

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF
INSTITUTO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS – INEST
MBA EM RELAÇÕES INTERNACIONAIS E ESTUDOS ESTRATÉGICOS

DEPENDÊNCIA BRASILEIRA DE SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR
SATÉLITE (GNSS) E SISTEMAS DE IMAGEAMENTO POR SATÉLITE DE ALTA
RESOLUÇÃO ESTRANGEIROS

FELIX GERALDO DE SANTANA

NITERÓI, RIO DE JANEIRO

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF
INSTITUTO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS – INEST
MBA EM RELAÇÕES INTERNACIONAIS E ESTUDOS ESTRATÉGICOS

DEPENDÊNCIA BRASILEIRA DE SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR
SATÉLITE (GNSS) E SISTEMAS DE IMAGEAMENTO POR SATÉLITE DE ALTA
RESOLUÇÃO ESTRANGEIROS

Autor: Felix Geraldo de Santana

Monografia apresentada ao MBA de Relações Internacionais e Estudos Estratégicos da Universidade Federal Fluminense – UFF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de pós-graduado em Relações Internacionais e Estudos Estratégicos.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Manoel Athayde Reis

NITERÓI, RIO DE JANEIRO

2019

Ficha de Avaliação de Trabalho de Conclusão de Curso em Relações Internacionais (Monografia)

Título do Trabalho: Dependência brasileira de Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) e Sistemas de Imageamento por satélite de alta resolução estrangeiros

Aluno: Felix Geraldo de Santana

Avaliadores:

Prof. Dr. Fernando Manoel Athayde Reis – Orientador (Avaliador 01)

Departamento de Estudos Estratégicos
e Relações Internacionais

Prof. Dr. Marcio Rocha – Leitor (Avaliador 02)

Departamento de Estudos Estratégicos
e Relações Internacionais

RESUMO

O presente trabalho tem a intenção de estudar a dependência brasileira dos Sistemas Globais de Navegação por Satélites (GNSS) estrangeiros e dos Sistemas de Imageamento por Satélite de Alta Resolução.

O Brasil é um país de dimensões continentais, o que torna difícil a tarefa de mapear todo seu território. Somos grandes clientes dos fornecedores internacionais de imagens de satélite de alta resolução, as quais são utilizadas nas mais diversas atividades, desde o simples mapeamento de áreas, até o acompanhamento da situação de nossas fronteiras. Evoluímos em relação à aquisição dessas imagens, mas ainda não somos autossuficientes. Já os GNSS são utilizados no dia a dia de toda a população. Todos utilizam aplicativos de navegação, baseados nos GNSS. Além da aplicação civil, vários sistemas militares utilizam esses sistemas de navegação, mas todos estes são estrangeiros. Isto implica em uma grave vulnerabilidade a nossa soberania.

Palavras-chave: GNSS, imagens de satélite de alta resolução, GPS, GLONASS, PESE, CBERS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	06
2. GNSS E IMAGEAMENTO POR SATÉLITES.....	08
2.1 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE (GNSS).....	08
2.2 IMAGEAMENTO POR SATÉLITES.....	08
3. A IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA GNSS E IMAGEAMENTO POR SATÉLITES.....	11
4. OS SISTEMAS ESTRANGEIROS DE GNSS E IMAGEAMENTO DE ALTA RESOLUÇÃO POR SATÉLITES.....	13
4.1 GNSS STRANGEIROS.....	13
4.1.1. SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMENTO (GPS).....	13
4.1.2. GLOBAL'NAYA NAVIGATSIONNAYA SPUTNIKOVAYA SISTEMA (GLONASS).....	13
4.1.3. GALILEO.....	14
4.1.4. BEIDOU/COMPASS.....	15
4.2 SISTEMAS DE IMAGEAMENTO POR SATÉLITE.....	17
4.2.1. LANDSAT, IKONOS E QUICKBIRD.....	17
4.2.2. PLÉIADES.....	19
4.2.3. KOMPSAT.....	19
4.2.4. FORMOSAT.....	19
4.2.5. CARTOSAT.....	20

4.2.6.	RAPIDEYE.....	20
5.	INDÚSTRIA DE DEFESA NO BRASIL.....	21
6.	END E O SEGMENTO DE TECNOLOGIA ESPACIAL.....	23
7.	EVOLUÇÃO DO SETOR ESPACIAL NACIONAL E SUAS ATUAIS POSSIBILIDADES.....	27
7.1.	SATÉLITE SINO-BRASILEIRO DE RECURSOS TERRESTRES (CBERS).....	28
7.2.	SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO DE DEFESA E COMUNICAÇÕES ESTRATÉGICAS (SGDC).....	29
7.3.	PROGRAMA ESTRATÉGICO DE SISTEMAS ESPACIAIS (PESE).....	30
8.	PERSPECTIVAS DO SETOR ESPACIAL NACIONAL.....	34
8.1	CBERS.....	34
8.2	PESE.....	34
8.2.1	PROJETO CARPONIS-1.....	34
8.2.2	PROJETO LESSONIA-1.....	35
8.2.3	PROJETO CALIDRIS-1.....	35
8.2.4	PROJETO ATTICORA-1.....	35
9.	DEPENDÊNCIA NACIONAL DOS SISTEMAS GNSS E IMAGEAMENTO DE ALTA RESOLUÇÃO POR SATÉLITES ESTRANGEIROS.....	37
10.	CONCLUSÃO.....	39
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da história, o homem sempre teve como desafio a determinação da forma da Terra e, conseqüentemente, seu mapeamento. Inúmeras tecnologias com esse intuito surgiram e foram aprimoradas ao longo do tempo. Outro ramo que sempre despertou a curiosidade humana foi o espaço. O homem sempre esteve vislumbrado com a ideia de expandir seus domínios ao espaço. Para isso materializar esse desejo de expansão, surgiu a ideia do satélite artificial.

MOREIRA (2008) nos traz uma definição de satélite:

“De origem latina (satelles, satellitis) a palavra satélite é empregada, na literatura portuguesa, com vários significados. Em termos de cosmologia, os satélites referem-se a todo o corpo que gravita em torno de um astro de massa preponderante (dominante) em particular ao redor de um planeta, como a Lua. Neste caso são satélites naturais”.

Quando, em 1957, a então União Soviética colocou em órbita o SPUTNIK, primeiro satélite artificial da história; este fato foi a marca de uma nova era da tecnologia espacial, iniciando assim seu desenvolvimento a passos largos e abrindo um imenso leque para sua utilização. Para se contrapor ao lançamento do Sputnik, os Estados Unidos (EUA), lançaram o EXPLORER I em 1958 (MOREIRA, 2008).

Com o avanço da tecnologia espacial, os satélites artificiais se tornaram uma plataforma para diversos usos, como as comunicações, os sistemas de GNSS (sigla em inglês para Sistema Global de Navegação por Satélite), os sistemas de imageamento do globo terrestre, entre outros.

Como será visto oportunamente, países desenvolvidos dominam essas tecnologias, fazendo com que países em desenvolvimento como o Brasil sejam dependentes dos mesmos, principalmente no caso dos GNSS, por se necessitar de investimentos de grande monta.

Somos um país que depende muito de tecnologias estrangeiras, nos mais diversos ramos, podendo se destacar dentre elas, o setor espacial. O Brasil tem um programa de desenvolvimento de tecnologias espaciais antigo, mas nunca recebeu os incentivos e recursos suficientes para seu desenvolvimento pleno. O escopo deste trabalho é mostrar o quanto ainda somos dependentes destas tecnologias, focando nas áreas de posicionamento e imageamento de alta resolução por satélites, mostrando o quanto esta dependência afeta diretamente nas questões de economia, defesa e soberania nacional. Esta dependência é reconhecida pelo MINISTÉRIO DA DEFESA (2018):

“Há, no Brasil, uma forte demanda por serviços de comunicações, monitoramento ambiental, meteorologia e de produção de imagens e dados estratégicos. Atualmente, as atividades como as comunicações satelitais e os insumos para realizar o monitoramento ambiental, apesar dos esforços endógenos de caráter governamental, não estão ainda sob pleno domínio nacional. É natural que haja uma convergência das decisões do Estado Brasileiro, concretas e ininterruptas, tornando possível a formação de um ciclo sustentável de desenvolvimento e evolução compatíveis com as capacidades atuais e futuras do País. A consequência será uma maior autonomia do setor aeroespacial brasileiro, tornando crescentes e permanentes os benefícios à sociedade brasileira e contribuindo, ao mesmo tempo, para a elevação do conteúdo tecnológico nacional no setor, apoiada por uma base industrial consolidada.”

2. GNSS E IMAGEAMENTO POR SATÉLITES

2.1. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE (GNSS)

Grande parte da população confunde os conceitos de GNSS com o GPS (sigla em inglês para Sistema de Posicionamento Global). O termo GNSS vem sendo empregado como designação de um sistema de satélites artificiais utilizado para a determinação do posicionamento. O GNSS proporciona informações de tempo e posição em qualquer instante e local do planeta (IBGE, 2008). Ou seja, o GPS é um exemplo de GNSS. Existem outros GNSS, sendo eles: GLONASS (desenvolvido pela Rússia), o GALILEO (desenvolvido pela União Europeia) e o Beidou/Compass (desenvolvido pela China).

O GNSS não é um sistema constituído apenas de satélites em órbita. Pode-se dividir o sistema em 3 segmentos: segmento espacial, segmento de controle e segmento do usuário. O segmento espacial é formado por uma rede de satélites em órbita. O segmento de controle é formado por estações de controle em terra que monitoram constantemente a órbita e sincronia dos satélites, de modo a garantir a eficiência do sistema. E o segmento do usuário é formado pelo sensor que detecta os sinais emitidos pelos satélites, e calcula o posicionamento instantâneo (EMBRAPA, 2018).

Além dos GNSS, por sua própria definição global alguns países estão desenvolvendo e aprimorando sistemas regionais de navegação por satélite, que possuem cobertura restrita a certas regiões. Atualmente, existem o Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS), desenvolvido pela Índia e o Quasi-Zenith Satellite System (QZSS), desenvolvido pelo Japão.

2.2 IMAGEAMENTO POR SATÉLITES

A observação terrestre está presente desde tempos remotos da história, onde agentes de inteligência de exércitos se utilizavam de balões para fazer observações de seus inimigos e do campo de batalha. Até o Brasil se utilizou de balões para observação durante o maior conflito de sua história, a Guerra da Tríplice Aliança em 1864.

A primeira imagem aérea da terra foi feita em 1858, pelo fotógrafo francês Félix Nadar (1820-1910) que utilizou um balão para sobrevoar Paris e fotografar a cidade (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2013). Desde então, a tecnologia da fotografia aérea se desenvolveu muito, tanto pelas plataformas (passando por aeronaves tripuladas, satélites artificiais e, mais recentemente, pelos veículos aéreos não tripulados (VANT)), quanto pelos sensores remotos (câmeras) utilizados, que vem aumentando exponencialmente a

capacidade de se observar a superfície terrestre. FLORENZANO (2008), define os sensores remotos da seguinte forma:

“Os sensores remotos que fazem parte da carga útil do satélite são equipamentos que registram a energia refletida ou a energia emitida pelos objetos da superfície terrestre. Essa energia é transformada em sinais elétricos, que são transmitidos para as estações de recepção que integram o segmento solo, na Terra. Os sinais, por sua vez, são processados e transformados em imagens. Para captar os dados da superfície terrestre, os sensores a bordo dos satélites ficam apontados sempre para a Terra.”

A AEB (2018) define imagem de satélite como “uma imagem da totalidade ou de parte da Terra. As imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (em diferentes datas) de extensas áreas da superfície terrestre”.

As imagens de satélite possuem diversas aplicações. A AEB (2018), traz algumas destas aplicações:

“As imagens de satélite têm uma ampla variedade de usos, tais como cartografia, inteligência militar, meteorologia, gestão de recursos naturais, mapeamentos temáticos, gestão ambiental, detecção de desastres naturais e desmatamentos florestais, previsões de safras, cadastro multifinalitário, agricultura de precisão, dentre outras”.

Um conceito importante a ser levado em conta quando se trata de imagens é a resolução. Existem 4 tipos de resolução: resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução temporal. A AEB (2018), define estas resoluções da seguinte forma:

“Resolução espacial é o tamanho individual do elemento de área imageada no terreno. A resolução espacial é importante parâmetro porque determina o tamanho do menor objeto que pode ser identificado em uma imagem. (...)

Resolução espectral relaciona-se com o número de bandas situadas em diferentes regiões espectrais e com larguras estreitas de comprimentos de onda. É uma medida da largura das faixas espectrais e da sensibilidade do sistema sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade do sinal de retorno. Quanto menor o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior a discriminação do alvo na cena e melhor a resolução espectral. (...)

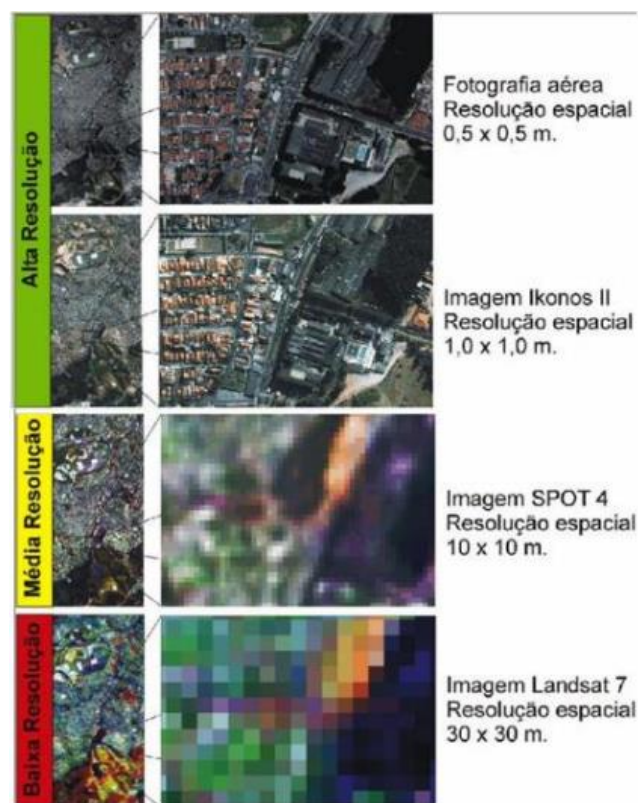
A resolução radiométrica diz respeito à faixa de valores numéricos associados aos pixels, que representam a intensidade da radiação proveniente da área do terreno coberta pelo pixel (nível de cinza). Quanto maior for a capacidade do sensor para medir as diferenças de intensidade dos níveis de radiação, maior será a resolução radiométrica da imagem. (...)

Resolução temporal está relacionada ao período de tempo em que o satélite volta a visitar uma mesma área. A resolução temporal é fundamental para acompanhar ou detectar a evolução ou mudanças que ocorrem em alvos mais dinâmicos como, por exemplo, o ciclo fenológico de culturas, o desmatamento e os desastres ambientais”.

De forma simples, resolução espacial pode ser relacionada ao tamanho do objeto que pode ser observado em uma imagem. Ou seja, em uma imagem com resolução espacial de 1 metro podemos observar objetos com dimensões superiores a 1 metro, não menores.

O foco deste trabalho é tratar da resolução espacial das imagens de satélite, principalmente sobre alta resolução. A imagem a seguir, trazida por ALCÂNTARA (2016), exemplifica bem o conceito de alta, média e baixa resolução espacial.

Figura 1 - Resolução espacial



Fonte: ALCÂNTARA, 2016

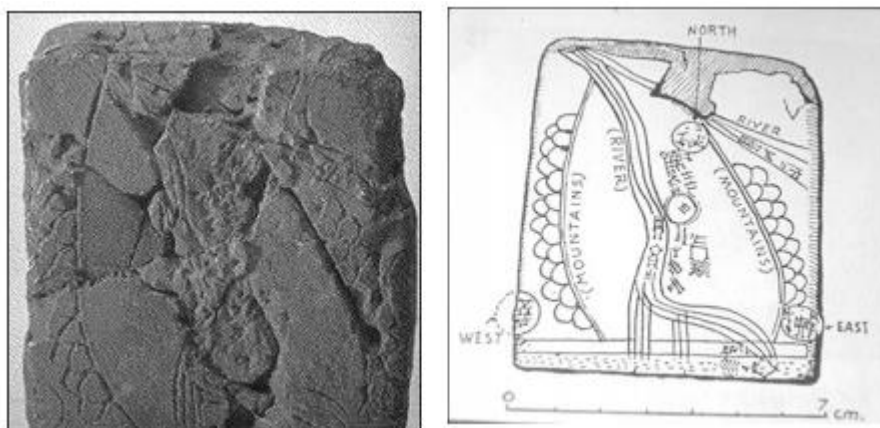
Não existe um consenso sobre o que seria considerado uma imagem de alta resolução espacial, mas BORGES et al. (2015) traz “as definições propostas por Bhatta (2010) que classifica as imagens menores que 0,5 metros como “extremamente-alta ou altíssima”, “muito alta” aquelas maior que 0,5 metros até 1 metro e aquelas com resolução >1m a 4m como “alta””.

3. A IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA GNSS E IMAGEAMENTO POR SATÉLITES

Como levantado na introdução deste trabalho, o homem sempre teve a necessidade de mapear territórios e se localizar nestes territórios. Várias técnicas foram desenvolvidas para isso, desde a criação da bússola pelos chineses, passando pelas descobertas da astronomia, pela topografia, chegando ao GNSS e às imagens de satélite de alta resolução.

O mapa mais antigo que se tem notícia, se trata de uma placa de barro cozido com um mapa esculpido, encontrado nas ruínas de uma cidade da Mesopotâmia (hoje Iraque), datado de por volta de 2500 a.C. (CAMPOS, 2007).

Figura 2 - Primeiro mapa do qual se tem registros



Fonte: CAMPOS, 2007

Até bem pouco tempo, era necessário medir ângulos e distâncias e as incorporar em um sistema de representação cartográfica para se determinar as coordenadas de um ponto. A tecnologia para essas medições foi evoluindo com o advento de instrumentos cada vez mais simples e precisos para este fim, com a criação do sextante, do teodolito e, mais recentemente, com equipamentos eletrônicos como a estação total e o *laser scanner*.

Com o advento dos GNSS ficou muito mais simples e preciso determinar a coordenada de um ponto no espaço, bem como sua representação em uma carta ou mapa.

As imagens de satélite de alta resolução podem ser georreferenciadas (projetadas em um sistema de coordenadas) e vetorizadas, dando origem a uma carta ou mapa. Como exemplo do uso de fotografias para mapeamento, podemos citar o mapeamento do Brasil feito em conjunto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), utilizando imagens aéreas feitas por aeronave, processo muito mais lento e caro que o imageamento por satélite.

Além da cartografia, os GNSS e as imagens de satélite de alta resolução tem diversas aplicações, tanto militares, quanto civis. Ao se deslocar até um endereço até então desconhecido, todos nós utilizamos nossos celulares ou outros dispositivos que contem mapas e navegam pelos sistemas GNSS. Mísseis balísticos intercontinentais são guiados por alguns sistemas, dentre eles os GNSS. Aeronaves que transportam milhões de pessoas diariamente pelo mundo navegam por GNSS. Imagens de satélite são utilizadas para monitoramento de territórios, mudanças climáticas, atividades de inteligência militar, dentre outras utilizações. Grandes exemplos da utilização de imagens de satélite de alta resolução são os sites ou aplicativos como Google Earth ou Google Maps, privados, mas gratuitos.

Trago assim, um resumo das utilizações destas tecnologias:

- GNSS
 - mapeamento, cartografia, topografia;
 - navegação;
 - agricultura de precisão; e
 - fins militares.
- Imagens de satélite de alta resolução:
 - mapeamento, cartografia, topografia;
 - cadastro técnico urbano para atualização de tributos;
 - meteorologia;
 - detecção e acompanhamento de incêndios florestais;
 - detecção e acompanhamento de vazamentos de óleo no mar; e
 - quantificação e monitoramento de recursos naturais.

Um cenário onde estas tecnologias não estivessem disponíveis se tornaria extremamente desfavorável a uma nação, gerando perdas econômicas de grande monta ou, até mesmo, ameaças à soberania e defesa nacional.

4. OS SISTEMAS ESTRANGEIROS DE GNSS E IMAGEAMENTO DE ALTA RESOLUÇÃO POR SATÉLITES

4.1 GNSS ESTRANGEIROS

4.1.1. SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMENTO (GPS)

O NAVSTAR-GPS (NAVigation System with Timing And Range – Global Position System) foi desenvolvido pelo DoD (Department of Defense) dos EUA (Estados Unidos da América) em 1957. Tendo em vista seu desenvolvedor, podemos concluir que o GPS foi criado com propósitos militares, mas também mantém um serviço voltado a usuários civis (IBGE, 2008). O sistema foi declarado completamente operacional, em 1985, possuindo 24 satélites em órbita. Atualmente, o sistema conta com 32 satélites em órbita. (MONICO, 2016).

O GPS possui três tipos de sinais de emissão: o código P (Precise and Protected), o código C/A e o código L2C. O código P é o mais preciso e é de uso estrito para fins militares, sendo aberto apenas a usuários autorizados. Estas medidas são tomadas para se evitar o uso de interferências inimigas por meio de Guerra Eletrônica. Já o código C/A e L2C são códigos para uso civil, sendo o ultimo implementado em 1998, no processo de modernização do GPS, trazendo maior precisão (MONICO, 2016).

A modernização do GPS trouxe em 2000 o fim da disponibilidade seletiva (SA – Selective Availability), que introduzia um erro intencional ao sinal de satélite, degradando assim o cálculo do posicionamento. (IBGE, 2008). Desta forma, atualmente qualquer usuário tem acesso ao seu posicionamento calculado de forma extremamente precisa, variando de alguns metros para equipamentos de GPS para navegação, como celulares e centrais multimídia de automóveis, até alguns milímetros para equipamentos utilizados para levantamentos topográficos de alta precisão ou até mesmo monitoramento de estruturas.

4.1.2. GLOBAL'NAYA NAVIGATSIONNAYA SPUTNIKOVAYA SISTEMA (GLONASS)

Como resultado da corrida espacial, a então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) lançou o seu sistema de navegação por satélite, o GLONASS. Da mesma forma que seu sistema inspirador, o GLONASS foi projetado tanto para fins militares quanto civis (NOBRE, 2008). Embora com as mesmas funções do GPS, o GLONASS não foi tão difundido quanto seu concorrente, pela dificuldade de se obter

informações sobre o sistema durante a existência da URSS. Apenas após o fim da URSS, o sistema ganhou força na comunidade internacional (LAGO et al, 2002). O sistema hoje é mantido pelos russos.

Desenvolvido na década de 70 (NOBRE, 2008), o GLONASS teve o lançamento dos seus primeiros satélites em 1982. O projeto inicial era que o sistema estivesse totalmente operacional em 1991, mas apenas em 1993, o governo da Federação Russa declarou oficialmente que o sistema estava operacional, embora sua constelação só ficasse completa apenas em 1995, possuindo 24 satélites (ABREU, 2007). Nos anos seguintes, o sistema passou por um período de problemas em sua manutenção. A queda de investimentos fez com que o sistema possuísse apenas 6 satélites em 2001 (NOBRE, 2008). Após esse período de declínio, deu-se início a um projeto de modernização do sistema com o desenvolvimento de novas gerações de satélites, iniciando com o GLONASS-M, passando pelo GLONASS-K1 e, atualmente o GLONASS-K2 (JEREZ e ALVES, 2018). No momento o sistema possui uma constelação de 25 satélites, sendo 23 operacionais, um em manutenção (desde abril de 2018) e um ainda em período de testes. Além dos satélites modernizados, foram refinados o sistema de tempo do sinal e o sistema de referência. Além disso, ocorreu a implantação de novas estações de controle em terra.

“Na banda L (L1 e L2) são transmitidos dois sinais modulados por códigos equivalentes ao C/A e P do sistema GPS. A diferença é que cada satélite GLONASS transmite o mesmo código” (NOBRE, 2008).

Da mesma forma que o GPS, o GLONASS tem capacidade de determinar a coordenada de um ponto em qualquer parte do globo, independente de condições climáticas.

4.1.3. GALILEO

Para não depender de sistemas estrangeiros de GNSS, a União Europeia, a ESA (Agência Espacial Europeia) deu início aos estudos para a concepção do seu próprio sistema na década de 80. Esses estudos culminaram no desenvolvimento e implementação do Galileo, cujo nome é uma homenagem a Galileu Galilei (1564-1642), astrônomo italiano famoso por ser o primeiro a utilizar um telescópio apontado para o espaço (JÚNIOR et al, 2016).

A grande novidade do Galileo é que seu propósito é apenas civil, diferente do GPS e GLONASS, desenvolvidos inicialmente para propósitos militares (ABREU, 2007).

O primeiro satélite do Galileo foi lançado em 2005, mas os primeiros satélites considerados totalmente operacionais só foram lançados em 2014, entretanto, por problemas em seu veículo lançador, não atingiram a órbita planejada. A partir daí deu-se início aos lançamentos com sucesso dos satélites, cuja constelação completa tem previsão para 2020, contendo 30 satélites, sendo 27 operacionais e 3 reservas (JÚNIOR et al, 2016).

“As frequências utilizadas pelos satélites compreendem a faixa de banda de 1.1 a 1.6GHz. Os sinais Galileo são transmitidos em três bandas de frequência (E1, E5 e E6), usando quatro portadoras (E1, E5a, E5b e E6) (NURMI et al., 2014)” (JÚNIOR et al, 2016).

Uma curiosidade sobre o Galileo é que em julho de 2019, o sistema ficou inoperante durante quase uma semana, evidenciando a necessidade de se possuir seu próprio sistema GNSS.

4.1.4. BEIDOU/COMPASS

A bússola é considerada um equipamento que revolucionou a história da navegação. Criada pelos chineses, por volta do século I a.C, teve ampla utilização em toda a história, marcadamente no período das grandes navegações. Mais uma vez, a China entra para a história da tecnologia de navegação, criando seu próprio sistema GNSS, o Beidou/Compass.

O sistema concebido inicialmente com a ideia de ser regional, expandiu-se para um serviço global (ALVES et. al, 2013). Assim como o GPS e o GLONASS, o objetivo inicial do sistema era atender as demandas militares, mas em 2006 o governo chinês anunciou que o sistema teria também abrangência ao setor civil, oferecendo acurácia de 10 metros (MONICO, 2016).

Um breve histórico do sistema pode ser assim descrito:

“No final do século 20, a China começou a explorar o caminho de desenvolvimento de sistemas de navegação por satélite adequados às condições nacionais e gradualmente formou uma estratégia de desenvolvimento em três etapas: no final de 2000, o sistema Beidou No. 1 foi construído para prestar serviços à China; no final de 2012, o sistema Beidou No. 2 foi concluído, fornecendo serviços para a região da Ásia-Pacífico; planeja construir o sistema global Beidou por volta de 2020 para fornecer serviços ao mundo. Antes de 2035, construiremos um sistema de tempo e

espaço integrado abrangente, mais versátil, mais integrado e mais inteligente.”
(Beidou, 2019, tradução do autor).¹

O governo chinês descreve os objetivos do sistema da seguinte forma:

“Construir um sistema de navegação por satélite de classe mundial para atender às necessidades de segurança nacional e desenvolvimento econômico e social, fornecer serviços contínuos, estáveis e confiáveis aos usuários globais; desenvolver a indústria de Beidou, servir o desenvolvimento econômico e social e melhorar a subsistência das pessoas; aprofundar a cooperação internacional e compartilhar as conquistas do desenvolvimento da navegação por satélite. Melhorar os benefícios abrangentes de aplicativos dos sistemas globais de navegação por satélite.” (Beidou, 2019, tradução do autor).²

Por ser um sistema relativamente recente e por ainda não estar globalmente operacional, carece-se de produções científicas que abordem o assunto. Este cenário deve mudar nos próximos anos, com a evolução do sistema.

MONICO (2016) traz uma interessante tabela comparando os sistemas GNSS em atividade. Tal tabela é reproduzida a seguir:

¹ In the late 20th century, China started to explore a path to develop a navigation satellite system suitable for its national conditions, and gradually formulated a three-step development strategy: By the end of 2000, completed the construction of BDS-1 and provided services to the whole country; by the end of 2012, completed the construction of BDS-2 and provide services to the Asia-Pacific region; by the end of 2018, a total of 19 satellites had been launched to complete a preliminary system for global services. It is planned to comprehensively complete the BDS-3 deployment with the launching of 30 satellites by around 2020.

² The BDS development is aimed to build a world-class navigation satellite system to meet the needs of the country's national security as well as economic and social development; to provide continuous, stable and reliable services for global users; to develop the BDS-related industries to support China's economic and social development, as well as improvement of people's living standards; and to enhance international cooperation to share the fruits of the development in the field of satellite navigation, increasing the comprehensive application benefits of Global Navigation Satellite System (GNSS).

Figura 3 - Comparação entre os sistemas GNSS

Parâmetros	GLONASS	GPS	Galileo	BDS/Compas s
Núm. de satélites final/atual	24/24	24/32	30/10	35/15
Planos orbitais	3	6	3	3/3/1
Inclinação	64.8°	55°	56°	55,5°
Altitude (MEO)	19100 km	20233 km	23600 km	21500 km
Frequências (MHz)	L1: 1597-1617 L2: 1240-1260 L3: 1201-1221	L1:1575,42 L2: 1227,60 L5: 1176,45	E1: 1575,42 E5B: 1207 E5A: 1176	B11: 1561,098 B21: 1207,14
Rastreamento	Repete-se a cada 8 dias	Repete-se a cada 12 horas siderais	Repete-se a cada 10 dias	???
C/A Code	511 kbits/sec	1023 kbits/sec	1023 kbits/sec	1023 kbits/sec
P Code MHz	5,11	10,23	10,23	10,23
Efemérides	P,V,T	Keplerian	Keplerian	Keplerian
Identificação dos satélites	FDMA/CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Almanaque	Kepleriano	Kepleriano	Kepleriano	Kepleriano

Fonte: MONICO, 2016

4.2 SISTEMAS DE IMAGEAMENTO POR SATÉLITE

Com o desenvolvimento tecnológico dos satélites e dos sensores para imageamento, diversos países fizeram investimentos em seus programas espaciais, com o intuito de serem autossuficientes em questão de obtenção de imagens de alta resolução. Além das grandes potências espaciais (EUA, China, Rússia, União Europeia, Japão, Índia), países de menor expressão tecnológica e econômica também desenvolveram capacidade de imageamento de alta resolução por satélite. Alguns exemplos serão abordados a seguir

4.2.1. LANDSAT, IKONOS E QUICKBIRD

As primeiras imagens de satélites são da década de 60, de acordo com FLORENZANO (2008):

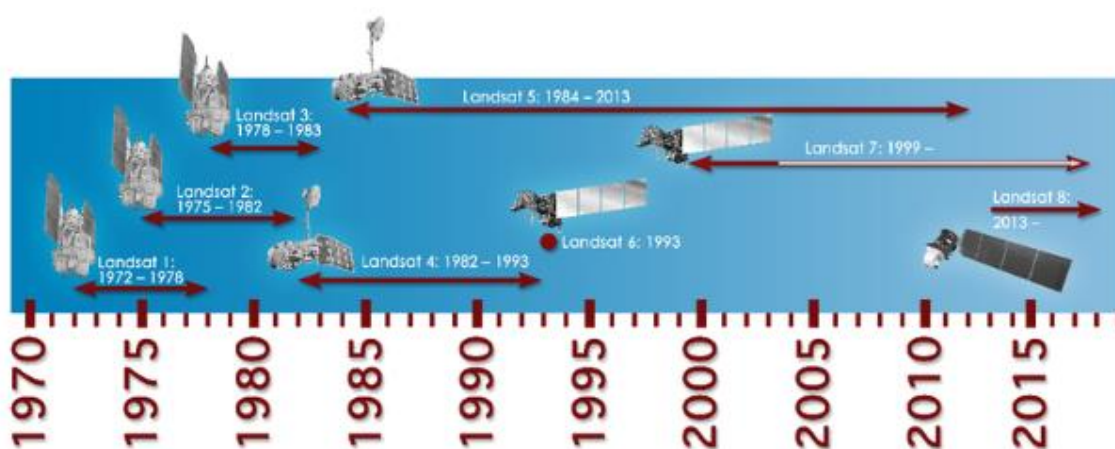
“Ainda na década de 1960, foram obtidas as primeiras fotografias a partir dos satélites tripulados Mercury, Gemini e Apolo. Os resultados dessas missões reforçaram o desenvolvimento de programas de satélites (não tripulados) meteorológicos e de recursos terrestres. Assim, no dia 1 de abril de 1960 foi lançado, pelos Estados Unidos, o primeiro satélite meteorológico, o TIROS-1 (Television and Infrared Observation Satellite). Daí em diante, foi possível receber imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra, observar

fenômenos meteorológicos e fazer as previsões do tempo com maior exatidão e de modo sistemático.

Somente em 23 de julho de 1972 foi lançado o primeiro satélite de recursos terrestres (observação da Terra), o ERTS-1 (Earth Land Resources), mais tarde denominado Landsat-1. O Brasil recebe imagens dos satélites da série Landsat desde 1973”.

Foram lançados 8 satélites da série LANDSAT, com resolução espacial variando entre 80 metros (LANDSAT-1) e 15 metros (LANDSAT-8).

Figura 4 - Linha do tempo LANDSAT



Fonte: INPE (2018)

Após o sucesso da série LANDSAT, deu-se início ao desenvolvimento de outros satélites de imageamento, agora, dando ênfase à tecnologia dos sensores embarcados nas plataformas, com resolução espacial cada vez maior, trazendo uma capacidade nunca vista antes para observação da terra.

Os últimos 25 anos trouxeram uma evolução tecnológica sem precedentes para o sensoriamento remoto, principalmente em relação aos sensores embarcados em satélites, possibilitando assim a obtenção de imagens de alta resolução espacial (BORGES et. al., 2015). Em relação a esta evolução, BORGES et al. (2015), ainda conta:

“Até 1999 o satélite indiano IRS-1 C/D era considerado de alta resolução espacial (5,8 metros pancromático e 23 metros multiespectral) (Blaschke e Kux, 2007). Mas, em setembro de 1999, com o lançamento do satélite Ikonos 2, o mercado de imagens de alta resolução sofreu uma enorme revolução: o Ikonos 2 passava a produzir imagens da superfície terrestre com 1 m de resolução espacial no modo pancromático e até 4 metros no modo

multiespectral, passando a se tornar uma referência em aquisição de imagens com alta resolução espacial em todo o planeta (GARCIA et. al.,2012)”.

Em questão de pouco tempo, a evolução tecnológica possibilitou a obtenção de imagens com melhor resolução. BORGES et. al. (2015) complementa:

“Em outubro de 2001, a empresa estadunidense Digital Globe colocou em órbita o satélite QuickBird 2, após o fracasso do lançamento do QuickBird 1, em novembro de 2000 (SILVA, 2007). Dentre as inovações do QuickBird 2 estão a obtenção de imagens com 0,61m de resolução espacial no modo pancromático (525-924 nm) e 2,44m no modo multiespectrais (447-874 nm), (...). A partir de então, uma série de satélites foi lançada com resolução espacial melhor que 1m.”

4.2.2. PLÉIADES

Pléiades foi o primeiro projeto europeu de satélites de alta resolução. BORGES et. al. (2015), explica:

“Recentemente foi apresentado, ao mercado de imagens de alta e altíssima resolução espacial, os satélites Pléiades 1A e 1B, lançados em 17/12/2011 e 02/12/2012, respectivamente (SOUSA e DAAMEN, 2013a). Trata-se dos primeiros satélites europeus de altíssima resolução espacial para observação da Terra, desenvolvidos pela empresa francesa Astrium Service. (...) São satélites idênticos que operam com 5 (cinco) bandas, sendo 1 pancromática (480-830 nm), com 0,5m de resolução espacial, e 4 multiespectrais - 430–550 nm (azul); 490– 610 nm (verde); 510–580 nm (verde); 600–720 nm (vermelho) e 750–950nm (infravermelho próximo), com 2m. (...). O Spot 6, lançado em 9 de setembro de 2012, a partir do Centro Espacial Satish Dhawan, na Índia, é um satélite de imageamento óptico (...). Opera com 5 bandas espectrais, sendo uma pancromática 450-745nm, com resolução espacial de 1,50m, e 4 bandas multiespectrais 450–520 nm (azul); 530–590 nm (verde); 625–695 nm (vermelho) e 760–890 nm (infra vermelho próximo), com 8m.

4.2.3. KOMPSAT

Através da missão Kompsat, os sul coreanos também se inseriram no ramo de imagens de satélite de alta resolução. Com o Kompsat II, é possível obter imagens com resolução espacial variando entre 1 e 4 metros (BORGES et. al., 2015).

4.2.4. FORMOSAT

Taiwan, com o FORMOSAT desenvolvido por sua agência espacial comercial, tem capacidade de obter imagens pancromáticas com resolução de 2 metros (BORGES et. al., 2015).

4.2.5. CARTOSAT

Como dito anteriormente, a Índia também possui a capacidade de imageamento de alta resolução por satélites. Desde 1979, com o lançamento de sua primeira geração de satélites, os indianos vem evoluindo no ramo, chegando ao CARTOSAT 2A e 2B, satélites militares, com resolução espacial de 0,8 metros (BORGES et. al., 2015).

4.2.6. RAPIDEYE

Em 2008, foi a vez dos alemães, através da empresa RapidEye. A empresa inovou, lançando 5 satélites idênticos em um único foguete. Estes satélites podem chegar a uma resolução espacial de 5 metros. Também em 2008, a Tailândia lançou seu primeiro satélite com capacidade de fazer imagens de até 2 metros de resolução espacial, no modo pancromático (BORGES et. al., 2015).

5. INDÚSTRIA DE DEFESA

A Indústria de Defesa no Brasil teve início ainda no período colonial, em 1762, com a criação da Casa do Trem, uma fundição no Rio de Janeiro, juntamente com a inauguração da Fábrica de Armas da Fortaleza da Conceição em 1765. Já no início do século XIX, diversas fábricas de material bélico foram criadas, dentre elas, a Fábrica de Pólvora, também no Rio de Janeiro, que hoje é uma unidade da Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL). (SILVA et al., 2016).

SILVA et al. (2016), faz uma análise da Indústria de Defesa Brasileira nas décadas de 1980 e 1990:

“Ao final da década de 1980, a Indústria de Defesa brasileira viveu seu apogeu. Nesse sentido, Amarante (2009) destaca que, naquele período, o País atingiu a situação de oitavo exportador mundial, como consequência de políticas de fomento em P&D e de fomento industrial muito bem planejadas e executadas nas décadas de 1970 e 1980. Naquele momento, mais de 90% dos meios que mobiliavam as Forças Armadas eram produzidos em território nacional.

Acontece que, na década de 1990, a conjuntura internacional até então vigente foi abalada pela queda da URSS, momento que marcou o declínio da base industrial de defesa brasileira. Destaca-se como fatores principais, a redução da demanda externa somada a alta dependência que o setor industrial de defesa tinha das exportações, o aumento da oferta de produtos causado pelo fim da Guerra Fria e, mormente, a insuficiência tecnológica dos produtos ofertados. Este período significou um verdadeiro retrocesso (...)

Acrescente-se que o sucateamento da BID durante a década de 1990 também foi agravado pela desídia do poder público em atender as demandas específicas do setor, bem como à falta de planejamento e estratégias de inovação e tecnologia. Consequentemente, muitas empresas do setor tiveram que buscar o mercado civil a fim de diversificar suas atividades, outras ainda declararam falência, como a Engesa, por exemplo”

No início da última década o Governo Federal tomou diversas medidas com o intuito de trazer uma reestruturação e fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID). Políticas afetas ao setor foram publicadas, dentre elas a Política Nacional de Indústria de Defesa (PNID), a Estratégia Nacional de Defesa (END) e a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) (SILVA et al., 2016).

Acerca da PNID, SILVA et al. (2016), ainda traz:

“Em 2005, foi publicada a PNID, documento importantíssimo para a BID, na medida em que estabeleceu como objetivo principal a revitalização do

setor, mediante a redução na carga tributária, incorporação de qualidade e tecnologia aos produtos da Indústria de Defesa (ID), estímulo à competitividade, expansão das exportações, além de dar prioridade às indústrias nacionais.”

AMARANTE (2012) diz que toda uma estrutura de Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T&I) deve acompanhar o desenvolvimento da Indústria de Defesa. Só assim ela poderá “estabelecer capacitação nacional de abastecimento de produtos e serviços militares”. Para se obter tecnologia militar é necessário que ocorra a integração de cinco bases de defesa: científica, tecnológica, infraestrutural, industrial e logística.

O fortalecimento da BID é um dos eixos estruturantes da END, como pode ser visto no próprio documento (BRASIL, 2012):

“O segundo eixo estruturante refere-se à reorganização da Base Industrial de Defesa, para assegurar que o atendimento às necessidades de tais produtos por parte das Forças Armadas apoie-se em tecnologias sob domínio nacional, preferencialmente as de emprego dual (militar e civil).”

O MINISTÉRIO DA DEFESA (2019), traz sobre a Indústria de Defesa:

“Defesa e desenvolvimento caminham juntos quando os investimentos na capacitação das Forças Armadas criam oportunidades que favorecem a inovação e o crescimento econômico.

O Ministério da Defesa está atento a essa questão. Por isso, trabalha na implementação de políticas e iniciativas que busquem associar a recomposição da capacidade operativa da Marinha, do Exército e da Aeronáutica à busca de autonomia tecnológica e ao fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID). (...)

Denomina-se Base Industrial de Defesa (BID) o conjunto das empresas estatais ou privadas que participam de uma ou mais etapas de pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos de defesa – bens e serviços que, por suas peculiaridades, possam contribuir para a consecução de objetivos relacionados à segurança ou à defesa do país.”

6. ESTRATÉGIA NACIONAL DE DEFESA (END) E O SEGMENTO DE TECNOLOGIA ESPACIAL

A Estratégia Nacional de Defesa é um documento elaborado pelo Ministério da Defesa em 2008 e atualizado em 2012. O próprio Ministério (2019) a define da seguinte forma:

“A Estratégia Nacional de Defesa (END) estabelece diretrizes para a adequada preparação e capacitação das Forças Armadas, de modo a garantir a segurança do país tanto em tempo de paz, quanto em situações de crise.

Também foi desenvolvida para atender às necessidades de equipamento dos Comandos Militares, reorganizando a indústria de defesa para que as tecnologias mais avançadas estejam sob domínio nacional. (...)

O documento institui ações estratégicas de médio e longo prazo e objetiva a modernização da estrutura nacional de defesa. Também trata das questões político-institucionais que garantam os meios para fazer com que o governo e sociedade se engajem decisivamente na “grande estratégia” de segurança da nação.”

O fortalecimento da BID é um dos objetivos da END, que estabelece diretrizes que estimulam diversas instituições e empresas a trabalharem de forma integrada. Ela busca que o Brasil alcance um setor militar com plena capacitação tecnológica e científica. Isso trará dissuasão em relação aos interesses de estrangeiros sobre os recursos do país. Quanto mais o Brasil aumentar sua capacitação tecnológica, mais essa dissuasão será efetiva (AMARANTE, 2012). Um dos exemplos que AMARANTE (2012) aborda é a tecnologia GPS, um dos focos deste trabalho.

“A dissuasão passa necessariamente pela capacitação nos setores tecnológicos de maior importância estratégica e militar na atualidade. Exemplo disso é o domínio da tecnologia do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que assegura a seu detentor a capacidade de localizar, geograficamente, qualquer objeto – e até mesmo pessoas – com precisão métrica. Igualmente, a posse dessa informação empresta a quem a detém um incomparável poder, inclusive o de negar a sua divulgação a potenciais rivais. (...) É do interesse do Brasil que os dois sistemas, o GPS e a internet nacional, estejam sob exclusivo domínio e operação de nossas instituições governamentais, uma vez que ambos são essenciais para se alcançar a necessária independência militar-estratégica do país no futuro.”

A END se refere aos setores espacial, cibernético e nuclear como estes sendo setores estratégicos. A política prioritária para estes setores é a formação de uma massa

crítica de recursos humanos nas ciências afetas ao setor. Para isso seria necessário o investimento em programas das universidades e centros de pesquisa brasileiros, bem como a oferta de bolsas de pós-graduação em instituições estrangeiras. Determina também que parcerias e aquisição de serviços e produtos estrangeiros devem ser compatíveis com a política de capacitação de pessoal e nacionalização das tecnologias. Além disso, lista as prioridades de cada setor, sendo as seguintes as do setor espacial (BRASIL, 2012):

- “(a) Projetar e fabricar veículos lançadores de satélites e desenvolver tecnologias de guiamento, sobretudo sistemas inerciais e tecnologias de propulsão líquida;
- (b) Projetar e fabricar satélites, sobretudo os geoestacionários, para telecomunicações e sensoriamento remoto de alta resolução, multiespectral, e desenvolver tecnologias de controle de atitude dos satélites;
- (c) Desenvolver tecnologias de comunicações, comando e controle a partir de satélites, com as forças terrestres, aéreas e marítimas, inclusive submarinas, para que elas se capacitem a operar em rede e a se orientar por informações deles recebidas; e
- (d) Desenvolver tecnologia de determinação de posicionamento geográfico a partir de satélites.”

Ao analisar estas prioridades, os itens “b” e “d” têm ligação direta com o escopo deste trabalho. Ou seja, a END já aborda a necessidade estratégica de se possuir sistemas próprios de imageamento e posicionamento geográfico por satélites.

A escassez de recursos para investimento no setor espacial se dá pela própria complexidade da atividade, sendo um processo demorado, caro e que ainda envolve uma série de riscos. Alguns modelos alternativos de desenvolvimento podem ser adotados, como, por exemplo, as parcerias público-privadas. Estas parcerias podem surgir devido ao interesse na comercialização de produtos e serviços espaciais, como serviços de telecomunicação, imagens de satélite para mapeamento, etc.

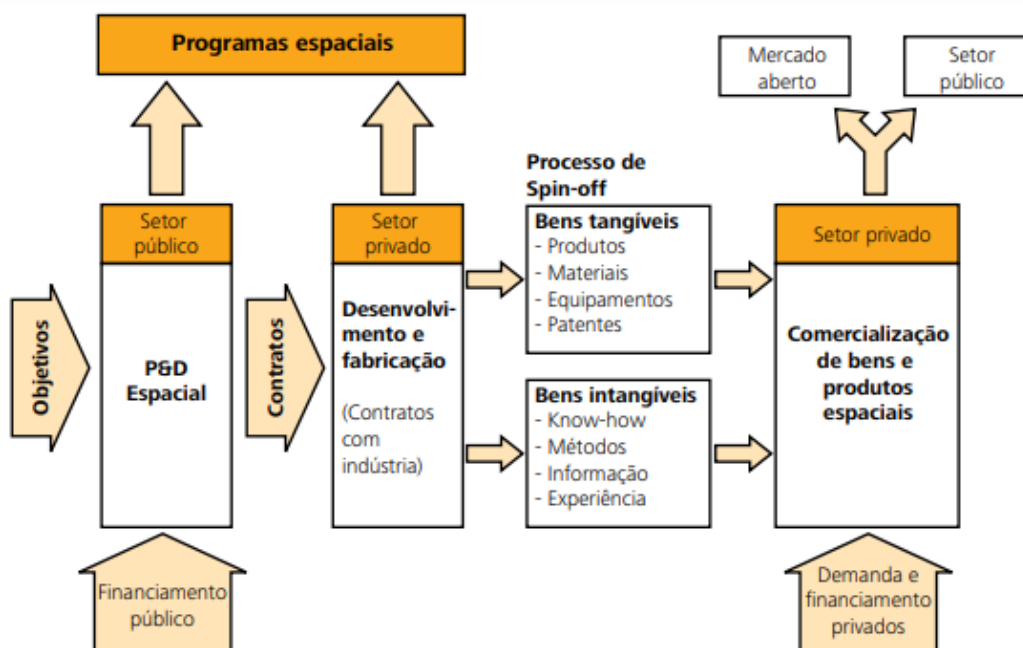
CARVALHO (2011) faz um resumo das fases que as atividades espaciais seguiram nos países desenvolvidos, exemplo este que poderia ser seguido pelo Brasil.

- “- Os objetivos políticos são estabelecidos por governos, gerando impactos diretos e indiretos no setor espacial (p. ex.: navegação militar dos Estados Unidos por meio de GPS, programas de voo tripulado).

- Esses objetivos são implementados por agências governamentais/espaciais, com os respectivos orçamentos. As agências definem os projetos e os programas relacionados aos objetivos, que são executados pela indústria espacial nacional.

- A indústria espacial desenvolve, então, produtos e processos, apropriando-se do conhecimento obtido pelos contratos, e busca sua comercialização. As agências governamentais, por sua vez, tendem a estabelecer Parcerias Público-Privadas (PPP), a comercializar e até a privatizar algumas atividades.”

Figura 5 - Ciclo público-privado do setor espacial



Fonte: CARVALHO, 2011

A END traz atribuições a alguns órgãos no que diz respeito ao setor espacial, entre eles o Comando da Aeronáutica. Assim o MINISTÉRIO DA DEFESA (2018) explica:

“A Estratégia Nacional de Defesa (END) atribuiu ao Comando da Aeronáutica a responsabilidade de, juntamente com outros órgãos federais, promover uma série de medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, de lançamento, de operação e de reposição de sistemas espaciais, por intermédio do desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo que garantam o acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária.

Ainda em consonância com a END, o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) disporá de um complexo de monitoramento, incluindo veículos lançadores, satélites geoestacionários e de monitoramento, aviões de inteligência e respectivos aparatos de visualização e de comunicações, que estejam sob integral domínio nacional, tornando o

Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) o núcleo da defesa aeroespacial incumbido de liderar e integrar todos os meios de monitoramento aeroespacial do País.

As diretrizes estratégicas estabelecidas pela END representam muito mais do que uma tarefa, mas sim uma oportunidade de transformação para a Aeronáutica, ao determinar a integração das atividades espaciais nas operações da Força Aérea. O monitoramento espacial será parte integral e condição indispensável ao cumprimento das tarefas estratégicas que orientarão a referida Força, quais sejam: vigilância múltipla e cumulativa, superioridade aérea local e fogo focado no contexto de operações conjuntas.”

Devido a estas atribuições, o Comando da Aeronáutica iniciou seus esforços, de forma a constituir em 2012 a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE), com os objetivos principais de gerenciar e manter atualizado o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) e coordenar com o Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER) o estabelecimento das estratégias para a implantação de Sistemas Espaciais (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2018). O PESE será melhor abordado no próximo capítulo deste trabalho.

7. EVOLUÇÃO DO SETOR ESPACIAL NACIONAL E SUAS ATUAIS POSSIBILIDADES

A partir de 1961, o Brasil passou por um período de investimentos na “formação de cientistas em ciências espaciais e à implantação de uma infraestrutura física na forma de institutos de pesquisa e centros de lançamento, como o da Barreira do Inferno, em Natal/RN”, o que culminou na Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) que era a delineação de um esboço do programa espacial brasileiro, em 1979, quando se previa a construção de quatro satélites, sendo dois de coleta de dados e observação terrestre. Estes satélites seriam lançados do Brasil, em um centro de lançamento estabelecido em Alcântara, sendo desenvolvidos e construídos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o veículo lançador pelo Instituto de Atividades Espaciais (IAE), vinculado ao Centro Tecnológico de Aeronáutica (CTA). A tecnologia para os satélites e veículo lançador seria obtida através de parcerias internacionais, como a França, que apoiou na elaboração da MECB (CARVALHO, 2011).

Diversos problemas causaram o atraso do projeto, onde se destacam o afastamento de parceiros internacionais devido ao caráter civil-militar do veículo lançador, e a escassez de investimentos. Isso acabou gerando uma separação entre as previsões das datas do lançamento dos satélites e o projeto do veículo lançador. Esta dissociação no desenvolvimento dos dois projetos acabou gerando um dilema: aguardar o desenvolvimento do veículo lançador para uma missão completa ou a separação dos projetos. Desta forma se optou pela independência entre os projetos e o primeiro satélite brasileiro foi lançado em 1993, o Satélite de Coleta de Dados 1 (SCD-1), por um foguete americano (CARVALHO, 2011).

Outro marco na história do programa espacial brasileiro foi a criação da Agência Espacial Brasileira (AEB), em 1994. As pesquisas para desenvolvimento do veículo lançador continuaram, sendo seu primeiro lançamento em 1997, o qual não obteve êxito. Em 1998, ocorreu uma nova tentativa, também fracassada. Ainda em 1998, ocorreu o lançamento do SCD-2, mais uma vez por um foguete americano. Estas falhas sucessivas repercutiram negativamente na imprensa, no governo e no próprio programa espacial, quase causando uma paralisação no desenvolvimento dos veículos lançadores (CARVALHO, 2011).

Em 1999, através de uma parceira do INPE e da Academia Chinesa de Ciências Aeroespaciais, iniciada em 1988, foi lançado o primeiro Satélite Sino-Brasileiro de

Recursos Terrestres (CBERS-1). A falta de investimentos foi o fator preponderante para demora de 11 anos do projeto (CARVALHO, 2011).

Em 2003, um acidente de grandes proporções marcou outra tentativa frustrada de lançamento do veículo lançador. Mesmo com uma grande repercussão negativa pelo acidente, o governo reforçou que o projeto não seria paralisado e receberia mais investimentos. O segundo satélite do projeto CBERS foi lançado ainda em 2003 (CARVALHO, 2011).

Em 2004 aconteceu uma revisão do PNAE que passou a englobar o período de 2005 a 2014. Estava previsto para este período um investimento de R\$5,5 bilhões, o que financiaria o desenvolvimento de satélites meteorológicos, comunicações e missões tecnológicas e científicas, além dos já previstos satélites de observação terrestre e coleta de dados. Além disso, previa parcerias com outros países, como Estados Unidos e Ucrânia. Infelizmente, mais uma vez ocorreram diversos obstáculos que se opunham à conclusão destes objetivos, como um déficit de investimentos em relação ao planejado e a dificuldade de se importar componentes vitais a construção de satélites e foguetes lançadores, situação que permanece inalterada nos dias atuais (CARVALHO, 2011).

Como já abordado anteriormente, o projeto CBERS, apesar de atrasos em seu desenvolvimento, vem trazendo resultados positivos ao Brasil.

7.1. SATÉLITE SINO-BRASILEIRO DE RECURSOS TERRESTRES (CBERS)

Desde o início do Programa Espacial Brasileiro, um dos objetivos foi de construir e lançar satélites para observação da terra, ou seja, satélites com capacidade para fazer imageamento da superfície terrestre.

A implementação dessa tecnologia gera altos custos o que faz com que países como menor capacidade econômica fiquem dependentes dos países que detém a tecnologia e capacidade de realizar o imageamento terrestre. O projeto CBERS surgiu através de uma parceria entre Brasil e China com a intenção de mudar esta situação de dependência, através do INPE e da CAST, para o desenvolvimento e lançamento de dois satélites para imageamento. Através da união de recursos financeiros (investimento superior a 300 milhões de dólares) e tecnológicos dos dois países, criou-se um sistema dividindo as responsabilidades (30% Brasil, 70% China) para a implantação de um sistema a nível internacional de sensoriamento. Esta união tem como característica um

esforço bilateral para romper as barreiras impostas por países desenvolvidos, no que diz respeito ao desenvolvimento e transferência de tecnologias sensíveis (INPE, 2018).

Os dois primeiros satélites (CBERS-1 e CBERS-2) são idênticos, levando em consideração as necessidades dos dois países para sua construção, tendo objetivo de entrar no mercado de imagens de satélite o qual era dominado pelos países desenvolvidos. O CBERS-1 foi lançado em 14 de outubro de 1999 e o CBERS-2 em 21 de outubro de 2003, ambos na China, pelo Foguete de Longa Marcha – 4, desenvolvido pelos chineses. Com o sucesso do CBERS-1 e 2, iniciou-se o desenvolvimento do CBERS-3, mas antes foi lançado o CBERS-2B, também na China, pelo Foguete de Longa Marcha-4 (INPE, 2018). Estes satélites eram dotados de uma câmera com resolução espacial de 260 metros, considerada de baixa resolução.

Com o sucesso dos primeiros satélites, o acordo entre China e Brasil teve continuidade, aumentando em 50% a participação brasileira no projeto para o lançamento de mais 2 satélites. Esses dois satélites representaram um avanço significativo em relação a tecnologia empregada nos primeiros do projeto. Desta forma o CBERS-3 foi lançado em 09 de dezembro de 2013 e o CBERS-4 em 07 de dezembro de 2014. Estes já eram dotados de uma câmera melhor, capaz de fazer imagens com resolução espacial de até 5 metros (INPE, 2018). O lançamento destes satélites representou uma considerável evolução na capacidade brasileira de obter imagens de satélite, sendo estas já consideradas entre média e alta resolução espacial.

Vale ressaltar que o INPE disponibiliza gratuitamente as imagens obtidas pelos satélites do projeto CBERS.

7.2. SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO DE DEFESA E COMUNICAÇÕES ESTRATÉGICAS (SGDC)

O Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) surgiu como uma opção para garantir a integridade, disponibilidade e credibilidade das informações trafegadas no âmbito da defesa nacional (QUATRIN et al., 2017).

O SGDC é um projeto com propósito civil-militar, com duas aplicações distintas: comunicações do setor de defesa e comunicações civis, conduzido por um consórcio brasileiro denominado Visiona, formado pela Embraer e pela Telebrás. Um edital internacional foi lançado e a empresa francesa Thales Alenia Space ganhou a construção

do primeiro satélite do projeto (SGDC-1). Um dos tópicos mais importantes do contrato é a previsão da transferência de tecnologia (AMARAL et al., 2017).

Lançado em 4 de maio de 2017, o SGDC-1 é operado pela Telebrás (parte civil) e pelo Ministério da Defesa, através da Força Aérea Brasileira (parte militar). O SGDC está integrado ao Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), capitaneado pela Força Aérea Brasileira. Sua operação exclusivamente brasileira representa um grande avanço na questão de soberania brasileira, sendo que antes da sua implantação, todas as comunicações militares eram feitas por satélites estrangeiros, através de contratos de aluguel (AMARAL, et al. 2017). Já existe projeto para a construção e lançamento do SGDC-2 para complementar a atuação do SGDC-1.

7.3 PROGRAMA ESTRATÉGICO DE SISTEMAS ESPACIAIS (PESE)

A FORÇA AÉREA BRASILEIRA (2019), define o PESE como “um programa criado para atender às necessidades estratégicas das Forças Armadas e da sociedade brasileira.”

Em implantação desde 2012, com a criação da CCISE, foi consolidado em 2018, através do lançamento de um documento pelo Ministério da Defesa (MD20-S-01), o PESE é “um Programa gerenciado pela CCISE, voltado à implantação de Sistemas Espaciais que priorizam as necessidades do MD e das FA e disponibilizam produtos de uso predominantemente dual (civil/militar)” (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2018). O PESE pode ser considerado uma ferramenta para fornecer “um alinhamento de alto nível entre as necessidades operacionais, as necessidades programáticas e os recursos disponíveis ou necessários para suportar o desenvolvimento do programa” (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2018). Os projetos do PESE seguem os seguintes critérios para decisão, de acordo com o MINISTÉRIO DA DEFESA (2018):

“a) alinhamento estratégico: estar em conformidade com a Estratégia Nacional de Defesa (END) e com as necessidades operacionais emitidas pelo EMCFA, pelo EMA, pelo EME e pelo EMAER e encaminhadas à CCISE, preferencialmente, por meio do Grupo de Assessoramento da CCISE (GA-CCISE), mantendo o caráter dual (civil e militar) dos sistemas implantados;

b) importância da missão: aumentar a eficiência e a eficácia das atividades dos clientes internos e externos ao Ministério da Defesa; e

c) complementaridade e alinhamento com outras políticas governamentais:

□ Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE): elevar a sinergia de ações do PESE com o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), buscando complementaridade de ações em consonância com as diretrizes da END e priorizando o atendimento das necessidades operacionais específicas do MD e das FA no uso dos Sistemas Espaciais, além de colaborar na busca nacional pela autonomia do acesso ao espaço;

□ Política de Desenvolvimento Industrial: contribuir para a capacitação e consolidação da base industrial do setor espacial e de defesa, assim como o adensamento tecnológico e a organização da cadeia produtiva, mediante o uso do poder de compra governamental; e

□ Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: estimular e demandar inovações tecnológicas em busca de soluções que requeiram o desenvolvimento de novos conhecimentos, de forma independente e autônoma à altura de uma nação soberana.”

A FORÇA AÉREA BRASILEIRA (2019) diz que o PESE, prioritariamente, irá celebrar contratos com empresas nacionais, apoiando assim a consolidação do setor espacial no Brasil. E que as “parcerias externas terão por base a absorção de tecnologia e o fortalecimento da capacidade nacional”.

O MINISTÉRIO DA DEFESA (2018) orienta os processos de aquisição e implantação de sistemas espaciais com tecnologia de origem estrangeira da seguinte forma:

“h) para favorecer a obtenção de autonomia operacional e técnica crescentes da indústria nacional, por meio da produção de sistemas com adequado grau de inovação, os contratos de aquisições externas devem considerar a inclusão de cláusulas de transferência de tecnologia, capacitação de pessoal e participação nacional nas atividades de construção, integração e testes do SE obtido, de forma a permitir, preferencialmente, a inclusão da indústria nacional na cadeia de produção da Contratada, além de favorecer a sinergia com as atividades de desenvolvimentos tecnológicos e científicos do PNAE;

i) buscar um grau de nacionalização crescente dos itens e sistemas implantados, devendo cada projeto ter o maior grau possível de nacionalização, desde que:

☐ atenda aos requisitos operacionais estabelecidos pelo órgão solicitante;

☐ não gere atrasos ao projeto, mantendo o cronograma previsto; e

☐ não gere custos e riscos adicionais que sejam inaceitáveis para o Programa.

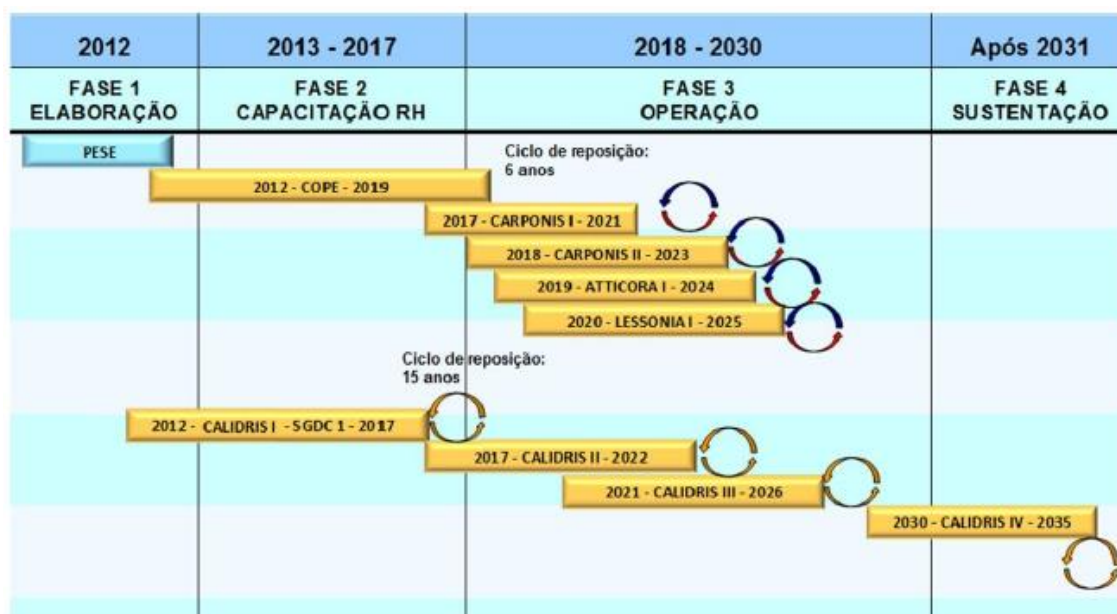
j) o contrato celebrado com empresas estrangeiras deverá contemplar cláusulas de offset que permitam a absorção/transferência de tecnologias críticas às empresas nacionais;”.

Os produtos do PESE que podem ser obtidos através da implantação de sistemas espaciais dividem-se em 6 classes (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2018):

- Comunicações;
- Observação da Terra;
- Mapeamento de Informações;
- Monitoramento de Espaço;
- Posicionamento; e
- Centro de Operações Espaciais (COPE).

Destaco entre os produtos do PESE, a observação da terra e posicionamento, produtos obtidos através de satélites de imageamento de alta resolução e GNSS.

O único satélite em operação do PESE é o SGDC-1, já mencionado anteriormente. O programa possui projetos de satélites pra comunicação e observação da terra (sensores óticos de alta resolução e sensoriamento remoto por radar). Desta forma, o PESE ainda não traz um projeto de implantação para um GNSS nacional.

Figura 6 - Dinâmica dos projetos do PESE em 20 anos

Fonte: MINISTÉRIO DA DEFESA, 2018

Os projetos do PESE serão melhor abordados no próximo capítulo.

8. PERSPECTIVAS DO SETOR ESPACIAL NACIONAL

As perspectivas atuais para setor espacial brasileiro podem ser resumidas no futuro do projeto CBERS e dos projetos do PESE.

8.1 CBERS

A parceria sino-brasileira segue trazendo consequências muito positivas a capacidade espacial brasileira. Desta forma segue no projeto CBERS, com a previsão do lançamento de mais um satélite, o CBERS-4A. A previsão é que este seja lançado também na China, em 17 de dezembro de 2019, pelo mesmo Foguete Longa Marcha-4. Os sensores embarcados neste satélite devem propiciar o imageamento terrestre com até 2 metros de resolução (INPE, 2018). Com o provável sucesso do CBERS-4A, o Brasil alcançará o patamar de países desenvolvidos, em questão de capacidade de imageamento, chegando bem próximo a imagens de alta de resolução.

8.2 PESE

Como visto anteriormente, o PESE possui projetos de desenvolvimento e lançamento de satélites para comunicação e observação da terra. Estes projetos são os seguintes:

8.2.1 PROJETO CARPONIS-1

O Projeto CARPONIS-1 consiste no desenvolvimento e implantação do primeiro sistema espacial brasileiro com capacidade de imageamento de alta resolução. Seu objetivo é gerar imagens com resolução de um metro ou menos, com intervalo de imageamento de 3 a 5 dias, “o que permitirá atender não só a demanda das FA, como também possibilitar o avanço das coletas de dados, análise, geração de dados e conhecimentos que irão impactar em diversas outras atividades da sociedade brasileira”. Além de aumentar consideravelmente as capacidades das FA no que diz respeito às atividades de monitoramento e vigilância das fronteiras, do espaço aéreo, águas jurisdicionais brasileiras e todo o território em geral, o projeto CARPONIS-1 terá aplicações no meio civil, como atualização cartográfica, apoio ao combate de ilícitos (ilícitos ambientais e tráfico de drogas), determinação de navegabilidade de rios, entre outras aplicações (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019).

Atualmente, o projeto se encontra na fase de planejamento, com previsão de lançamento do pedido de ofertas para empresas ainda em 2019. A previsão é que o primeiro satélite seja lançado em 2023. A previsão de orçamento para o projeto é de R\$405 milhões (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019).

8.2.2 PROJETO LESSONIA-1

O Projeto LESSONIA-1 pode ser considerado um complemento ao projeto CARPONIS-1, sendo um projeto de satélites para sensoriamento remoto por radar. De acordo com o MINISTÉRIO DA DEFESA (2019):

“de órbita baixa voltado ao atendimento das diversas demandas da defesa do país, tais como inteligência, monitoramento da Amazônia, o controle ambiental, agricultura, monitoramento de fronteiras, controle de tráfego marítimo, aplicações em hidrologia, oceanografia, cartografia, estudos urbanos, dentre outros.”

Seu projeto se encontra na fase de concepção, com previsão de lançamento em 2026. Serão satélites com vida útil de 6 anos. A previsão de custo é de, aproximadamente, R\$ 580 milhões, ao longo de 5 anos (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019).

8.2.3 PROJETO CALIDRIS-1

O Projeto CALIDRIS-1 é um projeto de satélites de comunicação, que já possui seu primeiro satélite em órbita, o SGDC-1. O PESE possui uma meta de lançar um novo satélite do projeto a cada 5 anos. Desta forma, o SGDC-2 já se encontra em fase de concepção. O investimento previsto para o projeto é de R\$ 600 milhões (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019). É importante salientar que o SGDC-1 recebeu um investimento da ordem de R\$ 2,7 bilhões (AEB, 2018).

8.2.4 PROJETO ATTICORA-1

O Projeto ATTICORA-1 é um projeto complementar ao CALIDRIS-1, utilizando satélites em órbita baixa para aplicações para diversos órgãos estatais, principalmente os afetos à segurança pública. Ele possui duas vertentes: aplicação e cobertura (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019). Ainda para o MINISTÉRIO DA DEFESA (2019):

“Na primeira vertente, permite a comunicação tática com maior nível de mobilidade, o que lhe oferece características favoráveis ao uso por tropas táticas, Forças Especiais, Polícia Rodoviária Federal, Força Nacional, Polícia Federal, entre outros, seja em áreas de selva ou qualquer ambiente isolado.

Ainda nesta vertente, visa, além das comunicações táticas, o mapeamento de informações em regiões isoladas, o que traz benefícios ao SISFRON (Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras) e demais iniciativas voltadas ao controle das fronteiras.

Na segunda vertente, por ser um sistema de baixa órbita, visa proporcionar comunicações além do território nacional, especialmente, para efetivos brasileiros cumprindo missões de paz da ONU nos diversos continentes, bem como aos navios da Marinha Brasileira em operações pelo mundo. No longo prazo, além das comunicações, há, ainda, a possibilidade de incorporar aplicações de mapeamento de informações e posicionamento.”

A previsão é que, ao longo de 16 anos, 4 constelações sucessivas tenham sido lançadas, devido ao tempo médio de vida útil de satélites de órbita baixa ser algo em torno de 5 anos. Uma constelação de 4 satélites custaria, anualmente, cerca de R\$ 12 milhões (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019).

9. DEPENDÊNCIA NACIONAL DOS SISTEMAS GNSS E IMAGEAMENTO DE ALTA RESOLUÇÃO POR SATÉLITES ESTRANGEIROS

Como abordado até aqui, pudemos perceber a importância do desenvolvimento do setor espacial para o desenvolvimento de um país como um todo.

O Brasil depende muito de tecnologia estrangeira neste setor, gerando assim diversos problemas, até em questões de soberania nacional. O programa espacial vem avançando a passos curtos ao longo dos anos, mas podemos observar um certo desenvolvimento neste setor, mas que ainda não é o suficiente para garantir ao Brasil uma situação confortável.

Apesar do desenvolvimento do setor espacial brasileiro, somos completamente dependentes dos GNSS estrangeiros. Uma situação em que nos fosse negado o uso desta tecnologia traria danos e prejuízos irreversíveis ao país como um todo. Trazendo os prejuízos de uma situação como esta para o âmbito militar, sistemas de navegação que utilizam GNSS utilizados por navios, aviões, viaturas e mísseis ficariam inoperantes. Isto representaria um duro golpe na soberania nacional. No âmbito civil, o sistema de transportes seria o mais afetado, sendo que a navegação de navios, aviação civil e transporte rodoviário é extremamente dependente da tecnologia GNSS. Fica até difícil mensurar a perda econômica que uma situação assim traria. A cartografia utiliza diariamente os dados obtidos por receptores GNSS para elaborar cartas e mapas. Esses mapeamentos são importantíssimos para o desenvolvimento nacional, sendo utilizados desde o mapeamento para cobrança de impostos urbanos e rurais, até a delimitação de riquezas naturais, tão necessárias a economia brasileira. Outro setor que utiliza ativamente os dados de GNSS é a agricultura, conhecida como agricultura de precisão que utiliza dados de satélite até para guiar maquinário agrícola, otimizando os custos de produção. Apesar da END e do PESE elencarem a necessidade do país atingir autossuficiência nestes sistemas, ainda não há um projeto tangível para tal fim.

O Brasil é um país de dimensões continentais, com milhares de quilômetros de fronteiras terrestres e milhares de km² de águas jurisdicionais, nossa Amazônia Azul. Sistemas de imageamento por satélite são essenciais para incrementar a capacidade das FA em questão de monitoramento e vigilâncias dessas fronteiras e águas. Imagens de alta resolução também são imprescindíveis para diversos órgãos estatais, como aqueles que fiscalizam os mais diversos tipos de ilícitos que acontecem em nossas fronteiras e territórios.

Em relação ao imageamento por satélites, o Brasil segue um bom caminho de desenvolvimento. Já possui em operação o projeto CBERS que, apesar de não ser completamente nacional, já que é uma parceria com a China, já nos coloca em uma certa condição de autossuficiência em aquisição de imagens de satélite. Mas como ainda não possuímos satélites próprios com capacidade de imageamento de alta resolução ainda somos dependentes das grandes potências neste quesito. Já conseguimos monitorar nosso território, mas não com a definição e qualidade que um país do tamanho do Brasil necessita. Um exemplo recente disso é a dificuldade da identificação da origem das manchas de óleo que apareceram recentemente no litoral do nordeste brasileiro. Imagens de alta resolução do litoral brasileiro podem gerar um subsídio concreto para identificar o responsável pelo óleo derramado no mar. Como imagens do oceano são pouco requisitadas, os detentores de satélites de alta resolução praticamente não imageam estas áreas, isso gera uma dificuldade devido a escassez de dados dessas áreas. Um exemplo disso é o próprio Google Earth: o aplicativo não possui imagens de alta resolução das áreas dos oceanos.

Com poucos exemplos, podemos concluir o quanto o Brasil ainda é dependente dos sistemas estrangeiros abordados até aqui. A recente implementação do SGDC-1, que nos torna autossuficientes na questão de comunicações de defesa, mostra a importância de se materializar sistemas espaciais nacionais, voltados para as demais atividades relacionadas ao uso de satélites.

10. CONCLUSÃO

Após mostrar as características dos mais diversos GNSS e sistemas de imageamento de alta resolução existentes pelo mundo, julgo que ficou bem enfatizada sua importância nos dias atuais, sendo tecnologias cada vez mais presentes no nosso dia a dia. Assim, ficou nítida a importância de um país possuir autossuficiência em sistemas espaciais, sendo em comunicações, navegação ou sensoriamento remoto (imageamento). Sabemos que são sistemas de difícil implantação por diversos motivos, se destacando a dificuldade de se obter uma tecnologia tão sensível, na maioria das vezes, detida por países mais desenvolvidos, protagonistas das relações internacionais, além dos altos custos envolvidos, tornando praticamente inviável para países de menor expressão econômica. Mas os recentes investimentos brasileiros na aquisição do SGDC-1 mostram a preocupação do Estado em ser detentor de sistemas espaciais.

Para se ter noção a magnitude do investimento necessário à implantação de um sistema GNSS, informações não confirmadas dão conta que os EUA investiram cerca de US\$10 bilhões, isso até a década de 90, quando o GPS se tornou completamente operacional e que o GALILEO custou mais de 10 bilhões de euros aos europeus. Fica difícil visualizar um cenário onde o setor espacial seja uma prioridade tão grande da política de investimento brasileiro, de forma que possua os recursos necessários a implantação de sistemas espaciais voltados à navegação e posicionamento, como os GNSS. Desta forma, visualizo que o Brasil será dependente destes sistemas estrangeiros por um bom tempo ainda.

Em relação ao imageamento de alta resolução, o país está em um cenário bem melhor, representado pelos projetos CBERS e CARPONIS-1. O CARPONIS-1 tem tudo pra colocar o Brasil em outro patamar neste ramo, passando de um consumidor de produtos estrangeiros à um possível exportador de imagens de alta resolução. Mas para isso, é necessário que o governo mantenha a política de investimento no setor e as parcerias com os países desenvolvidos, de forma a se tornar autossuficiente. Em relação aos recursos a serem investidos, existe uma certa preocupação, tendo em vista o cenário de crise econômica que o país passa nos últimos anos, com reflexos inevitáveis ao setor, que pode trazer atrasos ao projeto e até mesmo, em um cenário mais pessimista, a paralisação do mesmo. Caso o lançamento do CBERS-4A se concretize realmente em dezembro deste ano e seja um sucesso, já trará um enorme avanço ao país nesta área.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU M. A. **Análise da qualidade dos dados GPS: estudo de caso da estação da Cananéia**. São Paulo, 2007.

AEB – AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Imagens de satélite**. Brasília, 2018. Disponível em: < <http://www.aeb.gov.br/servicos/imagens-de-satelites> >. Acesso em: 25 out. 2019.

AEB – AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Lançamento do Satélite SGDC-1**. Brasília, 2018. Disponível em: < <http://www.aeb.gov.br/enviando-uma-nova-noticia> >. Acesso em: 25 out. 2019.

ALCÂNTARA, E. **Sensoriamento Remoto I**. Curso de Engenharia Cartográfica. 2016. Notas de Aula. Universidade Estadual Paulista.

ALVES D. B. M.; *et al.* GNSS: status, modelagem atmosférica e métodos de posicionamento. **Revista Brasileira de Geomática**. Pato Branco, v. 1, n. 1, p. 8-13, 2013.

AMARAL C. T.; *et al.* **A importância estratégica de um Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações no confronto cibernético**. Porto Velho, 2017.

AMARANTE J. C. A. **A base industrial de defesa brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

BEIDOU. **China's BeiDou Navigation Satellite System**. Pequim, 2019. Disponível em: < <http://www.beidou.gov.cn> >. Acesso em: 25 out de 2019.

BORGES G. M.; *et al.* Sensoriamento remoto: avanços e perspectivas. **Revista de Geografia (UFPE)**. Recife, v. 32, n.2, p. 267-292, 2015.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2012.

CAMPOS, A. C. **Cartografia Básica**. Curso de Licenciatura em Geografia. 2007. Notas de Aula. Universidade Federal de Sergipe.

CARVALHO H. C. Alternativas de financiamento e parcerias internacionais estratégicas no setor espacial. *In: SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. Desafios do programa espacial brasileiro*. Brasília, 2011.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento**. Campinas, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento> >. Acesso em: 25 out. 2019.

FLORENZANO, T. G. **Os satélites e suas aplicações**. São José dos Campos, 2008.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **O que é PESE?** Brasília, 2019. Disponível em: < <http://www2.fab.mil.br/ccise/index.php/o-que-e-o-pese> >. Acesso em: 25 out de 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**. Rio de Janeiro. 2008.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **CBERS: parceria entre Brasil e China no setor técnico-científico espacial**. São José dos Campos, 2018. Disponível em: < <http://www.cbbers.inpe.br> >. Acesso em: 25 out. 2019.

JEREZ G. O.; ALVES D. B. M. GLONASS: revisão teórica e estado da arte. **Revista Brasileira de Geomática**. Curitiba, v. 6, n.2, p. 155-173, abr/jun. 2018.

JÚNIOR P. T. S.; *et al.* Uso integrado dos sistemas GALILEO e GPS: uma análise da acurácia no posicionamento por ponto com correções atmosféricas. **Revista Brasileira de Cartografia**. Rio de Janeiro, v. 68, n. 3, p. 595-607, mar/abr. 2016.

LAGO I. F.; *et al.* GPS e GLONASS: aspectos teóricos e aplicações práticas. **Boletim de Ciências Geodésicas**. Curitiba, v. 8, n.2, p. 35-53, 2002.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2019. Disponível em: < <https://www.defesa.gov.br/estado-e-defesa/estrategia-nacional-de-defesa> >. Acesso em: 25 out de 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Indústria de defesa**. Brasília, 2019. Disponível em: < <https://www.defesa.gov.br/industria-de-defesa> >. Acesso em: 25 out de 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) – Uma visão geral (Ofício nº 17977/GM-MD)**. Brasília, 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE)**. Brasília. 2018.

MONICO, J. F. G. **Aplicações não convencionais do GNSS**. Curso de Engenharia Cartográfica. Março de 2007. Notas de Aula. Universidade Estadual Paulista.

MOREIRA, M. A. Satélites e história do Sensoriamento Remoto. *In*: AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2008.

NOBRE T. C. **Influência do acréscimo de satélites GLONASS sobre a qualidade de coordenadas estimadas com satélites GPS em local de difícil rastreamento**. Santa Maria, 2008.

OLIVEIRA O. J. R.; OLIVEIRA M.F.S. Fases da história da fotografia e a questão da aura, segundo Walter Benjamin. **Revista Discursos Fotográficos**. Londrina, v. 10, n.16, p. 163-190, jan/jun. 2014.

QUATRIN V. J.; *et al.* **O uso militar de sistemas espaciais: aplicações do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas**. Pirassununga, 2017.

SILVA A. A. P.; *et al.* **A crise econômica no Brasil e seus reflexos na Indústria de Defesa Nacional**. São Luís, 2016.