



Universidade de Brasília

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

Élison Montagner

**Fatores do Desempenho do Brasil no Mercado de *Downstream* do
Sensoriamento Remoto Orbital**

Brasília/DF

2025

Élison Montagner

**Fatores do Desempenho do Brasil no Mercado de *Downstream* do
Sensoriamento Remoto Orbital**

Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado Profissional em Economia da
Universidade de Brasília, como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre em
Economia

Orientadora: Dra. Michele Cristina Silva Melo

Brasília/DF

2025

Élison Montagner

**Fatores do Desempenho do Brasil no Mercado de *Downstream* do
Sensoriamento Remoto Orbital**

Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado Profissional em Economia da
Universidade de Brasília, como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre em
Economia

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Andrea Felipe Cabello – Universidade de Brasília (UnB)

Prof. Dr. Ivan Carlos Soares de Oliveira – Escola Superior de Defesa (ESD)

*A minha esposa Ângela,
Ao meu filho Felipe,
Meus amores eternos e
Razão dos meus sonhos!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade disponibilizada pela Agência Espacial Brasileira (AEB), pela Escola Superior de Defesa (ESD) e pela Universidade de Brasília (UnB) na criação e condução do Mestrado Profissional de Economia com área de concentração em Economia da Defesa e Espacial.

Meus agradecimentos a todos os professores e setor administrativo da UnB/FACE e da ESD que contribuíram significativamente na transmissão dos conhecimentos e na elaboração deste trabalho.

Meu reconhecimento e gratidão ao Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira pela coordenação e especial atenção dada ao longo de todas as fases do curso.

Agradecimentos à Prof. Dra. Andrea Felipe Cabello (UnB) e ao Prof. Dr. Ivan Carlos Soares de Oliveira (ESD) pela deferência e colaboração para este trabalho.

Especiais agradecimentos à Dra. Michele Cristina Silva Melo por sua pronta disponibilidade, empenho e firme orientação, a quem devo a viabilização deste trabalho.

Saudosos agradecimentos a todos os colegas do Curso de Mestrado pela parceria e solidariedade ao longo desses dois agradáveis e produtivos anos.

RESUMO

Este trabalho analisa os fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de *downstream* do Sensoriamento Remoto Orbital (dSRO). Objetiva-se identificar os desafios e oportunidades para aumentar a participação do país nesse mercado, propondo recomendações de políticas públicas e estratégias empresariais. Justifica-se pela relevância do dSRO para a economia, defesa e desenvolvimento tecnológico, bem como pela necessidade de superar a modesta participação brasileira no mercado global. A metodologia adotada combina revisão bibliográfica abrangente e análise qualitativa de dados. Os resultados demonstram que o desempenho do Brasil é influenciado por fatores econômicos, tecnológicos, políticos, regulatórios e institucionais, como a falta de investimentos, a complexidade regulatória e a dependência de tecnologias estrangeiras. A crescente demanda por informações geoespaciais, o avanço da IA e a conscientização sobre a sustentabilidade oferecem oportunidades para o Brasil. Conclui-se que o país possui potencial para expandir sua atuação no mercado de dSRO, desde que invista em infraestrutura, capacitação, pesquisa e um ambiente de negócios favorável. A análise contribui para o conhecimento sobre o mercado de dSRO no Brasil e para o desenvolvimento de um setor espacial mais forte e competitivo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto Orbital; Setor Espacial Brasileiro; Observação da Terra.

ABSTRACT

This study analyzes the factors influencing Brazil's performance in the downstream market of Orbital Remote Sensing (dSRO). It aims to identify challenges and opportunities to increase the country's participation in this market, proposing recommendations for public policies and business strategies. It is justified by the relevance of dSRO to the economy, defense, and technological development, as well as the need to overcome Brazil's modest participation in the global market. The methodology adopted combines a comprehensive literature review and qualitative data analysis. The results demonstrate that Brazil's performance is influenced by economic, technological, political, regulatory, and institutional factors, such as lack of investment, regulatory complexity, and dependence on foreign technologies. The increasing demand for geospatial information, the advancement of AI, and awareness of sustainability offer opportunities for Brazil. It concludes that the country has the potential to expand its role in the dSRO market, provided it invests in infrastructure, training, research, and a favorable business environment. The analysis contributes to the knowledge about the dSRO market in Brazil and to the development of a stronger and more competitive space sector.

Keywords: Orbital Remote Sensing; Brazilian Space Sector; Earth Observation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1	A Economia Espacial	14
2.2	Setor Espacial Brasileiro	21
2.3	O Segmento dSRO	25
3	O MERCADO DE <i>DOWNSTREAM</i> DO SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL (dSRO)	30
3.1	Evolução da Demanda por Imagens Satélite no Brasil	30
3.2	Desafios e Limitações.....	32
3.3	Estrutura do Mercado de dSRO	36
3.4	Fatores de Produção Envolvidos nos Processos	38
3.5	Aplicações Multidisciplinares	39
3.6	Aspectos Econômicos e de Gestão	43
3.7	Importância Econômica e Valor de Mercado.....	44
3.8	Avanços Tecnológicos e Tendências:.....	46
3.9	Desafios Regionais e Participação do Brasil	47
3.10	Perspectivas Futuras:	56
4	DISCUSSÃO.....	62
4.1	Síntese dos Principais Pontos.....	62
4.2	Análise Crítica.....	63
4.3	Comparações com a Literatura Existente	64
4.4	Interpretação dos Resultados.....	66
4.5	Implicações Práticas	67
4.6	Limitações dos Estudos Conduzidos	69

4.7	Sugestões para Pesquisas Futuras	69
5	CONCLUSÃO	71
5.1	Considerações Finais	74

1 INTRODUÇÃO

O Espaço tornou-se uma parte integral do cotidiano da sociedade. Os meios espaciais formam uma infraestrutura invisível que a maioria das pessoas assumem como disponível e garantida. Sellers *et al.* (2004) afirma que um cidadão norte americano médio utiliza o espaço por volta de nove vezes por dia, normalmente sem se dar conta disso. O Espaço fornece televisão, rádio, informações meteorológicas, geolocalização, capacidades para navegação, informação e imagens para os jornais, INTERNET e telefonia, dentre outros serviços. (Fisk, 2008; Sellers et al., 2004)

O setor espacial é um setor da economia que envolve atividades relacionadas à exploração e uso do espaço, como o lançamento e operação de satélites, foguetes, sondas, estações espaciais, dentre outros. Este mercado está relacionado com a crescente indústria comercial e econômica que vem movimentando bilhões de dólares no mundo e gerando oportunidades e negócios em diversos segmentos da economia, como comunicações, geolocalização, monitoramento, mineração, turismo, logística, seguros, etc. (OECD, 2019). Trata-se de um mercado com uma forte interdependência dos relacionamentos entre os setores privados e públicos, sofrendo influência das políticas públicas, seja por ter o governo como um dos seus principais investidores e cliente, seja por ter os custos e seu desenvolvimento afetados por tais políticas.

O Sensoriamento Remoto Orbital (SRO) emerge como uma tecnologia estratégica dentro do Setor Espacial, desempenhando papel central na coleta, processamento e disseminação de informações geoespaciais. Integrado no segmento de *downstream* de satélites de Observação da Terra (OT), o SRO conecta dados capturados por satélite com aplicações práticas que impulsionam diversos outros setores produtivos. Este trabalho se propõe a analisar os fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de *downstream* do Sensoriamento Remoto Orbital (dSRO), um setor em expansão que oferece oportunidades significativas para o desenvolvimento econômico e tecnológico do país.

O dSRO é um mercado especializado do setor espacial que emprega técnicas de obtenção de informações sobre a superfície terrestre a partir de sensores instalados em satélites posicionados na órbita terrestre. Esses sensores captam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos na Terra, em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. As imagens geradas pelos sensores podem ser usadas para diversos fins, gerando produtos que fomentam um

mercado amplo e específico. Algumas vantagens do SRO em relação a outros métodos de coleta de dados estão relacionadas à capacidade de cobertura de grandes áreas, a frequência de revisita, a relação custo e benefício dos produtos obtidos e a segurança no processo de sensoriamento.(Borges; Pachêco; Santos, 2015)

A economia espacial, impulsionada por avanços tecnológicos e investimentos crescentes, tem se mostrado um campo fértil para a inovação e o crescimento econômico. O mercado de dSRO, em particular, tem ganhado destaque devido à sua capacidade de fornecer dados e informações cruciais para diversas aplicações, como monitoramento ambiental, agricultura de precisão, planejamento urbano, defesa e segurança. O Brasil tem acesso à tecnologia e aos produtos gerados pelos satélites, disponíveis no mercado mundial e conta com um Sistema Nacional de Inovação (SNI) que contribui para a inovação no setor. No entanto, apesar de haver demanda e disponibilidade dos produtos do dSRO, a participação do Brasil nesse mercado ainda é modesta, o que levanta questões sobre os fatores que limitam o seu desempenho e as oportunidades que podem ser exploradas.

Nesse contexto, esta dissertação busca responder às seguintes questões centrais:

- Quais são os principais fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de dSRO?
- Como a estrutura do setor espacial brasileiro e as políticas públicas afetam a competitividade do país nesse mercado?
- Quais são os desafios e oportunidades que o Brasil enfrenta para aumentar a sua participação no mercado de dSRO?

Para responder a essas questões, este trabalho se propõe a analisar a cadeia de valor do dSRO, desde a aquisição de dados até a entrega de serviços e produtos aos usuários finais. Serão investigados os fatores de produção envolvidos nos processos, as aplicações multidisciplinares do dSRO, os aspectos econômicos e de gestão, a importância econômica e o valor de mercado, os avanços tecnológicos e as tendências, os desafios regionais e a participação do Brasil, além de desafios institucionais e governamentais.

O Brasil tem participação no mercado mundial de dSRO próximo a 1,5% como será explicitado no Capítulo 3. A presente dissertação argumenta que o desempenho do Brasil no mercado de dSRO é influenciado por uma combinação de fatores

econômicos, tecnológicos, políticos, regulatórios e institucionais. A falta de investimentos consistentes, a complexidade regulatória, a burocracia, a concorrência internacional e a dependência de tecnologias estrangeiras são fatores que limitam o desenvolvimento do setor. No entanto, a crescente demanda por informações geoespaciais, o avanço da tecnologia de IA e a conscientização sobre a sustentabilidade oferecem oportunidades para o Brasil aumentar sua participação no mercado de dSRO.

Para aproveitar essas oportunidades, é necessário que o país invista em infraestrutura, capacitação tecnológica, pesquisa e desenvolvimento, e crie um ambiente de negócios favorável à inovação. A criação da empresa pública ALADA, mencionada no Capítulo 2, pode ser um passo importante para impulsionar o setor espacial brasileiro, atraindo recursos privados e coordenando projetos aeroespaciais de interesse nacional.

Além disso, a dissertação argumenta que o Brasil precisa fortalecer a sua capacidade de produção de dados e serviços de dSRO, por meio do desenvolvimento de tecnologias nacionais e da formação de profissionais qualificados. A cooperação internacional também é fundamental para o desenvolvimento do setor espacial brasileiro, permitindo o acesso a tecnologias e conhecimentos que não estão disponíveis no país.

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos, que se articulam para construir o argumento central e responder às questões de pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, com a revisão da literatura sobre economia espacial, mercado de dSRO e os fatores que influenciam o desempenho dos países nesse mercado.

O Capítulo 3 apresenta a análise do mercado de dSRO, com a identificação dos principais atores, as dinâmicas de mercado e os desafios e oportunidades que o Brasil enfrenta.

O Capítulo 4 apresenta a discussão dos resultados, com a análise dos dados coletados e a sua relação com a literatura existente.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões, com a síntese dos principais achados, as implicações práticas e as recomendações para futuras pesquisas.

Espera-se que esta dissertação contribua para o avanço do conhecimento sobre o mercado de dSRO no Brasil e para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias empresariais que impulsionem o setor espacial brasileiro.

A análise inicial dos desafios e oportunidades relacionados ao tema revela que o Brasil possui um grande potencial para se tornar um *player* relevante no mercado de dSRO. O país possui um vasto território, uma economia diversificada e uma crescente demanda por informações geoespaciais. No entanto, para aproveitar esse potencial, é necessário superar os desafios existentes e criar um ambiente de negócios favorável à inovação e ao crescimento do setor espacial.

Este capítulo introdutório estabelece o escopo e a direção da dissertação, fornecendo um panorama abrangente da pesquisa e direcionando o leitor diretamente aos objetivos do estudo. Acredita-se que a análise dos fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de dSRO possa contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias empresariais que impulsionem o setor espacial brasileiro e contribuam para o crescimento econômico, a autonomia tecnológica e a segurança nacional do país.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo vamos estabelecer uma base conceitual para a análise do mercado de *downstream*¹ de Sensoriamento Remoto Orbital² (dSRO), abordando as teorias e estudos que elucidam as características econômicas e tecnológicas desse setor. Com a demanda crescente por geoinformação obtida através de sensores no espaço há um avanço nas tecnologias e na participação de empresas privadas o que tem ampliado a dinâmica e importância econômica desse mercado. Este capítulo apresentará um arcabouço teórico que sustentará a análise subsequente e fornecerá aspectos para a compreensão dos desafios e oportunidades do setor.

2.1 A Economia Espacial

A economia espacial é composta por atividades econômicas relacionadas ao espaço, incluindo o uso comercial e a exploração de recursos espaciais, o desenvolvimento e lançamento de satélites, a fabricação e operação de veículos espaciais, a prestação de serviços espaciais e a pesquisa científica do espaço.

O mercado espacial é o principal componente da economia espacial, é onde ocorrem as interações comerciais. Sob um olhar histórico, verifica-se que primeiro mercado espacial que foi explorado economicamente foi o de telecomunicações (anos de 1960), caracterizando a comercialização o investimento de empresas privadas com seus próprios capitais de risco ou uso de *debt funding*³ para prover serviços ao setor privado (Peeters, 2021).

Dos anos de 1960 para hoje muita evolução ocorreu, levando a economia espacial global a uma avaliação de USD 596 bilhões em 2024 com projeção para USD

¹O termo "*downstream*" refere-se às atividades que ocorrem na fase posterior da cadeia de valor da indústria espacial. Essas atividades estão relacionadas ao uso e aplicação dos dados e serviços derivados do espaço, incluindo satélites e suas tecnologias associadas

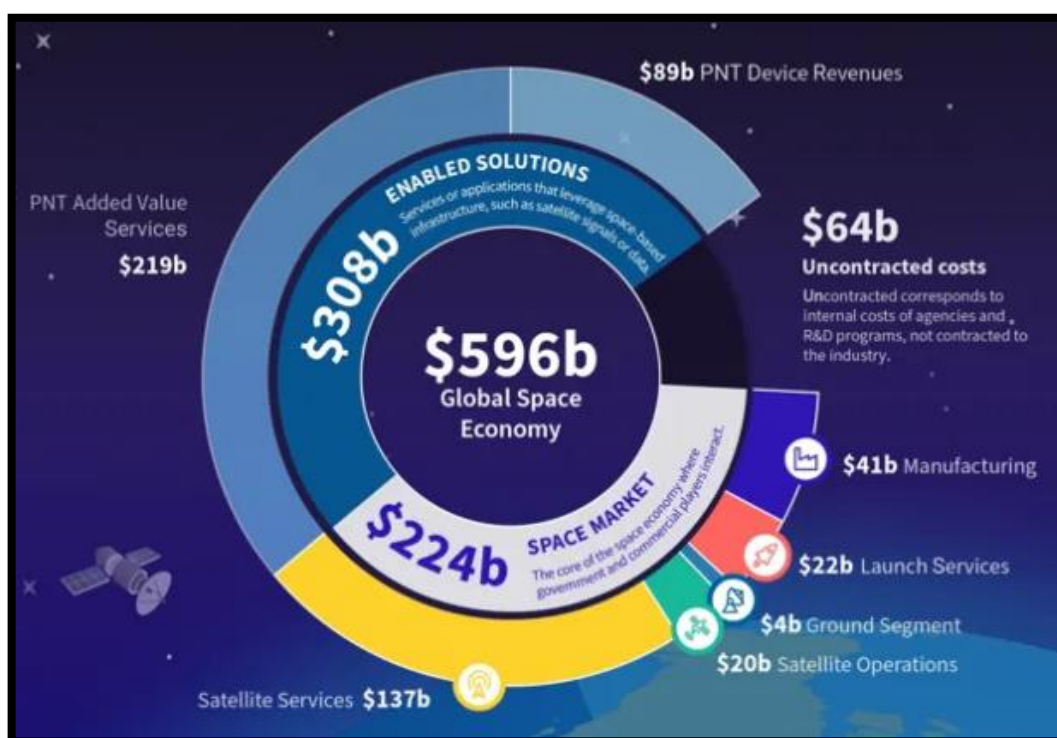
² Sensoriamento Remoto Orbital: sistema de coleta de dados que emprega um conjunto de técnicas que tem como objetivo a obtenção de dados e informações acerca de objeto, áreas de interesse ou fenômeno na superfície terrestre sem que haja contato físico com o mesmo. É basicamente composto por um segmento espacial e um segmento terrestre.

³ *Debt funding*, em português "financiamento por dívida," é uma forma de captação de recursos utilizada por empresas, organizações e indivíduos para obter financiamento através de empréstimos. Nesse tipo de financiamento, o tomador de recursos (geralmente uma empresa ou governo) emite títulos de dívida, como títulos, notas promissórias ou obrigações, para levantar dinheiro junto a investidores ou instituições financeiras.

944 bilhões em 2033, abrangendo desde serviços de satélite e lançamentos até aplicações de telecomunicações e sensoriamento remoto com o uso das tecnologias espaciais⁴ (NOVASPACE, 2025a).

O crescimento da economia espacial pode ser atribuído a um complexo e multifacetado fenômeno gerado por avanços tecnológicos, ações governamentais, necessidades de aplicações em Defesa e projetos comerciais privados. (Punnala et al., 2024)

O dimensionamento da economia espacial global e suas subdivisões estão projetadas na Figura 1, onde verifica-se que seu valor total é composto pelos valores dos serviços ou aplicações que se utilizam da infraestrutura baseada no espaço, como sinal de satélite ou dados (\$308b - 52%), pelo mercado espacial (\$224b - 38%) e pelos custos de agências governamentais e programas de P&D (\$64b - 10%). (NOVASPACE, 2025b)



⁴ O termo “tecnologias espaciais” refere-se a equipamentos projetados para missões espaciais e outras tecnologias relacionadas para uso no espaço e, em geral, a indústria espacial está dividida em 2 segmentos principais: upstream (fabricação, lançamento, segmento terrestre) e downstream (serviços satélite e operações satelitais).

Figura 1 - Dimensionamento da Economia Espacial em 2024 (NOVASPACE, 2025b).

O mercado espacial corresponde a 38% da economia espacial global e pode ser segmentado de acordo com as suas aplicações, conforme apontado na Figura 1. A maior fatia do mercado espacial é representada pelos serviços de satélites (faixa amarela representada na Figura 1), ou seja, são os produtos disponibilizados pelo satélite após ser fabricado e lançado e durante sua operação e manutenção.

Os serviços de satélite e as operações de satélites fazem parte da indústria de *downstream* do mercado espacial. Essa indústria do *downstream* está atualmente avaliada em USD 157 bilhões. As aplicações dos produtos disponibilizados pelo *downstream* estão elencadas na Figura 2, nela pode-se observar que a participação maior no mercado é de SATCOM (Comunicações por Satélite – 88%), Navegação por Satélite (7%) e de OT (Observação da Terra ou dSRO - 4%) (NOVASPACE, 2025b). Dessa forma, pode-se inferir que a participação do dSRO no mercado espacial global é de USD 6,28 bilhões, o que representa 1,05% da economia espacial global atual. Projeções indicam que o dSRO deverá alcançar o valor de USD 7,7 bilhões até 2032 (Filotico, 2024).

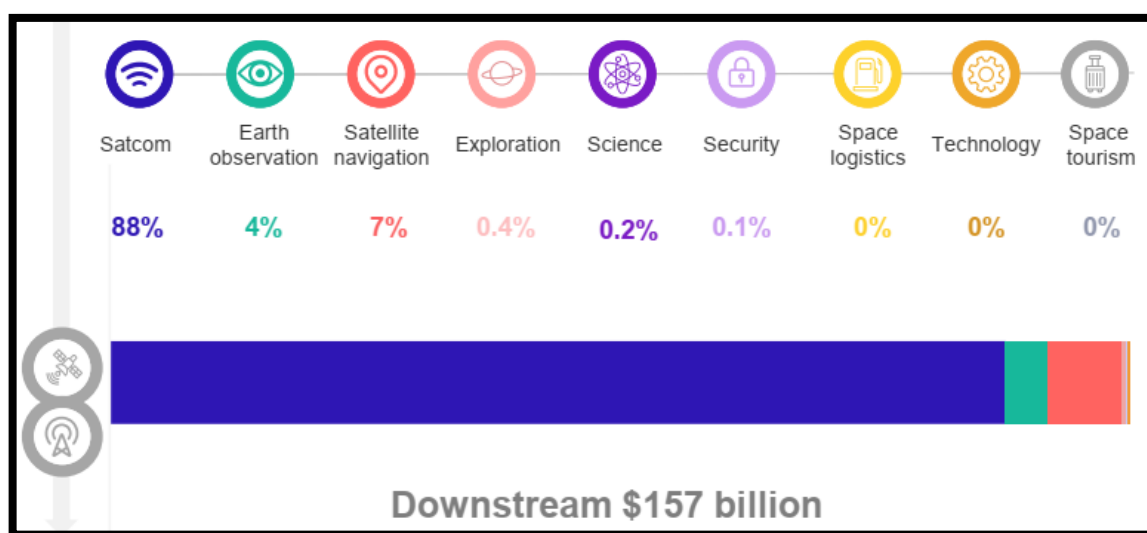


Figura 2 - Indústria de Downstream por aplicação (NOVASPACE, 2025b).

O desenvolvimento da tecnologia espacial ocorre de modo matricial, ou transversal, atingindo áreas como aviação, P&D, agricultura, pesca, monitoramento de áreas de interesse, comunicação digital, exploração geológica, transporte, defesa, serviços de emergência e resposta a desastres, dentre outros. Dessa amplitude de impactos deriva a importância econômica do setor pois tem o potencial de gerar

*spillovers*⁵ tecnológicos e de inovação em diversos outros setores (Melo; Freitas, 2021).

Dessa forma, novos segmentos de mercado estão surgindo. As viagens espaciais tripuladas, turismo espacial, exploração e mineração de asteroides, dentre outros, tem crescido em importância, mas com baixa participação na Economia Espacial até o momento (NOVASPACE, 2025b).

Os dados gerados pelo dSRO permitem a criação de diversas aplicações. A disponibilização das aplicações tem uma dinâmica bastante estudada dentro dos ciclos das inovações. Buscando representar graficamente a maturidade da adoção de novas tecnologias e novas aplicações a Gartner Inc.⁶ gerou o *Gartner Hype Cycles*, um método de elaboração gráfica que responde o quão uma inovação é potencialmente relevante para resolver problemas reais ou para explorar novas oportunidades (Gartner, 2025).

A partir da metodologia do *Gartner Hype Cycles*, Ravichadran (2023) realizou uma análise no mercado OT abordando tanto as perspectivas de inovações tecnológicas quanto as de adoção de novas aplicações. O autor utilizou os critérios de Investimento (quantidade de fundos obtidos do setor privado), de Adoção (nível de adoção da tecnologia pelos usuários finais) e de Hype (nível de atenção que a inovação gerou no setor de OT). Ravichadran (2023) publicou dois gráficos, o Gráfico 1 aborda as inovações tecnológicas e o Gráfico 2 a adoção em aplicações das inovações tecnológicas.

⁵ *Spillovers*, em economia, referem-se aos efeitos indiretos ou externos que uma atividade econômica ou política pode ter sobre outras atividades, setores ou países. Esses efeitos ocorrem quando uma mudança em uma variável econômica ou uma decisão em um setor específico causa impactos em outros setores ou áreas que não estão diretamente envolvidos naquela atividade ou decisão

⁶ A Gartner, Inc. é uma empresa global de pesquisa e consultoria que fornece *insights*, análises e ferramentas para líderes de negócios e tecnologia tomarem decisões mais informadas. A empresa oferece uma ampla gama de serviços, incluindo pesquisa de mercado, consultoria, eventos e análises preditivas, abrangendo diversas indústrias e funções de negócios. A Gartner é conhecida por seus "Quadrantes Mágicos" e "*Hype Cycles*", que ajudam a avaliar e acompanhar tendências tecnológicas e fornecedores em diferentes mercados

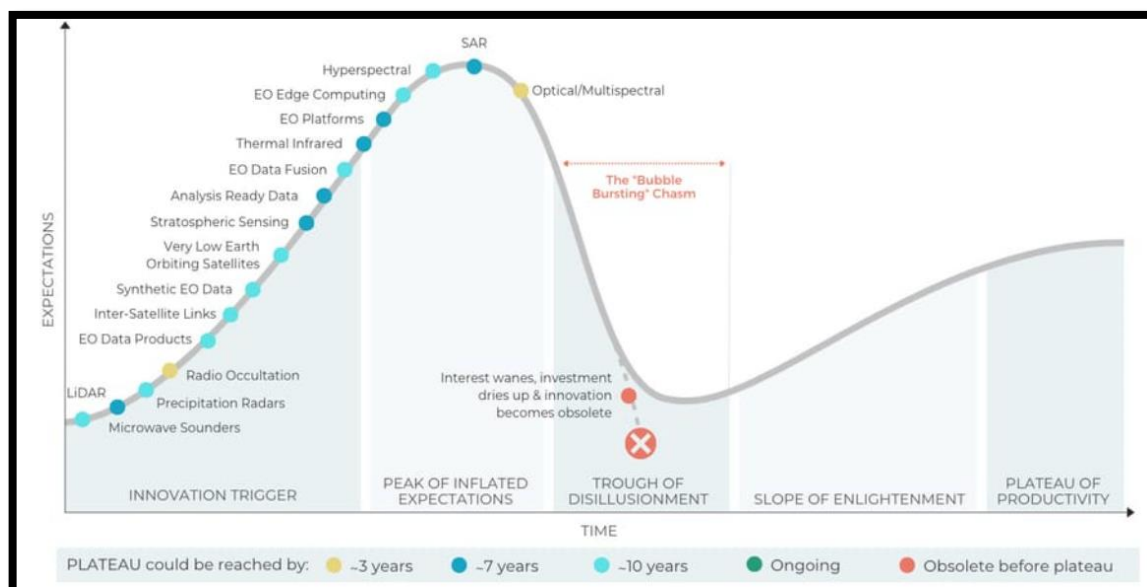


Gráfico 1 – Hype Cycle de tecnologias de Observação da Terra (baseado no Gartner Hype Cycle) (Ravichadran, 2023).

O Gráfico 1 considerou apenas as inovações de SRO e focou apenas no setor comercial privado, não avaliando os resultados obtidos por financiamento público no setor nem sob um olhar em termos de Defesa. Destacam-se as tecnologias “Óptica/Multiespectral”, “SAR” e “Hyperspectral”. A primeira já existe a décadas e já é considerada uma tecnologia convencional pela sua ampla adoção em mapeamentos. As outras duas tecnologias estão perto do pico das expectativas, mas ainda trazem desafios para sua adoção devido às complexidades e ampla faixa de aplicação (Ravichadran, 2023). Um olhar mais aprofundado neste estudo pode destacar oportunidades para o mercado dSRO.

Para a elaboração do Gráfico 2 o autor reconheceu que a *Technology Adoption Curve* de Geoffrey Moore⁷ seria mais adequada para analisar a adoção de tecnologias, mas inovou buscando representar quais aplicações que foram desencadeadas devido às inovações que têm maior probabilidade de serem mais populares.

⁷ A *Technology Adoption Curve*, popularizada por Geoffrey Moore, descreve o processo de adoção de uma nova tecnologia por diferentes segmentos de consumidores ao longo do tempo. O modelo divide os consumidores em cinco grupos: inovadores, *early adopters*, *early majority*, *late majority* e *laggards*. A curva destaca o “abismo” (chasm) que muitas empresas enfrentam ao tentar passar dos *early adopters* para a *early majority*, um momento crucial para o sucesso da tecnologia no mercado.



Gráfico 2 – Hype Cycle de aplicações de Observação da Terra (baseado no Gartner Hype Cycle) (Ravichadran, 2023)

Os mesmos critérios de análise (Investimento, Adoção e Hype) do Gráfico 1 foram considerados para a elaboração do Gráfico 2. Ravichadran (2023) sugere que aplicações tradicionais que já alcançaram o lado direito do Gráfico 2, e que são em sua maioria provenientes de satélites governamentais, vão se beneficiar das inovações tecnológicas que ainda estão surgindo. A mudança climática tem sido um fator acelerador das demandas no segmento de dSRO por produtos complementares, pelos já existentes e por novos produtos.

Os Gráfico 1 e Gráfico 2 também chamam a atenção para a possibilidade de novas tecnologias e suas adoções caminharem para o “vale da desilusão” no gráfico devido a fontes de dados alternativas que resolvem o mesmo problema com maior eficiência e economia (Ravichadran, 2023). Esse olhar amplo sobre as soluções tecnológicas existentes no mercado é sempre muito importante para direcionar políticas públicas e investimentos em projetos do setor espacial.

Em todo o mundo, os governos são os principais investidores em atividades espaciais, por meio de mecanismos de aquisições e doações para órgãos públicos, institutos de pesquisa, universidades e setor privado. A maior parte dos investimentos espaciais, principalmente até a década de 90, esteve vinculada aos orçamentos públicos. O desenvolvimento de programas espaciais e do setor industrial espacial sempre dependeu das políticas públicas (Matos, 2021).

Adicionalmente aos investimentos exclusivamente públicos, nos últimos anos, o setor espacial tem experimentado um crescimento expressivo, impulsionado por avanços tecnológicos, redução de custos operacionais e maior envolvimento de agentes privados e governamentais. A incorporação de tecnologias de lançamento reutilizáveis tem permitido uma diminuição significativa dos custos de acesso ao espaço, viabilizando novos modelos de negócios e ampliando a competitividade no mercado espacial (SPACEX, 2025). Além disso, observa-se um aumento na cooperação internacional e na participação de atores não governamentais, refletindo um movimento de descentralização e diversificação dos investimentos no setor.

A crescente comercialização das atividades espaciais, caracterizada pela ampliação das parcerias público-privadas, pela ampliação da participação de atores privados e pelo fortalecimento de incentivos governamentais, insere-se no contexto do chamado *New Space*⁸, um paradigma que enfatiza a competitividade, a inovação e a redução de barreiras de entrada no mercado. (Cabello et al., 2023; ESPI, 2017) Nesse cenário, a otimização da relação custo-benefício por meio da integração de múltiplas tecnologias, da eficiência produtiva e da segurança operacional tem sido um fator determinante para a compreensão do valor estratégico do setor espacial e para o êxito de muitos países que tem ampliado sua participação na economia espacial.

A intensificação das atividades espaciais possui implicações estratégicas importantes para os países, uma vez que gera externalidades positivas, fomenta inovações tecnológicas e reforça a defesa nacional por meio da incorporação de sistemas resilientes e de alto desempenho. Esse dinamismo no setor espacial configura-se, portanto, como um vetor de crescimento econômico e de transformação estrutural, com impactos significativos na economia global (Murray, 2023).

O valor estratégico da economia espacial também pode ser ilustrado com os fatos recentes da guerra entre a Rússia e a Ucrânia quando os sinais interceptados e o sensoriamento remoto via satélite contribuíram para um acompanhamento de eventos relevantes em tempo quase real. Nesta guerra, ficou demonstrada a

⁸ *New Space* é o termo comumente utilizado para se referir ao mercado potencial para empresas capitalizarem com tecnologias espaciais emergentes, desde comunicações via satélite, sensoriamento remoto orbital, turismo espacial até mineração de asteroides.

importância estratégica de uma infraestrutura espacial robusta que precisa ser disponibilizada por governos e empresas privadas (OECD, 2023) .

A Economia Espacial desempenha um papel essencial em várias indústrias e setores, como telecomunicações, observação da Terra, meteorologia, navegação, ciência e pesquisa espacial, serviços de satélite. Dessa forma, oferece oportunidades tanto para empresas já estabelecidas no mercado quanto para startups, além de incentivar a inovação tecnológica.

2.2 Setor Espacial Brasileiro

O setor espacial brasileiro é constituído por um conjunto de instituições governamentais, programas e empresas que se dedicam ao desenvolvimento, lançamento e aplicação de tecnologia espaciais no país.

O setor espacial brasileiro surgiu antes dos da China (1956) e da Índia (1962), o que poderia se traduzir em consequente vantagem competitiva para o Brasil. O Programa Espacial Brasileiro foi construído desde 1940 com o estabelecimento de políticas voltadas para a criação de instituições favoráveis, direta ou indiretamente, ao desenvolvimento das atividades espaciais (Missagia, 2017).

Em 1958 o Brasil já contava com a Sociedade Interplanetária Brasileira (SIB) cujos pioneiros instalaram no Brasil uma estação de recepção de sinais (denominada Minitrack) que, ainda em 1958, teve sucesso na recepção dos sinais do primeiro satélite russo Sputnik 1 e posteriormente do primeiro satélite norte americano Explorer 1 (Durão, 2001).

No início da corrida espacial, já contando com o Centro Tecnológico da Aeronáutica – CTA (criado em 1950) em São José dos Campos, onde funcionavam o Instituto Tecnológico da Aeronáutica – ITA e o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IPD, em 1961, o Presidente Jânio Quadros institui, por decreto, o Grupo de Organização Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE). As atividades espaciais formais tiveram início com a criação da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE), também em 1961. Em 1971 o GOCNAE é transformado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, subordinado inicialmente ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), e, desde 1985, subordinado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em paralelo, no âmbito do então Ministério da Aeronáutica, em 1966 foi criado o Grupo Executivo e de trabalhos e Estudos de Projetos Espaciais

(GETEPE) que deu origem em 1969 ao Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE (Durão, 2001; Rollemberg; Brazil, 2010).

Ainda em 1961 foi criada a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) que era subordinada ao Estado-Maior das Forças Armadas (EMFA) sendo a presidência a cargo do Ministro-Chefe do EMFA com representação de todos os ministérios militares da época e de alguns ministérios civis. O COBAE realizava a coordenação interministerial sobre as atividades espaciais brasileiras, incluindo as realizadas pelo IAE e pelo INPE (Durão, 2001).

Concretamente, surge o Programa Espacial Brasileiro (PEB) em 1979 com a criação da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) (Durão, 2001). Inicialmente, houve uma forte relação com o setor nuclear que depois foi se enfraquecendo, porém ambos esses setores faziam parte de um plano maior de implantação de um sistema de ciência e tecnologia no Brasil (Missagia, 2017).

A MECB propunha a execução de um programa que incluía satélites, lançadores e infraestrutura de solo. Neste programa, o INPE é o responsável pelo desenvolvimento dos satélites, centro de controle, estações de recebimento de dados e rede de dados em solo. O IAE é o responsável pelos lançadores e pelo centro de lançamento (Durão, 2001). Essa divisão de responsabilidades fez com que o desenvolvimento de veículos lançadores, por ser liderado pela área militar brasileira, gerasse impactos negativos ao projeto devido a embargos impostos por outros países (Melo; Freitas, 2021).

As décadas de 60 e 70 foram marcadas pela capacitação de pessoal com vistas às atividades espaciais. O Brasil estabeleceu parcerias com a Alemanha, França, China, Estados Unidos e países africanos, tanto para capacitação e treinamento para desenvolvimento de lançadores e satélites, como para aquisição de tecnologias para desenvolvimento de foguetes (Rollemberg; Brazil, 2010).

Em 1994, entendendo a importância e a necessidade de uma autarquia federal de natureza civil para promover o desenvolvimento das atividades espaciais no Brasil, foi criada a Agência Espacial Brasileira (AEB) pela Lei nº 8.854/1994. O objetivo de se ter uma agência civil na coordenação do PEB é permitir parcerias internacionais e o reforço do uso pacífico do espaço exterior pelo Brasil. Neste mesmo ano, foi aprovada a atualização da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) a qual reconhece a necessidade de ampliação e consolidação do setor

espacial envolvendo os setores governamental, privado e, especialmente, o parque industrial brasileiro (Velasco; Nascimento, 2020).

A lei de criação da AEB já definia que as atividades espaciais brasileiras deveriam ser organizadas de forma sistêmica, tendo a AEB como órgão central. Dessa forma, motivado também pelo caráter multisetorial e interinstitucional do PEB, foi criado Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE), conforme Decreto nº 1.953, de 10 de julho de 1996, com o propósito de organizar as atividades destinadas ao desenvolvimento espacial de interesse nacional (AEB, 2020a).

O SINDAE é um sistema constituído por um (i) órgão central, a AEB, responsável por sua coordenação geral; (ii) por órgãos setoriais, responsáveis pela coordenação setorial e execução das ações contidas no Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), o DCTA e o INPE; e (iii) por órgãos e entidades participantes, responsáveis pela execução de ações específicas do PNAE, como Ministérios e Secretarias da Presidência da República; Estados, Distrito Federal e Municípios; e setor privado (Presidência da República do Brasil, 1996).

O PEB é composto por dois grandes programas: o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), gerenciado pela AEB e o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), gerenciado pelo Ministério da Defesa (MD). Ambos programas tem o objetivo de desenvolver e empregar tecnologias espaciais para fins estratégicos (Silva, 2023).

O PNAE foi elaborado em 1996 e teve sua primeira revisão cobrindo o período de 1998 a 2007. O PNAE segue as diretrizes da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), estabelecido pelo Decreto nº 332, de 8 de dezembro de 1994. A revisão atualizada em vigor do PNAE foi lançada em agosto de 2021 e cobre o período de 2022 a 2031. O PNAE atual estabelece ações em cinco áreas estratégicas: observação da Terra, comunicações, navegação, ciência e tecnologia espacial. O PNAE 2022-2031 prospecta 5 cenários para direcionamento do planejamento das ações. Os cenários, basicamente, se diferenciam pela disponibilidade orçamentária do Estado brasileiro voltados para o setor espacial e, dessa forma, se mostra um programa flexível e adaptável às realidades que irão se impor no período (AEB, 2022; Silva, 2023).

O PESE é um programa mais recente, lançado em 2012 e tem suas bases na Estratégia Nacional de Defesa (END). O PESE trata das necessidades da Defesa

Nacional com o uso múltiplo de sistemas espaciais (uso dual – militar e civil), do fortalecimento da indústria nacional, do desenvolvimento científico brasileiro e do estabelecimento de uma demanda necessária para a sustentação da cadeia logística do segmento de lançadores e para o desenvolvimento de satélites e respectivos sistemas de solo. Devido às semelhanças e convergências do PESE e do PNAE quanto às atividades de Segurança e Defesa Nacional, a interação entre estes programas é fundamental para o PEB (AEB, 2022; Ministério da Defesa, 2018; Silva, 2023).

Nas atividades desenvolvidas no âmbito do PEB, a AEB, juntamente com o INPE, tem relação perene e contínua para os temas relacionados a satélites, educação e aplicações espaciais. Já o Comando da Aeronáutica (COMAER), através do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) e do IAE, tem relação à temática de lançadores, centros de lançamento, atividades espaciais de uso dual (civil e militar). Nestes casos, as empresas privadas atuam com o fornecimento de peças, componentes e subsistemas para o INPE e para o IAE (Cabello; Michels Freitas; Melo, 2022; Schmidt, 2011; Vellasco; Nascimento, 2020).

AAEB, embora legalmente designada como órgão central do SINDAE, enfrenta desafios para exercer efetivamente seu papel de coordenação devido a uma série de fatores, incluindo a falta de recursos humanos e financeiros, a concentração de poder nos institutos de pesquisa (como o INPE e o DCTA) e a ausência de uma estrutura de governança clara e eficiente (Vellasco; Nascimento, 2020).

As atribuições históricas estabelecidas para as instituições envolvidas com o setor espacial geraram, ao longo do tempo, uma estrutura de governança que carecia de uma regulamentação mais robusta. O reforço a essa estrutura de governança ocorreu em 2024 quando as competências da AEB e do COMAER nas atividades espaciais do PEB foi regulamentada. Através do Art. 5º da Lei 14.946, de 31 de julho de 2024, denominada de Lei Geral do Espaço, ficou a atividade espacial classificada, de acordo com sua natureza, em atividade espacial de defesa ou atividade espacial civil. Em relação às competências, a atividade espacial de defesa é aquela conduzida para fins de segurança ou de defesa nacional e compete ao COMAER sua regulamentação e fiscalização. Já a atividade espacial civil é aquela que não se enquadra como atividade espacial de defesa e compete à AEB sua regulamentação e fiscalização.

Dentro das competências estabelecidas no setor espacial brasileiro, o COMAER, buscando fortalecer a indústria aeroespacial nacional e maximizar o potencial estratégico do Brasil no setor espacial, propôs o estabelecimento da Empresa de Projetos Aeroespaciais do Brasil S.A. (ALADA), empresa estatal que foi criada através da Lei nº 15.083 de 02 de janeiro de 2025. A ALADA é uma subsidiária da empresa estatal NAV Brasil Serviços de Navegação Aérea S.A. (NAV Brasil) e tem como principal atribuição a capacidade de atrair recursos privados para serem investidos no Brasil, complementando o orçamento público (Agência Força Aérea, 2024; Gonçalves, 2024).

Sob um olhar mais amplo, no parque industrial espacial brasileiro existem 79 empresas catalogadas como sendo do setor espacial brasileiro. Destas 79 empresas, 41% são do segmento de *downstream* e 6 empresas estão registradas como atuantes em dSRO (AEB, 2024).

O setor espacial brasileiro ainda precisa otimizar a realização de atividades e alcance de metas previstas no PNAE. Um fluxo contínuo das entregas planejadas para o PEB melhoraria a atuação do Brasil no setor espacial, atuando na corrida espacial, no desenvolvimento de infraestrutura e aplicações espaciais, desenvolvimento de competência e missões. O setor espacial brasileiro tem um nível de investimento do país aquém do necessário para garantir e manter o PEB competitivo no nível internacional (AEB, 2022; Anhesini, 2024; Cabello; Michels Freitas; Melo, 2022; Vellasco; Nascimento, 2020).

2.3 O Segmento dSRO

O mercado espacial pode ser segmentado a partir das atividades econômicas realizadas nos processos viabilizados pelas tecnologias espaciais. A segmentação tratada neste trabalho, o dSRO, deriva da atividade de Observação da Terra (OT).

A OT refere-se ao processo de coleta e análise de dados sobre a superfície, as águas e a atmosfera da Terra por meio de plataformas de sensoriamento remoto, que podem incluir satélites, aeronaves, drones e estações de monitoramento terrestres. Esta atividade permite monitorar e identificar padrões e mudanças dos sistemas físicos, químicos e biológicos do planeta. Os sensores utilizados na OT, como ópticos, térmicos e radares, operam em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. A OT é fundamental para uma ampla gama de aplicações, desde a análise ambiental e a previsão climática até o suporte à tomada de decisões em

políticas públicas, infraestrutura e desenvolvimento sustentável. Os dados coletados podem ser integrados com medições *in-situ* e processados para gerar inteligência e projeções úteis para diversas áreas de aplicação (World Economic Forum, 2024).

A cadeia de valor do setor espacial na Figura 3, apresenta o segmento *upstream* englobando desde a aquisição, manufatura e lançamento de satélites e o *downstream* referindo-se aos operadores dos satélites, fornecedores finais e provedores de serviços de satélites que processam e geram informações aos usuários finais (Schmidt, 2011; World Economic Forum, 2024).

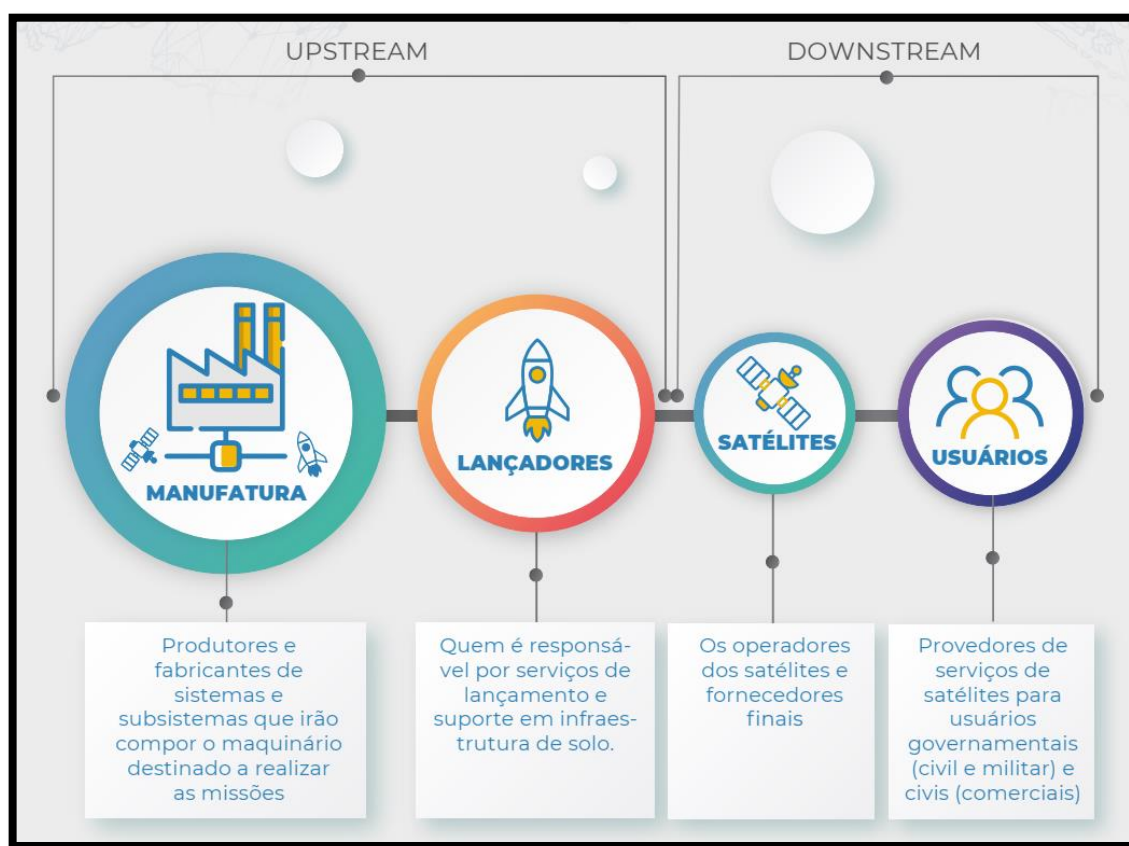


Figura 3 - Cadeia de Valor do Setor Espacial (AEB, 2023a).

A atividade de OT pode ser realizada por Sensoriamento Remoto Orbital (SRO) que é uma atividade do setor espacial associado a processos de aquisição de dados ou informação por meio de sensores embarcados em satélites que viabilizam a detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (Borges; Pachêco; Santos, 2015).

O mercado de SRO, especialmente centrado em dados e serviços baseados em satélites, é um setor em crescimento que desempenha um papel crucial em diversas aplicações industriais e governamentais. O SRO não só oferece

monitoramento e análise para uma gama de contextos físicos, econômicos e ambientais, mas também fornece inteligência de dados combinando tecnologia e inovações em sensoriamento remoto (European Commission; European Union Agency for the Space Programme, 2024).

A segmentação do mercado espacial, para efeitos deste trabalho, refere-se ao *downstream*, ou seja, às aplicações obtidas na OT por SRO, aqui denominada dSRO.

O dSRO é uma parte especializada do setor espacial que gera um mercado de dados e informações úteis e importantes para diversos outros setores da economia. As projeções para 2026 do tamanho do mercado global do dSRO, considerando o aumento no segmento de serviços, principalmente o de análises geoespaciais, prevê uma elevação de receita para 37,5 bilhões de dólares, conforme ilustrado na Figura 4 (Markets and Markets, 2022).

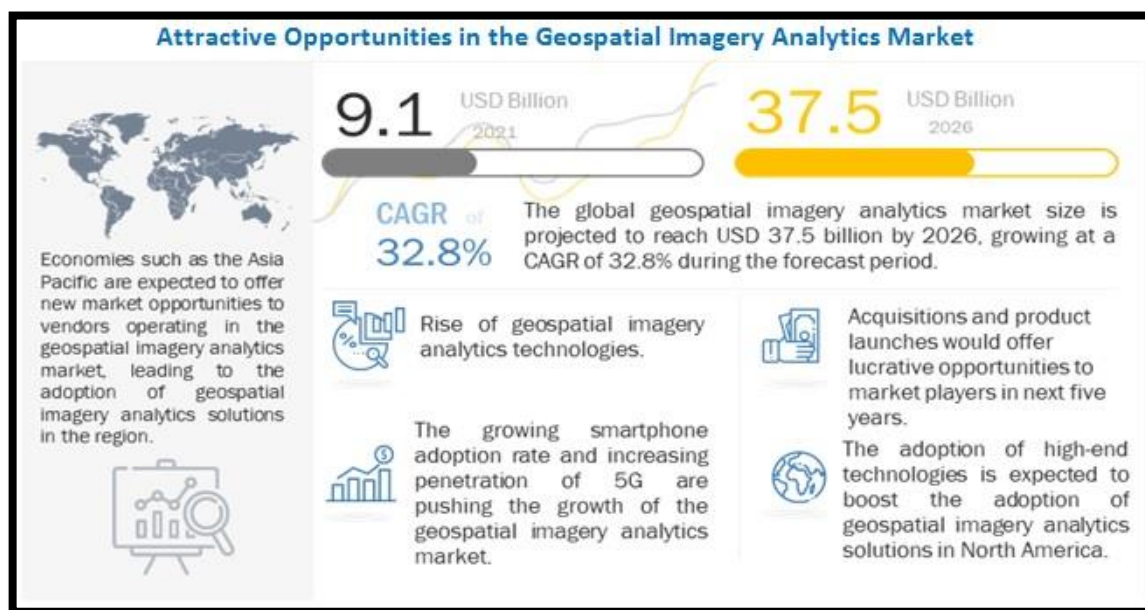


Figura 4 - Projeção do Mercado de Análise de dSRO (Markets and Markets, 2022).

O mercado de dSRO constitui um setor essencial e em rápida evolução, reconhecido por sua capacidade de fornecer dados críticos e serviços analíticos a uma ampla gama de indústrias e aplicações globais. Ele utiliza tecnologias de ponta como sensores ópticos, térmicos e de radar, que permitem a análise detalhada dos sistemas ambientais do planeta, contribuindo para áreas como monitoramento ambiental, gestão de recursos naturais, agricultura de precisão e segurança.

Embora o dSRO seja antigo, tendo origens na década de 60 do século XX, somente recentemente seus produtos começaram a se popularizar, sobretudo no

Brasil, e em grande parte, graças ao advento do software *Google Earth*, desenvolvido e distribuído pela empresa norte-americana Google em 2005 (Borges; Pachêco; Santos, 2015).

Essa popularização permitiu que um maior número de pessoas entendesse a utilidade de imagens satélites para seus negócios. Muitas demandas de negócios podem ser atendidas por fontes gratuitas de imagens com o *Google Earth*, porém, quando há a necessidade de sensoriamentos com características específicas em momentos pré-determinados, surge a oportunidade de instalação de um mercado especializado para o atendimento tanto do setor público quanto do privado, como resume Sellers (2004):

A exploração comercial de dados de SRO agregando valor aos dados de domínio público e aos dados governamentais provou ser útil e lucrativa. Missões militares de SRO realizadas por motivos de segurança nacional não precisam ser comercialmente viáveis. Outras missões de sensoriamento remoto, como a Earth Science Enterprise da NASA, geram quantidades incríveis de dados ambientais, pagos com recursos públicos. Empresas criaram mercados lucrativos manipulando dados de SRO de domínio público de várias maneiras para fornecer uma variedade de produtos e serviços úteis para clientes em todo o mundo. Transformar dados de SRO em informações úteis requer armazenamento adequado e sistemas de computador capazes de gerenciar, organizar, classificar, distribuir e manipular os dados em velocidades excepcionais. Empresas privadas assumiram a liderança em vincular fontes de dados a usuários de dados, transformando dados brutos em informações produtivas. Além disso, várias empresas começaram a comercializar dados brutos de sistemas de SRO com financiamento privado (Sellers et al., 2004).

A indústria de SRO é amplamente dominada por empresas dos Estados Unidos e da Europa, que juntas representam mais de 85% das receitas globais de SRO em 2021. Especificamente, a Europa responde por 44% das receitas e os Estados Unidos por 43%, refletindo uma distribuição quase equilibrada entre essas regiões. As empresas chinesas contribuem com 6% do mercado, enquanto Canadá e Japão representam 3% e 2%, respectivamente, e o restante do mundo soma apenas 2%. O segmento dSRO está dividido em três categorias principais: aquisição e distribuição de dados, processamento de dados e análise, além de suporte à decisão e geração de conhecimento. As principais empresas, como Maxar, Airbus e Amazon, se

destacam por sua presença em múltiplas etapas dessa cadeia de valor. Esses dados refletem a predominância das empresas ocidentais no fornecimento de dados e serviços dSRO, enquanto outros mercados têm participações minoritárias mas estratégicas, indicando potencial de crescimento e diversificação (European Commission; European Union Agency for the Space Programme, 2024).

O segmento de dSRO continua a aumentar gradualmente os casos de uso comercial, porém, observou-se em 2024 que aproximadamente dois terços do mercado de OT ainda é impulsionado pela área governamental e não há indícios que isso venha a mudar para 2025. Os contratos com os governos continuam sendo a base dos modelos de negócios das empresas de OT e o principal sustentáculo financeiro destas empresas. Embora o segmento dSRO comercial tenha disponibilizado no mercado dados com o uso de melhores tecnologias, verifica-se ainda dificuldades a serem superadas para que essas tecnologias venham a substituir os produtos financiados com recursos públicos. Há uma tendência no mercado de que um maior número de empresas que passam a entender o valor estratégico do dSRO verticalizem os processos de emprego de dSRO através da aquisição de empresas especializadas, reforçando assim suas estratégias de mercado (Ravichadran, 2025).

3 O MERCADO DE *DOWNSTREAM* DO SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL (dSRO)

O Sensoriamento Remoto Orbital (SRO) emerge como uma tecnologia estratégica dentro do Setor Espacial, desempenhando papel central na coleta, processamento e disseminação de informações geoespaciais. Integrado no segmento de *downstream* de satélites de Observação da Terra (OT), o SRO conecta dados capturados por satélite com aplicações práticas que impulsionam diversos outros setores produtivos. Este capítulo explora a estrutura do mercado, suas aplicações multidisciplinares, aspectos econômicos e de gestão, importância econômica e potencial, avanços tecnológicos, tendências, desafios regionais e a participação do Brasil, além de desafios institucionais e governamentais, finalizando com perspectivas futuras para o mercado dSRO.

3.1 Evolução da Demanda por Imagens Satélite no Brasil

O Brasil é o sétimo país mais populoso do mundo, o quinto em dimensão territorial e é a décima economia do mundo, até outubro de 2024. (IMF, 2024) É um grande consumidor de produtos do setor espacial como, por exemplo, observação da terra, telecomunicações, geoposicionamento, produtos meteorológicos (Vellasco; Nascimento, 2020).

A demanda por imagens obtidas por satélite no Brasil vem evoluindo ao longo dos anos. Já nas décadas de 1960 e 1970 o Brasil começou a explorar o uso do dSRO. O Programa Espacial Brasileiro⁹ teve seu início nessa época com a criação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 1961, tendo obtido as primeiras imagens através de cooperação internacional. O programa CBERS foi estabelecido em 1988, com um acordo de cooperação entre o Brasil e a China para o desenvolvimento conjunto de satélites de observação da Terra. Em 1996, ambos os países fizeram uma “Declaração Conjunta” onde demonstraram a intenção de estabelecer uma empresa bilateral com o objetivo de comercializar internacionalmente os produtos CBERS. A

⁹ O Programa Espacial Brasileiro refere-se às atividades e iniciativas desenvolvidas pelo governo e instituições brasileiras no campo da exploração e pesquisa espacial. É um conjunto de programas, projetos e ações voltados para o desenvolvimento de tecnologias espaciais, aprimoramento da capacidade científica e tecnológica do país, além do uso pacífico do espaço.

criação da empresa nunca se consolidou, uma vez que a estratégia de comercialização do CBERS pelo Brasil consistiu na gratuidade das imagens e a distribuição via internet (Ribeiro, 2020). Em 1993, o Brasil lançou o Satélite de Coleta de Dados 1 (SCD-1), seu primeiro satélite de coleta de dados ambientais de projeto nacional, marcando um passo importante na autonomia do país em SRO (INPE, 2003).

Nos anos 2000, as demandas também surgiram da agricultura de precisão e monitoramento de crimes. A partir dos anos de 2010, a demanda foi impulsionada pela disponibilidade de satélites com tecnologias mais avançadas, que permitiram a aquisição de imagens de maior resolução espacial¹⁰. A demanda foi ampliada com as necessidades dos setores de segurança, defesa, infraestrutura, energia e monitoramento ambiental. Nesse período, operadores privados começaram a atuar no mercado, oferecendo serviços de valor agregado e soluções personalizadas (AEB, 2020b). Além disso, ONGs e instituições de P&D demandam produtos do dSRO para estudos científicos, conservação ambiental, monitoramento de ecossistemas, análise de mudanças climáticas e desastres naturais. Um estudo da EMBRAPA (2020) evidencia o uso crescente de imagens satélite no monitoramento da expansão agrícola e na gestão de recursos naturais no Cerrado brasileiro (EMBRAPA, 2020).

A demanda por imagens de satélite no Brasil continua a crescer à medida que novas aplicações são descobertas e os avanços tecnológicos permitem uma melhor resolução espacial e temporal¹¹. A descoberta de novas aplicações para imagens satélite em diversos setores da economia impulsiona a demanda. O governo brasileiro continua a ser um dos principais clientes para imagens de satélites, principalmente para monitoramento ambiental, gestão de recursos naturais, defesa nacional e segurança pública. Empresas privadas de diversos setores tem aumentado o uso de imagens satélites ao entenderem o valor estratégico desse conhecimento para suas estratégias de mercado (AEB, 2022).

¹⁰ A resolução espacial de uma imagem de satélite refere-se à capacidade do sensor orbital de distinguir e representar os menores detalhes de um objeto ou área na superfície terrestre. Em termos práticos, indica o tamanho do menor objeto que pode ser identificado em uma imagem capturada pelo sensor.

¹¹ A resolução temporal refere-se à frequência com que um satélite captura imagens de uma mesma área na superfície terrestre. Em outras palavras, é o intervalo de tempo necessário para que o sensor de um satélite revisite e obtenha novas imagens de um local específico.

3.2 Desafios e Limitações

O crescimento desta demanda no Brasil está aquém da expectativa de atendimento da sociedade brasileira, que é cada vez mais consumidora de bens e serviços espaciais. As demandas existentes são diversas e abrangem diferentes setores da economia e da sociedade. No entanto, a falta de acesso a imagens de alta resolução, a ausência de tecnologia nacional para dados radar, os custos elevados, a infraestrutura de TIC insuficiente e a falta de capacitação limitam o atendimento pleno dessas demandas (AEB, 2022; Onohara et al., 2019).

A limitação para o atendimento pleno das demandas também foi identificada por Cerbaro *et al.* (2020b) quando realizaram uma pesquisa projetada para explorar os desafios envolvidos no uso de dSRO para dar suporte à demanda de gestão ambiental no Brasil. A pesquisa foi baseada em entrevistas a profissionais de Brasília, Rio Branco e Cuiabá. O artigo produzido analisou e classificou os fatores que os usuários identificaram como limitantes para o uso do dSRO. A tabulação de alguns fatores relevantes foi realizada e estão indicadas no Gráfico 3.

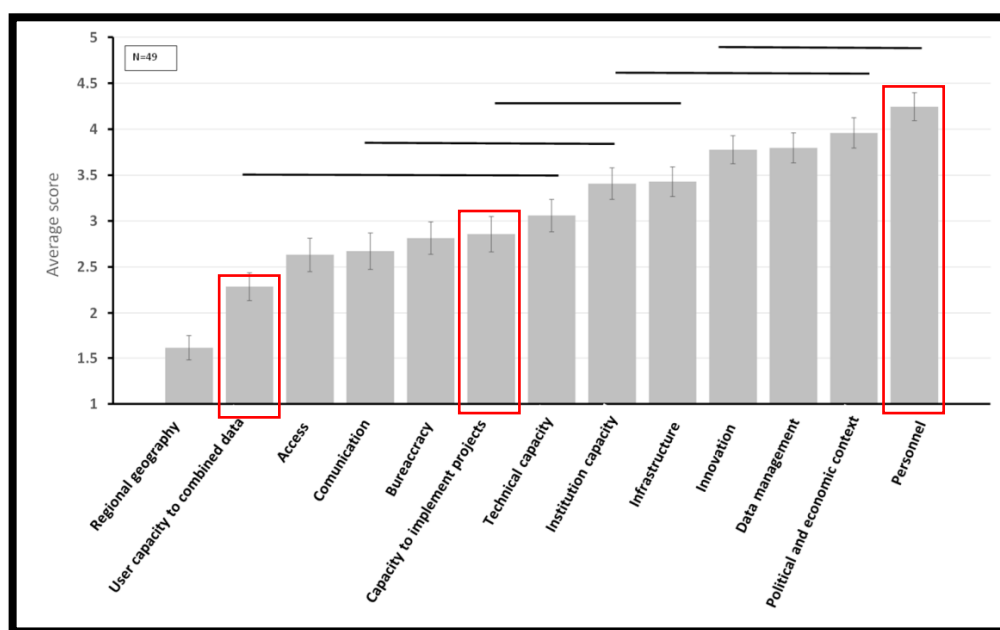


Gráfico 3 - Média de pontuação dos fatores que limitam a utilização de dSRO: 1=menos relevante e 5=muito importante; barras de erro= erro padrão sobre a média; as barras horizontais representam 5 subconjuntos de relevância homogênea sob análise estatística (grifo nosso) (Cerbaro et al., 2020b).

A pontuação dos fatores apresentados na Gráfico 3 são fruto das explicações dadas pelos profissionais respondentes da pesquisa referenciada. A falta de pessoal foi identificada como a limitação mais relevante, sendo normalmente associada a falta

de recursos financeiros. Os desafios listados na pesquisa também foram associados com a falta de investimentos em gerenciamento de dados e inovação, o que inclui investimentos em TI, internet e infraestrutura de escritórios. A falta de capacidade institucional em gerar produtos a partir de dSRO também foi destacada e geralmente associada à falta de capacidade institucional na implementação de projetos. Aspectos administrativos foram elencados como de menor relevância porém, chama a atenção a falta de capacitação dos usuários em análise dos dados gerados pelo dSRO (Cerbaro et al., 2020b).

No setor da agricultura, em uma pesquisa de abrangência nacional, Bolfe *et al.* (2020) apresentou o resultado da percepção de 504 agricultores sobre o uso de tecnologias digitais para aplicações atuais e futuras, bem como seus benefícios e desafios. De forma direta, a pesquisa identificou o uso de imagens por sensoriamento remoto por 17,5% conforme indicado no Gráfico 4. Essa percepção do setor agrícola corrobora com a percepção da importância do dSRO para a melhoria de processos produtivos.

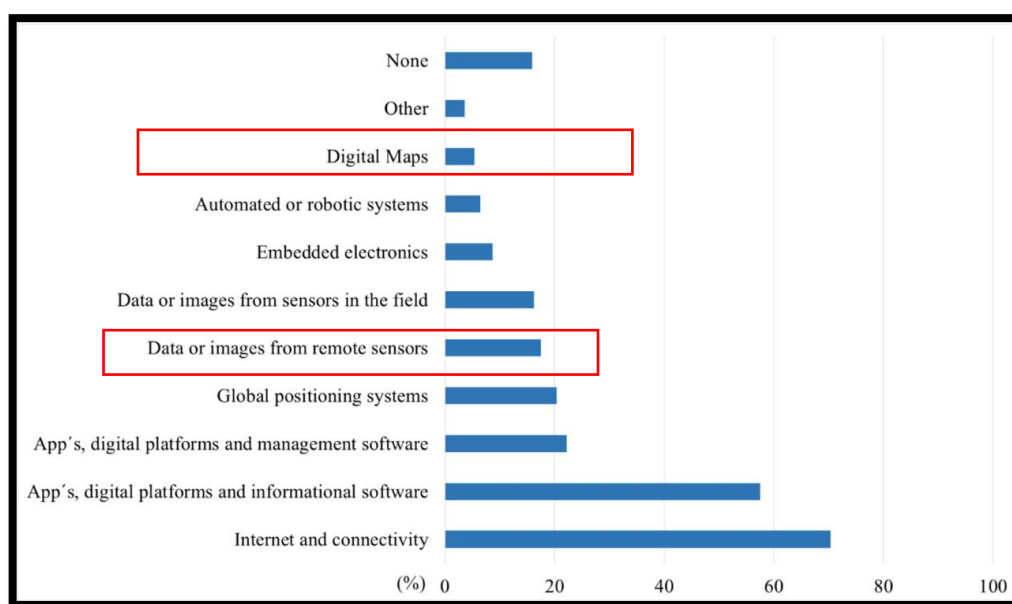


Gráfico 4 - Tecnologias para agricultura de precisão e digital utilizada pelos agricultores. (grifo nosso) (Bolfe et al., 2020)

Na mesma pesquisa, os agricultores demonstraram reconhecer a importância do uso das informações geradas pelo dSRO, destacando-se a redução de impacto ambiental, um melhor planejamento das atividades e o aumento da produtividade, como indicado na Gráfico 5 (faixas verdes) abaixo.

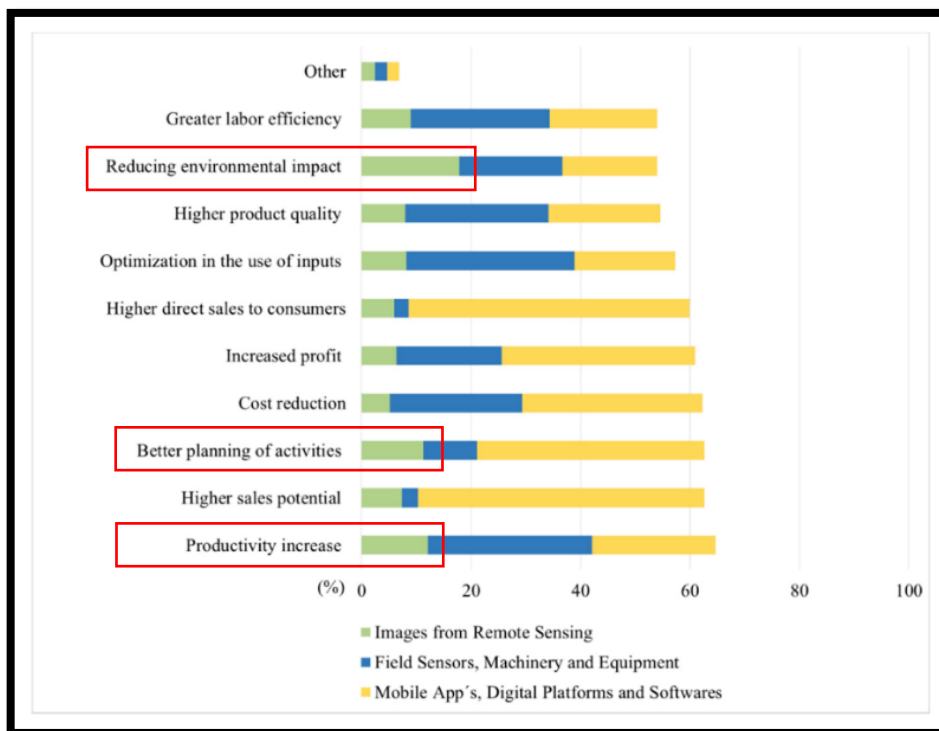


Gráfico 5 - Percepção dos agricultores sobre as vantagens de utilização de tecnologias de agricultura de precisão e digital (grifo nosso) (Bolfe et al., 2020).

Apesar do reconhecimento e da importância atribuída ao dSRO, a pesquisa de Bolfe et al. (2020) identificou dificuldades para a implementação e utilização das tecnologias na agricultura de precisão e digital. No Gráfico 6 são abordadas diversas dificuldades enfrentadas pelos agricultores.

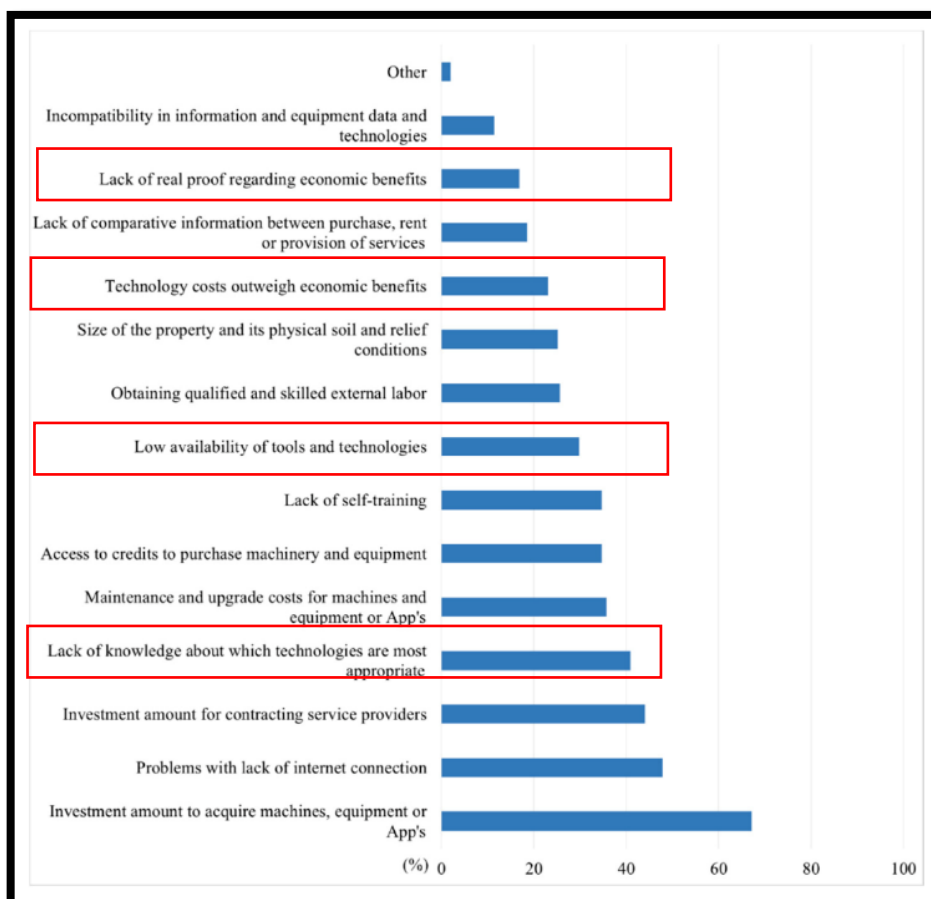


Gráfico 6 - Dificuldades e desafios encontrados pelos agricultores na aplicação da agricultura de precisão e digital (grifo nosso) (Bolfe et al., 2020)

As dificuldades indicadas no Gráfico 6 se somam às indicadas no Gráfico 3 e evidenciam que as limitações para expansão do mercado de dSRO não são exclusividade de apenas um segmento do mercado e que se assemelham quanto ao mérito das dificuldades identificadas.

Com as evoluções tecnológicas, a capacitação dos profissionais fica cada vez mais relevante para superar dificuldades para inovar. A quantidade de informação que pode ser extraída de uma imagem é muito grande e profissionais capacitados, utilizando ferramentas complexas que permitem extração, fusão e análise de dados, impõe custos altos ao processo. Estes custos podem inviabilizar a utilização de produtos dSRO pelos usuários finais (Borges; Pachêco; Santos, 2015; Ferreira; Ferreira; Ferreira, 2008; Lapolli, 1994).

O mercado dSRO no Brasil, embora seja promissor, enfrenta desafios como a falta de investimentos, a complexidade regulatória, a burocracia e a concorrência internacional. No entanto, as tendências globais, como o crescimento da conscientização sobre a sustentabilidade, o avanço da tecnologia de IA e a crescente

demanda por informações geoespaciais, oferecem oportunidades para o desenvolvimento do segmento. Para aproveitar essas oportunidades, é fundamental que o Brasil invista em infraestrutura, capacitação tecnológica, pesquisa e desenvolvimento, e crie um ambiente de negócios favorável à inovação (AEB, 2022; Euroconsult, 2023; OECD, 2019; Onohara et al., 2019).

3.3 Estrutura do Mercado de dSRO

Para fins desse trabalho, o mercado de dSRO abrange atividades em que dados baseados em sensores orbitais e produtos de valor agregado aos dados coletados permitem uma variedade de aplicações em diversos segmentos (Cerbaro et al., 2020a).

No mercado de dSRO, estima-se que agregar valor às imagens gerados pelo dSRO, através de análise e elaboração de novos conhecimentos, pode multiplicar em até 150 vezes o valor econômico inicial de uma imagem coletada (World Economic Forum, 2024).

Considerando os conceitos adotados pela EUSPA (*European Union Agency for Space Programme*) e pelo WEF (*World Economic Forum*) para OT, a cadeia de valor do dSRO pode ser apresentada em três níveis, conforme esquematizado na Figura 5. O nível mais alto separa o mercado de dSRO em Dados de Observação da Terra (*EO Data*) e Serviços de Valor Agregado de Observação da Terra (*EO Value-Added Services*). A indústria que participa desse mercado pode ser classificada nas categorias de Aquisição e distribuição de dados, Processamento de Dados e Análise, *Insights* e Suporte a Decisão (European Commission; European Union Agency for the Space Programme, 2024; World Economic Forum, 2024).

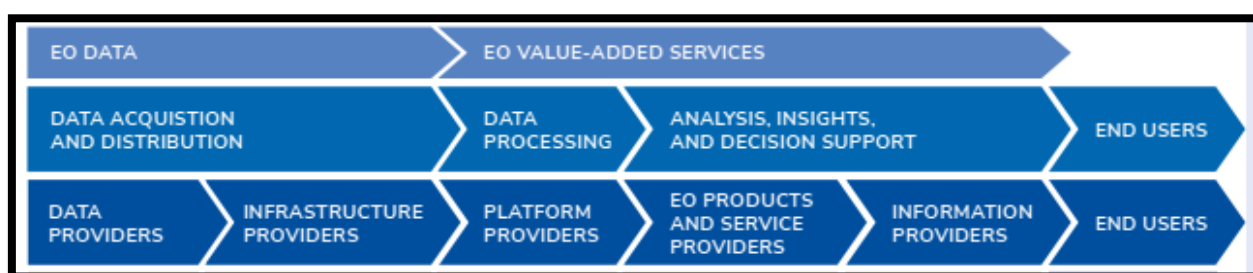


Figura 5 - Cadeia de valor genérica de dSRO (European Commission; European Union Agency for the Space Programme, 2024).

A cadeia de valor ainda prevê:

- **Provedores de dados:** coletam os dados e geram imagens com os devidos ajustes técnicos para garantir confiabilidade e precisão ao produto. Normalmente adotam um modelo de negócios tipo “dados como serviço”¹²;
- **Provedores de infraestrutura:** disponibilizam tipos de infraestrutura de computação sobre os quais os dados de dSRO podem ser acessados, armazenados, distribuídos ou manipulados. Normalmente adotam um modelo de negócios tipo “infraestrutura como serviço”¹³;
- **Provedores de plataforma:** entregam plataformas on-line e/ou serviços digitais, por meio dos quais os usuários têm acesso a ferramentas e recursos para analisar dados de dSRO, desenvolver algoritmos e construir aplicativos. Normalmente, adotam modelos de negócios tipo “plataforma como serviço”¹⁴ e/ou software como serviço¹⁵.
- **Provedores de produtos e de serviços de EO:** geram produtos ou serviços que agregam valor aos dados de dSRO e recursos de processamento oferecidos por provedores de dados e plataforma. Normalmente adotam um modelo de negócios tipo “análise como serviço”¹⁶.

¹² **Dados como Serviço (Data-as-a-Service - DaaS)** é uma abordagem onde dados brutos, processados ou analisados são fornecidos como um serviço baseado em nuvem para usuários finais. Este modelo se baseia na ideia de que dados são ativos valiosos que podem ser monetizados e distribuídos de forma eficiente, permitindo que os clientes acessem, analisem e utilizem informações relevantes sem a necessidade de investir em infraestrutura de coleta, armazenamento e processamento de dados.

¹³ **Infraestrutura como Serviço (Infrastructure-as-a-Service - IaaS)** é uma abordagem em que provedores oferecem recursos de infraestrutura de TI sob demanda por meio da internet. Esses recursos incluem computação, armazenamento, redes e outros elementos fundamentais, que são disponibilizados como um serviço gerenciado. O modelo permite que os clientes utilizem a infraestrutura conforme suas necessidades, sem a necessidade de aquisição, instalação ou manutenção de hardware físico.

¹⁴ **Plataforma como Serviço (Platform-as-a-Service - PaaS)** fornece um ambiente completo de desenvolvimento e implantação na nuvem. Ele permite que usuários criem, testem, implementem e gerenciem aplicativos sem a complexidade de gerenciar infraestrutura subjacente, como servidores, sistemas operacionais ou armazenamento.

¹⁵ **Software como Serviço (Software-as-a-Service - SaaS)** entrega aplicativos baseados em nuvem diretamente aos usuários por meio da internet. O software é hospedado pelo provedor e acessado via navegador ou API, eliminando a necessidade de instalação local.

¹⁶ **Análise como Serviço (Analytics-as-a-Service - AaaS)** é uma abordagem na qual ferramentas e recursos para análise de dados são fornecidos como um serviço baseado em nuvem.

- **Provedores de informações:** geram informações e conhecimentos específicos do setor do cliente e fusionam dados de dSRO com dados não dSRO. Normalmente adotam o modelo de negócios tipo “*insights* como serviço”¹⁷;
- **Usuários finais:** indivíduos, organizações ou setores que utilizam os dados, informações ou análises derivadas de dSRO. Aplicam os *insights* gerados para resolver problemas, tomar decisões, suportar operações ou melhorar processos ou em suas áreas de atuação.

3.4 Fatores de Produção Envolvidos nos Processos

Na cadeia de valor, os principais fatores de produção envolvidos nos processos são:

- **Recursos Naturais:** O SRO depende dos recursos naturais disponíveis na Terra, como a energia solar para alimentar os satélites e a atmosfera terrestre para transmitir e refletir os sinais eletromagnéticos;
- **Tecnologia Espacial:** A tecnologia espacial é um fator crítico para o SRO. Isso inclui o desenvolvimento de satélites com capacidades de sensoriamento específicas, sistemas de comunicação e transmissão de dados, propulsão espacial e controle de órbita;
- **Capital:** O sensoriamento remoto por satélite requer investimentos significativos em capital para o desenvolvimento, lançamento e operação de satélites, bem como para a construção e manutenção das infraestruturas terrestres necessárias, como estações de recepção de dados;
- **Recursos Humanos:** Profissionais especializados são necessários em todas as etapas do SRO, desde o projeto e desenvolvimento de satélites

Ele permite que empresas e usuários finais processem, analisem e visualizem grandes volumes de dados sem a necessidade de investir em infraestrutura própria, ferramentas analíticas ou equipes técnicas altamente especializadas.

¹⁷ **Insights como Serviço (Insights-as-a-Service - IaaS)** é uma abordagem em que empresas fornecem interpretações analíticas e recomendações derivadas de dados brutos ou processados, disponibilizadas como um serviço. Esse modelo vai além da simples análise de dados, entregando aos usuários respostas práticas e *insights* estratégicos que podem ser aplicados diretamente para tomada de decisões ou melhorias de processos.

até a interpretação e análise dos dados coletados. Isso inclui engenheiros aeroespaciais, cientistas de dados, técnicos em sensoriamento remoto e especialistas em processamento de imagens;

- **Conhecimento Científico:** O SRO se beneficia do conhecimento científico nas áreas de física, ciência da computação, sensoriamento remoto, geografia e muitas outras disciplinas. O avanço científico contínuo é essencial para melhorar a qualidade dos dados coletados e desenvolver novas aplicações e técnicas de análise.
- **Infraestrutura de Dados:** Uma infraestrutura de dados robusta é necessária para armazenar, processar e distribuir grandes volumes de dados coletados pelos sensores remotos. Isso inclui sistemas de armazenamento, redes de comunicação de dados, servidores e software especializado para análise e visualização dos dados;
- **Dados e Imagens:** A disponibilidade de dados e imagens de qualidade é essencial para o sensoriamento remoto. Isso inclui a coleta, processamento, armazenamento e distribuição de dados capturados por sensores remotos;
- **Regulamentação e Políticas:** Regulamentações governamentais, políticas de dados abertos, acesso a licenças e acordos internacionais são fatores que afetam a produção e a disponibilidade de dados de sensoriamento remoto.

Esses fatores de produção trabalham em conjunto para viabilizar os produtos de dSRO, fornecendo dados valiosos para uma ampla gama de aplicações.

3.5 Aplicações Multidisciplinares

A utilização dos produtos resultantes da coleta de informações sobre a superfície terrestre e do ambiente é de uso multidisciplinar atendendo diversas indústrias e áreas de atuação. Esta diversidade também se dá pelo fato de satélites de SRO serem projetados para registrar diferentes faixas do espectro eletromagnético, como as faixas do visível, do infravermelho e micro-ondas (SAR). Cada faixa de sensoriamento tem uma especificidade quanto às informações

coletadas da superfície da Terra, como características de composição do solo, geográficas, cobertura vegetal, temperatura, umidade.

Dentre os diversos setores que tem potencial para uso dos produtos do dSRO podemos incluir:

- **Monitoramento Ambiental:** possibilidade de monitoramento de recursos naturais de florestas, rios, oceanos e litorais com o objetivo de conservação ambiental, prevenção e combate a crimes ambientais, gestão de desastres naturais ou provocados pelo homem, monitoramento de qualidade de água, detecção de mudanças climáticas e avaliação de impactos ambientais (IBAMA, 2024; Pettorelli et al., 2014).
- **Agricultura:** auxílio relevante na agricultura de precisão. O dSRO pode fornecer dados sobre o desenvolvimento de culturas, mapeamento de áreas irrigadas, monitoramento de pragas e doenças, análise de fertilidade do solo e previsão de colheitas. As informações geradas podem auxiliar o processo de tomada de decisão dos agricultores em relação ao manejo de culturas, otimização de recursos e incremento da produtividade (Santos, 2023).
- **Planejamento Urbano e Gestão de Recursos:** O dSRO pode ser usado no planejamento urbano como alocação de infraestrutura e serviços em áreas de maior interesse e que permitam a otimização da utilização dos bens e serviços alocados. Possibilita o monitoramento amplo e histórico da expansão urbana sendo assim uma ferramenta importante de identificação de áreas com deficiências que demandam um maior desenvolvimento e melhor gestão de recursos e planejamento de uso do solo. Também funciona como uma fonte de dados sobre a cobertura do solo, infraestrutura, transportes, distribuição populacional (ENGESAT, 2024).
- **Monitoramento de Recursos Hídricos:** O dSRO coleta informações sobre a situação do fluxo hídrico em rios, lagos e aquíferos. Esses dados são essenciais para o monitoramento da disponibilidade de recursos hídricos, gestão de bacias hidrográficas, previsão de secas e enchentes, além de planejamento sustentável do uso da água. (Geolnova, 2023) Um exemplo dessa aplicação é o sistema HidroSat da Agência Nacional de

Águas e Saneamento Básico (ANA) que amplia o monitoramento hidrológico em regiões de difícil acesso, utilizando dSRO para substituir estações hidrometeorológicas físicas, fortalecendo a Rede Hidrometeorológica Nacional (ANA, 2025).

- **Setor de Energia:** O dSRO pode ser utilizado para o mapeamento e o planejamento para desenvolvimento de infraestrutura para recursos energéticos, como a identificação de áreas potenciais para a instalação de usinas solares e eólicas. Permite também o monitoramento das condições operacionais de infraestruturas existentes, permitindo manutenções otimizadas e correções de problemas em linhas de distribuição, oleodutos ou gasodutos, auxiliando na maior eficiência da distribuição de disponibilidade desses recursos para seus usuários (Damasceno, 2022). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é um exemplo de uso do dSRO pois utiliza ferramentas que cruzam informações obtidas a partir de processamento digital de imagens de satélites com informações fornecidas pelos Agentes de Transmissão para acompanhar o desempenho das linhas de transmissão de energia elétrica (ANEEL, 2023).
- **Mineração:** Essa atividade precisa de muitas informações para baixar os riscos de busca na mineração. O dSRO pode fornecer informações que auxiliam em medições, variação de ondas acústicas, distribuição de forças e de energia eletromagnética (Verma; Masood; Jain, 2019).
- **Defesa e Segurança:** O dSRO pode ser utilizado para aprimorar o monitoramento de fronteiras, vigilância marítima e detecção de atividades ilegais como mineração clandestina e contrabando. Aprimoram a segurança nacional e eficiência em operações com forças de repressão (Lisboa, 2020).
- **Saúde Pública:** o dSRO auxilia na identificação de áreas suscetíveis por vetores de doenças, caracterizar paisagens associadas a tipos de doenças em áreas urbanas. Auxilia também na delimitação de zonas de risco e na definição de prioridades para intervenções de saúde pública permitindo um melhor planejamento de ações de saúde pública (Oliveira; Serafim, 2024).

São várias as aplicações para os produtos do dSRO que ilustram sua relevância para diversos setores industriais e do poder público, graças à sua capacidade de fornecimento de informações abrangentes, precisas, atualizadas, oportunas e de ampla cobertura espacial.

O setor público é um dos principais compradores de produtos de dSRO, incluindo agências governamentais responsáveis pela monitorização ambiental, cartografia, planejamento urbano, dentre outras atribuições. Além disso, o setor privado, incluindo empresas de recursos naturais, empresas agrícolas e empresas de energia, também são importantes compradores de produtos de dSRO. De maneira geral, o mercado dSRO disponibiliza produtos para demandas dos seguintes setores econômicos (Markets and Markets, 2022):

- Seguros;
- Defesa e Segurança;
- Governo;
- Monitoramento ambiental;
- Monitoramento urbano;
- Energia, Distribuição de Energia e Recursos Naturais;
- Engenharia Civil;
- Mineração;
- Agricultura;
- Assistência Médica.

Apesar de o Governo ser o principal gerador de receitas para o mercado de dSRO, surge uma tendência de maior demanda por parte de empresas privadas. A crescente conscientização pública sobre as mudanças climáticas e a degradação ambiental também impulsiona a demanda por monitoramento e responsabilização. Normas ambientais, como a Diretiva de Relato de Sustentabilidade Corporativa (CSRD) da União Europeia e as regulamentações da SEC¹⁸ nos EUA, estão impulsionando a necessidade de produtos dSRO. Uma das tendências principais é a

¹⁸ A SEC (Securities and Exchange Commission) é uma agência do governo dos Estados Unidos que regula o mercado de valores mobiliários. A SEC é equivalente à Comissão de Valores Mobiliários (CVM) do Brasil.

de que os novos clientes busquem cada vez mais produtos com valor agregado, ou seja, o fornecimento de serviços e não apenas de imagens brutas (World Economic Forum, 2024).

3.6 Aspectos Econômicos e de Gestão

O mercado do dSRO têm a origem de seus aspectos econômicos, em termos gerais, nas características e restrições operacionais dos sistemas satelitais. Essas restrições decorrem das órbitas fixas dos satélites, que condicionam a obtenção de imagens a momentos específicos (Pettorelli et al., 2014).

Outra restrição técnica e operacional é a dependência da existência de um segmento terrestre para determinar a velocidade de entrega de produtos aos usuários finais. O segmento terrestre é composto por estações de recepção que precisam ser implementadas para que os dados coletados pelos satélites sejam transmitidos para a superfície terrestre. Essas estações podem ser estrategicamente posicionadas na superfície terrestre, otimizando as oportunidades de transmissão de dados ao longo da órbita do satélite (Vasisht; Chandra, 2020). Em termos gerais, o número e o posicionamento de estações de recepção irão dimensionar o tempo necessário para a entrega dos produtos. Quanto maior a quantidade de estações e mais bem distribuídas na superfície, mais rápida será a entrega de produtos aos usuários finais pois serão estabelecidas mais oportunidades de transmissão dos dados durante o ciclo orbital do satélite (Carvalho, 2019) .

O produto desejado pelo usuário final precisa se modelado, entendendo e respeitando as restrições dos sistemas satelitais. Portanto, para que seja definido um produto de dSRO para uma demanda específica, não se deve avaliar apenas características isoladas, como resolução espacial ou cobertura territorial. É importante considerar o conjunto de características que otimizam o atendimento da demanda do usuário final. Isso inclui aspectos como custos operacionais, flexibilidade, frequência de coleta de dados e a finalidade específica do uso das imagens.

Os produtos de dSRO, em situações específicas, podem sofrer concorrência de produtos gerados por outros sistemas de sensoriamento remoto. Sistemas de sensoriamento remoto embarcados, seja em aeronaves ou em drones, tem tido avanços tecnológicos que levam seus produtos a apresentarem características operacionais e de qualidade equiparáveis às dos sistemas orbitais. Ainda assim, mesmo com equivalência de qualidade, há diferença de custos de aquisição e

capacidade de produção em escala que diferenciam os aspectos econômicos dos mercados envolvidos. Os sistemas SRO impõem uma restrição de resolução temporal no sensoriamento de áreas de interesse com uma periodicidade que não pode ser alterada (Belward; Skøien, 2015; Colomina; Molina, 2014).

Os drones configuram um outro mercado de sensoriamento remoto que é uma solução mais flexível, capaz de superar algumas limitações do SRO. Os drones oferecem maior liberdade quanto ao momento e à frequência das coletas de dados, sendo particularmente vantajosos para áreas de interesse onde se exige monitoramento mais frequente ou específico (Colomina; Molina, 2014; Pettorelli et al., 2014).

Em termos de economia de escala, o mercado de dSRO geralmente oferece vantagens, particularmente para o monitoramento de grandes áreas por períodos prolongados (Pajares, 2015). Isso se deve à capacidade dos satélites de cobrir vastas extensões geográficas de forma consistente, enquanto os drones, embora flexíveis, enfrentam limitações operacionais em relação ao tempo de voo e à área coberta em cada voo.

3.7 Importância Econômica e Valor de Mercado

No período de 2014 a 2019, o cenário global de atividades espaciais evoluiu de maneira relevante, com novos países investindo no espaço, desenvolvendo novos programas de P&D e envolvendo-se em cadeias de valor globais. O financiamento privado de projetos cresceu, com fluxos de capital privado sem precedentes no Setor Espacial de investimentos anjos e investimentos de capital de risco (OECD, 2019).

A evolução do mercado dSRO foi relevante e seus produtos demonstram ter o potencial de contribuir com US\$ 3,8 trilhões para o PIB Global no período de 2023 a 2030. Os valores estimados dos benefícios econômicos vêm das aplicações do dSRO na indústria, sendo que aproximadamente 94% do valor total esperado até 2030 deriva de aplicações em agricultura, eletricidade e *utilities*¹⁹, governo, serviços públicos e de

¹⁹ Utilities: termo em inglês que se refere a serviços públicos essenciais, como água, gás, eletricidade, saneamento e telecomunicações.

emergência, serviços financeiros e de seguros, mineração, óleo&gás, cadeia de suprimento e transporte (World Economic Forum, 2024).

Em 2023, o valor econômico agregado do dSRO mundial era de 266 bilhões de dólares com estimativa de crescimento para até 703 bilhões de dólares na economia global, ao mesmo tempo que deverá eliminar 2 milhões de toneladas de gases do efeito estufa até 2030. A estimativa é de um crescimento até 2030 que tenha uma componente de participação de 54% dos usuários já existentes e que os demais 46% de participação no crescimento seja atribuída a novos usuários (World Economic Forum, 2024).

Em termos de receita, a EUSPA (*European Union Agency for the Space Programme*) estima que a receita global do mercado de dSRO irá crescer de 3,4 bilhões de Euros em 2023 para, aproximadamente, 6 bilhões em 2033. Fazendo um recorte apenas no segmento de serviços de valor agregado de dSRO (Figura 5), a estimativa de crescimento é de 2,8 bilhões de Euros em 2023 para 5 bilhões de euros até 2033 (European Commission; European Union Agency for the Space Programme, 2024).

Nessa mesma linha de avaliação do mercado, em 2024 a Novaspace²⁰ publicou que o mercado de dSRO, valia 5 bilhões de dólares em 2023 com estimativa de crescimento para 7,9 bilhões de dólares em 2033 com uma CAGR²¹ de 5% (Belkouchi, 2024).

Apesar das estimativas otimistas de crescimento do mercado de dSRO, chama a atenção a baixa participação dos países da região da América do Sul e Caribe. Enquanto a América do Norte representava 44% da receita desse mercado até 2023, seguido pela participação de 22% da Europa, a América do Sul e Caribe possuía uma participação de aproximadamente 6% em 2023 com estimativa de redução para 5% em 2033 (Belkouchi, 2024; European Commission; European Union Agency for the Space Programme, 2024; World Economic Forum, 2024).

²⁰ A Novaspace é uma empresa que surgiu da combinação entre a Euroconsult e a SpaceTec Partners, empenhada em promover a visão de futuro e apoiar a tomada de decisões para todas as partes interessadas no espaço. Fornece serviços profissionais que apoiam programas com viabilidade comercial e impacto social. (<https://nova.space/about-us/>)

²¹ CAGR é a sigla para Compound Annual Growth Rate, que em português significa Taxa de Crescimento Anual Composta. É um indicador que mede a taxa de rentabilidade de um investimento durante um período de tempo.

O mercado brasileiro de dSRO, mais especificamente, atingiu um valor estimado de 76 milhões de dólares em 2024 com uma expectativa de crescimento para 142 milhões de dólares em 2033 (IMARC Group, 2024). Dessa forma, a participação do Brasil neste mercado de dSRO foi de aproximadamente de 1,45% do mercado global de dSRO de USD 5,25 bilhões em 2024, estimando um aumento de participação para 1,8% do mercado global de dSRO de USD 7,9 bilhões em 2033.

3.8 Avanços Tecnológicos e Tendências:

Nos últimos 20 anos, a evolução tecnológica do sensoriamento remoto, notadamente dos sensores orbitais, possibilitou a obtenção de imagens satelitais com alta resolução espacial (Borges; Pachêco; Santos, 2015; Ferreira; Ferreira; Ferreira, 2008). Devido à distância que os satélites são posicionados em suas órbitas sobre as áreas de interesse²², é exigido que os sensores incorporem elevada capacidade tecnológica para superar as grandes distâncias e obtenham imagens resoluções espaciais melhores. Imagens com altas resoluções são nítidas e claras que mostram objetos pequenos e melhores detalhes de objetos maiores (Belward; Skøien, 2015; Bishop, 1990). Atualmente, a melhor resolução espacial que é disponibilizada no mercado de dSRO é de até 30 cm, o que permite o reconhecimento de alvos em nível NIIRS 7²³, ou seja, com visualização de detalhes com dimensões entre 20 cm e 40 cm (AIRBUS, 2025; Maver; Erdman; Riehl, 1998; MAXAR, 2025).

Sob a perspectiva do aspecto da capacidade de agregar novas tecnologias, observa-se na evolução da Inteligência Artificial (IA) uma potencial modificação no processamento de imagens e nos serviços de valor agregado do dSRO. A análise das imagens do dSRO tem custos elevados por advirem de processos morosos e

²² Para SRO as órbitas satelitais mais comuns são as chamadas LEO (Low Earth Orbit) que se situa entre 160 km e 2000 km de altura acima da superfície terrestre a velocidades aproximadas de 28.000 km/h, completando uma órbita sobre a Terra a cada 90 minutos, aproximadamente.

²³ NIIRS: A National Image Interpretability Rating Scale (NIIRS) é uma escala composta por 10 níveis, de 0 a 9, que quantifica a interpretabilidade de imagens, indicando o nível de informação que pode ser extraído de uma imagem. Esta escala é utilizada para avaliar a qualidade interpretativa das imagens produzidas por diferentes sistemas de sensoriamento, incluindo imagens de radares de abertura sintética (SAR) e sensores de infravermelho. Além disso, o NIIRS é amplamente adotado pela comunidade de Sistemas de Informação Geográfica (GIS) como uma medida padronizada de qualidade interpretativa, ajudando na análise da eficiência de diferentes métodos de compressão de imagem e parâmetros de design de sensores na manutenção da qualidade e capacidade de extração de dados visuais.

manuals. A IA permitirá um alto nível de automação e disponibilizará novas oportunidades de qualidade para identificação de padrões, predição e previsão de eventos. No mercado de dSRO, a IA tem auxiliado em reconhecimentos de padrões em larga escala, ajudando na detecção e localização de objetos em grandes áreas de interesse com acurácia e performance muito superior às dos analistas humanos (Holdsworth; Finio, 2024; OECD, 2019, p. 132; World Economic Forum, 2024).

Como exemplo de iniciativas na área de AI podemos citar o “Grupo de Interesse Espacial de IA dedicado ao espaço e ciências relacionadas” (*AI Special Interest Group Dedicated to Space and Related Sciences*), criado pela Agência Espacial Europeia (ESA) e a “Confederação de Laboratórios para Pesquisa em Inteligência Artificial na Europa” (*Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe – CLAIRE*). Para a ESA, os principais desafios do segmento de *downstream* são o grande volume de dados para larguras de banda²⁴ limitadas, dados de diversos tipos, formatos e resoluções. Estes desafios vão demandar chips de IA, fusão de dados, reconhecimento de padrões em imagens e Data Cubes²⁵ (ESA, 2023a).

3.9 Desafios Regionais e Participação do Brasil

Em todo o mundo, os governos são os principais investidores em atividades espaciais (OECD, 2019). O Setor Espacial tem características comuns, independente do país que se analisa (Melo; Freitas, 2021):

- Setor de fronteira tecnológica;
- Projetos de longo prazo, alto custo e muitos riscos;
- Impactos em diversos outros setores econômicos;
- Maioria dos investimentos advindos do setor público.

Devido às dimensões territoriais, econômicas e populacionais, o Brasil é um dos países com grande potencial para o desenvolvimento de atividades espaciais, conforme explicitado na Figura 6:

²⁴ Largura de Banda é a capacidade de uma rede transmitir dados em um determinado período de tempo. É uma medida de taxa de transferência de dados.

²⁵ Data Cube, ou cubo de dados, é uma estrutura de dados multidimensional que armazena dados em uma forma tabular. É uma matriz de valores que pode ser usada para representar dados ao longo de alguma medida de interesse.

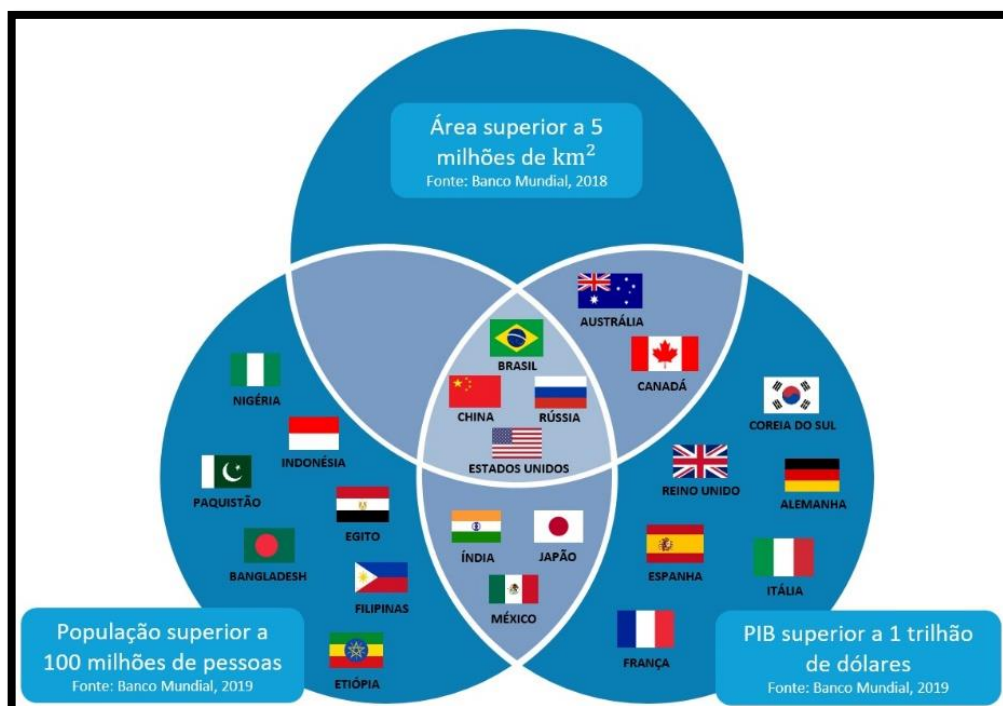


Figura 6 - Enquadramento do Brasil entre os países de grandes dimensões que são atores do Setor Espacial mundial (AEB, 2019).

Segundo Vellasco *et al.* (2020) os predicados físico, populacionais e econômicos do Brasil seriam suficientes como justificativa para altos investimentos na substituição do consumo de produtos do setor espacial estrangeiro por produtos de cadeia produtiva brasileira. Anualmente são gastos milhões de reais na compra de imagens de SRO de provedores estrangeiros por diversas organizações (AEB, 2022; Vellasco; Nascimento, 2020). Como exemplo pontual, a Polícia Federal brasileira gastou aproximadamente R\$ 49 milhões na aquisição de imagens satélite em 2020 para serem disponibilizadas no programa “Brasil Mais” (MJSP, 2025; Polícia Federal, 2020).

Entendendo o potencial do Brasil, o PNAE 2022-2031 traduz a estratégia para atingir este potencial em sete Objetivos Estratégicos de Espaço (OEEs), que orientam diversas ações reunidas e organizadas em Eixos de Atuação. Além disso, o PNAE se utiliza de 5 cenários²⁶ alternativos que flexibilizam o Programa em função de

²⁶ Os cinco cenários do PNAE 2022-2031 e os respectivos níveis de investimento decenal considerados são: Cenário 0 (R\$ 1,2 bilhões), Cenário 50 (R\$ 1,8 bilhões), Cenário 100 (R\$ 2,4 bilhões), Cenário 200 (R\$ 3,6 bilhões), Cenário 1000 (R\$ 13,2 bilhões).

expectativas decenais de investimentos. As ações previstas no PNAE iniciaram logo após o início de sua vigência e diversos resultados positivos já puderam ser observados na avaliação de resultados de 2023, realizada pela AEB (AEB, 2022, 2023b).

Se considerarmos o vulto de recursos necessários na projeção do “Cenário 1000” do PNAE, seriam necessários R\$ 13,2 bilhões ao longo da década para a execução das ações propostas e realizar a Visão de Futuro do PNAE: “ser o país sul-americano líder no mercado espacial” (AEB, 2022). Isso implica em um aumento substancial no orçamento da AEB, que atualmente está na ordem de R\$ 100 milhões. Para o aumento de previsões orçamentárias há a necessidade de um maior apoio social e político para o programa espacial. Conforme conta Igor Gielow (2020), a busca por apoio político para programas espaciais não é novidade e ficou notória no período pós segunda guerra mundial, quando houve a busca do apoio político para o programa espacial americano sob o lema: “colocar um satélite em órbita, algo que ‘iria inflamar a imaginação da humanidade, e provavelmente ter repercussões comparáveis às da explosão da bomba atômica’” (Gielow, 2020). As políticas públicas e as regulamentações desempenham um papel central no direcionamento do desenvolvimento de todo Setor Espacial, como destacado pela AEB (2022):

A inclusão de políticas públicas no setor espacial demanda que se verifique quais suas relações com critérios estratégicos. Entre tais critérios, podem-se incluir os que se relacionam a impactos na economia nacional e na sociedade, contribuições para outras políticas públicas, enquadramento no contexto geral de prioridades para o desenvolvimento nacional, dependência de serviços espaciais e relação com o cenário global (AEB, 2022).

Em contrapartida, e de forma complementar, é fundamental o entendimento dos gestores do setor espacial brasileiro que deve haver uma atuação que apoie continuamente as políticas públicas nacionais (AEB, 2022). Nessa linha, o PEB conta com a Política Espacial Brasileira de 2010, com o Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) no Gabinete de Segurança Institucional (GSI), com a Frente Parlamentar Mista do Programa Espacial do Congresso Nacional, dentre outras iniciativas que buscam potencializar o PEB. Enquanto é difícil mensurar o quanto de apoio político e da sociedade estas iniciativas foram capazes de promover, é possível identificar que o apoio político e da sociedade obtido não foi suficiente para ampliar o orçamento do setor espacial ao longo dos últimos anos, como ficou

registrado no histórico de investimentos ocorridos no período de vigência do PNAE 2012-2021 demonstrado no Gráfico 7:

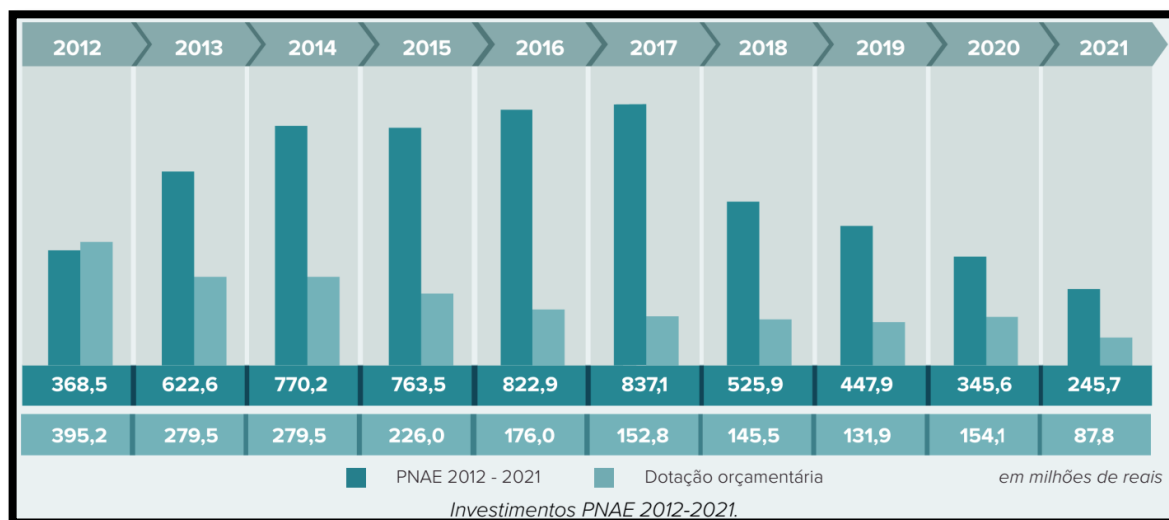


Gráfico 7 – Investimento no PNAE 2012-2021 versus a dotação orçamentária (AEB, 2022).

Podemos depreender do *Gráfico 7* que, na média, a dotação orçamentária foi 65% menor do valor solicitado no PNAE 2012-2021.

A alocação ineficiente de recursos para o setor espacial é um problema histórico no Brasil. No último decênio os investimentos financeiros estiveram abaixo da expectativa do Cenário 0²⁷, o cenário mais modesto considerado no PNAE 2022-2031. Adicionalmente, os limites globais estabelecidos para o PEB no Plano Plurianual (PPA) 2024-2027 geraram a previsão de que, em pelo menos 60% do período do PPA, o nível de investimentos estará próximo ao previsto para o Cenário 0 (AEB, 2022, 2023b). As demandas do Setor Espacial tem sido estudadas sistematicamente (Onohara et al., 2019) mas os recursos alocados não tem sido suficientes para solucionar os desafios propostos (Rollemberg; Brazil, 2010). Ainda, no mercado mundial as fontes de receita para o setor espacial são mais diversificadas, com maior participação do setor privado e de aplicações comerciais o que contrasta com a realidade brasileira onde as receitas deste setor ainda dependem fortemente de

²⁷ Cenário 0: cenário que representa a manutenção, para todo o período de vigência do PNAE 2022-2031, da capacidade de investimento do PNAE correspondente ao ano de 2022. Dessa forma, trabalha-se com um nível de investimento de R\$ 1,2 bilhões para o período decenal de 2022-2031.

contratos governamentais e de aplicações tradicionais, como monitoramento ambiental e defesa.

Adicionalmente à histórica ineficiência brasileira de investimentos no setor espacial, dois aspectos chamam a atenção. Primeiro, o foco e atenção para os investimentos do setor espacial no Brasil estão voltados, em sua maioria, para o segmento *upstream*. Segundo ponto, há uma tendência na política brasileira pela busca do fornecimento público e gratuito de imagens satélite. Neste aspecto, há diversos provedores nacionais e estrangeiros que disponibilizam imagens de satélite gratuitas (Melo, 2022; MJSP, 2025; Rollemberg; Brazil, 2010; Sergieieva, 2025).

A disponibilização de imagens gratuitas traz aspectos positivos e negativos. O fornecimento gratuito pode criar uma dependência pelo usuário do governo para a obtenção de dados e o usuário final ficar sujeito às oscilações orçamentárias. A indústria comercial de provimento de imagens satélite pode ter um impacto negativo nas suas receitas e ser desincentivada a investir em ampliação de infraestrutura, inovação e desenvolvimento de novas tecnologias de processamento e fornecimento de imagens satélite. Por outro lado, a gratuidade impacta positivamente a pesquisa científica e acadêmica e estimula a elevação da proficiência no uso deste tipo de insumo.

Com as evoluções tecnológicas o que se observa é que as imagens satélites estão se tornando simples insumos para processos. Há indícios de que o maior valor do mercado dSRO esteja concentrado nos serviços de valor agregado às imagens satélite. Este ponto se justifica pelo valor econômico do processamento dos dados existentes em uma imagem e a transformação desses dados em conhecimento útil e relevante para o usuário final. Esse processo exige alta qualificação profissional e infraestrutura de TIC adequada, portanto, elevados custos de produção. (ESA, 2023b) Soma-se aos elevados custos de produção o fato de que o acesso a tecnologias de ponta, como sensores hiperespectrais, radares de abertura sintética (SAR) e plataformas de processamento em nuvem, é amplo e facilitado no mercado mundial e mais limitado no Brasil, devido aos custos elevados e à dependência de fornecedores estrangeiros. Focar nos serviços de valor agregado pode ser uma boa alternativa para melhor posicionar a participação do Brasil no mercado dSRO.

Considerando especificamente o segmento de *downstream* do setor espacial, as condicionantes econômicas para seu desenvolvimento são diversas, mas contribui a Euroconsult (2023) com o seguinte entendimento:

Embora o mercado upstream tenha uma necessidade recorrente de programas governamentais para crescer, o mercado downstream é distribuído de forma mais igualitária devido à sua natureza de “mercado de massa”, mas não requer grandes esforços financeiros iniciais e/ou contratos governamentais para ser sustentável. Ele responde a uma necessidade de conectividade ou serviços baseados em localização gerando um fluxo de receita contínuo, ao contrário do mercado upstream. O crescimento do mercado downstream está correlacionado com dois grandes fatores: a evolução demográfica e a evolução do padrão de vida regional (Euroconsult, 2023).

Apesar da Euroconsult (2023) explicitar uma observação do comportamento do mercado do segmento *downstream* mais voltado para os serviços espaciais de comunicações e geolocalização, por similaridade, pode-se inferir um comportamento de mercado similar sob a ótica do mercado de dSRO. Esse comportamento observado coloca luz em indícios de que o *downstream* pode funcionar como um alavancador do setor espacial com menor dependência do setor governamental. Explicitamente, o investimento direto do setor governamental aparenta ser baixo. Como um exemplo pontual, pode-se verificar que o investimento proposto na ação governamental “217W- Operação de sistemas Espaciais de Observação da Terra”²⁸ para o ano de 2025 é de R\$ 7.160.000,00 e para a ação “151S – Implantação e Desenvolvimento do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE)” é de R\$ 2.512.939,00 (MPO, 2024).

Uma condição também relevante para o desenvolvimento do mercado dSRO é o equilíbrio entre oferta e demanda no mercado. A influência neste equilíbrio vem de fatores como a disponibilidade de produtos atualizados e de qualidade, preços competitivos e a capacidade técnica das empresas em aplicar os produtos no contexto de cada setor consumidor (Belward; Skøien, 2015). É relevante que as empresas promovam uma boa relação custo-benefício, oferecendo produtos e serviços de alta qualidade adaptados às necessidades dos usuários finais. A divulgação eficiente das possibilidades de uso e do impacto econômico positivo do dSRO é crucial para estimular a demanda e fomentar a evolução do setor no Brasil.

²⁸ O produto da ação 217W para o ano de 2025 são 2.646.416 km² de áreas representadas em imagens satélites disponibilizadas

O setor espacial brasileiro, sob uma perspectiva macroeconômica, apresenta uma demanda reprimida por produtos de dSRO, com potencial de aplicação imediata (Cerbaro et al., 2020b; MundoGEO, 2020). A carência de dados sobre o comportamento do mercado e a ausência de estratégias de posicionamento eficazes também tendem a dificultar a ampliação da participação brasileira no mercado global de dSRO. Esses dados são cruciais para que a indústria do segmento de serviços do dSRO amplie sua presença no mercado nacional, melhorando a eficiência operacional dos clientes e, conseqüentemente, aumentando o faturamento do setor.

Além disso, a percepção da demanda reprimida para dSRO no Brasil evidencia a necessidade de explorar esse mercado de maneira mais assertiva. A formulação de estratégias alinhadas às necessidades do mercado pode contribuir para o crescimento do setor e sua maior integração ao mercado mundial. Estudos mais aprofundados que abranjam a dinâmica da oferta e demanda, preços e regulamentações governamentais são fundamentais para identificar oportunidades de expansão.

A demanda reprimida também advém das limitações inerentes aos usuários dos produtos dSRO. Em instituições governamentais, principais clientes desse mercado, os usuários têm dificuldades em acessar imagens ópticas de alta resolução e a tipos específicos de dados de imagens SAR por baixa disponibilidade de imagens. O processamento de imagens e a geração de conhecimentos é um processo muito árduo. A falta de plataformas mais inteligentes e de uso “amigável” diminui a produtividade de profissionais da área na geração de conhecimentos úteis para suas instituições. A capacitação dos usuários finais também é relevante para ampliar a demanda. Os profissionais, dentre outros conhecimentos, precisam ser capacitados para compreender problemas regionais das áreas que estejam analisando, como a dinâmica de incêndios florestais, desmatamentos e atividade agrícola, por exemplo (Cerbaro et al., 2020b).

Diversos programas/processos brasileiros já foram cancelados por dificuldade de acesso a produtos de dSRO, especialmente em áreas como monitoramento ambiental, gestão de recursos hídricos, agricultura de precisão, defesa nacional e segurança pública, ressaltando a demanda existente no mercado. Segundo pesquisa de ONOHARA et al. (2019), 40 especialistas responderam questionários afirmando que existem atividades em suas instituições cujas demandas por produtos e serviços de dSRO ainda não foram plenamente atendidas. Foram citadas 57 atividades,

pertencentes a diferentes categorias. O Gráfico 8 abaixo apresenta o percentual de atividades não plenamente atendidas pelos produtos dSRO o relato de especialistas.

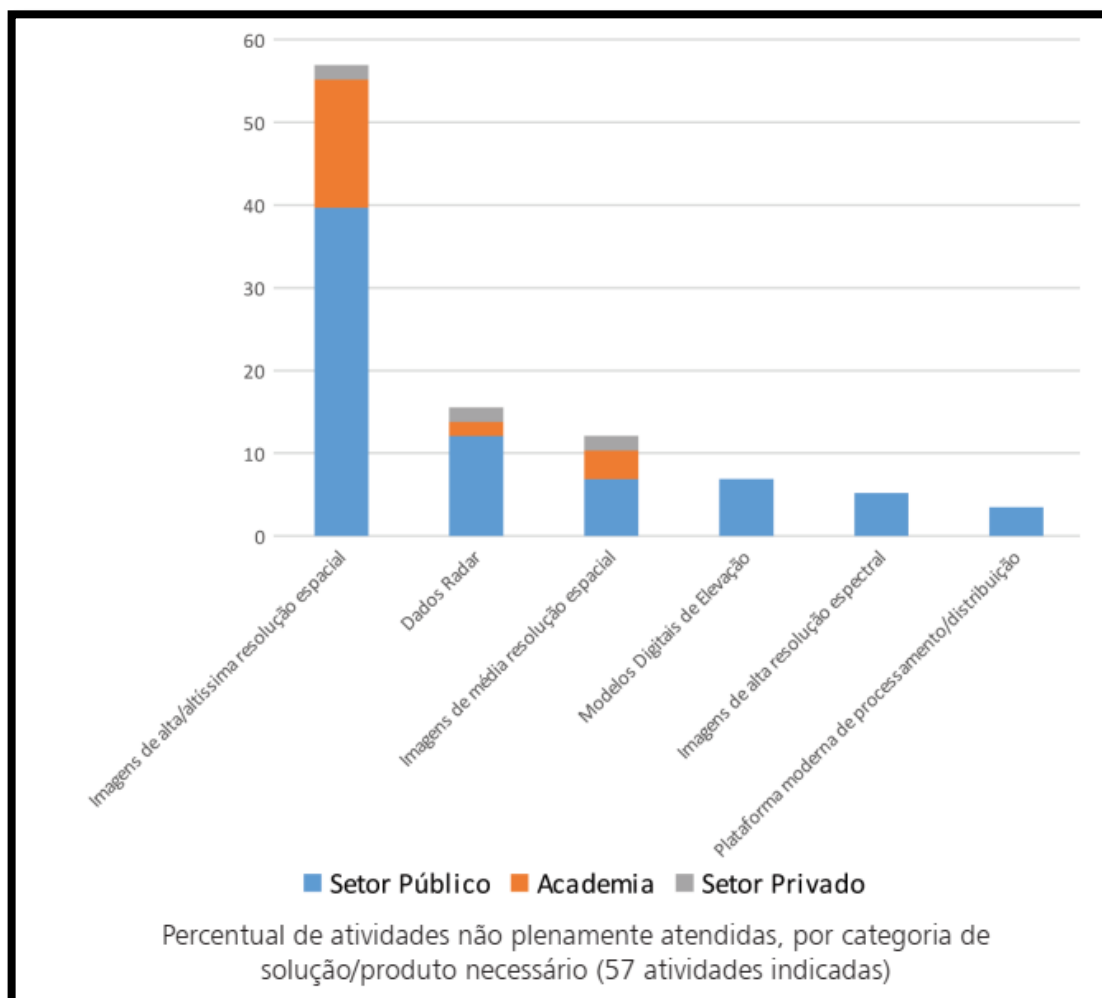


Gráfico 8- Percentual de atividades não plenamente atendidas por produtos do mercado de dSRO (Onohara et al., 2019).

Observa-se no Gráfico 8 que a maior demanda, em aproximadamente 58% das atividades não plenamente atendidas, é por imagens de alta/altíssima resolução espacial. Cabe destacar que essas imagens são normalmente as de maior custo de aquisição. O aumento da oferta de produtos dSRO em plataformas intuitivas, de grande capacidade e com uso de IA, também podem impactar positivamente as atividades e demandas de instituições públicas, privadas, acadêmicas e da sociedade em geral, ampliando assim todo o mercado de dSRO (Cerbaro et al., 2020b).

A dificuldade de acesso leva ao reconhecimento da necessidade de construção e lançamento de satélites SRO nacionais, sem deixar de lado parcerias estrangeiras, de forma a disponibilizar uma maior quantidade de opções no mercado dSRO. As

principais tendências de evolução de dSRO são o aprimoramento das resoluções disponibilizadas pelos sensores e o aumento da capacidade de processamento de grandes volumes de dados por eles produzidos na atividade de SRO (Onohara et al., 2019).

A grande disponibilidade e diversidade de soluções no mercado privado de dSRO e a baixa contratação pelo governo remete à necessidade de estudo sobre as interações entre os setores público e privado nesse mercado. Ainda assim, ocorrem contratações de provedores de dSRO do setor privado por agências governamentais trazendo para os usuários do Brasil plataformas e serviços de alta tecnologia a preços razoáveis (CGU, 2024a, 2024b, 2024a; MJSP, 2025).

A disponibilidade e a diversidade de produtos de dSRO não parece ser limitação para as transações comerciais, mas aspectos relacionados à qualidade (como resolução e tipo) e ao custo aparentam impor maior dificuldade às aquisições. A impossibilidade de controlar e influenciar a dinâmica do mercado de produtos dSRO estrangeiros levantam a questão de soberania nacional na busca do equilíbrio desse mercado e o melhor atendimento das demandas nacionais existentes. Uma gestão estratégica do setor espacial deve garantir uma governança que traduza as atividades do setor espacial em resultados à sociedade, promovendo a autonomia do Brasil e reforçando sua soberania (AEB, 2022).

Ainda considerando aspectos da manutenção da soberania nacional, sabe-se que as colaborações internacionais são extensamente praticadas na atividade espacial. Porém, os acordos e tratados, além dos dispêndios elevados, são invariavelmente cercados de salvaguardas no que tange à transferência de tecnologia (Rollemberg; Brazil, 2010). Para superar os problemas inerentes a cooperações internacionais é necessário estabelecer regulamentação padronizada, políticas consistentes entre diferentes países e o compartilhamento de recursos e conhecimento sem impedir avanços globais na colaboração na exploração espacial, implementação de sistemas satelitais, dentre outras atividades espaciais.

No fomento da atividade do mercado dSRO nacional deve-se considerar que regulamentações excessivamente rigorosas e burocracia inadequada podem impedir o desenvolvimento e o crescimento da indústria espacial. São exemplos desse tipo de regulamentação a exigência de requisitos de licenciamento excessivos, processos de aprovação complexos e regulamentos rigorosos que podem criar barreiras à entrada de empresas no setor, limitando a concorrência e dificultando a atividade de inovação.

O envolvimento do governo no setor espacial precisa ser equilibrado para evitar a criação de monopólios ou a centralização de controle em uma única entidade governamental. É preciso não limitar a concorrência, a inovação e a escolha do usuário final, para evitar a elevação de custos ou o prejuízo da eficiência produtiva.

Deve-se, portanto, superar desafios institucionais, tecnológicos e econômicos para aproveitar plenamente o potencial dos produtos de dSRO no Brasil.

3.10 Perspectivas Futuras:

O mercado de dSRO é uma peça-chave no ecossistema espacial global, fornecendo dados valiosos para múltiplas aplicações. No Brasil, apesar das limitações, o setor apresenta oportunidades significativas para crescimento, desde que impulsionado por investimentos estratégicos, políticas públicas eficazes e maior integração com mercados globais. As inovações tecnológicas e a expansão de aplicações práticas continuarão a moldar o mercado de SRO, posicionando-o como elemento relevante para o desenvolvimento sustentável e a competitividade econômica.

Ainda, o mercado de dSRO está em constante evolução, impulsionado por avanços tecnológicos, mudanças nas demandas do mercado e inovações em produtos e serviços. É um setor em crescimento que oferece oportunidades significativas para empresas de tecnologia e inovação, bem como para investidores em busca de oportunidades de investimento de médio e longo prazo.

No mercado privado internacional, há constelações de satélites SRO que atualmente já permitem revisitas sobre uma mesma área de interesse de até 18 vezes durante o dia e até 3 vezes no período noturno, com altíssima resolução, podendo obter vídeos de curta duração (OMEQ SPACE, 2024). Essa capacidade de cobertura tende a aumentar. Considerando que mais de 280 satélites foram lançados nos últimos 10 anos, a tendência é que essa cadência de lançamentos se amplie seguindo a expectativa de ampliação do próprio mercado dSRO (Romanzoti, 2013).

Há perspectivas de ampliação das demandas no mercado dSRO. Uma demanda importante que vem se ampliando é o Agro 4.0 que compreende o uso integrado de tecnologias digitais, dentre elas o uso de dSRO para monitorar solo, água, plantas e animais. Com as informações elaboradas a partir de produtos dSRO pode-se tomar decisões estratégicas oportunas através do constante monitoramento agregado às informações interpretadas do passado (Klerkx; Jakku; Labarthe, 2019).

Com o Agricultura 4.0 surge uma forma de alavancar o processo de tomada de decisão pelo agricultor através da disponibilização, integração e análise de grandes volumes de dados, obtidos também por sensores orbitais. Dessa forma, o agricultor tende a migrar seu processo decisório baseado em sua experiência e intuição para um mais baseado em fatos e métodos científicos, obtendo decisões mais informadas, seguras e assertivas (Bazzi; Schenatto; Sobjak, 2023).

A aquisição e processamento de grande volume de dados ocorre em todas as etapas da cadeia produtiva da agricultura. No Agro 4.0, o dSRO contribui principalmente com a automação rural na fase de produção juntamente com diversas outras tecnologias, conforme indicado e destacado na Figura 7:

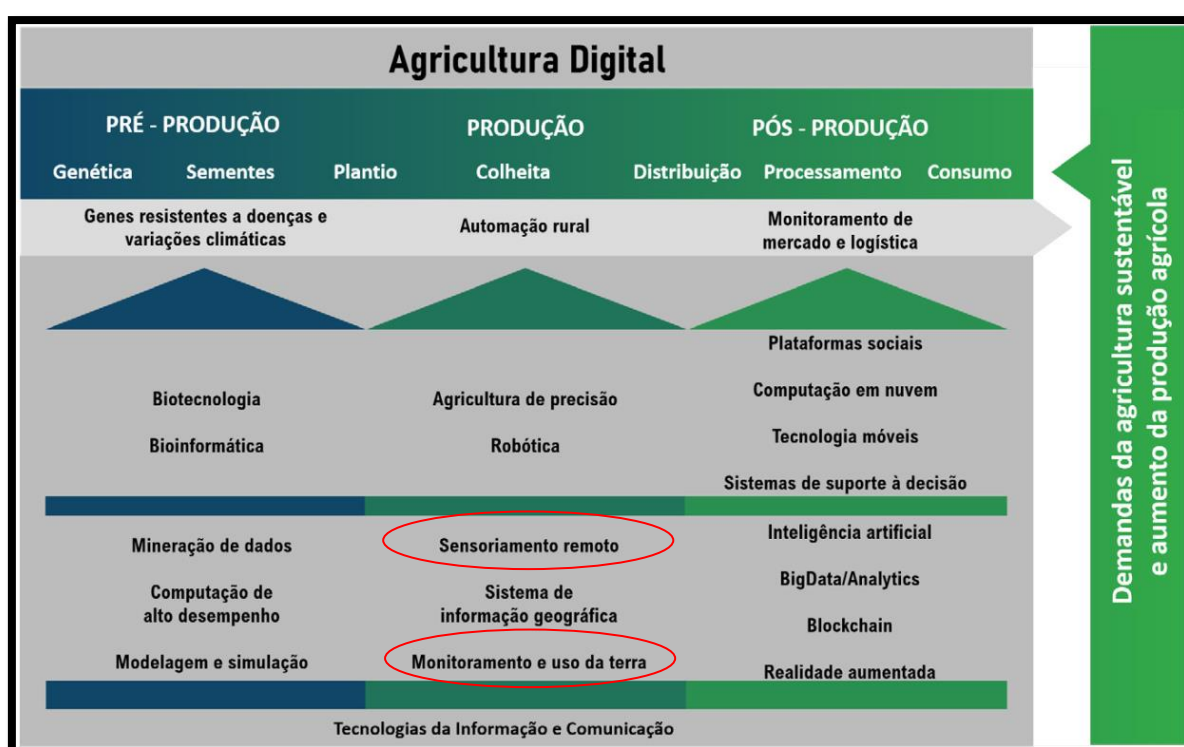


Figura 7 – A agricultura digital na cadeia produtiva nas fases de pré-produção, produção e pós-produção (grifo nosso) (Massruhá, 2020) .

A inovação e o desenvolvimento de tecnologias críticas impulsionam o setor espacial e, conseqüentemente do mercado de dSRO. Negri *et al.* (2018) destaca a relação da inovação e o desenvolvimento de tecnologias críticas com o crescimento econômico:

O crescimento econômico ocorre em função das trajetórias de acumulação de fatores de produção – capital e trabalho – e da evolução do nível de eficiência com que a economia transforma tais fatores em produto, isto é, da expansão da produtividade da

economia. É chave para isso que os países desenvolvam tecnologias críticas capazes de mudar sua forma de produção e melhor aproveitar seus recursos. A inovação está no centro dos ganhos de produtividade das empresas e da geração de postos de trabalho qualificados e mais bem remunerados (Negri; Araújo; Bacelette, 2018).

O crescimento econômico leva ao aumento do PIB que pode ter impactos significativos no Setor Espacial. O setor espacial é difícil de ser analisado no mercado brasileiro devido às dificuldades de acesso a dados específicos do desempenho das empresas do setor e do mercado como um todo (Melo; Freitas, 2021). Grande parte das empresas do setor espacial no Brasil não opera exclusivamente neste setor, mas sim como fonte secundária de suas operações, dificultando o acesso a dados de produção, emprego, exportação e importação.

Investimentos em P&D advindos do crescimento do PIB podem acelerar os avanços tecnológicos que impulsionam o Setor Espacial. Um aumento no PIB pode refletir em mais fundos disponíveis em projetos espaciais governamentais, porém o desempenho histórico de investimento no setor espacial não atendeu às demandas expostas. O viés descendente do orçamento no setor espacial brasileiro desde 2012 estão registrados no Gráfico 9:

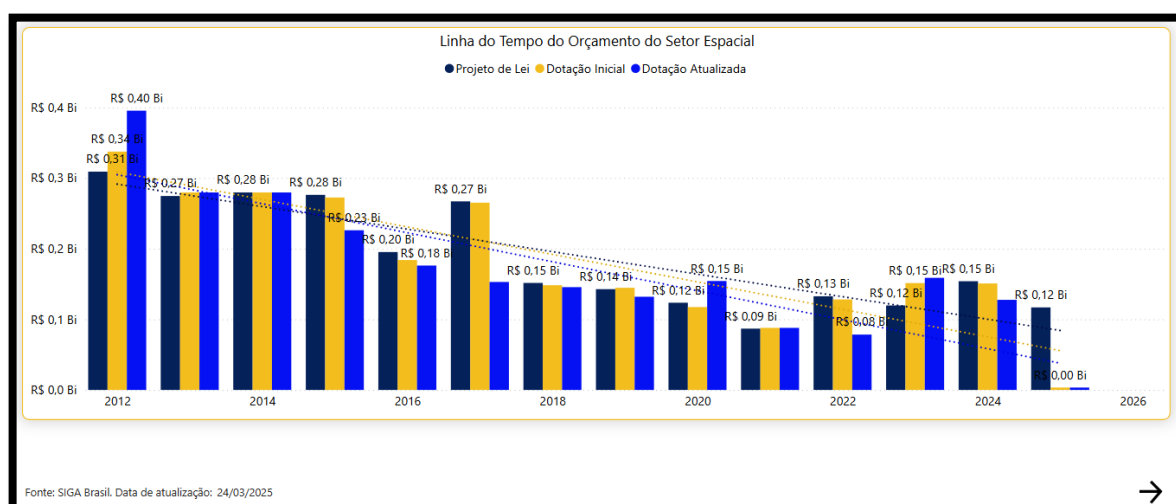


Gráfico 9 - Planejamento do Orçamento Público para o PPA do Setor Espacial Brasileiro (AEB, 2025)

Os maiores impactos no mercado espacial com o crescimento do PIB estão intimamente relacionados com os investimentos em infraestrutura no país. A indústria espacial tem seus indicadores normalmente mesclados com os indicadores de desempenho do investimento em infraestrutura (Melo; Freitas, 2021). Corroborar

Acosta (2022) com esta relação entre os desempenhos de investimentos em infraestrutura e setor espacial com o seguinte registro:

O Brasil hoje tem uma qualidade de infraestrutura mais baixa, e cada vez pior do que países comparáveis como Chile, México, China, África do Sul e Rússia. Isso limita o crescimento da produtividade no país, impedindo sua competitividade e contribuindo para aumentar sua dependência econômica das exportações de commodities. Os níveis de investimento em infraestrutura no Brasil apresentaram queda constante nos últimos 40 anos, passando de 5% do PIB antes da crise da dívida externa nos anos 1980, para menos de 3% nos anos 1990, e uma baixa quase histórica de 1,6 % em 2020. A lacuna de financiamento em infraestrutura no Brasil está se aproximando rapidamente de US\$800 bilhões, o que exigiria gastar 3,7% do PIB por ano até 2030 para fechá-la (Acosta, 2022).

Os investimentos na infraestrutura induzem maior crescimento econômico no longo prazo, fruto das externalidades positivas sobre a produção e o investimento privado. Um desafio para o investimento em infraestrutura é ter que lidar com a baixa eficiência na formulação e na execução de projeto e a incerteza do fluxo adequado de recursos orçamentários (Rocha; Ribeiro, 2022).

Em paralelo à retomada do investimento público, o governo deve apresentar uma regulação eficiente, com regras claras e previsibilidade, oferecendo ao mercado privado a continuidade nos investimentos, sobretudo na infraestrutura. A parceria é virtuosa e necessária para que retorne o crescimento econômico sustentável que não tem sido exitoso ao longo dos últimos anos (Tadini; Rocha, 2018).

As empresas privadas da indústria espacial também se beneficiam de um aumento do PIB por resultar em uma maior disponibilidade de capital para investimentos e um maior incentivo à inovação à expansão da demanda. Isso afeta também startups do setor, empresas de serviços de *upstream*, de *downstream* ou de outras iniciativas comerciais do setor espacial.

No setor público, a Força Aérea Brasileira (FAB) e a Agência Espacial Brasileira (AEB) são atores chave no setor espacial brasileiro. Esforços conjuntos tem se desenvolvido no sentido de aumentar as possibilidades econômicas neste setor. Fruto dessa coordenação governamental, o Senado brasileiro aprovou em 12 de dezembro de 2024 o projeto que autorizou a criação da empresa pública ALADA, que foi criada em 2025 e que é agora responsável por agilizar e fomentar projetos aeroespaciais de interesse nacional. A ALADA é uma estatal destinada a coordenar projetos e

equipamentos aeroespaciais, bem como a apoiar o controle do espaço aéreo, sendo uma subsidiária da empresa NAV Brasil (Agência Senado, 2024).

A ALADA também deverá explorar o potencial do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). O CLA, localizado no Maranhão, Brasil, possui uma localização geográfica privilegiada próxima à linha do Equador, o que proporciona vantagens significativas para lançamentos espaciais. Nos últimos anos, o CLA tem se destacado por meio de parcerias internacionais e avanços tecnológicos. Essas iniciativas indicam perspectivas promissoras para o CLA, posicionando-o como um centro relevante para lançamentos orbitais na América Latina e contribuindo para o fortalecimento do Programa Espacial Brasileiro (Gonçalves, 2024).

No impulsionamento do mercado dSRO por ações governamentais, tem destaque o Projeto CARPONIS do PESE que irá disponibilizar uma constelação de SRO de alta resolução, capaz de coletar informações detalhadas de áreas e objeto de interesse nacional dentro e fora do território nacional. Esse projeto tende a ser acelerado com a criação da empresa ALADA, apesar da falta de dotação orçamentária. Já em andamento está o Projeto Lessonia que conta com dois satélites em órbita que realizam SRO por Radar (Gabriel, 2022).

Outra iniciativa que favorece o mercado dSRO vem do governo brasileiro, através do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil (MCTI), que assinou uma declaração conjunta com a Administração Espacial Nacional da China (CNSA), em 6 de junho de 2024, onde os atores manifestaram uma cooperação internacional para o desenvolvimento conjunto de um satélite meteorológico geoestacionário sobre o Brasil, o CBERS-5. Esse projeto deriva de parceria exitosa entre estes países que desenvolveu outros 6 satélites (MCTI, 2024).

No base industrial brasileira, impulsionada também pela Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB), a empresa Visiona Tecnologia Espacial²⁹ (VISIONA) assinou um acordo de desenvolvimento de um satélite de pequeno porte de SRO de altíssima resolução, em 5 de maio de 2023, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Nesse projeto de inovação a VISIONA atua como empresa executora e conta com a participação de mais cinco empresas brasileiras

²⁹ A VISIONA é uma joint-venture entre EMBRAER e Telebras.

coexecutoras. Há ainda o envolvimento de cinco Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT), fortalecendo a relação entre governo, indústria e academia. Este projeto deverá trazer resultados práticos até 2028 (TELEBRAS, 2023).

Em síntese, neste capítulo explicitamos o mercado dSRO em suas dinâmicas e características. Verificamos que diversos são os setores que tem potencial para utilização dos produtos de dSRO e todos tendem a expandir suas ofertas e demandas, a depender dos fatores que se apresentarem no contexto futuro. No próximo capítulo iremos destacar e discutir quais aspectos apresentados compõem fatores que estão influenciando, e talvez restringindo, a maior participação do Brasil no mercado dSRO mundial.

4 DISCUSSÃO

Este capítulo se dedica a analisar criticamente os achados apresentados nos capítulos anteriores, sintetizando os principais pontos e conectando-os com o objetivo central desta dissertação: identificar os fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de dSRO. A discussão será estruturada em torno dos aspectos teóricos e práticos, comparando os resultados com a literatura existente, interpretando as implicações e propondo direções para futuras investigações.

4.1 Síntese dos Principais Pontos

Até o momento, delineamos a economia espacial, o setor espacial brasileiro e o mercado de dSRO. O Capítulo 2 estabeleceu a fundamentação teórica, abordando um panorama da economia espacial global, o setor espacial brasileiro e a cadeia de valor do dSRO. Foi demonstrado que a economia espacial é um setor em crescimento, impulsionado por avanços tecnológicos, investimentos públicos e privados, e pela crescente demanda por serviços e aplicações espaciais. A análise do *Gartner Hype Cycle*, mencionada nesse capítulo, forneceu um quadro valioso para entender o estágio de maturidade de diversas tecnologias e aplicações no mercado de dSRO, permitindo identificar áreas com maior potencial de crescimento e inovação. O setor espacial brasileiro, embora com um histórico de desenvolvimento desde a década de 1940, ainda enfrenta desafios em termos de financiamento, coordenação e governança.

Complementarmente, o Capítulo 3 aprofundou a investigação no mercado de dSRO, explorando a evolução da demanda por imagens de satélite no Brasil, estrutura, fatores de produção, aplicações multidisciplinares, aspectos econômicos e de gestão, importância econômica e valor de mercado, avanços tecnológicos, desafios regionais e a participação do Brasil. Foi evidenciado que o mercado de dSRO é um setor dinâmico e em expansão, com um potencial significativo para contribuir para o desenvolvimento econômico e social. No entanto, um dos pontos cruciais revelados foi a baixa participação do Brasil no mercado global de dSRO que, apesar do potencial brasileiro e das diversas aplicações em setores estratégicos, emergiu como uma questão relevante a ser explorada.

4.2 Análise Crítica

Os aspectos abordados indicam que o Brasil possui um potencial considerável para expandir sua participação no mercado de dSRO enquanto apresenta uma modesta participação no cenário global. A crescente demanda por informações geoespaciais, impulsionada por setores como agricultura, meio ambiente, defesa e segurança, oferece oportunidades para o desenvolvimento de empresas e tecnologias nacionais. Os dados indicam que, embora o dSRO possua a capacidade de injetar bilhões na economia global, a representatividade da América do Sul e do Caribe, incluindo o Brasil, permanece aquém do esperado, com projeções de decréscimo. A realização desse potencial estimado do Brasil depende da superação de diversos desafios.

A análise crítica dos resultados aponta para uma série de desafios que precisam ser superados para que o Brasil possa aumentar sua participação no mercado de dSRO. Essa dicotomia sugere que, apesar dos avanços tecnológicos e da crescente conscientização sobre a relevância da geoinformação, obstáculos estruturais e conjunturais impedem a plena maturação do mercado nacional. A análise crítica dos dados aponta para a insuficiência de investimentos, a complexidade do marco regulatório e a burocracia excessiva como fatores críticos que restringem o desenvolvimento do setor. Adicionalmente, a pesquisa de Cerbaro *et al.* (2020b), mencionada no Capítulo 3, identificou a falta de pessoal capacitado como uma das limitações mais relevantes, associada à falta de recursos financeiros e investimentos em gerenciamento de dados e inovação

No entanto, os resultados também revelam oportunidades significativas. A crescente conscientização sobre a sustentabilidade, o avanço da tecnologia de IA e a crescente demanda por informações geoespaciais oferecem um cenário favorável para o desenvolvimento do mercado de dSRO no Brasil. O estudo da EMBRAPA (2020), citado no Capítulo 3, evidencia o uso crescente de imagens de satélite no monitoramento da expansão agrícola e na gestão de recursos naturais no Cerrado brasileiro, demonstrando o potencial de aplicação do dSRO em setores estratégicos.

Além disso, a demanda reprimida por produtos de dSRO, especialmente por imagens de alta resolução, indica uma necessidade de maior investimento em infraestrutura e capacitação tecnológica. A dificuldade de acesso a dados de qualidade

e a falta de plataformas intuitivas para processamento e análise limitam a capacidade dos usuários finais de extrair valor das informações disponíveis.

Uma limitação importante deste estudo é a dependência de dados secundários e projeções de mercado. As estimativas de tamanho de mercado e taxas de crescimento podem variar dependendo da fonte e da metodologia utilizada. Além disso, a falta de dados detalhados sobre o desempenho das empresas do setor espacial brasileiro dificulta uma análise mais precisa da competitividade e do potencial de crescimento no país.

Outra limitação é a falta de uma análise aprofundada dos aspectos regulatórios e institucionais que afetam o setor espacial brasileiro. A complexidade e a burocracia dos processos de licenciamento e fiscalização podem criar barreiras à entrada de novas empresas e dificultar a inovação. Além disso, a falta de uma coordenação eficaz entre os diferentes órgãos governamentais envolvidos no setor espacial pode levar a sobreposições e lacunas nas políticas públicas.

4.3 Comparações com a Literatura Existente

A comparação com a literatura existente revela que o Brasil enfrenta desafios semelhantes aos de outros países em desenvolvimento no que se refere ao setor espacial. A dependência de tecnologias estrangeiras, a falta de investimentos e a complexidade regulatória são problemas comuns em países que buscam desenvolver suas capacidades espaciais.

No entanto, o Brasil possui algumas vantagens em relação a outros países. Sua vasta extensão territorial, sua diversidade ambiental, sua economia em crescimento e sua base industrial relativamente desenvolvida oferecem um potencial significativo para o desenvolvimento do mercado de dSRO. Além disso, o Brasil possui um histórico de cooperação internacional na área espacial, que pode ser utilizado para acelerar o desenvolvimento do setor.

Os resultados deste estudo corroboram com a literatura existente sobre a economia espacial e o mercado de dSRO. Autores como Punjala *et al.* (2024) e Murray (2023) destacam o crescimento da economia espacial global e o papel dos avanços tecnológicos e dos investimentos privados nesse processo. Dados apresentados das Novaspace (2024), European Commission e European Union Agency for the Space Programme (2024) e World Economic Forum (2024) destacam o comportamento e as projeções de avaliação do mercado. A OECD (2023) enfatiza a

importância estratégica do setor espacial para os países, em termos de inovação, defesa e desenvolvimento econômico.

A análise dos documentos dialoga com diversas teses presentes na literatura sobre economia espacial e mercado de dSRO. A importância do investimento governamental em atividades espaciais, como defendido por Melo e Freitas (2021), é corroborada pela análise do PNAE e pelos desafios enfrentados pela AEB na coordenação do setor.

A necessidade de um ambiente de negócios favorável à inovação, mencionada por AEB (2022) e outros, é reforçada pela análise das limitações regulatórias e burocráticas que dificultam a entrada de novas empresas no setor. A importância da cooperação internacional para o desenvolvimento de tecnologias espaciais, ressaltada por Rollemberg e Brasil (2010), é exemplificada pelos projetos CBERS e pelas parcerias entre a AEB e outras agências espaciais.

No contexto brasileiro, os resultados deste estudo estão alinhados com as análises de Vellasco e Nascimento (2020) sobre a governança do setor espacial e os desafios enfrentados pela Agência Espacial Brasileira (AEB) na coordenação do Programa Espacial Brasileiro (PEB). Os resultados também confirmam as conclusões de Onohara et al. (2019) sobre as demandas não atendidas do mercado de dSRO no Brasil e a necessidade de investimentos em infraestrutura, capacitação e inovação.

Uma contribuição relevante deste estudo é a análise detalhada da cadeia de valor do dSRO e dos fatores de produção envolvidos nos processos. Essa análise permite identificar os pontos críticos para o desenvolvimento do setor e as áreas onde o Brasil pode atuar com maior foco. Além disso, este estudo oferece uma visão abrangente das aplicações multidisciplinares do dSRO e do seu potencial para contribuir para o desenvolvimento sustentável do mercado.

No entanto, a análise dos documentos também revela algumas lacunas na literatura. A falta de dados específicos sobre o desempenho das empresas do setor espacial brasileiro dificulta a mensuração do retorno dos investimentos públicos e a avaliação do impacto das políticas governamentais. Além disso, a complexidade das interações entre os setores público e privado no mercado de dSRO requer uma análise mais aprofundada para identificar oportunidades de colaboração e otimizar a alocação de recursos.

A contribuição única desta dissertação reside na análise detalhada dos fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de dSRO, combinando a

perspectiva teórica com a análise de dados e informações sobre o contexto brasileiro. A identificação dos desafios e oportunidades, bem como a proposição de direções para futuras pesquisas, podem contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias empresariais que impulsionem o setor.

4.4 Interpretação dos Resultados

Os resultados desta dissertação confirmam a hipótese de que o desempenho do Brasil no mercado de dSRO é influenciado por uma combinação de fatores econômicos, tecnológicos, políticos, regulatórios e institucionais. A falta de investimentos consistentes, a complexidade regulatória, a burocracia, a concorrência internacional e a dependência de tecnologias estrangeiras são fatores que limitam o desenvolvimento do setor.

No entanto, a crescente demanda por informações geoespaciais, o avanço da tecnologia de IA e a conscientização sobre a sustentabilidade oferecem oportunidades para o Brasil aumentar sua participação no mercado de dSRO. Para aproveitar essas oportunidades, é necessário que o país invista em infraestrutura, capacitação tecnológica, pesquisa e desenvolvimento, e crie um ambiente de negócios favorável à inovação.

A criação da empresa pública ALADA, mencionada no Capítulo 3, pode ser um passo importante para impulsionar o setor espacial brasileiro, atraindo recursos privados e coordenando projetos aeroespaciais de interesse nacional. No entanto, é fundamental que a ALADA seja gerida de forma eficiente e transparente, evitando a burocracia e a corrupção.

Os resultados deste estudo sugerem que o Brasil possui as condições para ampliar sua atuação no mercado global de dSRO. O país possui um setor espacial com um histórico de desenvolvimento, uma base industrial crescente, uma demanda interna significativa e um potencial de inovação considerável. No entanto, a realização desse potencial depende da superação de diversos desafios, incluindo:

- **Ampliação dos investimentos:** O Brasil precisa aumentar significativamente o valor e a regularidade dos investimentos no setor espacial, tanto públicos quanto privados, para financiar o desenvolvimento de tecnologias, infraestruturas e empresas nacionais.

- **Melhora da coordenação e governança:** É fundamental fortalecer a coordenação entre os diferentes órgãos governamentais envolvidos no setor espacial e estabelecer uma estrutura de governança clara e eficiente.
- **Simplificação da regulamentação:** O governo precisa simplificar a regulamentação do setor espacial, eliminando barreiras à entrada de novas empresas e estimulando a inovação.
- **Promoção da capacitação:** É necessário investir na capacitação de profissionais em áreas como sensoriamento remoto, geoprocessamento, análise de dados e inteligência artificial, para atender à crescente demanda por serviços e aplicações de dSRO.
- **Incentivo à inovação:** O governo e as empresas precisam incentivar a inovação no setor espacial, por meio de programas de apoio à pesquisa e desenvolvimento, parcerias entre universidades e empresas, e a criação de um ambiente de negócios favorável à inovação.

4.5 Implicações Práticas

As descobertas desta dissertação têm implicações práticas para diversos atores, incluindo o governo, as empresas, as universidades e os centros de pesquisa. O governo deve priorizar o investimento no setor espacial, simplificar a regulamentação, promover a capacitação tecnológica e incentivar a inovação. As empresas devem buscar parcerias estratégicas, investir em pesquisa e desenvolvimento, e desenvolver produtos e serviços inovadores que atendam às necessidades do mercado. As universidades e os centros de pesquisa devem formar profissionais qualificados, realizar pesquisas de ponta e transferir tecnologia para as empresas.

De modo amplo, há a necessidade de seguir o plano estratégico de longo prazo para o setor, suas metas e indicadores de desempenho. Esse plano se reflete nos programas, políticas e planos já existentes e envolve todos os stakeholders do setor, incluindo governo, empresas, universidades e centros de pesquisa.

Os resultados da análise têm diversas implicações práticas para o desenvolvimento do mercado de dSRO no Brasil. É fundamental aumentar os investimentos em infraestrutura e capacitação tecnológica para superar a demanda

reprimida e melhorar o acesso a dados de qualidade. Isso inclui a adoção de plataformas intuitivas para processamento e análise de dados, bem como a formação de profissionais capacitados para utilizar as ferramentas disponíveis.

É mandatório simplificar a regulamentação e reduzir a burocracia para facilitar a entrada de novas empresas no setor e estimular a inovação. A criação de um ambiente de negócios mais favorável pode atrair investimentos privados e impulsionar o crescimento do mercado.

Deve-se fortalecer a coordenação entre os setores público e privado para otimizar a alocação de recursos e identificar oportunidades de colaboração. A criação da ALADA pode ser um passo importante nessa direção, desde que a empresa seja capaz de atrair investimentos privados e complementar o orçamento público.

Os resultados deste estudo podem orientar as decisões de investimento em áreas como desenvolvimento de satélites, infraestrutura de solo, sistemas de processamento de dados e, principalmente, aplicações de dSRO. Ao identificar os pontos críticos para o desenvolvimento do setor e as áreas onde o Brasil pode obter vantagens competitivas, este estudo pode ajudar a direcionar os recursos para os projetos mais promissores. Infere-se como possibilidade plausível que um olhar mais atento na aplicação de recursos no mercado dSRO estimule a demanda por produtos e gere a busca da ampliação da oferta. Consequentemente, a escassez derivada da ampliação da demanda irá forçar a superação das limitações impostas pela falta de apoio político e da sociedade.

Aspectos apresentados neste estudo podem subsidiar a formulação de políticas públicas para o setor espacial com especial atenção ao segmento dSRO. Ao analisar os fatores regulatórios e institucionais que afetam o setor, este estudo pode ajudar a identificar as áreas onde são necessárias reformas para criar um ambiente de negócios mais favorável à inovação e ao crescimento da participação no mercado espacial global.

As aplicações práticas do dSRO são vastas e podem contribuir para o desenvolvimento de diversos setores da economia brasileira. Na agricultura, o dSRO pode ser utilizado para monitorar o desenvolvimento de culturas, mapear áreas irrigadas, monitorar pragas e doenças, analisar a fertilidade do solo e prever colheitas. No meio ambiente, o dSRO pode ser utilizado para monitorar florestas, rios, oceanos e litorais, prevenir e combater crimes ambientais, gerir desastres naturais e monitorar

a qualidade da água. Na defesa e segurança, o dSRO pode ser utilizado para monitorar fronteiras, vigiar o mar e detectar atividades ilegais.

4.6 Limitações dos Estudos Conduzidos

É importante reconhecer que os estudos conduzidos apresentam algumas limitações. A falta de dados específicos sobre o desempenho das empresas do setor espacial brasileiro dificulta a realização de análises mais precisas e a formulação de recomendações mais específicas. Além disso, a complexidade do mercado de dSRO e a rapidez com que as tecnologias evoluem tornam difícil capturar todas as nuances e tendências do setor.

Essas limitações podem impactar as conclusões da análise, mas não invalidam a importância dos resultados obtidos. Ao contrário, elas reforçam a necessidade de futuras pesquisas para aprofundar o conhecimento sobre o mercado de dSRO no Brasil e identificar oportunidades para o seu desenvolvimento.

4.7 Sugestões para Pesquisas Futuras

Esta dissertação abre diversas possibilidades para futuras pesquisas. Sugere-se a realização de estudos de caso sobre empresas brasileiras de dSRO que obtiveram sucesso no mercado, identificando os fatores que contribuíram para o seu sucesso. Recomenda-se também a realização de pesquisas sobre as necessidades e demandas dos usuários de produtos de dSRO no Brasil, buscando identificar as áreas onde há maior potencial de crescimento.

Outras áreas promissoras para futuras pesquisas incluem:

- **Análise do impacto da inteligência artificial no mercado de dSRO:** Investigar como a IA pode ser utilizada para automatizar o processamento de dados, gerar informações de valor agregado e desenvolver novas aplicações de dSRO.
- **Estudo comparativo do setor espacial brasileiro com o de outros países:** Identificar as melhores práticas e as lições aprendidas em outros países para acelerar o desenvolvimento do setor dSRO.
- **Análise do papel da cooperação internacional no desenvolvimento do setor espacial brasileiro:** Avaliar como a cooperação internacional

pode ser utilizada para aumentar a participação do Brasil no mercado global de dSRO.

Em suma, este capítulo buscou integrar e aprofundar a análise dos resultados apresentados ao longo desta dissertação, oferecendo uma visão abrangente e crítica do potencial do Brasil no mercado de dSRO. Acredita-se que este estudo possa contribuir para o desenvolvimento do setor espacial brasileiro e para a sua maior integração no mercado global.

5 CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como objetivo central analisar os fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de *downstream* do Sensoriamento Remoto Orbital (dSRO). Ao longo dos capítulos, buscou-se identificar os principais desafios e oportunidades que o país enfrenta para aumentar a sua participação nesse mercado, bem como propor recomendações de políticas públicas e estratégias empresariais que impulsionem o setor espacial brasileiro.

Os resultados da pesquisa demonstraram que o desempenho do Brasil no mercado de dSRO é influenciado por uma combinação complexa de fatores econômicos, tecnológicos, políticos, regulatórios e institucionais. A falta de investimentos consistentes, a complexidade regulatória, a burocracia, a concorrência internacional e a dependência de tecnologias estrangeiras foram identificadas como os principais obstáculos ao desenvolvimento do setor. Por outro lado, a crescente demanda por informações geoespaciais, o avanço da tecnologia de IA e a conscientização sobre a sustentabilidade emergiram como oportunidades promissoras para o Brasil expandir a sua atuação no mercado de dSRO.

A análise revelou que o Brasil possui um potencial considerável para expandir sua participação no mercado de dSRO, mas enfrenta desafios significativos para competir com outros países. A crescente demanda por informações geoespaciais, impulsionada por setores como agricultura, meio ambiente, defesa e segurança, oferece oportunidades para o desenvolvimento de empresas e tecnologias nacionais. No entanto, a baixa participação do Brasil no mercado global de dSRO, apesar do seu potencial e das diversas aplicações em setores estratégicos, emerge como um ponto relevante a ser explorado.

As descobertas desta dissertação têm implicações significativas para o setor espacial brasileiro. Em termos práticos, os resultados podem subsidiar a formulação de políticas públicas mais eficazes, que incentivem o investimento em infraestrutura, capacitação tecnológica, pesquisa e desenvolvimento. Além disso, os resultados podem orientar as empresas do setor na definição de estratégias de negócios mais competitivas, que explorem as oportunidades de mercado e superem os desafios existentes. Em termos teóricos, a dissertação contribui para o avanço do conhecimento sobre o mercado de dSRO no Brasil, oferecendo uma análise aprofundada dos seus determinantes e das suas dinâmicas.

A principal contribuição deste trabalho reside na análise abrangente dos fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de dSRO, combinando a perspectiva teórica com a análise de dados e informações sobre o contexto brasileiro.

A análise do setor espacial brasileiro, conforme abordado na dissertação, aponta para uma concentração histórica e, por vezes, excessiva de investimentos no segmento *upstream* da cadeia de valor, que engloba atividades como a aquisição, manufatura e lançamento de satélites.

No entanto, o estudo revela a existência de um volume significativo de valor e um potencial de crescimento considerável no segmento *downstream*, especificamente no mercado de Sensoriamento Remoto Orbital (dSRO). Este segmento, que se refere aos operadores de satélites, fornecedores finais e provedores de serviços que processam e geram informações para os usuários finais, demonstra a capacidade de multiplicar o valor econômico inicial dos dados coletados ao agregar valor através de análise e elaboração de novos conhecimentos.

Apesar da identificação de uma carência histórica de investimentos públicos consistentes no setor espacial brasileiro como um todo, conforme evidenciado pela análise orçamentária do PNAE (frequentemente abaixo das dotações solicitadas), o estudo ilumina uma perspectiva alternativa e estratégica: a possibilidade de direcionar e explorar investimentos e políticas focados na demanda por produtos e serviços de dSRO.

Para efetivamente estimular essa demanda e, conseqüentemente, impulsionar o mercado, diversas ações são sugeridas e fundamentadas nos desafios identificados no estudo. Primeiramente, é crucial investir na melhoria da capacitação dos recursos humanos. O estudo destaca que a falta de pessoal qualificado é uma das limitações mais relevantes para o uso do dSRO no Brasil, frequentemente associada à escassez de recursos financeiros e investimentos em gerenciamento de dados e inovação. Profissionais mais bem treinados estarão mais aptos a utilizar e extrair o máximo valor dos produtos de dSRO, integrando-os de forma eficaz em seus processos e, assim, gerando uma demanda crescente por imagens e informações derivadas desses insumos. A pesquisa mostra claramente, por exemplo, que embora agricultores reconheçam os benefícios do dSRO, enfrentam dificuldades na aquisição, implementação e utilização das tecnologias.

Em paralelo à capacitação dos usuários, surge uma oportunidade estratégica de investir e apoiar empreendedores e empresas que atuam em agregar valor às

imagens de SRO. O mercado de dSRO está em rápida evolução, com uma tendência crescente de clientes buscando produtos com valor agregado, ou seja, serviços analíticos e *insights*, e não apenas imagens brutas. O desenvolvimento de plataformas mais inteligentes, "amigáveis" e com uso de tecnologias avançadas como a Inteligência Artificial (IA), que o estudo aponta como um potencial modificador no processamento de imagens e serviços de valor agregado, é fundamental para superar as dificuldades no processamento e análise de grandes volumes de dados e na geração de conhecimento útil. Investir nesses provedores de produtos e serviços de OT e provedores de informações, conforme a cadeia de valor do dSRO, deverá dinamizar o mercado.

Adicionalmente, o estudo sugere, implicitamente, a importância de incentivar a terceirização (*outsourcing*) de serviços especializados de processamento e análise de imagens SRO, em detrimento de uma verticalização excessiva, especialmente por parte do setor público. A estrutura do mercado de dSRO já conta com diversos tipos de provedores especializados, nacionais e estrangeiros. Ao buscar serviços no mercado, os setores público e privado estimulam a indústria nacional de dSRO, fomentando a concorrência, a inovação e a eficiência. Evitar a verticalização interna, particularmente em órgãos governamentais, pode prevenir investimentos públicos em capacidades de processamento e análise que podem ter aplicação limitada ou se tornarem obsoletas rapidamente, além de evitar gastos potencialmente excessivos com a manutenção de estruturas internas que podem tornar o uso de produtos dSRO oneroso e menos acessível para uma gama maior de usuários. A contratação de provedores privados por agências governamentais, como mencionado no estudo, já demonstra essa dinâmica.

Em suma, a dissertação, ao analisar a estrutura do mercado de dSRO, seus desafios e o contexto brasileiro, mostra de maneira implícita que existe uma alternativa viável e potencialmente mais eficiente para o modelo histórico de investimento no setor espacial brasileiro, que tem sido marcado pela ineficiência e pelo foco desproporcional no *upstream*. Um olhar mais pragmático e direcionado para o final da cadeia de valor do dSRO, focando na demanda, na capacitação dos usuários, no fomento a empresas de valor agregado e na utilização estratégica de serviços especializados disponíveis no mercado, pode afetar de maneira positiva o desenvolvimento do setor como um todo, impulsionando a inovação, a competitividade e a participação do Brasil neste mercado global em expansão.

A identificação dos desafios e oportunidades, bem como a proposição de direções para futuras pesquisas, podem contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias empresariais que impulsionem o setor.

É importante reconhecer as limitações deste estudo. A falta de dados específicos sobre o desempenho das empresas do setor espacial brasileiro dificultou a realização de análises mais precisas e a formulação de recomendações mais específicas. Além disso, a complexidade do mercado de dSRO e a rapidez com que as tecnologias evoluem tornam difícil capturar todas as nuances e tendências do setor. A dependência de dados secundários e projeções de mercado também representa uma limitação, uma vez que as estimativas de tamanho de mercado e taxas de crescimento podem variar dependendo da fonte e da metodologia utilizada.

Diante das limitações identificadas, sugere-se a realização de futuras pesquisas que aprofundem o conhecimento sobre o mercado de dSRO no Brasil. Recomenda-se a realização de estudos de caso sobre empresas brasileiras de dSRO que obtiveram sucesso no mercado e a realização de pesquisas sobre as necessidades e demandas dos usuários de produtos de dSRO no Brasil.

Outras áreas promissoras para futuras pesquisas incluem:

- Análise do impacto da inteligência artificial no mercado de dSRO;
- Estudo comparativo do setor espacial brasileiro com o de outros países;
- Análise do papel da cooperação internacional no desenvolvimento do setor espacial brasileiro;

Por fim, esta dissertação buscou oferecer uma contribuição relevante para o estudo do mercado de dSRO no Brasil, identificando os seus desafios e oportunidades e propondo direções para futuras pesquisas.

5.1 Considerações Finais

A análise dos fatores que influenciam o desempenho do Brasil no mercado de dSRO é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias empresariais que impulsionem o setor espacial brasileiro e contribuam para o crescimento econômico, a autonomia tecnológica e a segurança nacional do país.

Espera-se que este trabalho possa inspirar outros pesquisadores a expandirem o conhecimento sobre o tema e a contribuir para o desenvolvimento de um setor espacial brasileiro mais forte e competitivo.

Finalmente, acredita-se que essa dissertação contribui com o avanço do conhecimento sobre o mercado de dSRO no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, Pablo. Falta de investimento em infraestrutura compromete produtividade e competitividade do Brasil. **Folha de São Paulo**, 12 dez. 2022.

AEB. **A política espacial brasileira**. Disponível em: <<https://observatorio.aeb.gov.br/politica-espacial>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

AEB. **Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE)**. gov.br. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/sistema-nacional-de-desenvolvimento-das-atividades-espaciais-sindae>>. Acesso em: 18 mar. 2025a.

AEB. **Linha do tempo das atividades espaciais no Brasil**. Disponível em: <<https://observatorio.aeb.gov.br/politica-espacial/cronologia-do-programa-espacial-brasileiro>>. Acesso em: 12 jul. 2023b.

AEB. **Programa Nacional de Atividades Espaciais: 2022-2031**. AEB, , 2022.

AEB. **Catálogo da Indústria Espacial Brasileira - 2ª Edição**. Agência Espacial Brasileira - AEB, , 2023a. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/catalogo-da-industria-espacial-brasileira/catalogo-de-fornecedores-do-centro-espacial-de-alcantara/2-edicao-catalogo-da-industria-espacial-brasileira.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2025

AEB. **PNAE em Foco - 2023**: PNAE em Foco. Brasília: Agência Espacial Brasileira - AEB, 2023b. Disponível em: <<https://observatorio.aeb.gov.br/publicacoes-e-noticias/publicacoes/pnae-em-foco-2023>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

AEB. **Catálogo das Empresas Espaciais Brasileiras - 3ª Edição**. Agência Espacial Brasileira - AEB, , 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/catalogo-da-industria-espacial-brasileira/catalogo-de-fornecedores-do-centro-espacial-de-alcantara/3-edicao-catalogo-das-empresas-espaciais-brasileiras.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2025

AEB. **Acompanhamento Orçamentário do PPA**. Institucional. Disponível em: <<https://observatorio.aeb.gov.br/dados-e-indicadores/tema-governo/tema-orcamento/acompanhamento-orcamentario-do-ppa>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

AGÊNCIA FORÇA AÉREA. **ALADA: um passo estratégico para o futuro do Programa Espacial Brasileiro**. Disponível em: <<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/43492/PROGRAMA%20ESPACIAL%20-%20ALADA:%20um%20passo%20estratégico%20para%20o%20futuro%20do%20Programa%20Espacial%20Brasileiro>>. Acesso em: 18 mar. 2025.

AGÊNCIA SENADO. **Senado autoriza criação de empresa pública para navegação espacial**. Governamental. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/12/12/senado-autoriza-criacao-de-empresa-publica-para-navegacao-espacial>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

AIRBUS. **30cm Very High-Resolution Imagery - Pléiades Neo**. Comercial. Disponível em: <<https://space-solutions.airbus.com/imagery/our-optical-and-radar-satellite-imagery/pleiades-neo/>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

ANA. **Monitoramento Hidrológico por Satélite**. Institucional. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo/monitoramento-hidrologico-por-satelite>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

ANEEL. **Gestão Geoespacializada da Transmissão (GGT)**. Institucional. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/transmissao/ggt>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

ANHESINI, Victória. **Por que o Brasil é tão atrasado na corrida espacial? Especialistas respondem**. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/byte/por-que-o-brasil-e-tao-atrasado-na-corrida-espacial-especialistas-respondem,3296da56df4c1147f256d44f226e7fc5s17zumvb.html>>. Acesso em: 18 mar. 2025.

BAZZI, Cláudio Leones; SCHENATTO, Kelyn; SOBJAK, Ricardo. Conceitos sobre o Agro 4.0 e Industria 4.0. *In: Agro 4.0: fundamentos, realidades e perspectivas para o Brasil*. 1ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Autografia Editora, 2023. p. 44 a 57.

BELKOUCHI, Badia. **Earth Observation Data & Services Market**. França: NOVASPACE - Merger of Euroconsult Group and SpaceTec Partners, nov. 2024. . Acesso em: 2 dez. 2024.

BELWARD, Alan S.; SKØIEN, Jon O. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 103, p. 115–128, 2015.

BISHOP, Peter C. **EARTH VIEW: A Business Guide to Orbital Remote Sensing**. NASA-CR-188238 ed. Houston - Clear Lake: Space Business Research Center - University of Houston - Clear Lake, 1990.

BOLFE, Édson L. *et al.* Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. **Agriculture**, v. 10, n. 12, 2020.

BORGES, Gustavo Marques; PACHÊCO, Admilson da Penha; SANTOS, Francisco Kennedy Silva dos. Sensoriamento Remoto: avanços e perspectivas. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 32, n. 2, p. 267–292, 28 jun. 2015.

CABELLO, Andrea Felipe *et al.* The Incipient Brazilian Private Space Sector: A Brief Description. **New Space**, v. 11, n. 3, p. 162–167, 1 set. 2023.

CABELLO, Andrea; MICHELS FREITAS, Lúcia Helena; MELO, Michele. Brazilian Space Sector: Historical Analysis of the Public Budget. **Space Policy**, v. 62, p. 101502, nov. 2022.

CARVALHO, Rogerio Atem De. Optimizing the Communication Capacity of a Ground Station Network. **Journal of Aerospace Technology and Management**, p. e2319, 10 maio 2019.

CERBARO, Mercio *et al.* Information from Earth Observation for the Management of Sustainable Land Use and Land Cover in Brazil: An Analysis of User Needs. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 489, 8 jan. 2020a.

CERBARO, Mercio *et al.* Challenges in Using Earth Observation (EO) Data to Support Environmental Management in Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 24, p. 10411, 12 dez. 2020b.

CGU. **Consulta de Contratos Públicos - Space Imaging Brasil Produtos e Representações SA.** Institucional. Disponível em: <<https://portal.datatransparencia.gov.br/url/c4e6c2d2>>. Acesso em: 28 mar. 2025a.

CGU. **Consulta de Contratos Públicos - Visona Tecnologia Espacial SA.** Institucional. Disponível em: <<https://portal.datatransparencia.gov.br/url/b996c26e>>. Acesso em: 28 mar. 2025b.

COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 92, p. 79–97, 2014.

DAMASCENO, Artur. **Monitoramento ambiental e energético podem ser feitos com geoinformação.**, 20 nov. 2022. Disponível em: <<https://geocracia.com/monitoramento-ambiental-energetico-geoinformacao/>>. Acesso em: 15 maio. 2023

DURÃO, Otávio Santos Cupertino. O Programa Espacial Brasileiro: uma análise crítica e perspectivas. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 1, n. 40, p. 299–326, 2001.

EMBRAPA. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1

ENGESAT. **Planejamento Urbano - EngeSat - Imagens de satélite e geoprocessamento.** Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/mercados/planejamento-urbano-4/>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

ESA. **Artificial Intelligence for Space: Use Cases and Commercial Opportunities.** Market Trends. Disponível em: <https://commercialisation.esa.int/wp-content/uploads/2023/04/Artificial_Intelligence_for_Space_MiniReport_230420.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2025a.

ESA. **ESA Commercialisation Gateway: Powering Space Innovation - Market Perspective - 2024 Edition.** European Space Agency, , jun. 2023b. Disponível em: <https://commercialisation.esa.int/wp-content/uploads/2024/07/ESA_Commercialisation_Gateway_Market_perspective_Edition-2024.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2025

ESPI. **The Rise of Private Actors in the Space Sector: Executive Summary.** European Space Policy Institute, , jul. 2017. Disponível em: <<https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2022/06/ESPI-report-The-rise-of-private-actors-Executive-Summary-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2025

EUROCONSULT. **Space Economy Report 2022 - An outlook of the key trends in the global space market (free extract)**. Euroconsult, , jan. 2023. Disponível em: <https://digital-platform.euroconsult-ec.com/wp-content/uploads/2023/01/Sp_Economy_2022_extract.pdf?t=63c16ea575274>. Acesso em: 8 jul. 2023

EUROPEAN COMMISSION; EUROPEAN UNION AGENCY FOR THE SPACE PROGRAMME. **EUSPA EO and GNSS Market Report: 2024 / Issue 2**. Luxembourg: Publications Office, 2024.

FERREIRA, Laerte Guimarães; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Manuel Eduardo. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 379–390, 2008.

FILOTICO, Carla. **New trends and dynamics of the EO market**. . THE 2ND EO COMMERCIALISATION FORUM. **Anais...** . Frankfurt, 2024. Disponível em: <<https://philab.esa.int/CommEO/#summary>>. Acesso em: 26 fev. 2025

FISK, Len A. The impact of space on society: Past, present and future. **Space Policy**, v. 24, n. 4, p. 175–180, nov. 2008.

GABRIEL, Marco Aurélio Martins. **Projetos Estratégicos da Força Aérea Brasileira**. Brasília-DF, 28 abr. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ensino-e-pesquisa/copy_of_defesa-e-academia/curso-de-extensao-em-defesa-nacional/arquivos/xxiv/projetos_estrategicos_da_forca_aerea_brasileira.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2025

GARTNER. **Gartner Hype Cycle**. Comercial. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>>. Acesso em: 30 mar. 2025.

GEOINOVA. **A importância das imagens de satélite na gestão de recursos hídricos**. Disponível em: <<https://geoinova.com.br/a-importancia-das-imagens-de-satelite-na-gestao-de-recursos-hidricos/>>. Acesso em: 12 dez. 2024.

GIELOW, Igor. **Busca por influência política inspirou a corrida espacial - Correndo atrás dos soviéticos, EUA ampliaram seu “soft power” com ida à Lua**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2019/07/busca-por-influencia-politica-inspirou-a-corrida-espacial.shtml>>. Acesso em: 17 jul. 2023.

GONÇALVES, Mirian Rezende. **Alada é criada para impulsionar o programa espacial brasileiro, após duas décadas de discussões – Defesa Aérea & Naval**. Disponível em: <<https://www.defesaaereanaval.com.br/espaco/alada-e-criada-para-impulsionar-o-programa-espacial-brasileiro-apos-duas-decadas-de-discussoes>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

HOLDSWORTH, Jim; FINIO, Matthew. **Os casos de uso mais valiosos da IA para negócios**. Comercial. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/artificial-intelligence-business-use-cases>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

IBAMA. **Relatório de Gestão 2023**. Brasília, DF: IBAMA, 28 mar. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/acesso-a>>

informacao/auditorias/arquivos/20240328_Relatorio_de_Gesta_2023.pdf/@@download/file>. Acesso em: 26 mar. 2025.

IMARC GROUP. **Brazil Satellite Based Earth Observation Market Size | 2033**. Disponível em: <<https://www.imarcgroup.com/brazil-satellite-based-earth-observation-market>>. Acesso em: 9 dez. 2024.

IMF. **World Economic Outlook (October 2024)**. Institucional. Disponível em: <<https://www.imf.org/external/datamapper/datasets/WEO>>. Acesso em: 29 mar. 2025.

INPE. **1º Satélite de Coleta de Dados - SDC-1**. Institucional. Disponível em: <http://www.inpe.br/scd1/site_scd/historico.htm>. Acesso em: 26 mar. 2025.

KLERKX, Laurens; JAKKU, Emma; LABARTHE, Pierre. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. **NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90–91, n. 1, p. 1–16, 1 dez. 2019.

LAPOLLI, Édis Maфра. **Processamento de imagens digitais: uma abordagem utilizando conjuntos difusos**. Tese de doutorado—Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, jan. 1994.

LISBOA, Igor Deodoro Sousa. **Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON): Perspectivas para segurança na faixa de fronteira do Paraná**. Tese de Mestrado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

MARKETS AND MARKETS. **Geospatial Imagery Analytics Market Size, Trends, Drivers & Opportunities | MarketsandMarkets™**. Disponível em: <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/geospatial-imagery-analytics-market-221633264.html>>. Acesso em: 19 abr. 2023.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira. **Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. 1ª ed. Brasília. DF: Embrapa, 2020.

MATOS, Patrícia de Oliveira. Geopolítica e Programa Espacial Brasileiro: da busca pela autonomia ao acordo de salvaguardas tecnológicas. **Revista Brasileira de Estudos Estratégicos**, v. 13, n. 25, p. 129–145, 2021.

MAVER, L. A.; ERDMAN, C. D.; RIEHL, K. **National Image Interpretability Rating Scales**. Acadêmico. Disponível em: <<https://irp.fas.org/imint/niirs.htm>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

MAXAR. **Satellite Imagery**. Comercial. Disponível em: <<https://www.maxar.com/maxar-intelligence/imagery-leadership>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

MCTI. **Declaração Conjunta de Intenções sobre o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres-5**. CNSA, , 6 jun. 2024. Disponível em: <http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/relacoes_institucionais/arquivos/_DECLARACAO_CONJUNTA_DE_INTENCOES SOBRE_O_SATELITE_SINO_BRASILEI>.

RO_DE_RECursos_TERRESTRES_5_ENTRE_O_MINISTERIO_DA_Ciencia__TECNO____Documento_12013577_CHINA_PORT.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024

MELO, Michele Cristina Silva. **A cadeia de valor do setor Espacial**. Informativo. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2022/03/21/artigo-a-cadeia-de-valor-do-setor-espacial/>>. Acesso em: 29 mar. 2025.

MELO, Michele Cristina Silva; FREITAS, Lúcia Helena Michels. Uma tentativa de mensurar o retorno do investimento público no setor espacial brasileiro. **Cadernos de Finanças Públicas**, v. 21, n. 2, p. 1–33, 16 set. 2021.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **PROGRAMA ESTRATÉGICO DE SISTEMAS ESPACIAIS**. EMCFA, , 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a_sa_01a_programaa_estrategicoa_dea_sistemasa_espaciaisa_pesaa_ed-2018.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2025

MISSAGIA, Raquel Dos Santos. Resenha de: Villas-Bôas, Ana Lucia A. 2016. PEB – Programa Espacial Brasileiro: militares, cientistas e a questão da soberania nacional. Lisboa: Chiado Editora. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, v. 4, n. 2, 30 dez. 2017.

MJSP. **Programa Brasil Mais**. Institucional. Disponível em: <<https://plataforma-pf.sccon.com.br/#/>>. Acesso em: 28 mar. 2025.

MPO. **Orçamentos da União exercício financeiro 2025: projeto de lei orçamentária**. Ministério do Planejamento e Orçamento do Brasil, , 31 ago. 2024. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9794289&ts=1743022761061&disposition=inline>>. Acesso em: 27 mar. 2025

MUNDOGEO. **Demanda por satélites se multiplicará por quatro nos próximos 10 anos - MundoGEO**. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2020/01/27/demanda-por-satelites-se-multiplicara-por-quatro-nos-proximos-10-anos/>>. Acesso em: 10 dez. 2024.

MURRAY, Robert. **The NewSpace market: Capital, control, and commercialization - Atlantic Council**. Issue Brief. Disponível em: <<https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/the-newspace-market-capital-control-and-commercialization>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

NEGRI, João Alberto de; ARAÚJO, Bruno César; BACELETTE, Ricardo (ORGS.). **Desafios da nação: artigos de apoio**. Brasília: IPEA, 2018. v. 1

NOVASPACE. **The Space Economy to Reach \$944 Billion by 2033: Novaspace Unveils Key Insights**. Press Release. Disponível em: <<https://nova.space/press-release/the-space-economy-to-reach-944-billion-by-2033-novaspace-unveils-key-insights/>>. Acesso em: 26 fev. 2025a.

NOVASPACE. **Space Economy Report: An outlook of the key trends in the global space market (free extract)**. [S.l.]: NOVASPACE - Merger of Euroconsult Group and SpaceTec Partners, jan. 2025b. Disponível em: <<https://digital-platform.euroconsult->

ec.com/wp-content/uploads/2025/01/Sp_Economy_Rep_Extract_2024.pdf?t=677d59715b635>.

OECD. **The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy**. Paris: OECD, 2019.

OECD. **The Space Economy in Figures: Responding to Global Challenges**. Paris: OECD Publishing, 2023.

OLIVEIRA, Silvio Serafim de; SERAFIM, Elâne Rafaella Cordeiro Nunes. GEOPROCESSAMENTO NA ÁREA DE SAÚDE. *In*: RAMOS, Diego Vieira; RIGOLDI, Kelly Cristina; MÜLLER, Tais (Orgs.). **Sensoriamento remoto e estudos urbanos: perspectivas de pesquisa**. 1. ed. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2024. p. 37–47.

OMEOSPACE. **OMEOSPACE | earth observation**. Disponível em: <<https://www.omeospace.com/>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

ONOHARA, Amélia Naomi *et al.* **Demandas Nacionais ao Setor Espacial - Relatório Final**: Demandas Nacionais ao Setor Espacial. Brasília, DF: Agência Espacial Brasileira - AEB, maio 2019. Disponível em: <<http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/09.18.19.23/doc/Demandas%20Nacionais%20ao%20Setor%20Espacial%202019.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2023.

PAJARES, Gonzalo. Overview and Current Status of Remote Sensing Applications Based on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 81, p. 281–330, 1 abr. 2015.

PEETERS, Walter. Evolution of the Space Economy: Government Space to Commercial Space and New Space. **Astropolitics**, v. 19, n. 3, p. 206–222, 2 set. 2021.

PETTORELLI, Nathalie *et al.* Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 4, p. 839–848, 1 ago. 2014.

POLÍCIA FEDERAL. **LICI. PROJETO BÁSICO Nº 15870380/2020-SEGEO/INC/DITEC/PF**. Área de Geomática, , 28 ago. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/licitacoes/2020/distrito-federal/orgaos-centrais/ditec/inexigibilidade-de-licitacao/inexigibilidade-de-licitacao-no-8-2020-ditec-pf/17-15870380_lic_i-_projeto_basico.html>. Acesso em: 29 mar. 2025

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL. **DECRETO Nº 1.953, DE 10 DE JULHO DE 1996**. Casa Civil, , 10 jul. 1996. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1953.htm>. Acesso em: 18 mar. 2025

PUNNALA, Mikko *et al.* The Space Economy: Review of the Current Status and Future Prospects. *In*: OJALA, Arto; BABER, William W. (Orgs.). **Space Business: Emerging Theory and Practice**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2024. p. 27–54.

RAVICHADRAN, Aravind. **Earth Observation Hype Cycle: 2023 Edition**. Terrawatch Space - Opinions, 21 mar. 2023. Disponível em: <<https://newsletter.terrawatchspace.com/earth-observation-hype-cycle-2023/>>. Acesso em: 24 mar. 2025

RAVICHADRAN, Aravind. **Earth Observation in 2024 and Outlook for 2025**. Terrawatch Space - Free Deep Dives, 8 jan. 2025. Disponível em: <<https://newsletter.terrawatchspace.com/earth-observation-in-2024-and-outlook-for-2025/>>. Acesso em: 24 mar. 2025

RIBEIRO, Renata Corrêa. **Aliança tecnológica com a China na área espacial: os 30 anos do Programa CBERS**. Tese de doutorado—Brasília-DF-Brasil: Universidade de Brasília, 1 jun. 2020.

ROCHA, Igor Lopes; RIBEIRO, Rafael Saulo Marques. Capítulo 1 - Infraestrutura no Brasil: contexto histórico e principais desafios. *In: Concessões e Parcerias Público-Privadas: Políticas Públicas para provisão de infraestrutura*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2022. p. 43.

ROLLEMBERG, Rodrigo; BRAZIL (ORGS.). **A política espacial brasileira**. Brasília: Centro de Documentação e Informação, Edições Câmara, 2010.

ROMANZOTI, Natasha. **Novos programas espaciais lançarão 280 satélites no espaço nos próximos 10 anos**. Disponível em: <https://hypescience.com/novos-programas-espaciais-lancarao-280-satelites-no-espaco-nos-proximos-10-anos/?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 13 dez. 2024.

SANTOS, Isabela Mendes Gaya Lopes dos. **Agro 4.0: Fundamentos, realidades e perspectivas ao Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Autografia Editora*, 2023.

SCHMIDT, Flávia de Holanda. **Desafios e Oportunidades para uma Indústria Espacial Emergente: O Caso Brasil**. IPEA, , set. 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1199>>. Acesso em: 24 mar. 2025

SELLERS, Jerry Jon *et al.* **Understanding space: an introduction to astronautics**. 2nd. ed. Boston: McGraw-Hill Custom Pub., 2004.

SERGIEIEVA, Kateryna. **Imagens de Satélite Atualizadas Grátis: Provedores Gerais. Sensoriamento Remoto**, 28 mar. 2025. Disponível em: <<https://eos.com/pt/blog/imagens-de-satelite-gratuitas/>>. Acesso em: 29 mar. 2025

SILVA, Kilmer de Souza e. **O Programa Espacial Brasileiro: uma breve abordagem do PNAE e PESE**. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/terrestre/o-programa-espacial-brasileiro-uma-breve-abordagem-do-pnae-e-pese/>>. Acesso em: 18 mar. 2025.

SPACEX. **Falcon 9 Overview**. Comercial. Disponível em: <<https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/>>. Acesso em: 27 fev. 2025.

TADINI, Venilton; ROCHA, Igor. As particularidades do investimento em infraestrutura. **Textos para discussão**, n. 1, p. 8, 7 mar. 2018.

TELEBRAS. **Visiona e Finep assinam acordo para desenvolvimento de satélite de pequeno porte de observação da Terra de alta resolução - Telebras.** Disponível em: <<https://www.telebras.com.br/visiona-e-finep-assinam-acordo-para-desenvolvimento-de-satelite-de-pequeno-porte-de-observacao-da-terra-de-alta-resolucao/>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

VASISHT, Deepak; CHANDRA, Ranveer. A Distributed and Hybrid Ground Station Network for Low Earth Orbit Satellites. *In: HOTNETS '20: THE 19TH ACM WORKSHOP ON HOT TOPICS IN NETWORKS. **Proceedings of the 19th ACM Workshop on Hot Topics in Networks.*** Virtual Event USA: ACM, 4 nov. 2020. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3422604.3425926>>. Acesso em: 10 dez. 2024

VELLASCO, Fabiany Maria Made E.; NASCIMENTO, Henrique Fernandes. Governança do setor espacial brasileiro: a AEB no exercício do centro estratégico do Sindae. **Revista do Serviço Público**, v. 71, p. 183–211, 11 dez. 2020.

VERMA, Tarun; MASOOD, Maneeb; JAIN, Charchit. Applications of Remote Sensing and GIS in mineral exploration- A resource-saving technology. *In: **Traditions and Innovations of Resource-Saving Technologies in Mineral Mining and Processing.*** Petrosani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, Petrosani, 2019. p. 35–43.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Amplifying the Global Value of Earth Observation.** Geneva, Switzerland: World Economic Forum, maio 2024. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_Amplifying_the_Global_Value_of_Earth_Observation_2024.pdf>. Acesso em: 19 out. 2024.