space* e o *New Space*, com ênfase no papel das firmas brasileiras mostrando um projeto de grande porte (CBERS), um de médio porte (Amazonia 1) e um de pequeno porte no conceito do *New Space* (VCUB1).

Palavras chaves: *Traditional Space*. *New Space*. Inovação tecnológica.

## ABSTRACT

The Brazilian space industry is intensive in highly innovative technology and is at the frontier of knowledge. However, with the evolution of technology, the importance of services and products arising from space activities becomes increasingly crucial in everyone's lives. With the transformations of the last decades, in which new companies enter the space sector, “New Space” has been increasingly compared to “Traditional Space”. In this way, this study analyzes the technological trajectory of the space sector, making a comparison between Traditional Space and New Space, with emphasis on the role of Brazilian firms showing a large-scale project (CBERS), a medium-sized (Amazônia 1) and a small in the New Space concept (VCUB1).

Keywords: Traditional Space. New Space. Technologic innovation.



**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – Estrutura do SINDAE	45
Figura 2 – Características dos CBERS	54
Figura 3 – Diferenças entre os satélites da série CBERS	54
Figura 4 – Satélites da série CBERS 3 e 4	55
Figura 5 – Amazonia 1 e sua cadeia produtiva	58
Figura 6 – VCUB1	59
Figura 7 – Satélites Brasileiros	60

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Comparação do traditional space com o new space	32
Quadro 2 – Estratégias Tecnológicas em Vários Regimes Tecnológicos	37
Quadro 3 - Dados relevantes sobre o satélite Amazonia 1	56
Quadro 4 - Comparação dos satélites CBERS, Amazonia 1 e VCUB1	62

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- AEB - Agência Espacial Brasileira
- AST - Acordo de Salvaguarda Tecnológica
- CBERS - *China-Brazil Earth Resources Satellite*
- CDPEB - Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro
- CEA - Centro Espacial de Alcântara
- C&T - Ciência e Tecnologia
- C, T&I - Ciência, Tecnologia e Inovação
- COPE - Centro de Operações Espaciais
- CLA - Centro de Lançamento de Alcântara
- CLBI - Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
- CNAE - Comissão Nacional de Atividades Espaciais
- CNES - Centro Nacional de Estudos Espaciais
- CNSA - *China National Space Administration*
- CONAE - Comissão Nacional de Atividades Espaciais
- CONIDA - Comissão Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Aeroespacial
- COTS - *Commercial-off-the-shelf*
- CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CRC - Centro de Rastreamento e Controle de Satélites
- DCTA - Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
- EAD - Ensino a Distância
- END - Estratégia Nacional de Defesa
- EPN - Expressões do Poder Nacional
- ESA - *European Space Agency*
- FCS - Fatores Críticos de Sucesso
- GETEPE - Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos de Projetos Espaciais
- GPS - Global Positioning System
- IAA - Academia Internacional de Astronáutica
- IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IRNSS - *Indian Regional Navigation Satellite System*
- ISRO - *Indian Space Research Organization*
- ITA - Instituto Tecnológico da Aeronáutica

JAXA - *Japan Aerospace Exploration Agency*  
LAE - Linhas de Ação Estratégicas  
LIT - Laboratório de Integração e Testes  
MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia  
MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações  
MD - Ministério da Defesa  
MEC - Ministério da Educação  
MECB - Missão Espacial Completa Brasileira  
NASA - *National Aeronautics & Space Administration*  
OECD - *Organisation for Economic Cooperation and Development*  
OEE - Objetivos Estratégicos de Espaço  
PAED - Programa de Articulação e Equipamentos de Defesa  
PEB - Programa Espacial Brasileiro  
PEC - Projeto de Emenda Constitucional  
PEG - Programa Estratégico de Governo  
PESE - Programa Estratégico de Sistemas Espaciais  
PMM - Plataforma Multimissão  
PNAE - Programa Nacional de Atividades Espaciais  
PNDAE - Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais  
SCD - Satélite de Coleta de Dados  
SGDC - Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas  
SINDAE - Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais  
SSGDC - Sistema de Satélites Geoestacionário de Defesa e Comunicações  
VLM - Veículo Lançador de Microssatélites  
VLS - Veículo Lançador de Satélites  
VSB-30 Foguete de sondagem direcionado a realizar experimentos em ambientes microgravitacionais

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivo Geral	13
1.2	Objetivos Específicos	14
1.3	Justificativa	14
2.	REVISÃO TEÓRICA	16
2.1.	A teoria de Joseph Schumpeter	16
2.2	A visão neoschumpeteriana	18
2.2.1	O debate sobre <i>Technology-Push x Demand-Pull</i>	18
2.2.2	Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas	20
2.2.3	Rotina, Busca e Seleção	22
3.	MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA	23
4.	SETOR ESPACIAL	25
4.1	<i>Traditional Space</i>	25
4.2	<i>New Space</i>	28
4.3	<i>Traditional Space X New Space</i>	30
4.3.1	Regimes Tecnológicos	34
4.3.2	Padrões Setoriais de Inovação	38
4.4	Trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro	41
5.	RESULTADO E DISCUSSÃO	51
5.1	CBERS	52
5.2	Amazonia 1	55
5.3	VCUB 1	58
6.	CONCLUSÃO	60
7.	REFERÊNCIAS	63

## 1 INTRODUÇÃO

A trajetória do setor espacial brasileiro começou em 1961, quando o Brasil foi um dos primeiros países a reconhecer as imensas potencialidades das atividades espaciais e a criar o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais – GOCNAE, quatro anos após o histórico lançamento do primeiro satélite artificial pela antiga União Soviética, em 1957. Durante um curto período subsequente a esse feito, o desenvolvimento espacial não foi priorizado até que os Estados Unidos e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas - URSS, então antagonistas da Guerra Fria, constatarem que os satélites poderiam ser um meio de conseguir imagens do território inimigo sem o perigo de que seus vetores aéreos fossem derrubados. Assim, iniciou-se a chamada corrida espacial.

Nos primeiros anos, o Brasil tinha duas vertentes no desenvolvimento das atividades espaciais: uma de caráter civil, conduzida pela CNAE (Comissão Nacional de Atividades Espaciais) e focada em ciência espacial nas áreas de ionosfera, geomagnetismo e meteorologia, e na formação de um quadro competente de especialistas para fazer face aos desafios futuros, e outra direcionada pelos militares, com foco no desenvolvimento de tecnologias de foguetes de sondagem (COSTA FILHO, 2000; ESCADA, 2005).

Decorridas seis décadas, ainda que apenas um pequeno grupo de países domine toda a gama de competências necessárias ao acesso e à exploração espacial observa-se que o setor espacial é um dos segmentos com maior potencial de desenvolvimento de novas tecnologias. Possui um caráter estratégico com mão de obra altamente qualificada, integra conhecimentos e atividades multidisciplinares, tem uma rápida evolução, gera tecnologia de ponta, propicia a transferência de inovações para outras indústrias e setores, desenvolve produtos complexos e de alto valor agregado, além de despertar respeito e promover a posição de liderança no cenário internacional.

Os investimentos realizados no setor espacial proporcionam retornos socioeconômicos relevantes em razão do impacto transversal das respectivas competências e infraestruturas nos demais setores. O cenário global das atividades espaciais inclui um relevante mercado que hoje movimentava mais de US\$ 350 bilhões ao ano e com expectativas de ultrapassar US\$ 1 trilhão de dólares em 2040 (STANLEY, 2019)

A indústria espacial é intensiva em tecnologia, altamente inovadora e está na fronteira do conhecimento. Abrange, também, um campo muito amplo de atividades, com aplicações nas áreas comercial, industrial e militar. Devido ao fato de os investimentos a serem realizados

serem muito elevados, houve sempre um papel de liderança do setor governamental. Mais recentemente, o segmento de tecnologias e aplicações espaciais tem atraído empreendedores privados, que passaram a ver o setor como potencial gerador de negócios bastante lucrativos.

No Brasil, o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) tem sofrido há anos com baixos investimentos governamentais (orçamentos insuficientes agravados por contingenciamentos e cortes), por não ser prioridade dos governantes. Em decorrência disso, a indústria espacial brasileira é muito pequena; composta por empresas de pequeno porte; territorialmente concentrada em São José dos Campos/SP; e vem passando por precária situação financeira, o que acarretou em fechamento de algumas empresas e venda de outras; assim, apresenta limitações de desenvolvimento tecnológico, sendo dependente de subvenção econômica.

Mantiveram-se no mercado somente aquelas empresas que inovaram a produção, comercializando componentes e produtos para outros setores industriais; ou que foram adquiridas, em parte ou na totalidade, por empresas estrangeiras (SAE, 2011).

O Brasil é o quinto país mais populoso do mundo, também o quinto em dimensão territorial e está entre as dez maiores economias do mundo (FMI, 2017). Por tais características, o país é um grande consumidor de serviços espaciais, com destaque para as telecomunicações, além de observação da terra, posicionamento, serviços meteorológicos, dentre outros. Segundo Vellasco (2019), um fator que justificaria um alto investimento no setor espacial seria viabilizar, por exemplo, a produção direta de parte das imagens e dos dados de satélites, em substituição aos milhões de reais que são gastos anualmente, por diferentes órgãos governamentais e demais organizações, para comprar imagens de satélites estrangeiros.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste estudo é compreender a nova dinâmica do setor espacial brasileiro, principalmente no relacionado ao comportamento das firmas que o compõem, dentro do novo paradigma tecnológico do setor espacial, o *new space*.

## 1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Definir o paradigma tecnológico atual do setor espacial brasileiro.
- Estabelecer a trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro.
- Comparar o *traditional* (ou *legacy*) *space* com o *new space*.
- Analisar de que maneira as empresas internalizam o *new space*.
- Apresentar a estrutura industrial do setor espacial.

## 1.3 Justificativa

O setor espacial está completamente associado a questões não apenas de inovação, mas também de desenvolvimento econômico. Segundo Schumpeter (1988), o avanço tecnológico compõe a chave para o crescimento econômico. A descoberta científica e a inovação tecnológica são vetores essenciais para incremento da produtividade e para a promoção do desenvolvimento social e econômico em uma sociedade baseada em conhecimento, ações proporcionadas em demasia pelo setor espacial. Por isso, a indústria espacial apresenta um potencial enorme de indução do desenvolvimento tecnológico e, portanto, de impulsionar o crescimento econômico de um país. Para se ter uma ideia basta evidenciar que dentre as nações de destaque no setor espacial, estão Estados Unidos, diversos países europeus, Japão, Canadá, e, entre novos entrantes, Coreia do Sul, todos exemplos de desenvolvimento social e/ou econômico.

Nas atividades espaciais a autonomia no acesso ao espaço tem sido um dos principais motivadores dos países que priorizam a política espacial. Nesse segmento, encontram-se as iniciativas voltadas, nos últimos anos, para a exploração espacial de novos corpos celestes, tais como a Lua e Marte. Assim, eles promovem o desenvolvimento da indústria espacial, pois a geração de conhecimento e de inovação não é natural ou automática e requer volumes elevados de investimento. Nelson (2006), Dosi (1988), e outros autores veem o desenvolvimento econômico como um processo evolutivo em que o aprendizado tecnológico está no cerne. Com isso, para eles, o desenvolvimento é o resultado da interação e da coevolução das tecnologias, das firmas, da estrutura industrial, e das instituições de suporte e governamentais.



Por ser um setor espacial dominado pelo estado e que utilizava o poder da compra pública para um setor com grande participação privada e com grandes investimentos em P&D. A importância do setor espacial é considerada por ser um dos principais promotores do desenvolvimento tecnológico de uma nação. Os investimentos em programas espaciais incrementam as capacidades científica, tecnológica e de defesa de um país.

As atividades espaciais têm se ampliado no cenário internacional. Em grande parte, pela tendência de utilização de plataformas modernas de menor porte e menor custo, abrindo uma janela de oportunidade que o Brasil pode vir a aproveitar nos próximos anos para se firmar entre os “*players*” internacionais no setor espacial. O uso intenso desses satélites de pequeno porte tem levado as iniciativas de desenvolvimento de lançadores também de pequeno porte, em boa parte liderados por novos empreendedores. Isso está associado à evolução do setor espacial global referenciado como “*new space*”. Pode-se dizer que o “*new space*” é o resultado da convergência de diversos avanços tecnológicos, associados ao surgimento de novos modelos de negócios e da progressiva transformação do modo tradicional de conduzir as atividades do setor espacial.

Essas novas iniciativas originam-se, em geral, de novas empresas que adentram o setor espacial, incluindo os novos negócios, startups e grandes companhias de tecnologia da informação que buscam explorar o mercado de aplicações. Esses novos negócios impulsionam os fundos públicos e privados para modelos de negócios inovadores e que apresentam soluções disruptivas.

Agora, o setor espacial brasileiro está enfrentando um novo cenário com o Congresso Brasileiro tendo ratificado o Acordo de Salvaguardas Tecnológico - AST (Brasil – Estados Unidos). Depois de décadas, o Brasil tem possibilidades concretas de utilizar as privilegiadas condições de Alcântara para competir no mercado internacional de transporte espacial, com possíveis diversos outros desdobramentos. Isso, provavelmente, mudará o cenário do setor espacial e o comportamento das firmas brasileiras no *New Space*.

A indústria espacial torna-se cada vez mais intensiva em conhecimento e cria empregos de alta qualificação. O Brasil tem uma chance de entrar nesse mercado e promover o desenvolvimento não apenas da cadeia produtiva do setor espacial, mas de uma série de serviços e setores associados, principalmente aqueles relacionados à agricultura de precisão, cidades inteligentes, automação, indústria 4.0, telemedicina, entre outros. Desta forma, esta pesquisa visa a identificar, no contexto desse novo cenário espacial, o comportamento das organizações

dentro da cadeia global de fornecimento comparando o *tradictional space* com o *new space* no Brasil.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

De acordo com Melo e Freitas (2021), o setor espacial é reconhecido por ser um setor de alto valor agregado e na fronteira tecnológica. É intensivo em tecnologia e em mão de obra altamente qualificada. Características essas afetam diretamente o desenvolvimento socioeconômico dos países que decidem investir no setor espacial. Por se tratar de valores elevados (milhões de dólares), e com riscos de alto nível, faz com que os investimentos nesse setor sejam a longo prazo. É um setor extremamente transversal, do ponto de vista tecnológico, e que afeta todos os outros setores econômicos, seja através da geração de *spin-ins*, *spinoffs* ou *spillovers*. Neste contexto, a utilização do referencial teórico da Economia da Inovação será de grande utilidade para entender a dinâmica e o funcionamento do setor espacial, bem como o comportamento das empresas que fazem parte deste.

### 2.1. A teoria de Joseph Schumpeter

A inovação tecnológica é a chave do negócio! Segundo Schumpeter (1988), a inovação tecnológica assume um papel de extrema importância na explicação do desempenho econômico, tornando-se um fator de diferenciação competitiva entre as empresas e o elemento principal da dinâmica capitalista.

O desenvolvimento se caracterizaria através de grandes inovações tecnológicas que ocorreriam descontinuamente ao longo do tempo. O desenvolvimento, no sentido em que o tomamos, é um fenômeno distinto, inteiramente estranho ao que pode ser observado no fluxo circular ou na tendência para o equilíbrio. É uma mudança espontânea e descontínua nos canais do fluxo, perturbação do equilíbrio, que altera e desloca para sempre o estado de equilíbrio previamente existente. (SCHUMPETER, 1988, p. 47).

O desenvolvimento é definido pela realização de novas combinações. A inovação, para Schumpeter (1988), pode tomar diversas formas:

- Primeiro, a introdução de um novo produto em um mercado já existente, ou o acréscimo de uma nova qualidade a um produto.

- Segundo, a introdução de um novo método de produção, um método que ainda não tenha sido testado cientificamente com a experiência no ramo próprio da indústria de transformação, e pode consistir também em uma nova maneira de conduzir comercialmente uma mercadoria.
- Terceiro, a abertura de um novo mercado ou segmento de mercado, ou seja, venda de produto final ou intermediário em um segmento de mercado anteriormente não feito pela empresa.
- Quarto, a conquista de uma nova matéria-prima ou de bens semimanufaturados independentemente do fato dessa fonte existir ou ser criada.
- E, finalmente, o estabelecimento de uma nova organização industrial, como a criação de uma posição de monopólio ou a fragmentação de uma posição que já existe.

Schumpeter (1988), mostra o que entendemos por “desenvolvimento”, ou seja, apenas as mudanças da vida econômica que não lhe forem impostas de fora, mas que surjam de dentro, por sua própria iniciativa. A vida econômica também experimenta tais mudanças, mas experimenta outras que não aparecem continuamente e que mudam o limite do próprio curso tradicional.

Conforme Melo (2008), o empresário schumpeteriano, ao introduzir as inovações, desafia as firmas existentes mediante um processo de destruição criativa, que seria o motor do progresso econômico. Observa-se a crítica da teoria neoclássica sobre o fato das firmas e o monopólio não favorecerem o desempenho da produção em favor da defesa da concorrência perfeita.

(...) há vantagens da empresa que, embora não estritamente inatingíveis competitivamente, são, na verdade, asseguradas apenas pelo monopólio. Em outras palavras, esse elemento da defesa da concorrência pode falhar completamente porque os preços de monopólio não são necessariamente mais altos ou as produções de monopólio, necessariamente mais baixas do que seriam os preços e a produção competitivos na eficiência organizacional e produtiva ao alcance da firma compatível com a hipótese competitiva (SCHUMPETER, 1988, p. 134).

Contudo, o que faz com que a empresa obtenha vantagens são as atividades de inovação, e/ou imitação tecnológica. Dessa forma, as firmas estão em defesa da concorrência na constante busca por inovações, para garantir o lucro e a difusão da inovação tecnológica, mas, também há aquelas que brigam por manter monopólios ou oligopólios. Segundo Schumpeter (1982), a fase de prosperidade é provocada por intensas atividades de inovação e difusão tecnológicas. Já a fase de depressão, ocorre porque várias empresas não conseguiram se adaptar às transformações que ocorreram, não modificando sua tecnologia.

Segundo Melo (2008), a introdução de inovações que tem início com a criação de crédito pelo sistema bancário leva à realocação de recursos no sistema, uma vez que o empresário irá adquirir bens de capital e mão-de-obra para a produção. No primeiro momento, o empresário inovador possui os lucros e a aceitação da inovação no mercado onde atraem novos empresários “imitadores”, explicando o fato das inovações se concentrarem no tempo e ocorrerem em determinadas indústrias. A adaptação a este novo cenário dificulta o cálculo do empresário e a introdução de outras inovações, de forma que “a economia tende, então, inexoravelmente a uma nova posição de equilíbrio, na qual os preços são em geral mais baixos e a produção global maior” (POSSAS, 1987, p. 185).

Schumpeter (1988) ressalta que em uma sociedade com propriedade privada e concorrência, esse processo de inovação, é o complemento necessário de novas práticas econômicas, sociais e de rendas crescentes

## **2.2 A visão neoschumpeteriana**

### **2.2.1 O debate sobre *Technology-Push* x *Demand-Pull***

Os autores neoschumpeterianos, também conhecidos como evolucionários, partem da premissa defendida por Schumpeter (1988) de que a mudança tecnológica é o motor do desenvolvimento capitalista, sendo a firma o ponto de atuação do empresário inovador e de desenvolvimento das inovações. Esses autores, analisam como as inovações são geradas e difundidas no capitalismo.

Segundo Lemos (2000), tal abordagem aponta para uma estreita relação entre crescimento econômico e mudanças que ocorrem com a introdução e disseminação de inovações tecnológicas e organizacionais. Na visão dos autores neoschumpeterianos, o progresso técnico é o resultado do desenvolvimento de inovações que dependem não somente da criação do setor em que as inovações são geradas, como também de fatores institucionais.

De acordo com Dosi (1982), o *demand-pull* é um conceito passivo e mecânico da reação das mudanças técnicas às condições do mercado. É incapaz de explicar o tempo das inovações e a descontinuidade de seus padrões e desconsidera a complexidade e a incerteza no processo inovativo. Já o *technology-push*, considera a ciência exógena e neutra na interação com a tecnologia e a economia (MELO, 2008).

É importante destacar que os fatores econômicos são fundamentais na determinação da busca por inovações. A variação de preço, o crescimento e a transformação econômica afetam o direcionamento do processo de inovação. O progresso técnico é determinado pelo lado da oferta, principalmente através da dinâmica de inovações causada pelo avanço do conhecimento científico e pelas atividades de P&D industriais (LA ROVERE, 2006).

La Rovere (2006), considera que, pela abordagem do *demand-pull*, o progresso técnico é determinado pelo lado da demanda através das preferências indicadas pelos consumidores. Esse efeito resume os sinais que o mercado envia à indústria, fazendo com que ela inove. Os sinais das forças de mercado moldam as direções da tecnologia, de forma que as mudanças na demanda, nos custos, nos preços e nas oportunidades de lucro acabam alterando os incentivos das empresas em busca do avanço técnico.

Segundo Dosi (2006), considerando um modelo puro de indução pelo mercado, existe um padrão na sinalização do mercado aos produtores quanto às suas necessidades, que seguiria a seguinte ordem:

(1) no mercado há um grupo de bens intermediários que atendem às necessidades de um grupo de consumidores;

(2) consumidores e/ou usuários expressam suas preferências sobre aspectos de bens que eles desejam através de mudanças nos seus padrões de demanda;

(3) se a renda cresce, a demanda por bens com as características preferidas aumenta proporcionalmente;

(4) a partir daqui os produtores entram nesse cenário e analisam os movimentos de demanda e de preços; e

(5) as empresas que foram bem-sucedidas no processo de desenvolvimento e produção de inovações colocam seus bens/serviços no mercado e tem início seu processo inovativo. Através da análise dos movimentos dos preços seria possível, a priori, conhecer a direção na qual o mercado induz a atividade de inovação.

Segundo Dosi (2006), alguns pontos podem ser alvo de críticas:

(1) a teoria geral dos preços ser determinada por funções de oferta e demanda;

(2) dificuldades de definir as funções de demanda, determinadas por funções de utilidade, e a própria viabilidade de um conceito de utilidade;

(3) as dificuldades lógicas e práticas de interpretar o processo de inovação por meio dessa abordagem.

Então, Melo (2008) mostra que enquanto a teoria neoclássica tradicional se desenvolveu com conceitos da física, a visão neoschumpeteriana aproxima-se das ciências

biológicas da teoria da evolução, estruturando-se na tentativa de construir uma teoria geral da mudança em Economia. Com isso, a abordagem evolucionária traz agora um ambiente econômico com seleção natural, onde o sucesso das empresas depende da sua sobrevivência em um ambiente competitivo. Por ser um modelo dinâmico, a teoria inclui o comportamento de longo prazo com mudanças progressivas. Entretanto, as ações das empresas refletem nos seus resultados de comportamentos realizados anteriormente.

### 2.2.2 Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas

Os conceitos de paradigmas tecnológicos e de trajetórias tecnológicas foram desenvolvidos por vários autores a partir da década de 70, sendo os mais importantes Nelson e Winter (1982), Freeman e Perez (1988) e Dosi (1982, 1988). Esses conceitos estão embasados na construção do pensamento neoschumpeteriano sobre inovação e o seu papel no crescimento econômico.

Segundo Dosi (1988), paradigma tecnológico são as necessidades que devem ser supridas, os princípios científicos necessários para esta tarefa e a tecnologia a ser usada. O paradigma é um pacote de procedimentos que orientam a investigação sobre um problema tecnológico, definindo o contexto, os objetivos a serem alcançados e os recursos a serem utilizados. Trata-se de um modelo ou padrão de solução de problemas tecnológicos baseado em princípios selecionados derivados das ciências naturais e em tecnologias selecionadas (DOSI 2006, p.41).

(...) um paradigma tecnológico, dentre várias definições, é compreendido como sendo um conjunto de procedimentos que servem de base para orientar pesquisas tecnológicas, onde poderão ser identificados os problemas, além de serem especificados os objetivos a serem perseguidos (TAVARES; KRETZER; MEDEIROS, 2005, p. 5).

Tavares, Kretzer e Medeiros (2005), mostram que surge em um ambiente um novo paradigma ainda dominado pelo paradigma anterior e, para se consolidar, precisa atingir três condições: (a) redução de custos; (b) crescimento rápido da oferta, explicitando a inexistência de barreiras no longo prazo aos investidores; (c) apresentar claramente um potencial para uso ou incorporação desta tecnologia em vários processos e produtos dentro do sistema econômico.

Se o novo paradigma cumpre estas condições, ele prova suas vantagens comparativas. Inicia-se, portanto, um processo de reestruturação das variáveis-chaves até que ele se torne predominante (FREEMAN; PEREZ, 1988).

Um paradigma tecnológico é, em graus variados, específico de cada tecnologia, ou seja, é uma mudança técnica definida pela base de informações resultante do conhecimento formal (científico) ou tácito e da acumulação de capacitações pelos inovadores mediante experiências anteriores.

As trajetórias tecnológicas são formadas por inovações incrementais, relativas às adaptações inovadoras em uma tecnologia existente, e inovações radicais, geradas a partir da criação de uma tecnologia inédita.

Conforme Kupfer (1996, p.3), a noção de paradigmas e trajetórias tecnológicas é, nesse sentido, mais ampla, pois dá conta da existência de processos inovativos radicais e incrementais, respectivamente. Dessa forma, conseguem superar a tradicional divisão presente nas teorias de difusão: entre a natureza *demand-pull* ou *technology-push* do processo.

A trajetória tecnológica pode ser definida como desdobramentos próprios no interior de um paradigma tecnológico, correspondendo, em geral, às respostas aos diversos *trade-offs* estabelecidos entre as variáveis tecnológicas (DOSI, 1982). Assim, embora de forma mais rara e forte, os paradigmas tecnológicos também podem sofrer modificações. Isso porque, de acordo com Dosi (1982), as inovações radicais que estão na gênese de um novo paradigma são mais dependentes das novas oportunidades abertas pelas descobertas científicas ou por fortes obstáculos encontrados no desenvolvimento de determinadas trajetórias tecnológicas.

Ainda segundo Dosi (1982), dado o paradigma, a fronteira do que pode ser feito, estabelece-se também a possibilidade de constituição de uma determinada trajetória tecnológica. É importante ressaltar a distinção que deve ser feita entre uma inovação radical, que está associada ao surgimento de um paradigma tecnológico, de inovações incrementais, que se dão ao longo da trajetória tecnológica, a partir da exploração das oportunidades abertas pelo novo paradigma. Assim, os conceitos de paradigmas e trajetórias tecnológicas, quando associados à interação entre aprendizado e rotinas, mostram como ocorre o processo evolutivo das firmas.

### 2.2.3 Rotina, Busca e Seleção

O comportamento das firmas é explicado por rotina, busca e seleção. Segundo Nelson e Winter (1982), a adoção da racionalidade limitada e processual resultou em modificações acerca do comportamento dos agentes econômicos, na visão dos neoschumpeterianos, passando a ser representado pelas noções de rotinas. Contudo, os conceitos de trajetórias tecnológicas, associados às interações de aprendizagem possibilitam esclarecer com mais detalhe o processo evolutivo da firma.

*(...) characteristics of firms that range from well-specified technical routines for producing things, through procedures for hiring and firing, ordering new inventory, or stepping up production of items in high demand, to policies regarding investment, research and development (R&D), or advertising, and business strategies about product diversification and overseas investment. (NELSON; WINTER, 1982, p. 14).*

As rotinas são aquilo que a empresa faz, e podem ser consideradas os genes das empresas que determinam seu possível comportamento: são parcialmente uma herança do passado da empresa, e seu comportamento anterior cria caminhos e/ou condiciona para o comportamento futuro.

*(...) as características-chave que distinguem a busca são a irreversibilidade (o que é encontrado é encontrado), seu caráter contingente e sua dependência do que “está lá fora” para ser encontrado e sua incerteza fundamental (NELSON; WINTER, 2006, p.359).*

O conhecimento gerado pelas atividades reside nas rotinas organizacionais. As rotinas são comportamentos, de caráter tácito, e não podem ser facilmente capturadas e codificadas. Estas possibilitam que as ações não sejam esquecidas, tornando a empresa mais competente e especializada naquilo que faz, ou seja, “as rotinas praticadas, construídas dentro de uma organização, definem um conjunto de ações que ela é capaz de fazer com segurança” (NELSON, 2006, p.182).

Segundo Nelson (2006), as atividades das habilidades individuais são construídas através do exercício frequente. Se tais habilidades são restritas a poucos funcionários e possuem alto grau de tacitidade, o risco de perdê-las é elevado. A perda de algumas dessas habilidades individuais pode gerar rupturas na rotina das empresas, sendo que as formas de manter a rotina dependem do fato de as perdas serem antecipadas e passíveis de substituição. A busca é o paralelo para a mutação na biologia. As buscas podem modificar as rotinas e também são condicionadas por elas. A busca, em maior ou menor grau, também pode ser rotinizada.

Busca e seleção são aspectos simultâneos e interativos do processo evolucionário: os mesmos preços que geram o feedback da seleção também influenciam as direções da busca.



As firmas evoluem ao longo do tempo através da ação conjunta de busca e seleção, e a situação do ramo de atividade em cada período carrega as sementes de sua situação no período seguinte (NELSON; WINTER, 2006, p.40).

A explicação de seleção é a existência de mecanismos que agem sobre os genes, a saber, rotinas, processos de busca, ativos e competências, e sobre as mutações, ou seja, inovações. A seleção é a filtragem das inovações exercidas pelo ambiente, no qual ao mercado cabe o principal papel, embora as organizações e as instituições também contribuam para o processo. Ao selecionar as técnicas e formas organizacionais e gerenciais de produção mais eficientes, a concorrência aumenta a eficiência dos mercados, levando a uma eficiência seletiva.

Segundo Dosi (2006, p.381), “dado um fluxo de novas inovações, o ambiente de seleção assim especificado determina a maneira pela qual a utilização relativa de diferentes tecnologias se modifica através do tempo”. A seleção pelo mercado praticamente direciona os investimentos realizados pelas empresas ao longo do tempo em novas inovações.

### **3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA**

Esta é uma pesquisa descritiva, que “tem como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno” (GIL, 2008), pois busca descrever e compreender a nova dinâmica do setor espacial brasileiro. Também é exploratória, pois parte de uma busca de informações que levanta dados e identifica o comportamento das firmas brasileiras dentro do atual paradigma tecnológico. Por ter caráter descritivo e exploratório, adotaram-se procedimentos de pesquisa bibliográfica com busca em artigos relacionados ao tema “Trajetória tecnológica do setor espacial: o comportamento das firmas brasileiras no *new space*”. A pesquisa também foi desenvolvida através de entrevistas não estruturadas com fontes primárias e com pessoas que tiveram experiências práticas com o desenvolvimento do assunto aqui tratado.

O interesse nesse tema surgiu através da curiosidade em saber qual foi a trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro e como foi a evolução com o uso da inovação tecnológica espacial no Brasil. Para analisar a evolução da trajetória do setor espacial brasileiro com a comparação dos satélites de grande, médio e pequeno porte, foram feitas entrevistas com fontes primárias dos projetos citados.

Para o primeiro objetivo específico, contextualiza-se o referencial teórico com pesquisas em artigos e livros de autores renomados como Dosi (2006), Freeman (1974), Nelson e Winter (2006), Lundvall (2006), Rosemberg (2006), Malerba (1992) e Schumpeter (1988). Vale ressaltar que a literatura voltada ao setor espacial é muito pequena. Desta forma, abordam-se os conceitos que definem o paradigma tecnológico atual do setor brasileiro mostrando o processo de inovação dentro da visão neoschumpeteriana. Destacam-se os debates sobre *Technology-Push x Demand-Pull*, os paradigmas tecnológicos e trajetórias tecnológicas; rotina, busca e seleção.

O segundo objetivo é estabelecer a trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro. Para estabelecer essa trajetória, buscou-se traçar uma linha do tempo com tudo que foi criado, constituído e elaborado pelo Programa Espacial Brasileiro. Devido a autora trabalhar diretamente na presidência da AEB, foi possível o acesso aos processos dos relatórios técnicos, pesquisas em artigos, sítio da AEB e, principalmente, contato com fontes primárias dos projetos, e pode-se construir uma evolução e analisar a mudança dos paradigmas tecnológicos com o *new space* no setor espacial brasileiro.

Comparar o *traditional space* com o *new space* é o terceiro objetivo. Analisaram-se artigos recentes dos anos 2018 a 2022, que referenciam o atual comportamento das firmas no setor espacial. Focou-se na comparação de como tem mudado e de como ainda existem modelos tradicionais dentro do setor espacial brasileiro. Ainda para uma melhor contextualização deste objetivo específico, foi feita uma entrevista não estruturada com um gestor do INPE, ex-diretor da AEB e engenheiro que participou desde o início das missões espaciais brasileiras, onde pude capturar informações de como se deu o desenvolvimento do projeto CBERS e AMAZONIA 1, dando um detalhamento maior ao arranjo industrial brasileiro, que dificilmente é encontrado na literatura. Assim, contribuiu para que se fizesse uma comparação entre um satélite de grande porte (CBERS), um de médio porte (AMAZONIA 1) e um de pequeno porte (VCUB-1). Todos esses satélites são de um mesmo segmento: sensoriamento remoto, e pode-se observar a evolução da trajetória tecnológica na inovação com a diferenciação entre eles.

Em sequência, o quarto objetivo analisa de que maneira as empresas internalizam o *new space*. Contextualiza o projeto do satélite Amazonia 1, satélite de médio porte, que começou com planejamento no *traditional space* e foi um projeto que durou mais de 20 anos em desenvolvimento. O satélite foi lançado em 2021 no contexto do novo paradigma. Desta forma, para comparar com o projeto do VCUB1, que é um nanosatélite planejado no contexto do *new space* e por uma empresa brasileira privada chamada Visiona, foi realizada uma entrevista não estruturada com o gestor do projeto que participou desde o princípio e foi aluno da primeira

turma de engenharia aeroespacial brasileira pelo ITA. Pode, assim, contribuir com suas experiências como um arquivo vivo.

Por fim, para apresentar a estrutura industrial do setor espacial brasileiro, avaliando como ocorreu a evolução tecnológica do setor, também foi feita uma entrevista não estruturada com o dirigente da AEB (Autarquia vinculada ao MCTI, responsável por formular, coordenar e executar a Política Espacial Brasileira), e com o responsável pelo projeto do VCUB 1, o que contribuiu para fundamentar o estudo do *new space* na visão das indústrias.

## 4. SETOR ESPACIAL

Segundo Melo e Freitas (2021), o setor espacial é reconhecido por ser um dos setores mais transversais e de maior valor agregado existente. Diversos países têm realizado investimentos nessa área como forma de promover o desenvolvimento socioeconômico e as perspectivas futuras para o setor que são extremamente positivas, podendo atingir mais de US\$ 1 trilhão de dólares já em 2040. Diante do exposto, contextualizar-se o *traditional space*, o *new space* e analisar-se-á a trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro.

### 4.1 Traditional Space

A conquista do espaço exterior, na imaginação humana, deve ter começado ainda na pré-história, com a contemplação do céu. Dezenas de milhares de anos mais tarde, certos povos aprenderam a descrever e prever o movimento aparente dos astros celestes.

Conforme Carleial (1999), até a Idade Moderna o Universo permaneceu misterioso. Com o conhecimento científico da Natureza, o espaço deixou de ser inacessível. O conhecimento foi se desenvolvendo até que surgiram os pioneiros de estudos e experimentos em astronáutica (destaque para Konstantin E. Tsiolkovsky, Robert H. Goddard e Hermann Oberth) que resolveram problemas de engenharia e demonstraram que foguetes de propulsão química poderiam um dia levar cargas úteis ao espaço.<sup>9</sup>

Observa-se que o lançamento do primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik 1, em 4 de outubro de 1957, marca o início da Era Espacial. Um mês depois a URSS pôs em órbita o

segundo Sputnik, de meia tonelada, com uma cadela a bordo, usando um foguete com empuxo de centenas de toneladas. O primeiro satélite que foi lançado com sucesso pelos EUA foi o pequeno Explorer 1, de 8 kg, em 31 de janeiro de 1958. A vida útil desses primeiros satélites em geral não passava de poucas semanas (CARLEIAL, 1999).

Em setembro de 1959 a URSS atingiu a Lua com uma sonda de impacto (Luna 2). No mês seguinte, com a Luna 3, obteve imagens da face da Lua que nunca é vista da Terra. Em 1960 os EUA lançaram um satélite meteorológico (Tiros 1), um satélite de navegação (Transit 1B) e um satélite passivo de comunicações (Echo 1) (CARLEIAL, 1999).

Os foguetes de grande porte guiados, custosos e incertos, foram desenvolvidos intimamente ligados à necessidade de produzir mísseis balísticos de longo alcance. A URSS, por esforço próprio, inspirada na tradição de Tsiolkovsky e aproveitando alguns técnicos e materiais capturados da Alemanha em 1945, foi a primeira a produzir foguetes de grande empuxo, que lhe deram clara vantagem até meados da década de sessenta. O impacto causado pelo sucesso dos soviéticos levou os EUA a uma reação rápida e exemplar: houve uma autocrítica implacável, cresceu a demanda popular por resultados imediatos e o governo entendeu que precisava se reorganizar. O “efeito Sputnik”, além de diligenciar a criação da NASA, agência espacial constituída com base nos centros de pesquisa e equipes técnicas já disponíveis, desencadeou um processo de mudanças no sistema educacional (CARLEIAL, 1999).

Desta forma, diversos outros países começaram a participar da exploração espacial / corrida espacial (entre eles o Brasil). A grande competição entre países deu lugar a cooperações internacionais e à competição entre grupos industriais. Os sistemas de satélites para aplicações rentáveis tiveram enorme expansão, com bilhões de dólares em investimentos.

Um grande feito em abril de 1961, meros três anos e meio depois do Sputnik 1, a URSS noticiou o voo orbital de Yuri A. Gagarin a bordo da Vostok 1, abrindo uma nova fase da conquista espacial, fascinante e dispendiosa, que culminaria com o pouso de astronautas na Lua. Em 1961 o presidente dos EUA anunciou a meta nacional de explorar a Lua com astronautas antes do final da década. Em poucos anos todas as etapas necessárias a esse feito extraordinário foram planejadas e levadas a cabo com pleno sucesso (CARLEIAL, 1999).

Enquanto isso, ainda conforme Carleial (1999), ao longo de mais de três décadas prosseguiu-se a exploração da Lua, dos planetas e do espaço por sondas automáticas cada vez mais sofisticadas, dando cada vez mais espaço para criação de uma multidão de satélites artificiais.

Identifica-se que, nos anos 60, um grupo restrito de países dominavam a tecnologia espacial e concorriam, entre si, para acessar o espaço. Atualmente, há um grande grupo de países que domina determinadas tecnologias (MELO, FREITAS, 2021).

Devido a essa corrida espacial, é importante e necessário que a história seja bem olhada para que se entenda a era do *new space*.

De acordo com Melo e Freitas (2021), toda a história da astronáutica sempre foi baseada em decisões políticas. Isso não quer dizer que os governos não queriam desenvolver tecnologia, mas o principal motivo da corrida espacial era uma corrida geopolítica, e isso impactou muito a área do espaço empresarial. O que ocorreu ao longo de quatro décadas foi o governo ditar o que queria fazer, qual era a sua agenda, e encomendar as tecnologias de empresas.

Tradicionalmente, o apoio governamental tem sido um fator crítico para a mudança tecnológica ligada à indústria espacial. Entender a importância da diminuição de custos com a redução do peso médio dos satélites que, em grande parte, deixam de pesar toneladas, e a simplificação de soluções e a incorporação de produtos de prateleira (com consequente diminuição da sua vida útil), é um passo crucial para a aceitação da era do *new space*.

Conforme Melo, Freitas (2021), satélites de grande porte podem ter vida útil de cerca de 20 anos, enquanto nanosatélites possuem uma vida útil bem menor, podendo chegar, por exemplo, a 2 anos. Desta forma, o maior número de satélites de menor porte sendo lançados num maior número de vezes, contribui para uma maior cadência de demanda por produtos na indústria, o que influencia positivamente a geração de emprego e renda.

É possível perceber que o setor espacial tem passado por grandes transformações nas últimas décadas. O chamado de *traditional space* (ou *legacy space*; ou *Big Space*), durante um longo período, foi dominado por investimentos estatais, com grandes projetos de elevado custo e tempo de duração, como, por exemplo, o Shuttle, a Estação Espacial Internacional, o telescópio Hubble e no caso do Brasil, pode-se citar o Amazônia-1 que foi um projeto com duração de 20 anos até seu lançamento. Os governos, além de serem os principais investidores, também faziam o papel de definir os requisitos e a forma de realizar o desenvolvimento tecnológico (MELO, FREITAS, 2021).

Desta forma, o *new space* é uma forma de fazer as coisas, uma mudança de mentalidade que reflete no novo formato dos projetos: menores, mais baratos, com menos risco, com uma série de soluções de impacto imediato, oferecendo maior produtividade.

## 4.2 *New Space*

Segundo Melo e Freitas (2021), o *new space* é o resultado do surgimento de novos modelos de negócios e da progressiva transformação do modo tradicional de conduzir as atividades do setor espacial. Segundo Paikowsky (2016), o *New Space* apresenta novos e diferentes modelos de P&D, finanças e gestão. Outra contextualização do *New Space* é:

*“New Space” é “a sectorial dynamic encompassing various interrelated trends which, together, are driving the emergence of a new approach to space activities characterized, in particular, by a more prominent and leading role for the private sector and by more private, market-oriented activity”* (Tugnoli; Sarret; e Aliberti 2018).

Há que se ater a um ponto importante da inovação, a resistência. O meio ambiente social cria essa resistência contra quem deseja criar algo novo, podendo ocorrer impedimentos legais, políticos ou outros (MELO, FREITAS, 2021). Schumpeter (1982), afirmava que “Em questões econômicas essa resistência se manifesta antes de tudo nos grupos ameaçados pela inovação, depois na dificuldade para encontrar a cooperação necessária, e finalmente na dificuldade para conquistar os consumidores”. Em muitos casos, será necessário oferecer o novo bem produzido ao consumidor gratuitamente, para que ele seja atraído pela mercadoria, valorize-a e, então, se possa aproveitar os lucros provenientes desse bem. O lucro desaparece “quando a nova mercadoria se torna parte do fluxo circular e o seu preço se coloca na relação normal com os custos” (SCHUMPETER, 1982, p. 92).

Diante dessas dificuldades, a inovação tecnológica nem sempre é vista como uma ferramenta estratégica de desenvolvimento. Isso é preocupante porque a inovação deve ser vista como um meio de se atingir o desenvolvimento sustentável. A inovação tecnológica pode ser orientada para a sustentabilidade e apresenta-se como uma alternativa para contribuir com a construção de uma nova forma de capitalismo que considera a unidade entre sociedade e natureza, economia e ética (ABRAMOVAY, 2012).

Desta forma, o *traditional space*, um setor espacial dominado pelo estado e que utiliza o poder da compra pública, começa a dar vez para um setor com grande participação privada e com grandes investimentos em P&D. Os investimentos em programas espaciais incrementam as capacidades científica, tecnológica e de defesa de um país.

Segundo Melo e Freitas (2021), as atividades espaciais têm se verificado uma ampliação, no cenário internacional, do uso de plataformas modernas de menor porte e menor custo, abrindo oportunidades para que diversos países produzam seus satélites. Com a demanda incrementada, ocorrem diversas iniciativas para o desenvolvimento de lançadores de pequeno

porte. Esse entrelaçamento entre satélites, sistemas de transporte e aplicações está associado à evolução do setor espacial global referenciado como *new space*. Nesse contexto, o Brasil, que tem potencial de realização em todos os segmentos da atividade espacial, pode vir a aproveitar nos próximos anos para se firmar entre os “players” internacionais no setor espacial.

Entre as iniciativas do setor público que beneficiaram o surgimento do *new space* destacam-se a evolução dos marcos legais e regulatórios que permitem a maior participação do setor privado nas atividades espaciais.

Observa-se que o primeiro sinal da transformação no setor se dá pelas iniciativas desenvolvidas por empresas privadas em diferentes segmentos do setor espacial, tais como, o desenvolvimento de lançadores, observação da Terra, telecomunicações e exploração espacial. Grande parte da atividade espacial, no entanto, continua sendo liderada por Governos, sendo o setor privado contratado como parte de programas públicos.

Conforme Melo e Freitas (2021), essas novas iniciativas são resultado de novas empresas que adentram o setor espacial, incluindo os novos negócios, startups e grandes companhias de tecnologia da informação que buscam explorar o mercado de aplicações. Esses novos negócios impulsionam os fundos públicos e privados para modelos de negócios inovadores e que apresentam soluções disruptivas. A indústria espacial se torna cada vez mais intensiva em conhecimento e cria empregos de alta qualificação. Além do mais, o setor espacial é uma ótima ferramenta para a promoção da educação STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), uma vez que captura a imaginação e inspira adultos e crianças.

Os projetos característicos do *new space* são normalmente caracterizados pelos seguintes conceitos, segundo Melo e Freitas (2021):

- Abordagens industriais inovadoras: organização industrial otimizada; racionalização da cadeia de fornecimento; miniaturização; economias de escala; uso de componentes COTS (*commercial off-the-shelf*).
- Soluções de mercado disruptivas: desenvolvimento de soluções com a capacidade de perturbar os mercados existentes ou para criar novos mercados, tais como, estratégias de preços agressivos, soluções de integração ou customização, flexibilidade, entre outras.

### 4.3 *Traditional Space X New Space*

De acordo com Melo e Freitas (2021), as transformações e iniciativas são resultado de novas empresas que adentram o setor espacial, incluindo os novos negócios, startups e grandes companhias de tecnologia da informação que buscam explorar o mercado de aplicações. Esses novos negócios impulsionam os fundos públicos e privados para modelos de negócios inovadores e que apresentam soluções disruptivas/criadoras. Aqui encontram-se os novos paradigmas tecnológicos.

Segundo Dosi (1988), paradigma tecnológico são as necessidades que devem ser supridas, os princípios científicos necessários para esta tarefa e a tecnologia a ser usada. O paradigma é um pacote de procedimentos que orientam a investigação sobre um problema tecnológico, definindo o contexto, os objetivos a serem alcançados e os recursos a serem utilizados. Trata de um modelo ou padrão de solução de problemas tecnológicos baseado em princípios selecionados derivados das ciências naturais e em tecnologias selecionadas (DOSI 2006, p.41).

(...) um paradigma tecnológico, dentre várias definições, é compreendido como sendo um conjunto de procedimentos que servem de base para orientar pesquisas tecnológicas, onde poderão ser identificados os problemas, além de serem especificados os objetivos a serem perseguidos (TAVARES; KRETZER; MEDEIROS, 2005, p. 5).

Segundo Melo e Freitas (2021), o setor espacial tem passado por grandes transformações nas últimas décadas, e tem mostrado que os governos, além de serem os principais investidores, também faziam o papel de definir os requisitos e a forma de realizar o desenvolvimento tecnológico.

Com a revolução da microeletrônica, nos anos 80, foi permitida a miniaturização de diversos componentes e tecnologias, incluindo as espaciais, abrindo oportunidades para, já neste século, termos a evoluções que levaram ao chamado “*new space*”. O “*new space*” trouxe, mais do que uma revolução no setor do ponto de vista tecnológico, também mudanças na organização e na participação estatal/privada, permitindo o surgimento de novos modelos de negócios (MELO, FREITAS, 2021).

Melo e Freitas (2021), mostram em sua pesquisa que o termo “*new space*” é frequentemente comparado com o “*traditional space*”. O *new space* é o resultado do surgimento de novos modelos de negócios e da progressiva transformação do modo tradicional de conduzir as atividades do setor espacial. Já o *traditional space* é caracterizado por um conjunto de atividades lideradas e financiadas por governos. Entre as iniciativas do setor público que



beneficiaram o surgimento do “*new space*” destacam-se a evolução dos marcos legais e regulatórios que permitem a maior participação do setor privado nas atividades espaciais.

O surgimento de iniciativas voltadas ao mercado privado em diferentes segmentos do setor espacial inicia essa transformação do setor. Exemplos disso são o desenvolvimento de lançadores, observação da Terra, telecomunicações e exploração espacial. No entanto, grande parte do setor espacial continua sendo liderada por governos. Isso se deve aos elevados volumes de recursos que ainda são necessários, sendo o setor privado contratado como parte de programas públicos (MELO, FREITAS, 2021).

Conforme Melo e Freitas (2021), no novo modelo, a participação privada aumenta consideravelmente, principalmente por conta da redução de custos propiciada pela miniaturização dos componentes. Os prazos e custos são menores, tornando-se mais acessíveis para as empresas privadas que, anteriormente, não tinham condições de suportar os riscos associados aos projetos.

Além disso, reduz-se o peso médio dos satélites que, em grande parte, deixam de pesar toneladas. Também se trabalha com menores níveis de redundância e qualificação, diminuindo a sua vida útil, sendo necessária a substituição desses satélites em um período menor de tempo. Os satélites de grande porte podem ter vida útil de cerca de 20 anos, enquanto nanosatélites possuem uma vida útil bem menor, podendo chegar, por exemplo, a 2 anos (MELO, FREITAS, 2021).

Ao verificar essas mudanças é possível enxergar a atuação e a dinâmica do setor espacial. Há uma maior participação do setor privado. O Estado se volta para a definição dos requisitos de alto nível, enquanto, o “como fazer” passa a ser de responsabilidade do setor privado. Os custos também passam a ser compartilhados e não mais apenas suportados pelo governo (MELO, FREITAS, 2021).

Quando se olha para o *traditional space*, verifica-se que o apoio governamental tem sido um fator crítico para a mudança tecnológica ligada à indústria espacial. A entrada no mercado das tecnologias desenvolvidas ainda podem necessitar de apoio governamental, pois os custos e os riscos podem ser tão elevados que as empresas privadas não têm condições de assumir por conta própria (OECD, 2016). Essa situação tem se alterado à medida que as empresas passam a visualizar a possibilidade de lucros no setor espacial (MELO, FREITAS, 2021).

Segundo Wakimoto (2018), os investidores consideram as oportunidades comerciais no setor espacial como de alto risco, elevado custo e tendo longos períodos para obter o retorno do investimento realizado, o que inviabiliza a atuação do setor privado por conta própria.

Geralmente, as empresas que atuavam no setor espacial eram dependentes das compras e contratos governamentais. O governo dos Estados Unidos, até 1982, era responsável pelo lançamento de todas as cargas civis e comerciais dentro de suas fronteiras. Eram realizados contratos com o governo americano para a produção dos veículos lançadores, e o processo de licitação para esses contratos tendia a ser não competitivo, devido ao número limitado de empresas que atuavam no setor espacial (BERGER, 2017).

Todavia, mudanças importantes reduziram as barreiras à entrada e aumentaram o interesse do setor privado no espaço. Um exemplo dessas mudanças, são as melhorias nas práticas gerenciais e o desenvolvimento tecnológico que estão reduzindo os custos de produção e de lançamento dos satélites. Segundo Chaikin (2012), a padronização da produção imposta pela SpaceX para seus veículos lançadores teve um impacto significativo na redução de custos de produção. Desta forma, e como já mencionado aqui, o desenvolvimento de motores reutilizáveis também teve um impacto significativo na indústria, colocando a SpaceX como uma das principais empresas do setor espacial. Na visão de alguns analistas, essa redução nos preços proporcionada teria, praticamente, transformado o acesso ao espaço em uma commodity (MELO, FREITAS, 2021).

Atualmente, apesar de o setor privado estar mais atuante, o Estado ainda financia grandes projetos espaciais que, por suas características, não podem ser realizados inteiramente pelo setor privado, ainda necessitando de elevadas parcelas de investimento público.

Nesses novos cenários, as instituições privadas passam a visualizar oportunidades lucrativas no setor espacial. Novos mercados (turismo e exploração espacial) e produtos (motores reutilizáveis) podem ser explorados por essas empresas em um setor com perspectivas positivas de crescimento (MELO, FREITAS, 2021).

De modo geral, o *traditional space* e o *new space* podem ser comparados conforme o quadro abaixo:

Quadro 1 – Comparação do *Traditional Space* com o *New Space*.

<i>Traditional Space</i>	<i>New Space</i>
Estado	Indústria
Alto custo, alta qualidade	Modelo de baixo custo (Custo, teste de lote, ...)
Longo período	Curto período
Acionado por hardware	Acionado por softwares
Techno Push	Orientado por aplicativos

Customização	Estandarização
Avesso ao risco	Tecnologia Superior e Riscos de Negócios

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da apresentação do seminário do Sr. Nathan de Ruiten - Diretor Administrativo da Euroconsult Canadá, para os mestrandos de em economia, UnB/AEB em 2021.

Com base no quadro 1, observa-se que os investidores do *traditional space* consideravam as oportunidades comerciais no setor espacial com um risco alto, um elevado custo e caracterizado por longos períodos para obter o retorno do investimento realizado, o que inviabilizava a atuação do setor privado por conta própria. Além de ter um custo muito elevado e uma alta qualidade de seus componentes e principalmente, em seu produto final.

Conforme Moura (2022), enquanto o *new space*, caracterizado como fonte das indústrias, com uma produção em um curto período, nos produtos finais têm um custo mais baixo podendo ser multiplicado com mais facilidade, agilidade e rapidez. O modo de comunicação no *traditional space* é acionado por *hardware* e com direcionamento pela tecnologia (*techno push*) e, no *new space*, a comunicação dos satélites com as estações solo são feitas por *softwares* e orientada por aplicativos que mostram uma velocidade maior e um retorno muito mais rápido. Diante disso, observa-se uma mudança de paradigma tecnológico e melhorias no setor espacial.

Segundo Melo e Freitas (2021), várias mudanças importantes, no entanto, reduziram as barreiras à entrada e aumentaram o interesse do setor privado no espaço. Citam-se, por exemplo, as melhorias nas práticas gerenciais e o desenvolvimento tecnológico estão reduzindo os custos de produção e de lançamento dos satélites. A padronização da produção imposta pela SpaceX para seus veículos lançadores teve um impacto significativo na redução de custos de produção (Chaikin 2012). Como dito anteriormente, o desenvolvimento de motores reutilizáveis também teve um impacto significativo na indústria, colocando a SpaceX como uma das principais empresas do setor espacial.

Com o aumento da participação da indústria no setor espacial está afetando diversos mercados pelo mundo. Embora os Estados Unidos ainda sejam o principal mercado privado no setor espacial, a Europa tem aumentado seu protagonismo e as empresas europeias passaram a concorrer com empresas americanas. Ao mesmo tempo, os países em desenvolvimento estão fazendo avanços significativos em seus próprios programas espaciais (MELO, FREITAS, 2021).

Melo e Freitas (2021), afirmam que no atual cenário, o Estado financia grandes projetos espaciais que, por suas características, não podem ser realizados inteiramente pelo setor privado, ainda necessitando de elevadas parcelas de investimento público.

#### 4.3.1 Regimes Tecnológicos

O desenvolvimento de um paradigma tecnológico pressupõe a existência de um regime tecnológico, definido como “um complexo de firmas, disciplinas profissionais e sociedades, programas de treinamento e pesquisa universitária, e estruturas regulatórias-legais que dão suporte e restringem o desenvolvimento dentro de um regime e ao longo de uma trajetória” (DOSI, 1988).

As trajetórias naturais são específicas a uma tecnologia particular, ou também definida como um regime tecnológico, conceituando regime tecnológico como metafunção de produção (NELSON; WINTER, 2006). O conceito refere-se a uma fronteira de aptidões realizáveis, definida em suas dimensões econômicas relevantes, limitada por restrições físicas, biológicas e outras.

As oportunidades tecnológicas estão ligadas à tecnologia e ao capital disponível a uma empresa. A relação entre estas duas variáveis é o número de oportunidades de inovação que se abrem com determinado volume de recursos investidos na busca inovativa. Assim, é o leque de inovações que está ao alcance para dada quantia a ser investida.

Segundo Melo (2008), é importante ressaltar alguns aspectos. O primeiro é que as oportunidades de inovação estimulam ainda mais a busca. Quanto maior o volume de oportunidades, também maior será o volume de soluções e de possibilidade de modificação de produtos e processos. Outro aspecto importante se refere à penetrabilidade da inovação, isto é, à diversificação dos usos e à aplicação do conhecimento novo para diversos produtos. E, por último, quanto às fontes de informação tecnológica, Dosi (1988) sugere que cada paradigma tecnológico envolve um equilíbrio específico entre determinantes exógenos de inovação, como avanços em pesquisas de universidade em ciência pura, e determinantes endógenos do processo de competição e de acumulação tecnológica de firmas e indústrias específicas, como fornecedores, clientes e laboratórios próprios de P&D.

O processo inovativo é, basicamente, um processo concorrencial de busca de aprimoramento tecnológico e manutenção ou ampliação da posição de mercado que cada empresa possui. O regime tecnológico, dessa maneira, se coloca como uma peça fundamental para entender a dinâmica do processo inovativo. Este regime pode ser definido como uma combinação particular de algumas propriedades tecnológicas fundamentais: “*opportunity and appropriability conditions; degrees of cumulativeness of technological knowledge; and characteristics of the relevant knowledge base*” (MALERBA; ORSENIGO, 1997, p.12).

Com relação às condições de oportunidades, de acordo com Malerba e Orsenigo (1997), pode-se identificar quatro dimensões básicas: nível, penetrabilidade, fonte e variedade. Quanto ao nível, altas oportunidades fornecem poderosos incentivos para os empreendimentos de atividades inovativas, uma vez que elas determinam uma alta probabilidade de, inovando, recuperar uma parte dos recursos investidos. Nas palavras de Malerba e Orsenigo (1993, p. 48), *“high opportunities represent a powerful incentive to the undertaking of innovative activities and denote an economic environment which is not functionally constrained by scarcity. Science is certainly a major source of opportunities”*. Em algumas indústrias, as condições de oportunidade estão relacionadas aos avanços em P&D, equipamentos e instrumentos, enquanto que, em outras, as fontes externas em termos de fornecedores e usuários podem ser um caminho melhor.

Nos casos de penetrabilidade, as condições de oportunidade podem ser altamente utilizadas em diversos setores ou não. Nos casos de alta penetrabilidade, os novos conhecimentos podem ser aplicados para diversos produtos e mercados, enquanto que nos casos de baixa penetrabilidade, novos conhecimentos são aplicados apenas para poucos produtos e mercados.

As fontes de oportunidades tecnológicas diferem marcadamente entre tecnologias e indústrias. Em algumas indústrias, as condições de oportunidade estão relacionadas às maiores descobertas científicas nas universidades. Em outros setores, as oportunidades para inovar podem frequentemente vir de avanços em P&D, equipamentos e instrumentos, bem como de aprendizado endógeno. Em outros setores, ainda, as fontes externas de conhecimento, em termos de fornecedores e usuários, podem ter um papel crucial.

Sobre a variedade, em alguns casos, altos níveis de condições de oportunidades são associados com uma grande variedade de soluções tecnológicas. Por exemplo, no estágio “pré-paradigma” da tecnologia, quando um design dominante ainda não foi definido, as firmas podem procurar direções variadas e originar soluções tecnológicas diferentes. Após, no estágio do “paradigma”, quando já existe um design definido, as mudanças técnicas podem ocorrer ao longo de trajetórias específicas, entretanto, a variedade de soluções tecnológicas radicalmente diferentes é reduzida.

De acordo com Dosi (1988), apropriabilidade são as propriedades do conhecimento tecnológico e os artefatos técnicos, de mercados e do ambiente legal, que permitem a criação das inovações e as protegem – em diversos graus – contra as imitações dos competidores, garantindo ao inovador os ganhos da inovação. As empresas procuram proteger suas inovações

das imitações para terem, pelo menos durante certo período de tempo, o monopólio sobre os lucros delas extraídos.

Segundo Melo (2008), os setores industriais podem ser classificados como tendo alta ou baixa condição de apropriabilidade. Alta apropriabilidade significa que existem muitas formas de proteger a inovação de imitação. A baixa condição de apropriabilidade demonstra um ambiente econômico caracterizado por conhecimentos difundidos. Desta forma, as condições de apropriabilidade, diferem entre as indústrias e as tecnologias, como, por exemplo, as patentes, o segredo industrial, lead times, custos e tempo necessário para que haja imitação, efeitos da curva de aprendizagem, e serviços e esforços de promoção superiores.

Melo (2008), afirma que uma vez que as atividades inovativas ocorrem, o conhecimento tecnológico e as atividades das empresas vão se acumulando e constituindo uma trajetória no tempo. A forma como esta trajetória se comporta determina os graus de cumulatividade do ambiente tecnológico de inovação. O conceito de cumulatividade aponta que a inovação depende do conhecimento acumulado dos períodos anteriores. Alguns aspectos devem ser observados nesta propriedade tecnológica: a tecnologia só pode avançar em cima daquela preexistente; por isso, é necessário que o inovador tenha uma base tecnológica mínima para competir com as outras empresas.

As condições de cumulatividade capturam as propriedades das inovações atuais e as formas de atividades inovativas, que são o ponto inicial para as inovações futuras. As firmas que inovam no presente provavelmente são mais aptas a realizar inovações no futuro em tecnologias específicas e ao longo de trajetórias específicas do que as firmas que não inovam.

É possível inclusive identificar, segundo Malerba e Orsenigo (1997), três diferentes fontes de cumulatividade tecnológica: (1) Processo de aprendizagem e dinâmica dos retornos crescentes do nível tecnológico, que constroem a pesquisa atual, mas também geram novas questões e novos conhecimentos; (2) Fontes organizacionais: a cumulatividade provavelmente pode ser originada por capacidades organizacionais e tecnológicas específicas de cada firma, sendo que tais capacidades podem ser melhoradas apenas gradualmente ao longo do tempo; e (3) Sucesso – Geração – Sucesso: finalmente a noção de cumulatividade pode ser relacionada à noção schumpeteriana de que os retornos de mercado podem estar ligados aos investimentos de P&D, performance e lucratividade tecnológica, de forma que as firmas que obtiveram resultados positivos no processo inovativo possuam maiores chances de inovar novamente.

De acordo com Melo (2008), a cumulatividade pode ser analisada por alguns aspectos. O aspecto tecnológico se refere às características específicas das empresas, que são

internas e de conhecimento privado, com baixa penetrabilidade. Observa-se que a continuidade das atividades da empresa depende de suas competências. Assim, quanto maior a cumulatividade, maior a apropriabilidade que as empresas possuem sobre inovações. Em um mesmo setor, o conhecimento acumulado se difunde através das empresas. Dessa forma, informações específicas ao setor têm condições de serem compartilhadas.

Combinando as características de apropriabilidade, oportunidade e cumulatividade, descritas anteriormente, é possível identificar algumas estratégias tecnológicas, como demonstra o Quadro 2. Os setores de alta apropriabilidade, oportunidade e cumulatividade, por exemplo, são propícios para o desenvolvimento de inovações radicais e incrementais. Neste caso, as vantagens pertencem às primeiras firmas responsáveis pela introdução de um novo produto ou processo, ao mesmo tempo em que estabelecem uma estratégia de inovação contínua. Nos regimes caracterizados por altas oportunidades, é importante monitorar a fronteira tecnológica, de modo a “*to keep windows on new technologies*” (MALERBA; ORSENIGO, 1993, p.65).

A presença de baixas condições de apropriabilidade permite a introdução de estratégias focadas na imitação de produtos e processos da empresa inovadora e também força às empresas líderes do processo a empregarem novas formas voltadas para o aumento da apropriabilidade (MELO, 2008).

Quadro 2 – Estratégias Tecnológicas em Vários Regimes Tecnológicos

Item		Alta Apropriabilidade	Baixa Apropriabilidade
Alta Oportunidade	Alta Cumulatividade	Inovação Radical Inovação Incremental	Inovação Radical Inovação Incremental Imitação
	Baixa Cumulatividade	Inovação Radical	Inovação Radical Imitação
Baixa Oportunidade	Alta Cumulatividade	Inovação Incremental	Inovação Incremental Imitação
	Baixa Cumulatividade	Sem atividades sistemáticas de inovação	Sem atividade de Inovação

Fonte: Adaptado de Malerba; Orsenigo, 1993, p.64 e Melo, 2008.

Com relação ao conhecimento base, as propriedades do conhecimento formam a base das atividades de inovação das firmas. Segundo Rosenberg (1986), questiona-se a quão

exógena é a ciência? “Volta-se explicitamente para a natureza das interações ciência-tecnologia nas indústrias de alta tecnologia. São examinadas algumas das maneiras como estas indústrias vêm se apoiando nas crescentes reservas de técnicas e conhecimento científico”. Trata-se de uma forma de conhecimento geradora de progresso econômico – algo que não pode ser diretamente atribuído ao conhecimento científico.

Em cada tecnologia, existem elementos de conhecimento tácito e específico que não podem ser descritos como num manual, e não são, portanto, de fácil difusão. Observa-se que os melhoramentos tecnológicos fazem mais do que gerar a necessidade de tipos específicos de novos conhecimentos. O avanço do conhecimento frequentemente só se dá por meio da experiência real com uma nova tecnologia em seu ambiente operacional. Claro que isto não significa que tais habilidades e conhecimentos tácitos são impossíveis de serem repassados adiante: pessoas podem ser contratadas de uma firma para outra, ou podem começar suas próprias firmas; assim, procedimentos de uma firma podem ser imitados por outras. Não obstante, é preciso frisar também que atividades inovativas apresentam características – em diferentes níveis – cumulativas, firma-específica e local (MELO, 2008).

Segundo Melo (2008), tacitividade implica proximidade e treinamento específico para sua transferência e mostra também a dificuldade na codificação de seu conteúdo. A tecnologia é um conceito privado, tácito e específico. Por ser parte de uma ciência aplicada, seu desenvolvimento, em geral, se dá em centros de pesquisa e desenvolvimento industrial.

O caráter tácito da tecnologia está na necessidade de que os avanços têm que ser dados de forma guiada e contínua, isto é, não há condições para grandes saltos que pulem etapas do desenvolvimento tecnológico. A direção que a tecnologia vai seguir dentro da organização depende do caminho percorrido no passado. Portanto, a tacitividade do conhecimento tecnológico é importante, pois permite que os avanços continuem (MELO, 2008).

#### 4.3.2 Padrões Setoriais de Inovação

Observa-se que turbulências nas atividades de inovação parecem ser características fundamentais na evolução industrial. Contudo, a evolução industrial aparece caracterizada também por graus notáveis de persistência nas atividades inovativas de um grande número de firmas no setor industrial, de modo que existam similaridades e diferenças entre os setores quanto às fontes, à natureza e aos impactos das inovações.



Para a formulação neoclássica original, a nova tecnologia se difunde instantaneamente por todos os setores, considerada inclusive como um fator exógeno ao processo de produção. Contudo, a construção teórica apresenta duas limitações importantes, ao tornar exógena a produção de tecnologias e inovações e por não refletir a variedade de fontes, natureza e usos de inovações.

Segundo demonstra Pavitt (1984), a maior parte do conhecimento tecnológico não se mostra como facilmente reproduzível em qualquer setor econômico ou firma, mas como uma informação específica a empresas e aplicações, cumulativa em seu desenvolvimento e, conseqüentemente, variável entre setores, tanto em relação a fontes quanto à direção.

Segundo Malerba e Orsenigo (1997), há grandes e significantes diferenças intersetoriais nos graus de entrada e saída tecnológica, turbulência e estabilidade ou, ainda, variedade e persistência. Por exemplo, as firmas inovadoras no setor eletrônico são relativamente grandes e desenvolvem inovações para uma ampla série de grupos de produtos específicos dentro do seu setor principal e para poucos grupos de produtos fora de seu setor. Já as firmas no setor de mecânica e instrumentos de precisão são relativamente pequenas e especializadas e em constante ligação com as grandes empresas de setores intensivos em escala (metalurgia e veículos) que contribuem para a tecnologia de processo. Em outros ainda, como o setor têxtil, a maioria das inovações são de processo e obtidas através do contato com fornecedores (PAVITT, 1984).

As diferenças na estrutura de atividades inovativas podem ser relacionadas à distinção fundamental entre o Marco I e o Marco II de Schumpeter. Segundo Breschi, Malerba e Orsenigo (2000), o Marco I de Schumpeter é caracterizado pela “destruição criadora” com facilidade de entrada tecnológica e um papel fundamental atribuído aos empreendedores e às novas firmas nas atividades de inovação. Em geral, encontram-se condições de alta oportunidade, baixa apropriabilidade e baixa cumulatividade.

De acordo com Melo, (2008), o Marco II pode ser caracterizado pelo termo “acumulação criativa”, com a existência de grandes firmas estabelecidas e a presença de barreiras relevantes à entrada de novos inovadores. Através do estoque de conhecimento acumulado em áreas tecnológicas específicas, das competências em P&D, dos recursos financeiros relevantes as grandes firmas estabelecidas conseguem criar barreiras à entrada para novos empreendedores e pequenas firmas. É marcado por condições de alta oportunidade, apropriabilidade e cumulatividade.

De acordo com Malerba e Orsenigo (1997), avaliando o ciclo de vida de uma indústria, o padrão de atividade de inovação do Marco I pode se transformar no padrão do

Marco II. Na história da indústria, quando mudanças tecnológicas estão ocorrendo muito rapidamente, a incerteza é elevada e as barreiras à entrada são muito baixas, de forma que novas firmas se tornam inovadoras e se tornam o elemento-chave na dinâmica industrial.

Segundo Melo (2008), quando a indústria se desenvolve e a mudança tecnológica se transforma em uma trajetória bem definida, as economias de escala, as curvas de aprendizado, as barreiras à entrada e os recursos financeiros se tornam importantes para o processo competitivo. Grandes firmas com poder monopolístico assumem a fronteira do processo inovativo e o padrão de atividades de inovação do tipo Marco II pode novamente se transformar em um padrão do tipo Marco I.

Uma análise setorial que pode ser realizada através dos padrões tecnológicos foi apresentada por Pavitt (1984). O autor classifica as empresas em três setores distintos (um grupo se subdivide), levando em conta os graus de intensidade tecnológica incorporados em cada um. O estudo procurou classificar as indústrias como usuárias e produtoras de tecnologia em três grandes grupos: (a) dominados por fornecedores; (b) firmas intensivas na produção; e (c) setores baseados em ciência.

Firmas dominadas pelos fornecedores geralmente dão uma contribuição secundária às suas tecnologias de processo e de produto. A maior parte das inovações vem dos fornecedores de equipamentos e materiais, embora algumas vezes os grandes clientes, a pesquisa com financiamento oficial e a extensão dos serviços também deem sua contribuição. Como exemplo, podemos citar a indústria têxtil, vestuário, calçados e mobiliário (MELO, 2008).

Observa-se que as firmas intensivas em produção podem ser compostas em duas categorias: produtores em larga escala e fornecedores especializados. No primeiro caso, as firmas inovadoras produzem uma grande proporção de suas próprias tecnologias de processo para as quais elas destinam uma proporção relativamente elevada de seus próprios recursos inovativos. As firmas inovadoras também são relativamente grandes; têm um nível mais elevado de diversificação tecnológica vertical na direção de equipamentos relacionados às suas próprias tecnologias de processo e dão uma contribuição relativamente grande às inovações produzidas em seus setores de atividade principal. Como exemplo, as indústrias de bens duráveis eletrônicos e automóveis (MELO, 2008).

Segundo Melo (2008), as firmas baseadas em ciência podem ser encontradas nos setores químico e elétrico-eletrônico, por exemplo. As fontes de tecnologia são as atividades de P&D das firmas desses setores, baseadas no rápido desenvolvimento das ciências subjacentes nas universidades e em outros estabelecimentos. O desenvolvimento de sucessivas

ondas de produtos depende do desenvolvimento prévio da ciência básica relevante. A difusão de conhecimento e sua aplicação têm ditado a trajetória tecnológica das firmas de setores baseados em ciência. Dada a sofisticação da tecnologia e das ciências subjacentes, tem sido difícil a entrada de firmas fora do setor.

As firmas apropriam-se da liderança inovativa por meio de uma combinação de métodos (patentes, segredos, defasagens técnicas naturais e habilidades específicas). As economias dinâmicas de aprendizado têm sido uma importante barreira à entrada de imitadores em tecnologias de processo contínuo e na montagem em larga escala (MELO, 2008).

#### **4.4 Trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro**

Um dos primeiros países em desenvolvimento a investir em atividades espaciais foi o Brasil, logo após o histórico lançamento do primeiro satélite artificial pela antiga União Soviética. Segundo Costa Filho (2002), a década de 60 marca a institucionalização das atividades espaciais no Brasil. Em agosto de 1961, Jânio Quadros, Presidente da República na época, assinou um decreto criando o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE). O GOCNAE foi substituído, em 1963, pela Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE) que foi extinta com o surgimento, em abril de 1971, do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), atualmente denominado Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Em 1963 e 1964 foram feitas as primeiras pesquisas ionosféricas do Brasil usando recepção de sinais de satélites. Experimentos de medidas de raios-X efetuados por balões na região da Anomalia Magnética Brasileira foram efetuados em meados da década de 1960 (INPE, 2022).

Segundo o INPE (2022), foi inaugurado em 1965, com o lançamento de um foguete de sondagem Nike-Apache, da *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*.

Em 1966, foi criado o Grupo Executivo de Trabalhos e Estudos de Projetos Espaciais (GETEPE), vinculado ao Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER). Uma das primeiras tarefas desse grupo foi a realização de estudos para implantação do então Centro de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno (CLFBI), hoje conhecido como Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), instalado em Natal-RN. Nesse período, o INPE projetava, construía e lançava as suas cargas úteis em foguetes de sondagem cedidos pela NASA, a partir do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (Natal/RN) (INPE, 2022).

Em 1967, houve a instalação de ionossondas e digissondas, além da primeira ionossonda C4. Em 1969, foi criado o Instituto de Atividades Espaciais (IAE), vinculado ao Centro Técnico de Aeronáutica (CTA), originário do GETEPE e do Departamento de Assuntos Espaciais, pertencente ao Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IPD) do CTA. Até 1970 foram lançados cerca de 230 foguetes estrangeiros e nacionais, através do projeto Sondagem Aeronômica com Foguetes (SAFO). Posteriormente, houve também cooperação com a agência espacial francesa, o *Centre National d'Études Spatiales (CNES)*, que equipou o CLBI com uma moderna estação de rastreamento e controle, em troca do uso do Centro (INPE, 2022).

Segundo o INPE (2022), grandes mudanças foram marcadas na década de 70 no contexto institucional das atividades brasileiras. Em 1971, instituiu-se a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), órgão de assessoramento da Presidência da República, presidido pelo Ministro-Chefe do Estado-Maior das Forças Armadas (EMFA). Nesse mesmo ano, houve a extinção da CNAE e a criação do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), conforme citado acima, vinculado ao então Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e encarregado do desenvolvimento das pesquisas espaciais no âmbito civil, de acordo com orientação recebida da COBAE. Por sua vez, o núcleo do IAE, que tinha sido criado em 1969, só foi ativado em 1971, constituído pelo pessoal e pelas instalações do GETEPE. A portaria de criação do IAE extinguiu o GETEPE e passou o CLFBI para a responsabilidade desse novo Instituto (INPE, 2022).

Em 1972, o INPE realizou as primeiras medidas de sódio atmosférico na América Latina. Em 1977, o INPE participou da descoberta das bolhas ionosféricas sobre o território brasileiro. Em 1978, foi publicado o primeiro estudo a nível mundial mostrando a existência de camadas esporádicas no perfil vertical de sódio atmosférico em torno de 95 km de altura por medidas com o Radar de Laser do INPE (INPE, 2022).

Conforme o INPE (2022), em 1978, ocorreu o início do Projeto Ozônio (*Experimental Inter-American Meteorological Rocket*) envolvendo a NASA, o Campo de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), e o INPE, cujos lançamentos dos foguetes foram realizados a partir do CLBI, com a finalidade de realizar medidas de ozônio, com um total de 81 lançamentos, entre 1978 e 1990.

Segundo Ribeiro (2007), no início de 1980 a Presidência da República aprovou o primeiro programa espacial brasileiro. Com expectativa ambiciosa e orientado por uma visão estratégica clara, a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) foi como um marco no Programa Espacial Brasileiro (PEB). Estabeleceu-se como metas o desenvolvimento de pequenos satélites de coleta de dados ambientais e de sensoriamento remoto e de um veículo

lançador compatível com o porte e missão desses satélites, bem como a implantação da infraestrutura espacial básica. O principal complexo de infraestrutura previsto na MECB foi o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), no Maranhão, que foi oficialmente criado em 1983. Sua inauguração viria ocorrer no início de 1991.

Em 1984, foram desenvolvidos os primeiros experimentos de plasma espacial (densidade eletrônica, aeroluminescência, campos elétricos etc.) a bordo de um foguete Brasileiro SONDA III do IAE/CTA. Ocorreu o desenvolvimento de fotômetros, imageadores de aeroluminescência tanto para uso em solo como em experimentos embarcados em foguetes e satélites (INPE, 2022).

Na década de 90 houve mudanças no cenário internacional. Em 1992, o INPE realizou a primeira medida simultânea por foguete e Radar de Laser (em nível mundial) da distribuição vertical da densidade e perfil de luminescência de sódio atmosférico. No mesmo ano também foi criado o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, em Santa Maria/RS, que foi quase imediatamente incorporado ao INPE (INPE, 2022).

Nessas mudanças levaram à substituição da COBAE por uma nova instituição, a Agência Espacial Brasileira (AEB). Em fevereiro de 1994, a AEB foi criada como uma autarquia civil vinculada à Presidência da República, sendo a instituição é responsável por formular, coordenar e executar a Política Espacial Brasileira (AEB, 2022).

Em 1997, ocorreu a instalação da rede de estações de medidas de cintilações ionosféricas usando sinais de GPS, distribuída pelo país envolvendo o INPE e a Universidade de Cornell. Em novembro do mesmo ano, ocorreu o voo inaugural do primeiro protótipo do Veículo Lançador de Satélites, denominado VLS-1 V01, a operação foi chamada de Brasil e foi lançado do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). O veículo transportava o SCD-2A, um satélite de coleta de dados. Contudo, durante os primeiros segundos de voo, devido a uma falha na ignição em um dos propulsores do 1º estágio, houve a necessidade de acionar em solo o comando de autodestruição. Em 1998, o INPE realizou as primeiras medidas no Brasil do perfil de temperatura da mesopausa pelo uso do Radar de Laser (INPE, 2022).

Segundo Ribeiro (2007), devido algumas alterações na estrutura organizacional do governo, dentre elas a extinção do cargo de Ministro Extraordinário de Projetos Especiais, cargo ocupado, à época, pelo Embaixador Ronaldo Mota Sardenberg e sua nomeação para o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), hoje, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), a AEB tornou-se, em agosto de 1999, autarquia vinculada a esse Ministério.

Depois da criação do MCT, o Brasil fez um acordo de cooperação com a China para a fabricação, desenvolvimento e operação conjunta da família de satélites CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) de sensoriamento remoto para uso civil. O INPE ficou responsável pelo desenvolvimento da parte brasileira.

Ainda segundo Ribeiro (2007), instituiu-se, ainda, o Conselho Superior da AEB, órgão colegiado, de caráter deliberativo, com membros representantes de todos os Ministérios interessados nas atividades espaciais brasileiras, da comunidade científica e da indústria, e, o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE). Também foram elaborados documentos de planejamento dessas atividades: a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) e o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) como o principal instrumento de planejamento.

De acordo com o Decreto Nº 1.953 (1996), o SINDAE tem como finalidade organizar a execução das atividades espaciais de interesse nacional. No SINDAE, a AEB foi constituída como órgão central de coordenação, tendo o INPE e o DCTA como órgãos setoriais de coordenação responsáveis pela coordenação setorial e execução das ações contidas no Programa Nacional de Atividades Espaciais – PNAE; e outros órgãos e entidades participantes, responsáveis pela execução de ações específicas do PNAE. O objetivo era capacitar o país para o desenvolvimento e a utilização de tecnologias espaciais na solução de problemas nacionais e em prol da sociedade brasileira.

Segundo Ribeiro (2007), o SINDAE atua com as seguintes características básicas:

- Como órgão de coordenação central, vinculado ao MCTI, a AEB;
- Como órgãos setoriais de execução, o INPE, vinculado ao MCTI, e o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA; originalmente Centro Técnico de Aeronáutica, CTA), órgão subordinado ao Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa. Subordinam-se ao DCTA: o IAE; o CLA; e o CLBI; e
- Como órgãos e entidades participantes, o setor privado e as universidades brasileiras que desenvolvem pesquisas e projetos na área espacial brasileira.

Segundo a AEB (2022), o documento de política do setor, denominado PNDAE, foi aprovado pelo Decreto nº 1.334, de 8 de dezembro de 1994. A visão estratégica nacional e a programação tática encontram-se no Programa Nacional de Atividades Espaciais - PNAE 2022-2031, sempre voltado a atender as necessidades da sociedade como um todo. Os recursos orçamentários destinados ao Programa integram o Plano Plurianual (PPA) do governo federal, cujo horizonte de planejamento é de quatro anos, e as respectivas Leis Orçamentárias Anuais.

Figura 1 - Estrutura do SINDAE



Fonte: AEB, 2022

Ainda no ano de 1999, a operação chamada de Almenara realizou o segundo voo de qualificação do VLS-1 V02, levando um satélite científico desenvolvido pelo INPE, o SACI-2. Novamente, uma falha também no sistema pirotécnico, porém no 2º estágio, ocasionou a explosão deste, havendo a necessidade de autodestruição por telecomando.

Visando-se a criar uma fonte de recursos que financiasse o setor espacial, instituiu-se, no ano de 2000, o Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Setor Espacial, dividindo-se da seguinte forma: 25% das receitas do FISTEL; 25% das receitas auferidas pela União, provenientes de lançamentos, em caráter comercial, de satélites e foguetes de sondagem a partir do território brasileiro; 25% das receitas auferidas pela União, provenientes da comercialização dos dados e imagens obtidos por meios de rastreamento, telemedidas e controle de foguetes e satélites; o total da receita auferida pela AEB, decorrentes da concessão de licenças e autorizações. Constata-se que, além dos poucos recursos ingressados, o fundo vinha sendo contingenciado, revertendo em pouco proveito para o programa em questão. Vale ressaltar que não há serviços ou produtos espaciais nacionais com o potencial para abranger o mercado para abastecer o fundo (RIBEIRO, 2007).

Segundo o INPE (2022), ainda no ano de 2000, ocorreu a instalação do primeiro radar da América Latina para estudos das bolhas ionosféricas. Em 2002, ocorreu a instalação da rede Low-Latitude Ionospheric Sensor Network (LISN) para medidas simultâneas de cintilações e conteúdo eletrônico total ionosférico usando sinais de GPS. O INPE e Boston College/USA com apoio da *National Science Foundation (NSF)* participam do projeto. Estabeleceu-se o

experimento *Conjugate Points Experiments (COPEX)* de colaboração entre o INPE e universidades e centros de pesquisas norte-americanos e brasileiros, para estudos das bolhas ionosféricas e suas fontes semeadoras na região brasileira. Esse experimento permitiu de forma inédita acompanhar a dinâmica das Bolhas Ionosféricas sobre a região brasileira, notadamente a velocidade zonal de bolha e a Simetria das bolhas em relação ao equador geomagnético. Esse experimento teve forte participação de engenheiros e técnicos do INPE e de cientistas norte-americanos.

Em fevereiro de 2021, logrou-se, mesmo ainda sob restrições da pandemia, lançar o satélite Amazonia-1, da Índia. Realizados todos os testes de comissionamento, o satélite encontra-se operando regularmente em prol do monitoramento óptico de interesse nacional (INPE, 2022).

Em 2002, iniciou-se o desenvolvimento da plataforma multimissão (PMM), que é uma cápsula espacial, composta de diversos módulos, estabilizada em três eixos, que visa a atender diferentes missões em diferentes órbitas. Com a PMM houve um significativo engajamento da indústria nacional, assim como a abertura de novas perspectivas para a exploração de serviços experimentação em microgravidade totalmente operados do Brasil.

Em 2003 e 2007 ocorreram os lançamentos, respectivamente, do CBERS-2 e do CBERS-2B. Em 2003, houve mais uma tentativa de lançamento do VLS-1 V03 da operação chamada de São Luís que provocou um acidente e não houve sucesso. Em 2004, renovou-se a parceria com a China para desenvolver os satélites CBERS-3 e CBERS-4. No mesmo ano, também foram lançados os satélites UNOSAT e SATEC e o INPE lançou o sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), também voltado para a região amazônica, que mapeia diariamente as áreas de corte raso e de processo progressivo de desmatamento por degradação florestal. Trata-se de um levantamento mais ágil, que permite identificar áreas para ações rápidas de fiscalização e controle do desmatamento e da degradação florestal (INPE, 2022)

Conforme o Decreto nº 5.484 de 30 de junho de 2005, foi aprovada a Política Nacional de Defesa - PND que apresenta as definições para Segurança e para Defesa Nacional: Segurança é a condição que permite ao País a preservação da soberania e da integridade territorial, a realização dos seus interesses nacionais, livre de pressões e ameaças de qualquer natureza, e a garantia aos cidadãos do exercício dos direitos e deveres constitucionais; e Defesa Nacional é o conjunto de medidas e ações do Estado, com ênfase na expressão militar, para a defesa do território, da soberania e dos interesses nacionais contra ameaças preponderantemente externas, potenciais ou manifestas.



Segundo Ribeiro (2007), em 2008 houve um crescimento da percepção de importância das atividades espaciais. A Estratégia Nacional de Defesa (END) definiu tais atividades como de interesse estratégico, o que colaborou com o aumento do nível de importância na agenda estatal. Desta forma, priorizou o setor espacial com ênfase no domínio das tecnologias de veículos lançadores, na construção de satélites e na capacitação de setores vinculados. Assim, o cenário brasileiro assumiu um novo patamar, tornando-se contribuição vital para assegurar a preservação da soberania nacional futuramente. Como resultado dessa mudança de cenário veio a criação do PESE - Programa Estratégico de Sistemas Espaciais em 2012 e, posteriormente, atualizado em 2018.

O objetivo do PESE é implementar projetos de sistemas espaciais de interesse de defesa, incluindo produtos de uso dual (militar e civil) e respeitando as peculiaridades de cada sistema.

Vale ressaltar que, pela inexistência de uma Estratégia do Espaço formalmente estabelecida no Brasil, não se encontram bem definidos certos pontos comuns. Em princípio, o PESE orienta-se pela END; e o PNAE, pela PNDAE. Seria adequado existir uma estratégia de espaço que orientasse qualquer programa de Estado do setor espacial, mesmo que não impositiva. Desta forma, o PESE seria orientado, primeiramente pela END, por sua origem, e também pela Estratégica de Espaço, quando se aplicasse.

Segundo Moura (2022), a atual versão do PNAE, válida para o decênio 2022-2031, procurou exercitar essa convergência. As diretrizes ali estabelecidas nutrem-se de uma ampla análise das políticas e demandas nacionais, de forma a buscar a melhor convergência possível entre os objetivos, as iniciativas e projetos nacionais. Dessa forma, pode-se dizer que, no PNAE 2022-2031, há considerações rastreáveis da dualidade possível com o PESE.

Ainda em 2008, o INPE criou o programa de Clima Espacial (EMBRACE), com apoio do MCT, com o objetivo de medir e modelar a interação Sol-Terra e seus efeitos no espaço próximo e na superfície do território brasileiro. As tempestades magnéticas e ionosféricas, geradas pela atividade solar, interferem nas atividades humanas ao impactarem nas transmissões de dados de GPS, satélites, aviões e sistemas elétricos. Para tornar esse programa operacional, o INPE instalou uma infraestrutura de coleta de dados, modelagem e previsão de Clima Espacial (INPE, 2022).

Segundo o INPE (2022), em 2013, ocorreu o lançamento do satélite CBERS-3 que devido a uma falha de funcionamento do veículo lançador Longa Marcha 4B, não permitiu ao satélite o correto posicionamento na órbita prevista, resultando em sua reentrada na atmosfera da Terra. Após a falha, Brasil e China decidiram antecipar o lançamento do CBERS-4,

originalmente previsto para dezembro de 2015, para dezembro de 2014. Nesses projetos, a participação brasileira foi ampliada para 50%, o que levou o Brasil a uma condição de maior equilíbrio com o parceiro chinês.

Ainda em 2014, foi lançado o NanosatC-BR1, primeiro Cubesat nacional e segundo nanossatélite brasileiro. Foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio de seu Centro Regional Sul (CRCRS) em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com apoio da Agência Espacial Brasileira (INPE, 2022).

Em 2015, foi lançado, pelo veículo Falcon 9, o nanossatélite AESP-14, projetado por alunos de graduação e pós-graduação do ITA. O nanossatélite chegou à Estação Espacial Internacional a bordo da cápsula Dragon, juntamente com mais de 250 experimentos científicos e outros suprimentos. Em agosto deste mesmo ano, chegou à Estação Espacial Internacional e foi lançado o nanossatélite Serpens, desenvolvido pela AEB em parceria com universidades e institutos de pesquisa federais (AEB, 2022).

No ano seguinte, 2016, ocorreu o lançamento do satélite Tancredo-1, a partir do Centro Espacial Tanegashima, pertencente à JAXA – Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial. O satélite foi desenvolvido por estudantes do ensino fundamental de uma escola pública em Ubatuba (SP).

Em 2017, foi lançado, pelo foguete Ariane V, do centro espacial na Guiana Francesa, o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas - SGDC-1. Tal satélite, contratado pelo governo brasileiro, foi construído pela empresa Thales Alenia Space. Por um arranjo singular de dualidade, tem sua operação partilhada entre: a Força Aérea, responsável pela carga útil de comunicações militar, em benefício da Defesa; e a TELEBRÁS, estatal encarregada das aplicações de interesse civil. O satélite foi adquirido com recursos disponibilizados pela Casa Civil repassados para o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI e para o Ministério da Defesa. Conforme a AEB (2020), o SGDC-1 é um programa do Governo Federal com o objetivo de fornecer cobertura de serviços de Internet a 100% do território nacional de forma a promover a inclusão digital para todos os cidadãos brasileiros, além de fornecer um meio seguro e soberano para as comunicações estratégicas do governo brasileiro.

Em novembro do mesmo ano, foi inaugurado um significativo espaço para as atividades de popularização da atividade espacial e para a atração de jovens valores para as carreiras espaciais: o Centro Vocacional Tecnológico Espacial - Parnamirim (CVT-E), hoje batizado como Centro Vocacional Tecnológico Espacial Augusto Severo. Dividido em dez ambientes, o CVT-Espacial conta com laboratórios para atividades de propulsão, satélite,

integração e teste, auditório, espaço Marte e Lua, sala de capacitação, refeitório e vestiários, além de espaços abertos para lançamentos de foguetes e outras atividades. Com o funcionamento do Centro, os estudantes da região poderão desenvolver diversas atividades educacionais, como competição de espaçomodelismo, foguetemodelismo e, principalmente, cursos de capacitação e oficinas temáticas espaciais. Essa foi uma iniciativa da AEB e o CVT-Espacial está inserido no Programa de Apoio à Implantação e Modernização de Centros Vocacionais Tecnológicos do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações (MCTI), desenvolvido em parceria com o CLBI, com apoio do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

Em 2018, foi o lançamento do ITASAT, produzido pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), com o apoio da Agência Espacial Brasileira (AEB) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O satélite foi lançado da base de Vandenberg, na Califórnia (EUA), pelo veículo lançador Falcon 9 da Space-X. Tinha como objetivo ficar em órbita por um ano, mas ainda nos tempos atuais está em funcionamento.

Um grande marco no setor espacial foi o Acordo de Salvaguardas Tecnológicas (AST) aplicável a operações no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). Originalmente assinado em 2000, entre o Brasil e os Estados Unidos, o AST não logrou continuidade no Congresso brasileiro, devido a uma alegação de que feria a soberania nacional. Segundo a AEB (2021), o acordo de salvaguardas tecnológicas prevê a proteção de conteúdo da tecnologia americana usada em qualquer artefato espacial lançado a partir do Centro Espacial de Alcântara (CEA).

O CLA possui instalações operacionais que podem ser utilizadas nas operações do CEA. Observa-se que cerca de 80% do mercado espacial utiliza a tecnologia norte-americana e, diante disso, a falta de um acordo de proteção limita o uso do Centro de lançamento brasileiro. Ocorreram várias outras tentativas visando a viabilizar negócios em Alcântara após o acordo de 2000. Mas, no início de 2019, o novo Governo assinou um novo AST, aprovado em novembro de 2019 e promulgado por Decreto Legislativo em 2020, dando ao município de Alcântara uma nova possibilidade de crescimento nas atividades espaciais e de todas as outras atividades econômicas decorrentes na cidade e no País.

Segundo a AEB (2020), no final de 2019, ocorreu o lançamento do CBERS-4A com sucesso, foi idealizado a partir da disponibilidade de diversos equipamentos e modelos de voo reserva fabricados para os satélites CBERS 3 e 4. Além da incorporação desses componentes brasileiros, o CBERS-4A conta com nova câmera imageadora chinesa que possui qualidade superior na resolução geométrica e espectral. Como carga secundária no mesmo lançamento foi o nanosatélite FloripaSat-1, um CubeSat 1U construído por alunos da Universidade Federal

de Santa Catarina. O FloripaSat-1 envia dados que são utilizados para validação dos módulos de software e hardware instalados no satélite de muito pequeno porte.

Em 2021, foi lançado o NanosatC-BR2, um satélite miniaturizado do tipo CubeSat 2U, com 1,72 Kg de massa. O objetivo é de monitorar no geoespaço a intensidade do campo geomagnético e a precipitação de partículas energéticas ionizantes; e qualificar no espaço suas cargas úteis tecnológicas. Com isso, devido ao envolvimento de alunos de graduação e pós-graduação, a missão também tem viés educacional.

Em junho do mesmo ano, a AEB participou da cerimônia de assinatura do “Artemis Accords”, instrumento vinculado ao “Programa Lunar NASA Artemis”. No acordo, o Brasil reitera seu compromisso em participar de um seleto grupo de países que se unem para seguir princípios, diretrizes e boas práticas para a cooperação internacional na exploração espacial, seja na Lua ou em outros corpos celestes.

Segundo a AEB (2021), em dezembro do mesmo ano, o Brasil participou do lançamento do maior telescópio espacial, o James Webb, um empreendimento conjunto da Nasa, a Agência Espacial Europeia (ESA) e a Agência Espacial Canadense (CSA). Em conjunto com o Telescópio Hubble, poderá prover informações utilizando outras faixas de frequência para observação do espaço profundo. Trata-se de uma missão para explorar nosso próprio sistema solar e além, bem como planetas orbitando outras estrelas, chamados exoplanetas. O James Webb posicionou-se como uma estação de observação a cerca de 1,5 milhão de quilômetros da Terra. A participação Brasileira ocorreu via a Estação de Telemidas do CLBI, localizada em Parnamirim/RN, ao cumprir importante participação em rastrear o veículo ARIANE V-256, lançado do Centro Espacial Guianês (CSG), localizado em Kourou, Guiana Francesa no dia de Natal (25/12).

Em 2022, foi publicado o novo Programa Nacional de Atividades Espaciais - PNAE 2022-2031. Ele tem sete objetivos estratégicos do espaço, busca soberania da nação, a não dependência, o desenvolvimento da indústria espacial em bases sustentáveis e promove procedimentos de adoção de missões.

Conforme a AEB (2022), em novembro do mesmo ano, a *International Academy of Astronautics* - IAA, AEB e UFSC realizaram o 5º Workshop Latino-americano de CubeSats e o 3º Simpósio Latino-americano de Pequenos Satélites. As edições deste ano foram sediadas em Brasília e contaram com mais de 200 inscritos e 16 diferentes países. O evento teve o objetivo de discutir as tecnologias de CubeSats e pequenos satélites que impulsionam a indústria espacial em todo o mundo.

## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Entende-se como aplicação espacial: bem ou serviço que depende da capacidade operativa de artefatos espaciais.

Já os artefatos espaciais são veículos ou engenhos, ou parte desses, que se destinam ao acesso e à operação no espaço exterior ou à exploração de corpos celestes, de maneira que se enquadram, genericamente, como cargas úteis; satélite, veículo espacial, veículo de exploração espacial e veículos lançadores, ou seus sistemas, subsistemas, equipamentos e componentes; estação espacial orbital; base de apoio para missões espaciais de maior duração ou mais distantes da superfície da Terra.

Observa-se que os recursos investidos na área espacial brasileira são baixos e que o Estado deveria gastar um montante significativo em produtos do setor. Grande parte desses gastos são feitos com produtos de empresas de fora do País, deixando-se, assim, de investir no crescimento das empresas nacionais. Os gastos são nos setores de comunicações, imageamento, mapeamento, caracterização da vegetação, acompanhamento do uso da terra, estimativas de fitomassa, monitoramento orbital de queimadas, previsão do tempo com apoio de dados e imagens de satélites, entre outros.

Shumpeter (1988) afirma que o desenvolvimento tecnológico e a inovação alavancam a economia de um país. Então, investir no setor espacial como um todo é impulsionar o Brasil a crescer.

O principal objetivo dos programas espaciais é contribuir para soluções concretas e eficazes aos problemas nacionais. As demandas comerciais alavancam ainda mais a indústria espacial: são consequências desse desenvolvimento. Uma visão e um comprometimento do programa espacial com essas soluções devem ser alicerçadas com orçamento, de forma a impulsionar os setores de indústria e de serviços espaciais nacionais.

A atividade espacial é o esforço sistemático para conceber, desenvolver, preparar, implementar, operar ou utilizar infraestruturas espaciais. Contudo, as infraestruturas espaciais são equipamentos de solo, recursos logísticos, instalações, ferramentas e sistemas computacionais, e artefatos espaciais necessários para a viabilização de aplicações espaciais, para a condução das atividades espaciais do País ou para a implementação e a viabilização de todo o ciclo vida de sistemas espaciais.

Para definir uma escala, de acordo com o INPE (2022) os satélites artificiais podem ser catalogados ou agrupados segundo sua massa:

- Grandes satélites: peso maior que 1000 kg;
- Satélites médios: peso entre 500 e 1000 kg;
- Minissatélites: peso entre 100 e 500 kg;
- Microsatélites: peso entre 10 e 100 kg;
- Nanosatélites: peso entre 1 e 10 kg;
- Pico satélite: peso entre 0,1 e 1 kg;
- Femto satélite: peso menor que 100 g.

Satélite geoestacionário é o satélite artificial em órbita equatorial a uma distância de cerca de 36.000 km da superfície terrestre e com período orbital equivalente ao período de rotação da Terra. Como caso típico, destinam-se a aplicações de telecomunicações. Satélites em órbitas baixas costumam ficar entre 160 e 2.000 km de altura. Entre as aplicações típicas, encontram-se as de sensoriamento remoto da Terra.

Há uma necessidade que cresce a cada dia para a observação da Terra sistemática, em larga escala, e de forma repetitiva em um menor espaço de tempo. O uso de imageamento por satélite é uma das únicas alternativas viáveis a atender tais necessidades nos campos da agricultura, meio ambiente, costas marítimas, florestas, etc.

Observa-se que o Brasil tem um território extenso, com diversas fisionomias e problemas passíveis de serem observados e analisados por dados orbitais de sensores remotos. Embora haja uma diversidade de sistemas espaciais de sensoriamento remoto em operação, o País tem procurado assegurar uma regularidade no abastecimento e disponibilidade de dados satelitais. Diante disso, é desejável a posse e controle de satélites de sensoriamento remoto de forma soberana. Além dos aspectos finais voltados à aplicação dos dados de sensoriamento remoto, a construção de sistemas de sensoriamento remoto está muito relacionada aos desenvolvimentos tecnológicos e industriais envolvidos neste campo.

## **5.1 CBERS**

Essas considerações levam à discussão de três satélites da mesma linha, mas com portes diferentes. Observa-se a evolução dos satélites. Em uma parceria do Brasil com a China, temos o programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres). O programa, como já foi citado, resultou na produção de 6 satélites de grande porte (dois dos quais ainda em operação).

A série CBERS está na categoria dos satélites de continuidade. Tem como princípio básico a continuidade com avanços tecnológicos. Ou seja, busca-se a cada satélite do programa CBERS assegurar aos usuários a continuidade no fornecimento de dados de uma certa classe de características presentes no satélite ou família anterior. Dessa forma, seus trabalhos e atividades podem ter continuidade com os diversos satélites da série, incorporando-se, eventualmente, melhorias de qualidade ou desempenho.

Segundo o INPE (2022), a produção dos satélites CBERS 3 e 4 incorporou a evolução tecnológica do setor. Por isso, ambos foram projetados com quatro câmeras: Câmera Pancromática e Multiespectral (PAN); Câmera Multiespectral Regular (MUX); Imageador Multiespectral e Termal (IRS); e Câmera de Campo Largo (WFI). O Brasil é responsável pelas câmeras MUX e WFI, enquanto a China é responsável pelas câmeras IRS e PAN. Os quatro imageadores conferem aos CBERS 3 e 4 uma complexidade em termos de imageamento. Ao mesmo tempo, esses imageadores complementam-se e fornecem aos usuários uma gama de atributos muito interessante. A órbita dos dois satélites é a mesma dos CBERS 1, 2 e 2B.

Os três primeiros satélites da série possuem características muito semelhantes, particularmente os CBERS-1 e 2. Operam em órbita circular, quase polar, Sol-síncrona, altitude de 778 km, com cruzamento do equador às 10:30, e com órbita em recorrência de 26 dias. Dois sensores imageadores estão presentes nos três satélites: a câmera imageadora de alta resolução (CCD), com largura do campo de visada de 113 km, campo de visada instantâneo no terreno (GIFOV) de 20 m, cinco bandas espectrais (azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, e uma banda pancromática), com possibilidade de visada lateral de  $\pm 32^\circ$ ; e a câmera imageadora de amplo campo de visada (WFI), com largura do campo de visada de 890 km, campo de visada instantâneo (IFOV) de 260 m no nadir, e duas bandas espectrais (vermelho e infravermelho próximo).

Nas figuras 2 e 3, observam-se as características dos satélites CBERS, conforme a evolução tecnológica e as demandas do setor espacial.

Figura 2 - Características dos satélites CBERS

### Características dos Satélites CBERS

Missão China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, center/>						
Instituições Responsáveis	INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e CAST (Academia Chinesa de Tecnologia Espacial)					
País/Região	Brasil e China					
Satélite	CBERS-1	CBERS-2	CBERS-2B	CBERS-3	CBERS-4	CBERS-4A
Lançamento	14/10/1999	21/10/2003	19/09/2007	09/12/2013	12/07/2014	20/12/2019
Local de Lançamento	Centro de Lançamento de Taiyuan	Centro de Lançamento de Taiyuan	Centro de Lançamento de Taiyuan	Centro de Lançamento de Taiyuan	Centro de Lançamento de Taiyuan	Centro de Lançamento de Taiyuan
Veículo Lançador	Longa Marcha 4B	Longa Marcha 4	Longa Marcha 4	Longa Marcha 4	Longa Marcha 4	Longa Marcha 4B
Situação Atual	Inativo (agosto/2003)	Inativo (janeiro/2009)	Inativo (início de 2010)	Inativo (falha no lançamento)	Ativo	Ativo
Órbita	heliosíncrona	heliosíncrona	heliosíncrona	heliosíncrona	heliosíncrona	heliosíncrona
Altitude	778 Km	778 Km	778 Km	778 Km	778 Km	628,6 Km
Inclinação	98,504°	98,504°	98,504°	98,504°	98,504°	97,89°
Tempo de Duração da Órbita	100,26 min	100,26 min	100,26 min	100,26 min	100,26 min	s.d.
Horário de Passagem	10:30	10:30	10:30	10:30	10:30	10:30
Período de Revisita	26 dias	26 dias	26 dias	26 dias	26 dias	31 dias
Tempo de vida projetado	2 anos	2 anos	2 anos	3 anos	3 anos	5 anos
Instrumentos Sensores	CCD, IRMSS e WFI	CCD, IRMSS e WFI	CCD, HRC e WFI	PAN, MUX, IRS, e WFI	PAN, MUX, IRS, e WFI	MUX, WFI e WPM
s.d. = sem dados						

Fonte: Embrapa - <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/cbers>

Figura 3 - Diferenças entre os satélites da série CBERS

Diferenças entre os Satélites da 1ª e 2ª Geração			
Característica	1ª Geração		2ª Geração
	CBERS-1, 2 e 2B	CBERS-3 e 4	CBERS 04A
Massa total [kg]	1450	2080	1730
Potência gerada [W]	1100	2300	2100
Taxa de dados [Mbps/s]	100	300	900
Vida útil projetado [anos]	2	3	5
Altitude [km]	778	778	628,6
Dimensão do corpo do satélite (m)	1,8 x 2,0 x 2,2	1,8 x 2,0 x 2,5	1,8 x 2,0 x 2,6
Dimensão do painel solar (m)	6,3 x 2,6	6,3 x 2,6	6,3 x 2,6
Participação brasileira [%]	30	50	50

Fonte: INPE - <http://www.cbers.inpe.br/sobre/cbers04a.php>

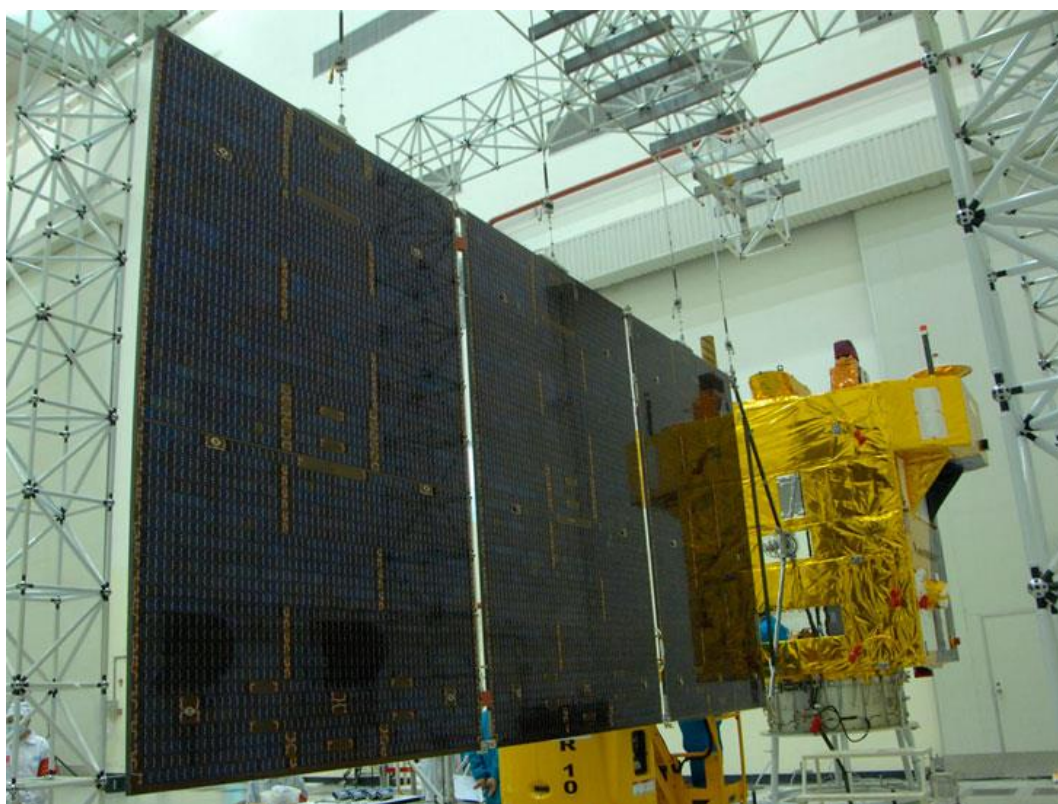
De acordo com o INPE (2022), a série CBERS de satélites de sensoriamento remoto trouxe avanços em aplicações espaciais ao Brasil. Atualmente, mais de 15 mil usuários estão cadastrados, representando cerca de 1.500 instituições. Já foram distribuídas gratuitamente milhares de imagens, usadas em diversas áreas, como controle do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal, além do monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas e crescimento urbano. O mais recente satélite da série é o CBERS-4A, lançado na China no dia 20 de dezembro de 2019, que deu continuidade ao fornecimento dessas imagens



Segundo o INPE (2022), os satélites CBERS-4 e CBERS-4A encontram-se plenamente operacionais, fornecendo diariamente imagens do território brasileiro e chinês. Cumpre o objetivo de apoiar, no Brasil, o controle do desmatamento e de queimadas na Amazônia Legal e outros biomas, o monitoramento de recursos hídricos, a produção e expansão agrícola, a cartografia, dentre outras aplicações.

A figura 4 mostra uma foto real do satélite montado e com o painel solar aberto. Como os satélites CBERS 3 e 4 são idênticos a figura é do satélite CBERS 4 (retirada do sítio do INPE).

Figura 4 - Satélite da série CBERS 3 e 4



Fonte: INPE - <http://www.cbears.inpe.br/sobre/cbers04a.php>

## 5.2 Amazonia 1

Segundo o INPE (2021), em relação ao Projeto Amazonia, de forma mais específica, trata-se de um desafio muito grande, tanto da parte tecnológica, quanto da parte de produtos que podem ser oferecidos ao usuário brasileiro. Sua importância reside em seu ineditismo. De acordo com informações do INPE, trata-se de um satélite plenamente projetado, construído e testado no Brasil, o que representa diversos desafios em diferentes áreas de projeto e execução.

No que concerne à sua carga útil, possui uma câmera para imageamento óptico. Sua importância tecnológica baseia-se em sua Plataforma Multi-Missão (PMM), que é a base do satélite. Trata-se de um módulo projetado para diversas utilizações, desde o sensoriamento remoto até missões científicas. Uma segunda vertente importante do satélite é o fato de o mesmo ter sido projetado para operar em diferentes órbitas, que podem variar de 600 km a 1200 km (INPE, 2021).

Quadro 3 – Dados relevantes sobre o satélite Amazonia 1

Dados	Característica
Números	O Amazonia 1 pesa cerca de 640 quilos, tendo 2,5 metros de altura e uma envergadura de aproximadamente 7,5 metros, com os painéis solares abertos. Ele possui dezenas de equipamentos a bordo, que são interconectados através de 4 quilômetros de cabos. Os painéis possuem mais de 6 metros quadrados de área, o que permite gerar uma potência da ordem de 1000 Watts, ao fim da vida útil (ou seja, gera mais que isso no início da missão).
Altitude e localização	O satélite foi colocado em uma órbita polar circular a uma altitude média de 760 quilômetros. Ele sempre passa sobre a linha do equador às 10:30 da manhã do horário solar local, para garantir que as condições de iluminação de uma dada imagem, sobre um dado local, sejam sempre as mesmas.
Velocidade e precisão de apontamento	Em órbita, o satélite viaja a quase 27.000 km por hora. A essa velocidade, ele leva apenas 100 minutos para dar uma volta na Terra. Mesmo voando tão rápido, a precisão do apontamento é melhor que 0,05 graus, devido ao seu controle em 3 eixos.
Cobertura e resolução das imagens	O Amazonia 1 pode cobrir todo o planeta a cada 5 dias. Se necessário, o satélite poderá ser manobrado para sobrevoar qualquer local da Terra em, no máximo, 2 dias. As imagens possuem resolução de 64 metros, com largura de visada de 866 quilômetros, gerando 50 megabits por segundo de dados.

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em informações do INPE (2021).

O INPE (2021), contextualiza que o projeto tem grande representatividade de ganho tecnológico, haja vista o ineditismo no desenvolvimento da estabilização em três eixos, tecnologia que o Brasil ainda não dominava. Outro ponto importante do satélite é sua

contribuição para a indústria e economia nacional, uma vez que, de acordo com o INPE, 70 por cento de todo o recurso utilizado em seu desenvolvimento foi aplicado na indústria brasileira.

Segundo o INPE (2021), diante do ineditismo alcançado pelo projeto, se justifica a importância de se analisar o ciclo de geração de conhecimento envolvido no desenvolvimento do Amazonia 1.

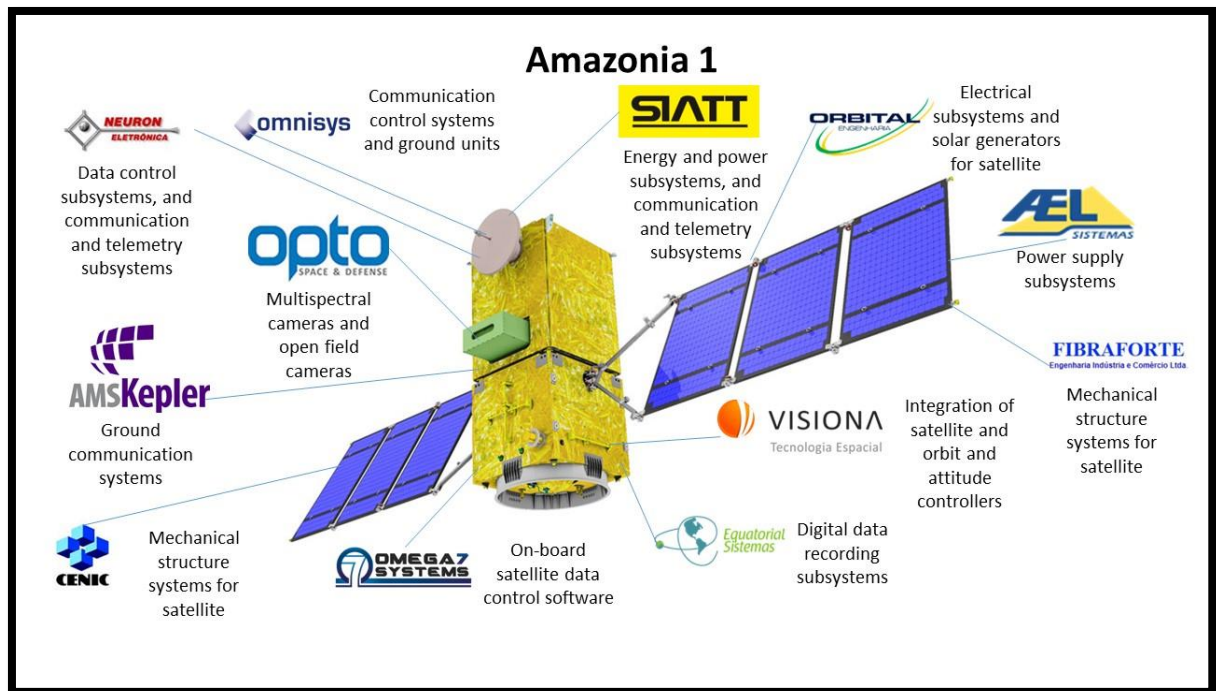
Conforme o INPE (2021), a PMM e o satélite Amazonia 1 representam um marco nas atividades de desenvolvimento tecnológico realizadas pelo INPE. O Amazonia 1 representa o domínio, pelo Brasil, do ciclo completo de desenvolvimento de satélites da classe de 500 kg estabilizados em seus três eixos. A Missão Amazonia 1, além da disponibilização de dados de sensoriamento remoto óptico, propicia a validação em órbita da PMM. Essa plataforma foi desenvolvida pelo INPE em parceria e com apoio da AEB. Agora validada, a PMM poderá servir de base para diferentes missões, cujas cargas úteis possam ser acomodadas nessa plataforma, sejam elas de sensoriamento remoto óptico ou radar, ou de outros tipos como, por exemplo, científicas.

Diante do exposto, o INPE (2021), mostrou que o reuso da PMM em novas missões espaciais propicia a redução de custos recorrentes de desenvolvimento de plataforma de serviço. Esse reuso contribui, ainda, para a sustentabilidade da indústria espacial brasileira, uma vez que uma cadência de projetos baseados na PMM poderá permitir frequentes encomendas junto à indústria nacional para o fornecimento dos equipamentos constituintes da plataforma (INPE, 2022).

De acordo com o INPE (2021), o Amazonia 1 permitiu, ainda, herança de voo para equipamentos e subsistemas de satélites inéditos desenvolvidos pela indústria nacional. Com a herança de voo, as empresas que desenvolveram tais subsistemas e equipamentos no Brasil terão oportunidade de atuar no competitivo mercado de provedores de equipamentos para uso no espaço.

Segundo o INPE (2021), os lançamentos dos satélites de sensoriamento remoto CBERS-4A, em dezembro de 2019, e Amazonia 1 em fevereiro de 2021, que se juntaram em órbita ao CBERS-4 (lançado em 2014), propiciam hoje ao Brasil um volume inédito de informação gerada do espaço por meios próprios ou compartilhados, a respeito de nossos territórios, ambiente e recursos naturais.

Figura 5 – Amazonia 1 e sua cadeia produtiva



Fonte: Apresentação do Presidente da AEB - Carlos Moura, 2021.

O sucesso e os resultados obtidos pelo Amazonia 1 implicam a qualificação espacial da PMM, concebida como uma plataforma capaz de atender os requisitos de uma diversidade de missões. Nesse contexto, são reduzidos de forma significativa, por meio de reuso de projeto, custos e prazos de desenvolvimento, ao mesmo tempo que se reduzem os riscos. A PMM está, portanto, disponível para atender a missões do Programa Espacial Brasileiro (PEB) (INPE, 2022).

### 5.3 VCUB 1

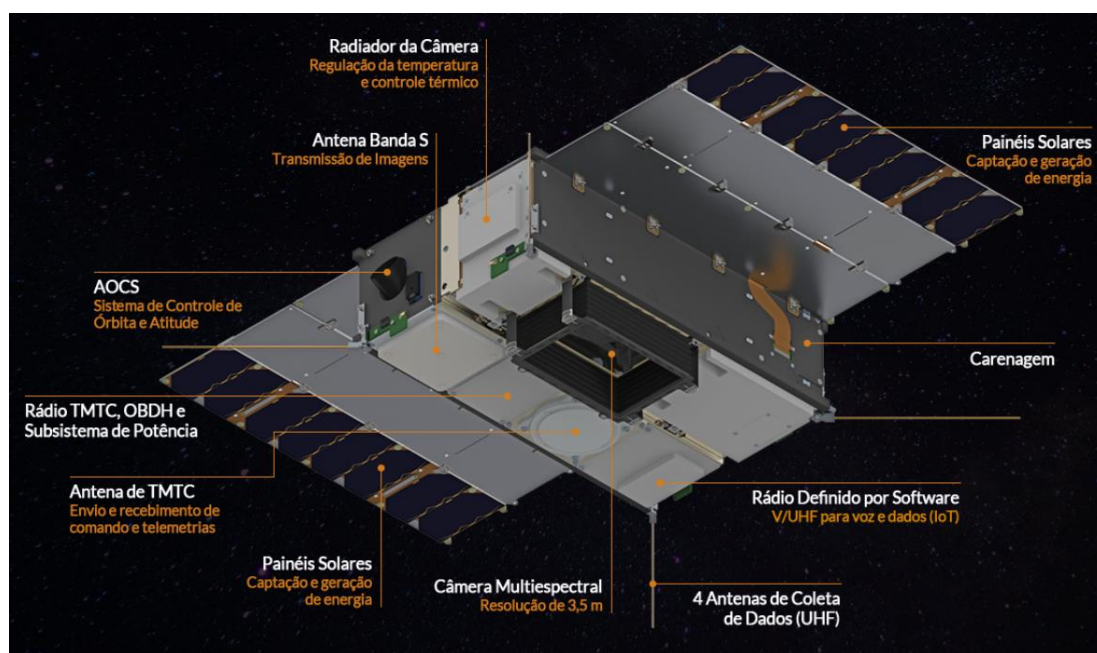
Entre os resultados de maior sucesso do *new space* estão os CubeSats. O conceito CubeSat foi proposto publicamente em 2000, com o primeiro CubeSat lançado em 2003 (Swartwout 2013). CubeSats são pequenos satélites em forma de cuboide, desenvolvidos em torno de múltiplos da unidade básica de volume de 10 cm × 10 cm × 10 cm, definida como 1U.

CubeSats abriram oportunidades de missões mais rápidas e baratas devido ao esforço de padronização feito especialmente com o dispensador ou implantador CubeSat, que foi gradualmente sendo aceito como carga secundária por várias agências de lançamento (MIRANDA, 2019).

Segundo o Miranda (2022), a missão de referência VCUB1 foi desenvolvida pela empresa espacial brasileira Visiona Space Technology S.A. O VCUB1 é um CubeSat de demonstração 6U com as dimensões totais de: 40 cm x 70 cm x 80 cm (com os painéis e demais apêndices todos abertos) e tem massa total de 11,5 kg. A participação brasileira no projeto é de 80% do investimento total foi feito no Brasil. O restante foi feito em equipamentos e serviços vindos exterior. A vida útil projetada é de 1 a 3 anos e atinge uma altitude de 500 km. Na figura 6 mostra a função de cada parte do satélite.

A espaçonave contém duas cargas úteis. Uma delas é uma câmera óptica multiespectral, dedicada ao sensoriamento remoto. A segunda é um rádio de coleta de dados baseado em matriz de portas programáveis, permitindo a comunicação de dados em banda estreita bidirecional. O satélite será colocado em órbita LEO *Sun-Synchronous* com uma média de 3 passagens diárias sobre o Brasil (MIRANDA, 2019).

Figura 6 - VCUB1



Fonte: Site Visiona: <https://www.visionaespaial.com.br/vcub>

Essa missão foi direcionada por ser de baixo custo, usando principalmente peças comerciais prontas para uso (COTS). Foi concebido como um projeto de P&D para validar em órbita algumas tecnologias de software da empresa. Portanto, a filosofia de gerenciamento de projetos está disposta a aceitar algum risco. O satélite será lançado como carga secundária, suscetível às oportunidades de lançamento do CubeSat disponíveis. Conseqüentemente, é uma missão típica do *new space* seguindo o padrão CubeSat.

De acordo com Miranda (2022), o VCUB1 possui a câmara de mais alta resolução do Brasil, e o satélite foi feito com 90% de recursos próprios e os outros 10% com ajuda do Estado. Um



projeto de uma empresa com em torno de 80 funcionário. O satélite está previsto para lançamento em abril de 2023.

Segue abaixo a figura 7 com a demonstração dos satélites brasileiros desde a primeira criação até 2021 (MIRANDA, 2021).

Figura 7 – Satélites brasileiros



Fonte: Danilo Miranda - Visiona, julho 2021

## 6. CONCLUSÃO

As atividades espaciais têm verificado uma ampliação no cenário internacional com utilização de plataformas modernas de menor porte e menor custo, abrindo uma janela de oportunidade que o Brasil pode vir a aproveitar nos próximos anos para se firmar entre os “players” internacionais no setor espacial. As iniciativas para o desenvolvimento de lançadores de pequeno porte têm crescido nos últimos anos e está associada à evolução do setor espacial global referenciado como “*new space*”.

Em resposta ao objetivo geral deste estudo citado na introdução que é compreender a nova dinâmica do setor espacial brasileiro, principalmente no relacionado ao comportamento das firmas que o compõem, dentro do novo paradigma tecnológico do setor espacial, o *new space* observa-se a contextualização de Tavares, Kretzer e Medeiros (2005), citados na página 20 deste estudo, que para consolidar um novo paradigma é preciso atingir três condições: (a) redução de custos; (b) crescimento rápido da oferta, explicitando a inexistência de barreiras no longo prazo aos investidores; (c) apresentar claramente um potencial para uso ou incorporação

desta tecnologia em vários processos e produtos dentro do sistema econômico. Pode-se afirmar que vivenciamos um novo paradigma com o *new space* porque o PEB atinge as três condições exigidas.

Nos objetivos específicos, o primeiro foi definir o paradigma tecnológico atual do setor espacial brasileiro. Observa-se que ainda se vivencia o *traditional space* complementado pelo novo paradigma tecnológico *new space*; no segundo objetivo, específico foi traçada uma linha do tempo com trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro. Analisou-se a evolução tecnológica do setor espacial brasileiro, mostrando uma grande transformação mesmo com recursos tão pequenos.

Já no terceiro objetivo, com a comparação do *traditional space* com o *new space*, observa-se que ambos se complementam em diversas áreas. O *new space* tem um grande potencial para colocar as firmas brasileiras no mercado espacial tanto nacional como internacionalmente.

Quanto ao quarto objetivo, analisar de que maneira as empresas internalizam o *new space*, pode-se afirmar que as empresas reconhecem que o Brasil entrou nesse novo espaço um pouco mais tarde do que as grandes potências, mas estão na corrida contra o tempo. Busca-se um maior incentivo do Estado para que o Brasil avance no setor espacial.

Diante do exposto, ao apresentar a estrutura industrial do setor espacial, pode-se afirmar que os satélites de pequeno porte abrem oportunidades para os países em desenvolvimento. Esses satélites têm um custo muito menor, tanto para sua construção quanto para o lançamento, do que os satélites tradicionais e podem ser utilizados em diversas vertentes de aplicações, como sensoriamento remoto, observação da Terra, comunicações, navegação entre outros. Observando que os países em desenvolvimento, às vezes, deixam de avançar na corrida espacial por não possuírem um recurso favorável para investir no setor espacial.

Desta forma, observa-se que o “*new space*” é o resultado do surgimento de novos modelos de negócios e da progressiva transformação do modo tradicional de conduzir as atividades do setor espacial. São oportunidades para o desenvolvimento econômico do país e a evolução tecnológica com inovações em um novo paradigma.

Na comparação dos satélites de grande, médio e pequeno porte, observa-se uma série de vantagens nos satélites de pequeno porte. Primeiro, devido à flexibilidade que os satélites pequenos têm em termos de tempo de resposta mais curto para produção, lançamento e operação, o que significa que podem ser implantados mais rapidamente em resposta a uma crise ou emergência. Em segundo, eles fornecem um ponto de entrada acessível no setor espacial para países com orçamentos limitados. Em terceiro, eles podem ser usados para desenvolver a

capacidade nativa de um país em termos de projeto, fabricação e operação. Em quarto, os satélites de pequeno porte podem ser utilizados para desenvolver e testar novas tecnologias e aplicações, que podem então ser transferidas para satélites maiores. Em resumo, eles podem fazer a diferença fornecendo capacidade de monitorar seus próprios recursos e interagindo com todo o mundo.

No quadro 4, comparam-se algumas das principais características do CBERS 4A, do Amazonia 1 e do VCUB1. Observa-se no primeiro ponto a internalização do *new space* com diferença do tamanho e massa total dos satélites. Enquanto o CBERS 04A pesa 1.730 kg, o VCUB1 pesa cerca de 12 kg. Desta forma, esse é um ganho muito grande com a redução dos custos. Mas, para cobrir todo campo de visão que o CBERS pega teríamos que colocar vários VCUB's para captar a imagem do mesmo campo. Isso traria mais políticas públicas, mais empregos e geraria uma maior economia para o País.

Quadro 4 – Comparação dos satélites CBERS, Amazonia 1 e VCUB1

<b>Comparação entre os satélites</b>			
<b>Características</b>	<b>CBERS 04A</b>	<b>AMAZONIA1</b>	<b>VCUB 1</b>
<b>Massa total (Kg)</b>	1730	640	11.5 kg
<b>Potência gerada (W)</b>	2100	1000	70
<b>Taxa de dados</b>	900 Mbps/s	~50Mbps	TC 256 kbps, TM 1 Mbps, Downlink de Imagens 5 Mbps
<b>Vida útil projetado (anos)</b>	5	4	1 a 3 anos
<b>Altitude (Km)</b>	628,6	750	500
<b>Dimensão do corpo do satélite com painel solar (m)</b>	1,8 x 2,0 x 2,6 x 6,3	2,6 x 1,7 x 7,7	40 cm x 70 cm x 80 cm
<b>Parceria internacional</b>	China	-	-
<b>Participação brasileira (%)</b>	50	100	100

Fonte: Elaborado pela autora com base em informações do INPE (2022) e da fonte primária do VCUB1.

Por fim, a trajetória tecnológica do setor espacial brasileiro teve uma grande evolução que vivência um novo paradigma. É importante citar que a mudança da dinâmica do *traditional space* para o *new space* se deu através do aumento da participação das firmas, com recursos próprios, que introduziram uma nova forma de fazer as coisas e com mudança de mentalidade a esse novo formato dos projetos: menores, mais baratos e com menos risco.



## 7. REFERÊNCIAS

AEB. Programa Nacional de Atividades Espaciais: PNAE: 2022 - 2031. Brasília: Agência Espacial Brasileira, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/programa-nacional-de-atividades-espaciais>. Acesso em 08 de outubro de 2022.

AEB, Acordo de Salvaguardas Tecnológicas. Agência Espacial Brasileira: 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/acordo-de-salvaguardas-tecnologicas>. Acesso em 08 de outubro de 2022.

Berger, Eric. 2017. How America's two greatest rocket companies battled from the beginning. *ArsTechnica*, 2 August 2017. <https://arstechnica.com/science/2017/08/how-americas-two-greatest-rocket-companies-battled-from-the-beginning/>. Acesso em outubro de 2022.

BRASIL. Decreto no 1.953, de 10 de julho de 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1996/d1953.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1953.htm). Acesso em 10 de outubro de 2022. BRESCHI, S.; MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and schumpeterian patterns of innovation. In: *The Economic Journal*, 110 (April), 388-410, 2000.

Chaikin, Andrew. 2012. Is SpaceX Changing the Rocket Equation?, *Air & Space*, January 2012, <https://www.airspacemag.com/space/is-spacex-changing-the-rocket-equation-132285884/?all>. Acesso em outubro de 2022.

COSTA FILHO, E. J. A política científica e tecnológica no setor aeroespacial brasileiro: da institucionalização das atividades ao fim da gestão militar – uma análise do período 1961-1996. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) –Unicamp, Campinas, 2000. Disponível em <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286730>. Acesso em: 20 jul 2020.

DOSI, G. *Mudança técnica e Transformação Industrial*. Campinas: Ed. Unicamp, 2006.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, vol. 11, n. 3, 1982.

DOSI, G. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. et al (Eds.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter, 1988.

FMI. WEO, abril 2017. Disponível em: <https://www.imf.org/external/datamapper/datasets/WEO>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustmet: business cycles and investment behaviour. In: Dosi, G. et all. *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter Publishers, 1988.

GIL, A.C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6a edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2018. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cbbers3-4.php>. Acesso em: 08 de outubro de 2022.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Descritivo da Missão e do Satélite. 2021. Disponível em: [http://www.inpe.br/amazonia1/arquivos/A800000-DDD-001\\_v01-AMAZONIA\\_1-Descritivo\\_da\\_Missao\\_e\\_do\\_Satelite.pdf](http://www.inpe.br/amazonia1/arquivos/A800000-DDD-001_v01-AMAZONIA_1-Descritivo_da_Missao_e_do_Satelite.pdf)
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Plano Diretor. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/repositorio-de-arquivos/plano-diretor-2022-2026.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.
- KUPFER, D. Uma abordagem neo-schumpeteriana da competitividade industrial. In: Ensaios FEE. Ano 17, n.1. 1996.
- LA ROVERE, Renata Lebre. Paradigmas e trajetórias tecnológicas. In: PELAEZ, Victor; SZMRECSÁYI, Tamás. Economia da Inovação Tecnológica. São Paulo: HUCITEC, 2006.
- LEMOS, C. Inovação da era do conhecimento. In: Lastres, H. M. M.; Albagi, S. (Orgs) Informação e globalização na era do conhecimento. Rio de Janeiro, 1999. Reproduzido em Revista Parcerias Estratégicas. Brasília, Centro de Estudos Estratégicos, n.8, p. 157-79, maio de 2000.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological Regimes and Firm Behavior. In: Industrial and Corporate Change, v.2, n.1, 1993.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities. In: Industrial and Corporate Change, v.6, n.1, 1997.
- MELO, M. C. S.; Trajetória Tecnológica do Setor de Telecomunicações no Brasil: A Tecnologia VoIP, Florianópolis, UFSC, 2008.
- MELO, M. C. S.; FREITAS, L. H. M. Uma tentativa de mensurar o retorno do investimento público no setor espacial brasileiro. Tesouro Nacional. Caderno de Finanças Públicas, Brasília, v. 21, n. 2, p. 1-33, sep. 2021.
- MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2004.
- MIRANDA, D. J. F.; FERREIRA, M.; Kucinskis, F.; MCCOMAS, D. A Comparative Survey on Flight Software Frameworks for ‘New Space’ Nanosatellite Missions. J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, v11, e4619, 2019.
- MIRANDA, D. Gerente do projeto VCUB1. Entrevista não estruturada em novembro de 2022.
- MOURA, C. A. T. Presidente da Agência Espacial Brasileira. Entrevista não estruturada em novembro de 2022.

NELSON, R. As fontes do crescimento Econômico. Unicamp, 2006.

NELSON, R; WINTER, S.G. An evolutionary theory of economic change. Estados Unidos: Harvard U. P, 1982.

NELSON, R; WINTER, S. Uma teoria evolucionária da mudança econômica. Unicamp, 2006.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. 2016. Space and Innovation. <http://www.oecd.org/futures/space-and-innovation-9789264264014-en.htm>

PAVITT, K. Sectors Patterns of Technical Change: Toward a Taxonomy and Theory. Research Policy, n.13, PP. 343-373, 1984.

POSSAS, M.L. Dinâmica da Economia Capitalista: abordagem teórica. São Paulo: Brasiliense, 1987.

RIBEIRO, L. D. Avaliação do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais. FGV, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, 2007.

ROSENBERG, Nathan, Inside the black box. United Kingdom: Cambridge University Press, 1982.

SWARTWOUT, M (2013) The first one hundred CubeSats: a statistical look. Journal of Small Satellites 2(2):213-233.

SCHUMPETER, J.A. Teoria do desenvolvimento econômico. São Paulo: Abril Cultura, 1982.

SCHUMPETER, J. Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS (SAE). Desafios do programa espacial brasileiro. Brasília: Presidência da República do Brasil, 2011.

STANLEY, M, Space: Investing in the final frontier. <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>. Acesso em 22 de julho de 2020.

TAVARES, P.V.; KRETZER, J.; MEDEIROS, N. Economia Neoschumpeteriana: expoentes evolucionários e desafios endógenos da indústria brasileira. Revista: Economia Ensaios, vol 19, n.3, dez/2005.

TUGNOLI, M; SARRET, M. E ALIBERTI, M. European access to space: business and policy perspectives on micro launchers. Springer. 2018

VELLASCO, F.M. M. O desenvolvimento da Indústria Espacial Brasileira: Uma Abordagem Institucional, Brasília, ENAP, 2019.

WAKIMOTO, TAKUYA. 2018. How to reduce US space expenses through competitive and cooperative approaches. The Space Review, 22 January 2018, <http://www.thespacereview.com/article/3412/1>. Acesso em agosto de 2022.