

A IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DOS SATÉLITES AO BRASIL: PROPOSTA DE UM SISTEMA RNSS¹

THE STRATEGIC IMPORTANCE OF SATELLITES TO BRAZIL: PROPOSAL FOR A RNSS SYSTEM

Leonardo Alvarez Cunha²
Alessandro Firmiano de Jesus³
Alexandre Manhães⁴

RESUMO

O presente trabalho procura analisar a importância estratégica dos satélites para o Brasil e estudar uma possível proposta de um sistema RNSS (*Regional Navigation Satellite System*) nacional. Inicialmente, é apresentado um panorama da história espacial mundial e do país, bem como a evolução do programa espacial brasileiro desde a década de 60, criação do INPE, até os dias atuais. Em seguida, são exploradas as aplicabilidades dos satélites para o Brasil no âmbito militar em setores como: comunicação, navegação, meteorologia, defesa cibernética, vigilância, reconhecimento e imageamento remoto. A importância estratégica dos satélites para o Brasil é discutida com base em sua contribuição para o desenvolvimento da soberania nacional e defesa nacional. Por meio de estudos de casos e exemplos práticos, são apresentadas aplicações específicas dos satélites no Brasil, no âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB) como o caso de monitoramento do desmatamento na Amazônia e o fornecimento de serviços de telecomunicações seguras e criptografadas na frequência banda X pelo Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC). Neste sentido, vislumbra-se também quais outras capacidades poderão ser aprimoradas nos próximos anos, com destaque para um sistema RNSS nacional, de uso das forças armadas, e posteriormente da sociedade brasileira, com base em exemplos de países como Japão e Índia, além de ser feita uma análise dos incrementos que o RNSS poderia agregar ao país, como na navegação, seja aérea, terrestre ou marítima. Ao final, é feita uma análise das aplicações, fundamentada em pesquisas, relatórios governamentais e estudos acadêmicos, que proporcionam uma perspectiva abrangente das políticas de defesa e das aplicações dos satélites no Brasil, de forma ao final do estudo, propor um sistema RNSS ao Brasil.

Palavras-chave: Satélites; Força Aérea Brasileira; SGDC; comunicação; soberania nacional; RNSS.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

³ Doutor em Ciências. Pós-doutorado pela Fachhochschule Köln - Cologne University of Applied Sciences (2014). Coordenador da Área de Ciências Exatas no Curso de Formação de Oficiais da Aeronáutica na Academia da Força Aérea (AFA). Academia da Força Aérea. E-mail: lezandro@gmail.com

⁴ 1º Ten QOInf. Doutorando e Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Especialista em Gestão de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). *Project Manager Professional* (PMP). Especialista em Operações de Defesa Antiaérea. Base Aérea de Canoas. E-mail: manhaesam.91@gmail.com ²

ABSTRACT

This work aims to analyze the strategic importance of satellites for Brazil and to study a possible proposal for a national Regional Navigation Satellite System (RNSS). Initially, it presents an overview of the global and national space history, as well as the evolution of the Brazilian space program since the 1960s, including the establishment of the National Institute for Space Research (INPE), up to the present day. Next, the applicability of satellites for Brazil in the military sector is explored in areas such as communication, navigation, meteorology, cyber defense, surveillance, reconnaissance, and remote sensing. The strategic importance of satellites for Brazil is discussed based on their contribution to the development of national sovereignty and national defense. Through case studies and practical examples, specific applications of satellites in Brazil are presented, particularly within the Brazilian Air Force (FAB), such as monitoring deforestation in the Amazon and providing secure and encrypted telecommunications services in the X-band frequency by the Geostationary Defense and Strategic Communications Satellite (SGDC). In this context, future capabilities that could be enhanced in the coming years are also envisioned, with emphasis on a national RNSS for use by the armed forces and later by Brazilian society, based on examples from countries such as Japan and India. Additionally, an analysis is made of the improvements that the RNSS could bring to the country, such as in navigation, whether aerial, terrestrial, or maritime. Finally, an analysis of the applications is conducted, based on research, government reports, and academic studies, providing a comprehensive perspective on defense policies and satellite applications in Brazil, ultimately proposing an RNSS for Brazil.

Keywords: satellites; Brazilian air force; SGDC; communication; national sovereignty; RNSS.

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos na era moderna abriram portas para a exploração espacial. No século XX, a corrida espacial entre as duas superpotências da época, Estados Unidos e União Soviética (URSS), acelerou significativamente o desenvolvimento de foguetes e satélites. Em 1957, a União Soviética lançou o Sputnik 1, o primeiro satélite artificial da história. Esse feito histórico marcou o início da era espacial e abriu caminho para a exploração espacial. Pouco depois, em 1961, Yuri Gagarin tornou-se o primeiro humano a orbitar a Terra. Em 1969, o Programa Apollo, dos Estados Unidos, culminou com o pouso na Lua (Brasil, 2009).

Conforme a Política Espacial Brasileira (2009), o programa espacial brasileiro iniciou na década de 1960, com a criação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 1961 e do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) em 1964. Essas instituições foram fundamentais para o desenvolvimento das atividades espaciais no Brasil.

Atualmente, o programa espacial brasileiro continua em desenvolvimento, com a Agência Espacial Brasileira (AEB) exercendo um papel fundamental na coordenação das atividades

espaciais do país. A AEB é vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações objetiva promover o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias espaciais no Brasil.

O Brasil possui várias áreas de atuação no programa espacial, que incluem o lançamento de satélites, pesquisa científica, monitoramento ambiental, meteorologia, telecomunicações e observação da Terra. O INPE ocupa um papel importante nessas áreas, sendo responsável por diversas missões espaciais e pelo monitoramento do desmatamento na Amazônia por meio do satélite Sino-Amazônia (Silva, 2018).

O uso de satélites para navegação e comunicação tem se tornado uma parte crucial das infraestruturas de defesa e segurança nacionais. Neste contexto, surge o conceito de RNSS (*Regional Navigation Satellite System*), que se refere a um sistema regional de navegação por satélite, projetado para fornecer serviços de posicionamento e cronometria de alta precisão em uma área geográfica específica. Diferente dos sistemas globais de navegação por satélite (GNSS), que cobrem o planeta inteiro, o RNSS foca em fornecer cobertura e serviços em regiões determinadas, atendendo às necessidades específicas de países ou blocos regionais. Esta abordagem permite um controle mais direto e uma segurança aprimorada, além de otimizar recursos para atender melhor às necessidades locais

Neste trabalho, exploramos a importância estratégica dos satélites para o Brasil e propomos o desenvolvimento de um sistema RNSS nacional, detalhando suas potencialidades para a defesa e a segurança do país. A proposta visa destacar como um sistema regional pode suprir lacunas deixadas por sistemas globais, além de oferecer uma maior independência tecnológica.

Diante das capturas identificadas, a crescente demanda por um sistema RNSS nacional cada vez maior por outros países, como Japão e Índia, mostra a importância de um sistema de Posicionamento, Navegação e Temporização (PNT) próprio, para uso tanto civil, da população, como também para uso militar, o qual o Brasil faria uso não só em território nacional, mas também em toda a América do Sul, ao longo das missões, treinamentos e exercícios das Forças Armadas, como o Exercício Multinacional Salitre IV, no Chile. Essa abordagem visa superar as dificuldades existentes e maximizar a eficiência das operações. Além disso, a Agência de Segurança Cibernética e Infraestrutura dos Estados Unidos da América (2020), enfatiza uma série de vulnerabilidades à qual estão expostos os países que não possuem tal sistema RNSS próprio e sejam dependentes tecnologicamente (EUA, 2020a).

Assim, o presente trabalho, realizado à luz das políticas e estratégias espaciais vigentes no Brasil, como a Política Nacional de Defesa (PND), Estratégia Nacional de Defesa (END), Programa

Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), DCA 11-45 (Concepção Estratégica Força Aérea 100) tem como objetivo geral verificar a importância estratégica do sistema RNSS nacional. Seus objetivos gerais incluem contextualizar os objetivos específicos do setor espacial brasileiro, identificar os incrementos que o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) proporcionou às Forças Armadas, discutir as ameaças a que os satélites estão sujeitos, analisar o caso de desenvolvimento de sistemas RNSS por outras nações. Pretende-se, também, como objetivo específico verificar a carência de uma constelação de satélites RNSS nacional.

Diante disso, este trabalho analisa os satélites no contexto militar, no Brasil, um país de dimensões continentais, onde a aplicação de satélites poderia ampliar as capacidades das Forças Armadas, auxiliando em operações e exercícios, com isso busca responder o seguinte questionamento: **Qual é a importância estratégica dos satélites para o Brasil no âmbito de comunicação militar e geolocalização?**

Tal abordagem se justifica pela falta de autonomia tecnológica brasileira e falta de investimentos na área espacial, tendo em vista que tal desenvolvimento poderia ampliar e fortalecer a soberania e independência do Brasil, para possibilitar maior controle sobre os meios de navegação a partir de satélites com capacidades RNSS.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 PANORAMA HISTÓRICO DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

A história do setor espacial brasileiro remonta à década de 1960, quando o setor espacial do país começou a desenvolver seu programa espacial. O INPE foi criado em 1961, executa um papel fundamental no avanço da pesquisa e desenvolvimento espacial no Brasil. Nos anos seguintes, o Brasil estabeleceu parcerias internacionais, como com a França, para adquirir conhecimentos e tecnologias relacionadas à exploração espacial (Brasil, 2009). Um marco significativo ocorreu na década de 1980, quando o Brasil lançou seu primeiro satélite, o Satélite de Coleta de Dados (SCD-1). O SCD-1 tinha como objetivo monitorar recursos naturais e condições climáticas, confiando para a compreensão e gestão do meio ambiente (Brasil, 2021).

Em 1994, a AEB foi criada para coordenar as atividades espaciais do país. A AEB assumiu a responsabilidade de desenvolver e executar programas espaciais, bem como promover a cooperação com outros países e organizações internacionais. Ao longo das décadas seguintes, o Brasil

continuou a investir em tecnologia espacial e expandir seus recursos. Destaca-se a parceria com a China para o desenvolvimento do CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), um programa de satélites de sensoriamento remoto que contribui para o monitoramento e a gestão do meio ambiente, além de promover a cooperação científica entre os dois países.

Os satélites cumprem um papel fundamental no monitoramento e gestão ambiental, permitindo o mapeamento de áreas desmatadas, o monitoramento de recursos naturais e a previsão de desastres naturais. Além disso, os satélites são essenciais para a navegação e posicionamento, comunicações, incluindo telecomunicações, transmissão de dados e acesso à internet em áreas remotas e de difícil acesso (Brasil, 2021).

1.2 PODER ESPACIAL APLICADO AOS SATÉLITES

Em razão da história do Programa Espacial Brasileiro (PEB) se confundir com a do próprio setor espacial, as questões espaciais ficam restritas ao que se trata no PEB, isto é, as capacidades tangíveis do poder espacial (Manhães, 2021). Entretanto, Aliberti, Cappella e Hrozensky (2019) desenvolveram uma estrutura dos elementos que compõem o poder espacial (figura 1).

Elementos do Poder Espacial			
Capacidade		Autonomia	
Índice de Capacidades Tangíveis	Índice de Capacidades Intangíveis	Índice de Autonomia Técnica	Índice de Autonomia Política
Acesso ao Espaço	Orientação das políticas socioeconômicas	Fase de Produção	Soberania Interna
Infraestrutura Terrestre		Fase de Operação	Soberania Externa
Sistemas Espaciais Operacionais	Orientação da política externa	Fase de Exploração	
Ciência e Exploração			
SSA e contra espaço		Segurança e Defesa	

Figura 1 Elementos do Poder Espacial

Fonte: Adaptado por Manhães (2021) a partir de Aliberti, Cappella e Hrozensky (2019, p. 97).

Para os autores, poder espacial (*spacepower*) é um conjunto de atributos que determinado ator deve possuir para ser um ator espacial. À medida que esse conjunto se distingue dos demais atores, tal ator poderá ser considerado uma potência espacial (*space power*) (Aliberti; Cappella; Hrozensky, 2019). Dessa forma, a diferenciação entre atores espaciais comuns e potências espaciais reside na capacidade de desenvolver e manter esses atributos em um nível superior.

Em síntese, o poder espacial é composto por duas dimensões, com seus respectivos índices: capacidades (tangíveis e intangíveis) e autonomia (técnica e política). Cada índice aglutina diversas áreas. O interesse dessa pesquisa, os satélites, estão na área dos sistemas espaciais operacionais, compondo as capacidades tangíveis do poder espacial. Portanto, os satélites estão diretamente ligados ao poder espacial que um país detém à disposição de seus interesses nacionais. Gray considera a geografia física como um fator crucial na definição do poder do Estado. Ele argumenta que a localização geográfica, os recursos naturais e a topografia influenciam diretamente a capacidade de um país projetar poder e influência. No contexto do Brasil, essa perspectiva é relevante, especialmente quando se trata de satélites.

A localização geográfica do Brasil, sua vasta extensão territorial, dimensões continentais e a presença da Amazônia tornam os satélites essenciais para monitoramento, comunicações, segurança e desenvolvimento (Gray, 1999). A tecnologia dos satélites desempenha um papel crucial na reestruturação do espaço geográfico, facilitando a coleta de dados, navegação, previsão do tempo, comunicações e vigilância. Gray (1999) sugere que as ações estatais devem ser orientadas pelo equilíbrio de poder, destacando que o Brasil, como uma potência regional, deve considerar como os satélites podem contribuir para sua inserção internacional. O uso estratégico dos satélites pode fortalecer a posição do Brasil em fóruns globais, melhorar a segurança nacional e promover o desenvolvimento socioeconômico.

Gray (1999) considerava que o poder espacial aumenta frequentemente a eficácia dos poderes aéreo, marítimo e terrestre. Ele observou que as capacidades espaciais são inerentemente acessórias, de apoio e auxiliares às operações terrestres na estratégia moderna. Como afirmou Gray: “As empreitadas militares no espaço têm sido inerentemente acessórias, de apoio e auxiliares à ação terrestre principal da estratégia moderna”. Klein (2021), ao avaliar o pensamento de Gray (1999), afirma que o poder espacial em si tem pouco interesse. O interesse estratégico reside nas consequências de sua aplicação para a dissuasão e a condução da guerra na totalidade, dentro de um contexto iluminado pelo reconhecimento constante do princípio de que a terra é o que mais importa. Klein (2021) reforça que o poder espacial é valioso principalmente por sua capacidade de influenciar e apoiar operações terrestres, aéreas e marítimas, e não como uma força isolada.

Dessa forma, a utilização estratégica dos satélites pelo Brasil pode não apenas reforçar sua segurança nacional e promover seu desenvolvimento, mas também assegurar uma posição mais sólida no cenário internacional, alinhada com o equilíbrio de poder e os princípios de dissuasão delineados por Gray e avaliados por Klein (Klein, 2021).

No caso particular das capacidades PNT providas por um sistema RNSS, interesse central desta pesquisa, estas servem para incrementar o sinal deste tipo de serviço regionalmente, de modo a garantir o apoio às operações militares e aumentar as medidas de resiliência de tal suporte. Segundo Klein (2019, p. 222, tradução livre), sob a ótica da estratégia espacial, "dadas as preocupações de se garantir os dados de posicionamento preciso durante guerras (conflitos, e operações militares), usar receptores de NSS é uma forma de ajudar a incrementar a garantia de cumprimento da missão e a resiliência espacial".

Da mesma forma, Bowen (2020, p. 25, tradução livre) corrobora Klein (2019) afirmando que um sistema soberano com capacidades de PNT é uma "infraestrutura crítica" para qualquer poder militar moderno. Bowen (2020, p. 216, tradução nossa) afirmou que as redes de NSS podem ser vistas como "centros de gravidade", empregando o conceito de Clausewitz usado para se referir a um ponto focal onde o emprego de poder militar seria o mais eficiente por gerar o maior dano com o menor emprego de recursos possível (Bowen, 2020; Klein, 2019). Ou seja, não é à toa que diversos países estão investindo em seus sistemas RNSS soberanos, visando garantir o controle e a defesa de um ponto focal de sua estratégia militar.

2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Na pesquisa científica, os métodos são essenciais para garantir que o papel social da ciência tenha precedência sobre os interesses ou pontos de vista dos pesquisadores. Um método coerente e claro é condição essencial para dar valor científico a qualquer estudo ou observação da realidade. Neste estudo, adota-se como metodologia uma abordagem qualitativa, priorizando pesquisa bibliográfica e documental conforme a taxonomia de Vergara (2015).

2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica consiste na fundamentação teórica baseada em uma variedade de fontes, incluindo livros, legislações, revistas científicas, manuais e artigos. Esta etapa envolveu a seleção criteriosa de materiais que abordam diretamente ou indiretamente o uso de satélites em operações militares e sua importância estratégica para o Brasil (Vergara, 2015).

2.2 PESQUISA DOCUMENTAL

A pesquisa documental analisou documentos de órgãos públicos e privados, com foco em arquivos do Ministério da Defesa (MD), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Agência Espacial Brasileira (AEB) e Força Aérea Brasileira (FAB). Entre os documentos analisados estão manuais, regulamentos, portarias, relatórios e outros registros oficiais relevantes (Vergara, 2015).

2.3 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados de fontes secundárias, especificamente documentos e publicações oficiais de instituições governamentais e acadêmicas, tais como o Ministério da Defesa (MD), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Agência Espacial Brasileira (AEB) e Força Aérea Brasileira (FAB). Foram analisados manuais, regulamentos, portarias, relatórios e outros registros oficiais relevantes. A seleção dos documentos seguiu critérios de relevância, atualidade e confiabilidade. Foram priorizados documentos que apresentassem informações detalhadas sobre políticas, estratégias e operações envolvendo satélites, bem como estudos acadêmicos que discutem o papel dos satélites na defesa e segurança nacionais

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados seguiu uma abordagem qualitativa, buscando identificar padrões e temas que contribuam para os objetivos da pesquisa. Os dados foram organizados e classificados para facilitar a interpretação e discussão dos resultados. A triangulação de fontes assegura a validade e confiabilidade das informações, comparando dados de diversos documentos e publicações para verificar a consistência e corrobora achados (Vergara, 2015).

2.5 CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS FONTES

Os critérios para seleção das fontes incluíram:

- A. Relevância: Fontes diretamente relacionadas ao tema da pesquisa.
- B. Atualidade: Preferência por documentos e estudos recentes para garantir a contemporaneidade das informações.

C. Confiabilidade: Fontes provenientes de instituições reconhecidas e respeitadas no campo da defesa e tecnologia espacial.

D. Acessibilidade: Documentos disponíveis publicamente ou acessíveis mediante solicitação oficial. Esta metodologia foi escolhida para garantir uma análise detalhada, a fim de fornecer uma visão clara sobre a importância estratégica dos satélites para o Brasil e fundamentar a proposta de um Sistema RNSS (*Regional Navigation Satellite System*). A descrição dos métodos utilizados fortalece a credibilidade da pesquisa e permite que outros pesquisadores avaliem a robustez do método, conforme sugerido pela banca avaliadora.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 APLICAÇÕES DOS SATÉLITES

Nos últimos anos, os satélites têm exercido um papel cada vez mais determinante nas atividades de defesa e no avanço das atividades espaciais. A crescente importância estratégica desses sistemas orbitais têm impulsionado o país a investir em políticas de segurança e defesa que promovam o uso eficaz e eficiente dos satélites, bem como a exploração de suas aplicações.

O emprego de sistemas satelitais proporciona serviços fundamentais para a sociedade como a internet, navegação marítima, terrestre e aérea, mapeamento de terras para agricultura, identificação de áreas desmatadas, comunicação em locais remotos, monitoramento de desastres ambientais e previsões meteorológicas. A evolução tecnológica transformou o espaço em um celeiro de inovações científicas com reflexos positivos para a humanidade.

A Política Nacional de Defesa (PND) prescreve a utilização dual (militar e civil) dos sistemas espaciais. Nesse sentido, a Estratégia Nacional de Defesa (END) reforça a importância do domínio espacial para a soberania do Brasil, em consonância com o PND, tais políticas orientam alguns segmentos da sociedade para desenvolver capacidades que permitam ao país o desenvolvimento de satélites, radares, sensores orbitais, estações receptoras terrestres, telescópios e veículos lançadores de cargas ao espaço exterior (AEB, 2021).

De acordo com o END, cabe à FAB tomar providências para alcançar áreas de atividade espacial de interesse nacional no campo da defesa. O PESE foi criado para direcionar e coordenar esforços, envolvendo diferentes setores da sociedade, com competência para apoiar projetos voltados para a melhoria das capacidades espaciais do país (Brasil, 2020).

Tratado como um dos objetivos a ser aperfeiçoado na DCA 11-45 (2018), à medida que as operações se tornam cada vez mais conjuntas, interagências ou mesmo independentes, a necessidade de sistemas espaciais se intensificará. No futuro, os sistemas espaciais podem ser uma combinação de sistemas de parceiros, sistemas comerciais alugados e ativos militares nacionais, à medida que a tecnologia avança, tornando a construção e o lançamento de plataformas espaciais mais acessíveis. Ao mesmo tempo, a Força Aérea está capacitando militares e civis para operar esses meios espaciais, seguindo as diretrizes nos documentos do Ministério da Defesa e os acordos técnicos-operacionais com outros órgãos governamentais (Brasil, 2018a).

Com o aprimoramento dos sistemas espaciais, a FAB visa melhorar as seguintes capacidades operativas: Busca e Salvamento, Controle Satelital, Defesa Cibernética, Gerenciamento da Navegação Aérea e Tráfego Espacial, Inteligência, Lançamento de Cargas Úteis ao Espaço Exterior, Reconhecimento Aeroespacial, Vigilância e Controle do Espaço Aéreo (Brasil, 2020).

Os setores espacial e cibernético permitirão, em conjunto, que a capacidade de visualizar o próprio país não dependa de tecnologia estrangeira e que as três Forças, em conjunto, possam atuar em rede, instruídas por monitoramento que se faça também a partir do espaço, preconiza a END (Brasil, 2020, p. 28).

3.2 APLICABILIDADES

No âmbito militar, o Exército dos Estados Unidos da América (EUA) apresentou alguns serviços da área espacial que podem contribuir às nações para o sucesso das Operações Militares por meio do P 3-14, Operações Espaciais, CH 1, Comando Espacial dos Estados Unidos, 2020⁵:

3.2.1. Posicionamento ou navegação aérea, terrestre e marítima

Possibilita o movimento de plataformas aéreas, terrestres e marítimas com precisão no globo terrestre, além do direcionamento de fogos a grandes distâncias com exatidão, reduzindo a chance de danos colaterais.

⁵Tradução livre de: [P 3-14. Space Operations. CH 1. United States Space Command. 2020.](#)

3.2.2 Meteorologia

Fornece previsões climáticas sobre uma área de interesse, sendo indispensável para o planejamento de manobras militares.

3.2.3 Controle do Espaço

Proporciona a liberdade de ação no domínio espacial, evitando a interferência nos sistemas próprios e negando ao oponente a ação no espaço exterior.

3.2.4 Comunicações por Satélite

Serviço essencial para as operações militares, pois garante a segurança e a integridade no trâmite das comunicações, tendo reflexos diretos no Comando e Controle.

3.2.5 Detecção de Mísseis ou Armamentos Espaciais

Permite prevenir, identificar e deter ataques inimigos com mísseis balísticos ou qualquer outro armamento proveniente do espaço. Os sensores dos satélites emitem avisos antecipados sobre ameaças do espaço, auxiliando os sistemas de defesa e proteção de áreas estratégicas.

3.2.6 Monitoramento de Mudanças Climáticas

Mudanças meteorológicas repentinas no clima podem comprometer o andamento das operações, sendo fundamental o uso de sensores espaciais para prever esses fenômenos com antecedência.

3.2.7 Vigilância e Reconhecimento Espaciais (Imageamento):

Os principais produtos são satélites para inteligência estratégica, operacional e tática. A imagem espacial de áreas específicas ajuda a planejar exercícios militares com mais eficiência, pois permite a coleta remota e análise dos pontos de contenção do inimigo.

3.3 SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO DE DEFESA E COMUNICAÇÕES ESTRATÉGICAS (SGDC)

Um satélite geoestacionário é um tipo específico de satélite artificial posicionado em órbita a uma altitude aproximada de 36.000 quilômetros acima do nível do mar. Esses satélites se caracterizam por orbitarem a Terra na mesma velocidade de rotação do planeta, mantendo uma posição fixa em relação à superfície terrestre, conhecida como órbita geoestacionária. Esses satélites são amplamente utilizados em diversas aplicações, especialmente em telecomunicações e transmissão de dados. Devido à sua fixação em relação à Terra, eles garantem uma cobertura constante e extensiva de uma área geográfica específica. Isso facilita a transmissão eficiente e confiável de sinais de comunicação, incluindo televisão, celular e internet, de forma eficiente e confiável. Além disso, os satélites geoestacionários desempenham um papel importante em outras áreas, como meteorologia e observação da Terra, onde são utilizados para monitorar e coletar dados meteorológicos em tempo real, fornecendo informações cruciais para previsões meteorológicas e monitoramento de fenômenos naturais (Roddy, 2006).

O Brasil lançou, em maio de 2017, o primeiro satélite geoestacionário brasileiro no espaço, o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC). Desenvolvido em colaboração com a França, o SGDC desempenha um papel estratégico para o Brasil (Brasil, 2021).

Russo (2013) fala sobre o SGDC, um satélite multimissão, existem duas aplicações básicas: Na área de defesa, são empregados equipamentos de banda X (7 a 8 GHz) e suporte de comunicação para atender às necessidades do Ministério da Defesa (MD) por meio do Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS). Já o uso civil na banda Ka (20 a 30 GHz) destina-se a atender às demandas do Ministério das Comunicações (MC). As missões de defesa na banda X abrangem dois cenários diferentes, com requisitos específicos de cobertura e capacidade:

- A. Cobertura nacional no Brasil e;
- B. Cobertura de área, abrangendo a América do Sul e Central, Caribe, Costa Nordeste -EUA, Costa Leste da África e maior parte do Oceano Atlântico;

O controle, gerenciamento e monitoramento do SGDC são realizados exclusivamente por brasileiros. Essas atividades são conduzidas a partir de dois centros de controle: o Centro de Operações Espaciais Principal (COPE-P), localizado em Brasília-DF e operado pela FAB, e o Centro de Operações Espaciais Secundário (COPE-S), situado no Rio de Janeiro-RJ e administrado pela Marinha do Brasil (MB). Em caso de falha ou ataque ao COPE-P, o COPE-S tem capacidade

para assumir o controle total do satélite. Garantir o domínio sobre essas operações é essencial para garantir a continuidade das atividades do satélite e a salvaguarda do fluxo de dados, independentemente de interesses políticos (Demenicis, 2018).

Em geral, o principal uso militar brasileiro do espaço é apoiar operações nos domínios tradicionais de seus sistemas e operações de Defesa e Forças Armadas: SisGAAz (marítimo), SISFRON e SIPAM (terrestre) e SISCEAB, SISDABRA (aéreo). No entanto, presta serviços ao Comando Conjunto, especialmente ao sistema de comunicações militares MD (SISCOMIS), do qual as atividades no domínio cibernético também lucram.

3.4 AMEAÇAS AOS SATÉLITES

É o conjunto das ameaças que podem restringir ou até inviabilizar as operações dos sistemas espaciais. Diversas delas já se concretizaram, como as DA-ASAT e as interferências em satélites (caso da ViaSat, na Guerra da Ucrânia).

O relatório *Space Threat Assessment 2023*⁶, elaborado pelo Projeto de Segurança Aeroespacial do Centro de Estudos Estratégicos e Internacionais (CSIS), analisa o desenvolvimento, testes e uso de armas contra o espaço por vários países, incluindo China, Rússia, Índia, Irã, Coreia do Norte e outros. O relatório utiliza informações de fontes abertas para avaliar os principais desenvolvimentos em armas estrangeiras contra o espaço. Além disso, analisa o uso de armas contra o espaço por parte da Rússia no contexto da invasão russa da Ucrânia, em 2023, onde as capacidades espaciais encarregam-se de um papel importante na resistência da Ucrânia à invasão russa (Bingen *et al.*, 2023).

3.5 CATEGORIZAÇÃO DAS AMEAÇAS AOS ATIVOS ESPACIAIS

O relatório destaca a importância de compreender as ameaças aos interesses de segurança nacional dos EUA no espaço e oferece *insights*⁷ valiosos para formuladores de políticas e para o público. Dentre as ameaças, Bingen *et al.* (2023) fizeram uma categorização das ameaças aos ativos espaciais, em que as organizam em quatro tipos:

⁶ O *Space Threat Assessment* é um relatório de Avaliação de Ameaça Espacial produzido pelo Projeto de Segurança Aeroespacial no Centro de Estudos Estratégicos e Internacionais (CSIS).

⁷ *Insight* é um termo que descreve uma compreensão intuitiva ou uma nova perspectiva sobre algo.

3.5.1 Ameaças Cinéticas

Essas ameaças envolvem a colisão física de objetos no espaço. Exemplos incluem satélites destruídos por mísseis ou detritos espaciais que colidem com outros satélites.

3.5.2 Ameaças Não-Cinéticas

Essas ameaças não envolvem impacto físico direto. Incluem interferência de sinais de satélite, interferência de rádio e manipulação de órbita.

3.5.3 Ameaças Eletromagnéticas

Relacionadas ao uso de radiação eletromagnética para prejudicar sistemas espaciais. Exemplos incluem ataques de pulso eletromagnético e interferência de comunicação via rádio.

3.5.4 Ameaças Cibernéticas

Envolvem ataques a sistemas de computador que controlam satélites e outros ativos espaciais. Podem incluir *hacking*⁸, injeção de *malware*⁹ e interceptação de dados

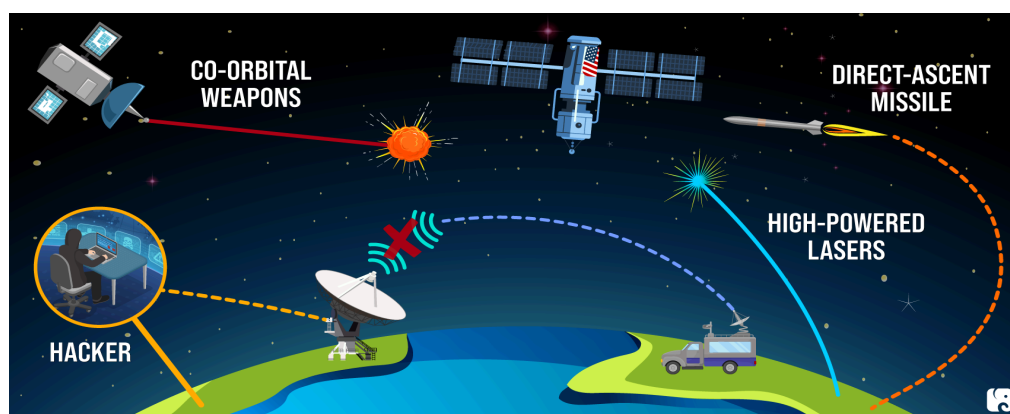


Figura 3 Ilustração das ameaças aos ativos satélites

Fonte: Recuperado de [Senate RPC](#)

3.6 RNSS APLICADO POR OUTRAS NAÇÕES

⁸ Hacking é a prática de explorar sistemas e redes de computadores para identificar e utilizar vulnerabilidades.

⁹ Malware é um software malicioso criado para danificar, explorar ou obter acesso não autorizado a sistemas e dados.

O *Regional Navigation Satellite System* (RNSS), conhecido como sistema regional de navegação via satélite, é uma tecnologia empregada para determinar a posição, velocidade e tempo de um receptor RNSS específico, utilizando as informações provenientes dos satélites presentes na constelação RNSS. Esta constelação consiste em diferentes sistemas de navegação, incluindo o *Global Positioning System* (GPS) dos Estados Unidos, o sistema de posicionamento russo (GLONASS), o sistema europeu (Galileo) e o sistema chinês (Beidou) (André, 2020).

Ao longo das últimas décadas, diversas nações observaram que os militares são altamente dependentes de sinais do sistema GPS para obter informações de localização nas suas operações diárias. Qualquer ataque a esse sistema causaria perda de sinais e isso poderia gerar implicações aos sistemas de defesa e expor uma vulnerabilidade, para afetar negativamente as forças armadas. Diante disso, cada vez mais há países buscando desenvolver sistemas de Posicionamento, Navegação e Temporização (PNT), tanto de uso da população, em complemento aos já existentes sistemas, como os utilizados em dispositivos móveis, bem como para apoio às operações militares.

Em 6 de abril de 2019, um sistema de rádio que dava suporte às operações do governo da cidade de Nova Iorque (EUA), sofreu uma falha e permaneceu fora de serviço por dias devido a receptores GPS mal configurados. No mesmo dia, dezenas de voos internacionais foram cancelados devido ao mesmo erro de configuração. Essa situação destaca a importância crítica da precisão e confiabilidade do sistema de Posicionamento, Navegação e Temporização (PNT), especialmente quando se trata de infraestrutura essenciais. O uso inadequado ou a interrupção dos sinais de GPS podem ter consequências significativas em setores como transporte, comunicações e serviços governamentais (EUA, 2020a).

Diante disso, a Agência de Segurança Cibernética e Infraestrutura (*CISA*)¹⁰ elaborou um documento “Entendendo as Vulnerabilidades de Posicionamento, Navegação e Temporização (PNT)”¹¹ onde trata dos setores vulneráveis aos sistema GPS que os Estados Unidos da América (EUA) estão sujeitos. Dessa forma, mostra mais um exemplo da importância do RNSS, trazendo para a realidade brasileira se trata de algo que poderia acontecer com o Brasil, em que um erro estrangeiro, um erro de configuração do GPS, traria prejuízos para o Brasil, parte da nossa soberania na mão dos outros (EUA, 2020a).

A exemplo disso, o governo japonês observou que deveria desenvolver uma constelação de satélites japonês a fim de suprir suas necessidades, resultando no *Quasi-Zenith Satellite System* (*QZSS*), usado tanto para fornecer informações de posição e navegação precisas, seja para fornecer

¹⁰ Tradução livre de: *Cybersecurity and Infrastructure Security Agency's (CISA)*.

¹¹ Tradução livre de: *Understanding Vulnerabilities of Positioning, Navigation and Timing*.

informações a população chamadas de *L-Alert* (Instruções de Evacuação) usadas em casos de desastres naturais como, por exemplo, terremotos e tsunamis ou *J-Alert* (informações de lançamento de mísseis) que consiste em um sistema cujo objetivo é alertar a população em caso de lançamento de mísseis que possam representar algum risco a país (Japão, 2023).

O objetivo do governo japonês é lançar ao espaço sete satélites de forma que se torne independente no sistema global de navegação via satélite até 2026, não mais dependendo do GPS.

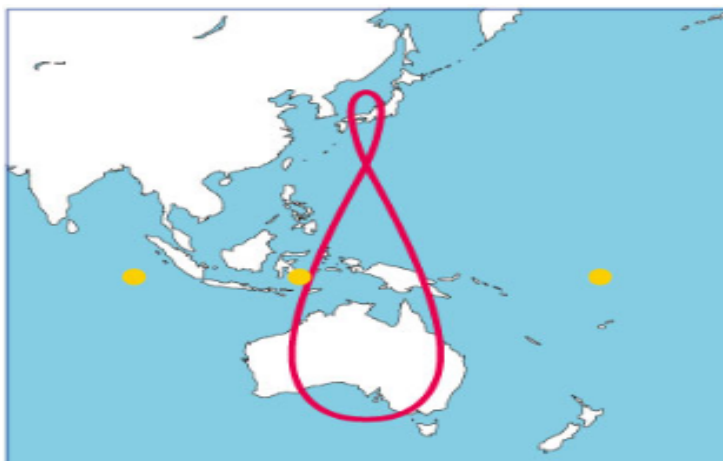


Figura 4 Ilustração da Órbita do QZSS japonês e a sua área de atuação

Fonte: *QZSS is Becoming a Seven-satellite Constellation*

A cobertura e a órbita (linha magenta) do Sistema QZSS japonês, exemplificado na figura 4, onde o governo priorizou, em detrimento de uma cobertura global (GNSS) e um custo mais elevado, optou pela cobertura regional (RNSS) na principal região de atuação: Território japonês, Mar do Japão, Mar da China e Mar das Filipinas. Tal fato se justifica pelo menor custo de desenvolvimento, lançamento e operação dos satélites de um sistema regional em comparação a um sistema global, tendo em vista que os principais sistemas GNSS contam com no mínimo vinte e quatro satélites em operação, contra sete do Japão e Índia (Japão, 2023).

Outro país envolvido no desenvolvimento de tecnologia satelital de aplicação RNSS é a Índia, bem como o Japão, que há muitos anos buscou pesquisar e desenvolver a tecnologia PNT de uso regional a fim de buscar autonomia nesse setor. A constelação indiana será composta de sete satélites aplicados tanto para uso civil quanto para uso militar, que abrangem todo o seu território e mais 1500 quilômetros além de suas fronteiras (Índia, 2022).

Algumas aplicações do *IRNSS* são:

- A. Navegação terrestre, aérea e marítima.
- B. Gestão de Desastres.
- C. Rastreamento de veículos e gerenciamento de frota.

- D. Tempo preciso.
- E. Mapeamento e captura de dados geodésicos.
- F. Auxílio à navegação terrestre para caminhantes e viajantes.

3.7 A CARÊNCIA DE UMA CONSTELAÇÃO DE SATÉLITES RNSS BRASILEIRO

Operações concentradas que ocorrem de forma permanente nas nossas fronteiras, vinte e quatro horas por dia a fim de coibir o tráfico ilegal pelos mais de dezessete mil quilômetros de fronteira brasileira, que por si só são em locais remotos, de difícil acesso e sem muita população, como, por exemplo, a Operação Ágata, Operação Ostium e Operação Porteira Fechada, utilizam recursos PNT para atingir o objetivo, chegar a locais de difícil acesso, e a tendência é o sistema de GPS normal, de uso comercial, não priorizar essas áreas, por vezes tendo um sinal carente e com precisão reduzida nesses locais. Um sistema brasileiro viria justamente para cobrir essas frestas, onde o interesse comercial é menor, mas o de segurança é maior (João, 2020).

Esse sistema RNSS nos proporcionaria resiliência nos casos de *Navigation Warfare* (NAVWAR), que se trata de conseguir manter o uso dos sistemas PNT, enquanto seu país nega o acesso aos seus adversários, sendo o que tem acontecido seguidamente na guerra russo-ucraniana e em outros teatros, como no conflito Israel-Hamas. No caso do Brasil, como não temos pretensões ofensivas, o que nos importa é a capacidade de resistir a ataques aos sistemas de posicionamento. Um sistema regional nos dotaria dessa capacidade, pois conseguiríamos identificar o ataque e tomar medidas protetivas para não interromper nossas operações de Defesa (Brownman, 2018).

A respeito dessa dependência tecnológica do Brasil em relação às nações estrangeiras, no dia 9 de outubro de 2023, diversos meios de navegação aéreo associado ao Sistema de Posicionamento Global (*GPS*) foram comprometidos no Brasil e no mundo, afetando diretamente cerca de dois mil passageiros da empresa aérea Azul. Tal fato evidenciou uma fragilidade relacionada ao uso do GPS no Brasil e pôde mostrar o nível de dependência e o quanto o RNSS é importante nas operações aéreas, pois tal qual ficou indisponível aos voos civis, pode também ficar indisponível aos militares, de forma a pôr em risco a segurança de operações militares caso o mesmo aconteça durante o andamento de alguma missão (Ricardo, 2023).

3.7.1 Objetivos do Programa de Desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Posicionamento Global

Diante disso, o Brasil tem buscado implantar um embrião a fim de fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de um sistema RNSS nacional, como exemplo disso, o Projeto de Lei nº 4569, de 2023, tem como objetivos:

- A. Promover pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologias de PNT no Brasil;
- B. Incentivar a produção, desenvolvimento e lançamento de satélites em território brasileiro; Estabelecer padrões e regulamentações técnicas para o funcionamento do Sistema Brasileiro de Posicionamento Global;
- C. Promover a segurança, proteção e confidencialidade das informações coletadas e transmitidas pelo sistema;
- D. Incentivar a participação de instituições públicas e privadas na expansão e aprimoramento do Sistema Brasileiro de Posicionamento Global.

4 RESULTADO

Com base no que foi apresentado, é perceptível a importância estratégica dos satélites não só às forças armadas, mas também a sociedade em geral, seja quanto a comunicação, seja quanto a posicionamento, navegação e temporização (PNT). Tal plataforma aeroespacial proporciona um incremento notório no contexto de guerra e de paz. Na paz é tratado como instrumento de dissuasão e poder, além de suma importância para a condução da guerra contemporânea (Klein, 2021).

Tendo em vista o contexto dos sistemas espaciais, as aplicabilidades, o SGDC no contexto Brasil, as ameaças que os satélites estão sujeitos, os desenvolvimentos e investimentos de outras nações, e a necessidade de um sistema RNSS identificada ao longo da pesquisa, tem-se a seguinte análise a ser discutida neste trabalho acadêmico sintetizado e explicado nos quadros abaixo de forma sucinta a fim de amparar a explicação.

Quadro 1 Aplicações dos Satélites

Aplicações	Descrição
Meteorologia	Fornece previsões climáticas sobre uma área de interesse, sendo indispensável para o planejamento de manobras militares
Comunicações por Satélite	Serviço essencial para as operações militares, pois garante a segurança e a integridade das comunicações, tendo reflexos diretos no Comando e Controle, capacidade já adquirida pelas Forças Armadas brasileiras a partir do SGDC.

Vigilância e Reconhecimento Espaciais (Imageamento)	Os principais produtos são satélites para inteligência estratégica, operacional e tática. A imagem espacial de áreas específicas ajuda a planejar exercícios militares com mais eficiência, pois permite a coleta remota e a análise precisa dos pontos de contenção do inimigo.
Posicionamento ou Navegação Aérea, Terrestre e Marítima	Possibilita o movimento de plataformas aéreas, terrestres e marítimas com precisão no globo terrestre, além do direcionamento de fogos a grandes distâncias com exatidão, reduzindo a chance de danos colaterais.

Fonte: elaboração própria.

O SGDC foi um marco nas comunicações no Brasil, tendo em vista que a transmissão de dados militares, agora em posse do poder nacional, não mais utilizando equipamento estrangeiro, sendo símbolo de soberania nacional, tendo em vista a segurança das operações. Com cobertura nacional, abrangendo a América do Sul e Central, Caribe, Costa Nordeste dos EUA, Costa Leste da África e maior parte do Oceano Atlântico, pode proporcionar um incremento nas operações militares, que hoje podem ter transmissão de dados criptografados em suas missões.

Quadro 2 Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC)

Aplicações	Descrição
Civil	Banda Ka (20 a 30 GHz) destina-se a atender às demandas do Ministério das Comunicações (MC). Além do fornecimento de internet banda larga em todo território nacional, difundindo o acesso à internet.
Militar	Banda X (7 a 8 GHz) e suporte de comunicação para atender às necessidades do Ministério da Defesa (MD) por meio do Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS). O principal uso militar brasileiro do espaço é apoiar operações nos domínios tradicionais de seus sistemas e operações de Defesa e Forças Armadas

Fonte: elaboração própria.

Com relação à análise das ameaças, Bingen *et al.* (2023) categorizam as ameaças e as dividiu em quatro tipos: Cinéticas, Não-Cinéticas, Eletromagnéticas e Cibernéticas. Tal divisão foi proposta tendo em vista a ameaça que os satélites podem sofrer por outras nações como forma de diminuir e destruir sua capacidade aeroespacial e incapacitar satélites inimigos no decorrer da guerra, tendo em vista a importância estratégica observada nos conflitos contemporâneos, como na Guerra da Rússia com a Ucrânia (Bingen *et al.*, 2023).

Quadro 3 Ameaças aos Satélites

Ameaças	Descrição
Ameaças Cinéticas	Ameaças cinéticas aplicadas a satélites referem-se a ações físicas ou ataques que visam danificar, desativar ou destruir satélites em órbita.
Ameaças Não-Cinéticas	Não envolvem impacto físico direto, pode ser interferência de sinais de satélite, interferência de rádio e manipulação de órbita.
Ameaças Eletromagnéticas	Uso de radiação eletromagnética para prejudicar sistemas espaciais, como ataques de pulso eletromagnético.
Ameaças Cibernéticas	Ataques a sistemas de computador que controlam satélites e outros ativos espaciais.

Fonte: elaboração própria.

O desenvolvimento de constelações RNSS independentes e nacionais por diversas nações nas últimas décadas adquiriu uma importância significativa, especialmente no contexto dos conflitos modernos. A fragilidade e a falta de independência associadas à dependência de sistemas estrangeiros foram identificadas como riscos estratégicos por várias nações, motivando-as a investir em suas próprias capacidades de navegação por satélite. Este trabalho examina detalhadamente os casos do Japão e da Índia, que exemplificam a importância de alcançar a independência tecnológica para assegurar a eficácia das operações militares e projetar poder no cenário internacional.

Portanto, a busca por constelações RNSS próprias não apenas promove a independência e a segurança nacional, mas também serve como um instrumento de projeção de poder e capacidade de inovação tecnológica no cenário global.

Quadro 4 RNSS aplicado a outras nações

Nações	Descrição
Japão	Desenvolveu o Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) para atender às suas necessidades específicas. Este sistema inclui serviços como L-Alert (instruções de evacuação) e J-Alert (informações sobre lançamentos de mísseis). Além disso, o QZSS oferece melhorias significativas na precisão de posicionamento e sincronização temporal, essenciais para aplicações em transporte, agricultura de precisão e monitoramento de infraestrutura. O QZSS também suporta sistemas de comunicação de emergência e fornece serviços de augmentação ¹² do GNSS (Global Navigation Satellite System), aumentando a precisão e a confiabilidade dos dados de navegação. O objetivo do Japão é lançar sete satélites até

¹² Augmentação: No contexto de sistemas de navegação por satélite, refere-se a técnicas e sistemas que melhoram a precisão, a integridade, a disponibilidade e a confiabilidade dos sinais GNSS.

	2026, permitindo que o país se torne independente do GPS americano, reforçando assim sua capacidade de navegação e resposta a emergências de maneira autônoma.
Índia	De maneira semelhante, a Índia investiu na criação de sua constelação de satélites, composta por sete unidades, com o intuito de alcançar a autonomia tecnológica. A constelação indiana oferece serviços de navegação terrestre, aérea e marítima, gestão de desastres, e navegação visual e por voz para motoristas. Esses desenvolvimentos não só fortalecem a capacidade operacional das forças armadas indianas, mas também representam uma forma de dissuasão e demonstração das capacidades tecnológicas do país no setor aeroespacial.

Fonte: elaboração própria.

Por fim, ao efetuar uma análise no contexto geopolítico, um RNSS nacional proporciona autonomia tecnológica e dissuasória, fortaleceria a soberania e independência do Brasil, reduzindo sua dependência de sistemas estrangeiros. Tal fato poderia promover a pesquisa, incentivar a produção, desenvolvimento e lançamento de satélites. Atualmente, já há diversos estudos em cima do tema, inclusive no Senado Federal, como o Projeto de Lei nº 4569, de 2023, que visa promover pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologias de posicionamento global no Brasil.

Quadro 5 Vantagens de um sistema RNSS nacional para o Brasil.

Vantagens	Descrição
Autonomia Tecnológica	Um sistema RNSS próprio proporciona independência tecnológica, permitindo que o Brasil desenvolva e controle sua infraestrutura de navegação sem depender de sistemas estrangeiros.
Fortalecimento da Soberania	Ter um RNSS nacional fortaleceria a soberania do país, fazendo com que as operações que utilizam do sistema de posicionamento e navegação estejam sob controle do Brasil, além disso, é de suma importância para as operações das Forças Armadas nas fronteiras, onde um sistema PNT é essencial, que disponham de uma boa ferramenta com cobertura nos mais remotos locais do Brasil.
Redução da Dependência Estrangeira	O Brasil não precisa mais confiar exclusivamente em sistemas de outros países, como o GPS, para suas necessidades de posicionamento.
Segurança nas Operações Aéreas	O recente incidente em outubro de 2023, quando o GPS foi comprometido no Brasil, destacou a vulnerabilidade desse sistema. Um RNSS nacional ofereceria maior segurança para as operações aéreas, tanto civis quanto militares.

Fonte: elaboração própria.

Diante do que foi exposto, vasculhando-se a literatura especializada foram identificadas algumas ações que buscam mitigar os impactos da dependência dos serviços de PNT, além de buscar soluções e caminhos estratégicos que poderiam ser tomados a fim de solucionar a problemática da necessidade de um sistema RNSS nacional:

A. Reduzir a dependência de PNT, dentro do possível.

A primeira opção aborda diretamente o problema da dependência, indicando a redução da dependência dos sistemas de PNT, e da inclusão de medidas de contingência que não contem com os serviços de PNT.

B. Manter parcerias com diversos detentores de sistemas de PNT (redundâncias).

A colaboração internacional é fundamental para garantir redundância e resiliência nos serviços de PNT. Estabelecer relações amistosas com outros países e blocos regionais, como a Europa, China, Japão, Índia e EUA, permite compartilhar informações e recursos. A diversificação de fontes é essencial. Ao manter parcerias com diferentes detentores de sistemas de PNT, o Brasil pode contar com alternativas em caso de falhas ou interrupções em um sistema específico. Além disso, a cooperação internacional pode envolver o acesso a dados brutos de satélites, o que é crucial para melhorar a precisão e a confiabilidade dos serviços de posicionamento. A resiliência do sistema é fortalecida quando há colaboração entre nações, compartilhamento de conhecimento e desenvolvimento conjunto de tecnologias.

C. Cooperação na Proteção Espacial:

Embora possa parecer estranho ajudar outros países a proteger seus sistemas RNSS, essa colaboração é benéfica a longo prazo. A proteção contra ameaças espaciais, como interferência, falsificação de sinais e ataques cibernéticos, é crucial para garantir a confiabilidade e a resiliência dos sistemas de posicionamento. Ao contribuir com conhecimento e recursos para o desenvolvimento dessas proteções, o Brasil também se beneficia indiretamente. Isso ocorre porque, no futuro, quando o Brasil tiver sua própria constelação RNSS, poderá aplicar essas lições aprendidas e tecnologias compartilhadas. A colaboração internacional fortalece os laços diplomáticos e promove a segurança global no espaço.

5 DISCUSSÕES

5.1 DESENVOLVIMENTO DO PRÓPRIO SISTEMA PNT

Nesta seção, analisamos criticamente as limitações dos sistemas de satélites globais atualmente em uso, como GPS, GLONASS e Galileo, e exploramos como um Sistema Regional de Navegação por Satélite (RNSS) proposto para o Brasil poderia superar essas barreiras. O objetivo é destacar a importância estratégica de um RNSS nacional e os benefícios que ele traria ao país, em alinhamento com as considerações finais do presente estudo.

O desenvolvimento de um RNSS nacional pode superar as limitações dos sistemas globais, proporcionando benefícios específicos para o Brasil e para os demais países da América do Sul, tendo em vista a possibilidade de arrendamento de satélite aos países vizinhos, todavia esse processo passa por alguns obstáculos sendo eles: Tempo de desenvolvimento, tecnologia necessária, infraestrutura necessária para desenvolvimento e operação, além disso, do custo.

Desenvolver o próprio sistema de PNT (Quanto tempo levaria para desenvolver? É complexo desenvolver? Quanto de infraestrutura o Brasil já possuiaria?) O tempo necessário para desenvolver um sistema RNSS nacional varia significativamente com base em vários fatores. Recursos disponíveis, expertise técnica, infraestrutura existente e escopo do projeto influenciam diretamente o cronograma. Um projeto desse porte envolve etapas como pesquisa, design, desenvolvimento, testes, implantação e manutenção. Dependendo da prioridade e dos investimentos, o processo pode se estender por vários anos. A complexidade reside na necessidade de projetar, lançar e manter uma constelação de satélites, estações terrestres, algoritmos de posicionamento e sistemas de controle. Requer conhecimento avançado em engenharia espacial, eletrônica, computação, geodésia e segurança cibernética. Além disso, garantir a interoperabilidade com sistemas RNSS existentes é um desafio significativo.

5.1.1. Limitações dos Sistemas de Satélites Existentes

Os sistemas de satélites globais, embora avançados, apresentam limitações que impactam sua eficácia em contextos específicos, particularmente em regiões como o Brasil. As principais limitações incluem:

A. Cobertura Global versus Regional

Problema: Os sistemas globais são projetados para fornecer cobertura mundial uniforme, o que pode não atender de forma otimizada às necessidades regionais específicas do Brasil.

Impacto: Em algumas regiões, a cobertura pode ser menos eficiente, resultando em menor precisão e confiabilidade dos dados de navegação

B. Vulnerabilidade a Interferências

Problema: Sinais de satélite são suscetíveis a interferências, tanto intencionais (jamming) quanto não intencionais (interferências de dispositivos eletrônicos).

Impacto: A qualidade do sinal pode ser comprometida, resultando em perda de dados ou informações de posicionamento imprecisas, colocando em risco a segurança nacional.

C. Custos de Implementação e Manutenção

Problema: A manutenção e operação de sistemas globais requerem investimentos significativos e infraestrutura complexa, sendo necessário um alto investimento inicial para o desenvolvimento e lançamento.

Impacto: Altos custos operacionais que podem não ser justificáveis para as necessidades específicas de um único país ou região.

5.1.2. Superando as Barreiras com o Sistema RNSS Proposto

O desenvolvimento de um RNSS nacional pode superar as limitações dos sistemas globais, proporcionando benefícios específicos para o Brasil:

A. Otimização para Regiões Específicas

Solução: Um RNSS nacional pode ser projetado para otimizar a cobertura e a precisão em todo o território brasileiro, considerando suas especificidades geográficas.

Benefício: Maior precisão e confiabilidade em áreas urbanas e rurais, adaptando-se às necessidades locais, além de poder ser usado em regiões de interesse do Brasil de difícil acesso, como regiões de fronteira.

B. Uso de Tecnologias Avançadas de Mitigação de Interferências

Solução: Implementação de tecnologias avançadas para detectar e mitigar interferências, como técnicas de criptografia e filtragem de sinais.

Benefício: Maior resistência a jamming e outras interferências, garantindo um serviço mais seguro e confiável.

C. Custo-Benefício e Flexibilidade

Solução: Foco em uma região específica permite uma implementação e manutenção mais econômicas e eficientes.

Benefício: Redução de custos operacionais e a possibilidade de gerar receita adicional através do aluguel do sistema para países vizinhos na América do Sul.

5.2 PROPOSTA DE UM SISTEMA RNSS

O Brasil já possui infraestrutura relevante no campo do posicionamento por satélite. O Sistema de Posicionamento por Satélite Brasileiro (SBAS), conhecido como SBAS-Geo, é baseado no sistema GPS e fornece correções diferenciais para melhorar a precisão do posicionamento. Além disso, o país tem experiência no lançamento de satélites e tecnologia espacial.

Recomenda-se a criação de um Grupo de Trabalho (GT) no âmbito do Ministério da Defesa para avaliar a viabilidade, os custos, os benefícios e os riscos de desenvolver um RNSS nacional. Esse GT pode conduzir pesquisas, consultas técnicas, estudos orçamentários, análises de requisitos e estudos comparativos com outros sistemas RNSS, como os sistemas japoneses e indianos. Posteriormente, a discussão deve ser levada ao Congresso Nacional para alocar recursos no Plano Plurianual (PPA) e nas Leis Orçamentárias Anuais (LOA).

Ministérios responsáveis por compor o Grupo de Trabalho:

1. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI): Responsável por políticas e projetos relacionados à ciência e tecnologia, incluindo pesquisa espacial e desenvolvimento de novas tecnologias.
2. Ministério da Defesa (MD): Envolvido devido à importância estratégica e de segurança nacional de um sistema de navegação por satélite.
3. Ministério da Economia (ME): Fundamental para a análise de viabilidade econômica, custos e alocação de recursos no orçamento.
4. Ministério das Comunicações (MC): Importante para a infraestrutura de telecomunicações e integração do sistema de navegação com outras redes de comunicação.

5. Ministério das Relações Exteriores (MRE): Necessário para consultas e comparações com sistemas de navegação por satélite de outros países, como Índia e Japão, além de tratar de possíveis colaborações internacionais.

6. Ministério do Planejamento e Orçamento (MPO): Envolvido na discussão e alocação de recursos no Plano Plurianual (PPA) e nas Leis Orçamentárias Anuais (LOA). Em resumo, o desenvolvimento de um RNSS nacional requer uma abordagem estratégica, colaboração interministerial e recursos adequados. A longo prazo, o Brasil se beneficiará com um sistema próprio de posicionamento, navegação e tempo, podendo alugá-lo a países vizinhos na América do Sul, gerando receita para futuros desenvolvimentos espaciais, assim como fazem os Estados Unidos da América com seu sistema GPS e a Rússia com o GLONASS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo geral verificar a importância estratégica do sistema RNSS nacional no contexto das políticas e estratégias espaciais vigentes no Brasil. Para tanto, buscou-se contextualizar os objetivos específicos do setor espacial brasileiro, identificar os incrementos proporcionados pelo Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) às Forças Armadas, discutir as ameaças aos satélites e analisar o desenvolvimento de sistemas RNSS por outras nações. A pergunta de pesquisa que norteou este trabalho foi: Qual é a importância estratégica dos satélites para o Brasil no âmbito de comunicação militar e geolocalização?

Ao longo do estudo, ficou claro que os satélites desempenham um papel crucial para o Brasil, especialmente nas áreas de comunicação militar e geolocalização. Através da análise das capacidades ampliadas pelas tecnologias satelitais, observou-se que a aplicação desses sistemas pode fortalecer significativamente as operações das Forças Armadas brasileiras. A falta de uma constelação própria de satélites RNSS revela uma dependência tecnológica que pode comprometer a soberania nacional em situações críticas.

Portanto, pode-se afirmar que o objetivo deste artigo foi cumprido. A análise demonstrou que a implementação e o desenvolvimento de sistemas RNSS nacionais são de extrema importância para assegurar a independência tecnológica e a eficiência operacional das Forças Armadas do Brasil. Além disso, o fortalecimento das capacidades espaciais brasileiras pode contribuir para a soberania e a segurança nacional.

Para aprofundar o conhecimento e aprimorar as estratégias relacionadas ao uso de satélites no Brasil, sugerem-se os seguintes estudos futuros:

1. Desenvolvimento Tecnológico: Investigar as melhores práticas e inovações tecnológicas na construção de satélites RNSS, visando aumentar a precisão e a resiliência dos sistemas nacionais.
2. Impacto Econômico: Analisar o impacto econômico de uma constelação de satélites RNSS no Brasil, incluindo o potencial para a criação de empregos e o desenvolvimento de novos setores industriais.
3. Cooperação Internacional: Estudar modelos de cooperação internacional bem-sucedidos no setor espacial e como o Brasil pode se beneficiar de parcerias estratégicas para o desenvolvimento de suas capacidades espaciais.
4. Segurança Cibernética: Explorar as vulnerabilidades cibernéticas dos sistemas satelitais e desenvolver estratégias para proteger os dados e as comunicações transmitidas por satélites.
5. Aplicações Civas: Investigar as possíveis aplicações civis dos satélites RNSS, como na agricultura de precisão, gestão de desastres naturais e desenvolvimento urbano.

Esses estudos poderão fornecer uma base sólida para a implementação de políticas públicas mais eficazes e para o avanço contínuo da autonomia tecnológica do Brasil no setor espacial.

REFERÊNCIAS

JAYME, J; MONTEIRO. Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas completa 3 anos no espaço. Agência da Força Aérea, [Brasília], maio 2020. . Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/35703/ESPA%C3%87O%20-%20Sat%C3%A9lite%20Geoestacion%C3%A1rio%20de%20Defesa%20e%20Comunica%C3%A7%C3%B5es%20Estrat%C3%A9gicas%20completa%203%20anos%20no%20espa%C3%A7o> Acesso em: 23 ago. 2023.

ALIBERTI, M.; CAPPELLA, M.; HROZENSKY, T. Measuring Space Power: A Theoretical and Empirical Investigation on Europe. European Space Policy Institute, Vienna, Austria , 2019. Springer.

ANDRÉ, Luiz Almeida Silva. **Avaliação de Modelos Ionosféricos no Brasil Utilizando Sinais GNSS**. Dissertação (Mestrado em Ciências no programa de pós-graduação em Engenharia Eletrônica e Computação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2020. Disponível em: <http://www.bdata.bibl.ita.br/tesesdigitais/76731.pdf> Acesso em: 20 de Fev. de 2024

AZEVEDO, Fernando Antonio Paiva de. **Ampliação das capacidades de comunicações militares por satélite da FAB através do emprego do SGDC em suas operações e exercícios militares**. 11f. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em Gestão Pública com ênfase em Projetos e Processos). Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica. Rio de Janeiro, 2021.

BIATO, Oswaldo Junior. **A parceria estratégica Sino-Brasileira: Origens, Evolução e Perspectivas (1993 - 2006)**. Brasília: FUNAG,2010.*E-book*. Disponível em: http://funag.gov.br/loja/download/899-A_Parceria_Estrategica_Sino-Brasileira.pdf Acesso em: 10 de Jul. de 2023.

BINGEN et al. **Space Threat Assessment 2023**. Center for Strategic & International Studies. Washington, D.C. 2023. p.7. Disponível em: https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/2023-04/230414_Bingen_Space_Assessment.pdf?VersionId=oMsUS8MupLbZi3BISPrqPCKd5jDejZnJ. Acesso em: 09 mar. 2023.

ROLLEMBERG, Rodrigo; VELOSO, Elizabeth Machado; QUEIROZ FILHO, Alberto Pinheiro de. A política espacial brasileira: Parte 2. Brasília, DF: Câmara dos deputados, edições câmara, 2009. (Caderno de altos estudos n.7 ; 2) ISBN 9788573657500

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. DCA 11-45, de [dia] de [mês] de [ano]. Dispõe sobre a Concepção estratégica Força Aérea 100 . [Brasília, DF]: Ministério da Defesa, 2018. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=3081>. Acesso em: 10 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Gabinete do Ministro. *Portaria Normativa n° 41 /MD*, de 30 de Julho de 2018. Dispõe sobre a aprovação do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) – MD20-S-01 (1ª Edição/2018). Brasília: Ministério da Defesa,2018. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a_sa_01a_programaa_estrategicoa_dea_sistemas_espaciais_pesee_ed-2018.pdf. Acesso em: 5 de Jul. de 2023

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa: Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília-DF: Ministério da Defesa, 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2021.

Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/historia> Acesso em: 23 de Jun. de 2023.

BROWMAN, Peter. **Navigation warfare: the battle lines**. International Institute for Strategic Studies. 2018. Disponível em:

<https://www.iiss.org/online-analysis/military-balance/2018/12/navigation-warfare-battle-lines/>

Acesso em: 14 de Abr. de 2024.

DEMENICIS, Luciene da Silva. **O satélite geostacionário de defesa e comunicações estratégicas (SGDC): uma análise das contribuições para a defesa nacional**. 2018. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Ciências Militares). Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Escola Marechal Castello Branco, Rio de Janeiro-RJ, 2016. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/2895>. Acesso em: 17 de Jun. de 2023.

GRAY, Colin. **Modern Strategy**. Oxford University Press, 1999.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

INDIA. **IRNSS Programme**. Department of Space, 2022. Disponível

em: https://www.isro.gov.in/IRNSS_Programme.html Acesso em: 15 de Fev. de 2024.

JAPAN. Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). **QZSS is Becoming a Seven-satellite Constellation**. Government Of Japan, 2024. Disponível em:

<https://qzss.go.jp/en/overview/services/seven-satellite.html> Acesso em: 27 Fev. de 2024.

JOÃO, Elias. **Operação Ostium**. Centro de Comunicação Social da Aeronáutica. Brasília, 2020.

Disponível em: <https://www.fab.mil.br/ostium/> Acesso em: 14 de Abr. de 2024

KLEIN, John J. **Understanding Space Strategy (Space Power and Politics)**. 1. ed. Nova York: Routledge, 2019.

KLEIN, John J. **Some Lessons on Spacepower from Colin Gray**. George Washington University, 2021. Disponível em:

<https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=8164&context=nwc-review> Acesso em: 09 de Mar. de 2024.

MANHÃES, Alexandre. **Análise de Política Comparada entre os desenvolvimentos dos programas espaciais do Brasil e da China entre os anos de 1988 e 2020**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea como requisito para obtenção do Título de Mestre. Rio de Janeiro, 2021.

Disponível em:

<https://redebria.direns.fab.mil.br/mobile/detalhe.asp?idioma=ptbr&aceso=web&codigo=90333&tip o=1&detalhe=0&busca=1> Acesso em: 06 de Fev. de 2024

FAN, Ricardo. AIAB discute programa para desenvolvimento de GPS brasileiro. defesanet.11 out. 2023. Disponível em:
https://www.defesanet.com.br/space/aiab-discute-programa-para-desenvolvimento-de-gps-brasileiro/#google_vignette Acesso em: 26 de Fev. de 2024.

RODDY, Dennis. **Satellite Communications**. 4ª edição. 2006.

RUSSO, Waldo. **Satélite brasileiro geoestacionário de defesa e comunicações**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v65n4/v65n4a02.pdf> Acesso em: 23 de Jun. de 2023.

SILVA, Jerson Lima; TUNDISI, José Galizia (Coord.). **Projeto de Ciência para o Brasil**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2018. p. 321-343.

UNITED STATES OF AMERICA. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency's (CISA). **Understanding Vulnerabilities of Positioning, Navigation, and Timing**. Washington, D.C. 2020. a. Disponível em:
https://www.cisa.gov/sites/default/files/2023-04/fs_positioning-navigation-timing-vulnerabilities_508.pdf Acesso em: 08 de Mar. de 2024.

UNITED STATES OF AMERICA. United States Space Command. **Space Operations, CH 1. Páginas 3-14**. 2020. b. Disponível em:
https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/jp3_14Ch1.pdf Acesso em: 20 de Jun. de 2023.

VERGARA, Sylvia. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. Atlas. São Paulo, 2015.

**APÊNDICE A – RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO: A IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA
DOS SATÉLITES AO BRASIL: PROPOSTA DE UM SISTEMA RNSS**



**ACADEMIA DA FORÇA AÉREA
DIVISÃO DE ENSINO**

LEONARDO ALVAREZ CUNHA, Cad QOAV

**Relatório Técnico Conclusivo: A importância estratégica dos satélites ao Brasil: Proposta de
um Sistema RNSS**

Pirassununga

2024

APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO

1. INTRODUÇÃO

Este relatório é resultado de uma pesquisa de graduação da Academia da Força Aérea (AFA), que analisou a importância estratégica dos satélites ao Brasil: Proposta de um Sistema RNSS. A análise teve como objetivo aprofundar a análise da importância estratégica dos satélites para o Brasil, com foco na proposta de um sistema RNSS (Regional Navigation Satellite System) nacional. Foram explorados aspectos históricos do setor espacial brasileiro, as aplicações dos satélites em diferentes setores, a relevância dos satélites para a defesa nacional e a viabilidade de um sistema RNSS para o país.

2. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

A necessidade de fortalecer as capacidades espaciais do Brasil ressalta a importância estratégica dos satélites para o país, destacando a urgência na implementação de um Sistema Regional de Navegação por Satélite (RNSS) nacional. Esta proposta surge como resposta aos desafios contemporâneos em defesa, segurança e desenvolvimento socioeconômico, posicionando os satélites como pilares fundamentais na busca por soberania e autonomia estratégicas.

O desenvolvimento está organizado em cinco tópicos. A primeira explica a diversas aplicações dos satélites, tendo como base Política Nacional de Defesa (PND), a Estratégia Nacional de Defesa (END), além disso, é extraído da Força Aeroespacial dos Estados Unidos da América, a aplicação utilizada por eles, de acordo com P 3-14, Operações Espaciais, CH 1.

3. APLICAÇÕES DOS SATÉLITES

Os satélites desempenham um papel vital em diversas áreas estratégicas:

3.1 POSICIONAMENTO OU NAVEGAÇÃO AÉREA, TERRESTRE OU MARÍTIMA

Possibilita o movimento de plataformas aéreas, terrestres e marítimas com precisão no globo terrestre, além do direcionamento de fogos a grandes distâncias com exatidão, reduzindo a chance

de danos colaterais.

3.2 METEOROLOGIA

Fornece previsões climáticas sobre uma área de interesse, sendo indispensável para o planejamento de manobras militares.

3.3 CONTROLE DO ESPAÇO

Proporciona a liberdade de ação no domínio espacial, evitando a interferência nos sistemas próprios e negando ao oponente a ação no espaço exterior.

3.4 COMUNICAÇÕES POR SATÉLITE

Serviço essencial para as operações militares, pois garante a segurança e a integridade no trâmite das comunicações, tendo reflexos diretos no Comando e Controle.

3.5 DETECÇÃO DE MÍSSEIS OU ARMAMENTOS ESPACIAIS

Permite prevenir, identificar e deter ataques inimigos com mísseis balísticos ou qualquer outro armamento proveniente do espaço. Os sensores dos satélites emitem avisos antecipados sobre ameaças do espaço, auxiliando os sistemas de defesa e proteção de áreas estratégicas.

3.6 MONITORAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudanças meteorológicas repentinas no clima podem comprometer o andamento das operações, sendo fundamental o uso de sensores espaciais para identificar esses fenômenos com antecedência.

3.7 VIGILÂNCIA E RECONHECIMENTO ESPACIAIS (IMAGEAMENTO)

Os principais produtos são satélites para inteligência estratégica, operacional e tática. A imagem espacial de áreas específicas ajuda a planejar exercícios militares com mais eficiência, pois permite a coleta remota e análise dos pontos de contenção do inimigo.

4. O SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO DE DEFESA E COMUNICAÇÕES ESTRATÉGICAS (SGDC)

O SGDC representa um marco no setor espacial brasileiro, proporcionando independência e segurança nas comunicações estratégicas. Este satélite permite que as principais comunicações militares estejam sob controle nacional, reduzindo vulnerabilidades associadas à dependência de plataformas estrangeiras. Além disso, o SGDC possibilita a ampliação do acesso à banda larga em áreas remotas, contribuindo para a inclusão digital e o desenvolvimento socioeconômico.

5. AMEAÇAS AOS SATÉLITES

A crescente militarização do espaço e a proliferação de tecnologias anti-satélite representam ameaças significativas. As ameaças incluem:

- A. Ataques Cibernéticos: Podem comprometer o controle e a operação dos satélites.
- B. Armas de Energia Direcionada: Podem danificar ou desativar satélites.
- C. Detritos Espaciais: O risco de colisão com detritos espaciais é crescente, devido ao aumento de satélites em órbita.
- D. O relatório "Space Threat Assessment 2023" do CSIS destaca a necessidade de medidas de proteção e resiliência para mitigar essas ameaças e garantir a continuidade das operações espaciais.

6. SISTEMAS RNSS DE NAÇÕES ESTRANGEIRAS

Os sistemas RNSS de outros países fornecem valiosos estudos de caso ao Brasil. Por exemplo:

Japão e Índia: Desenvolveram sistemas RNSS com uma constelação de sete satélites para atender às suas necessidades específicas, balanceando custos e eficiência.

- A. Quase-Zenith Satellite System (QZSS) do Japão: Projetado para melhorar a precisão dos serviços de navegação na Ásia-Pacífico.
- B. Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS): Fornece serviços de posicionamento precisos na região indiana e áreas adjacentes.

Esses exemplos demonstram a viabilidade técnica e econômica de um sistema RNSS regional, que pode ser adaptado para atender às particularidades do Brasil.

7. NECESSIDADE DE UM SISTEMA RNSS NO BRASIL

A implementação de um Sistema RNSS no Brasil é fundamental para:

- A. Soberania e Autonomia: Redução da dependência de sistemas de navegação estrangeiros, como o GPS dos EUA, o GLONASS da Rússia, o Galileo da União Europeia e o BeiDou da China.
- B. Defesa e Segurança Nacional: Melhorar na capacidade de resposta e coordenação das Forças Armadas em operações críticas, especialmente em áreas remotas e de difícil acesso.
- C. Desenvolvimento Socioeconômico: Apoio à agricultura de precisão, gestão de recursos naturais, navegação aérea e marítima, e infraestrutura urbana.

8. RECOMENDAÇÕES

8.1 CRIAÇÃO DE UM GRUPO DE TRABALHO (GT) NO MINISTÉRIO DA DEFESA

Composto por especialistas em defesa, tecnologia espacial, economia e políticas públicas para desenvolver um plano detalhado de implementação do Sistema RNSS.

- A. Avaliar a viabilidade, custos, benefícios e riscos de desenvolver um RNSS nacional.
- B. Conduzir pesquisas, consultas técnicas, estudos orçamentários, análises de requisitos e estudos comparativos com sistemas RNSS de outros países, como Japão e Índia.
- C. Apresentar a discussão ao Congresso Nacional para alocar recursos no Plano Plurianual (PPA) e nas Leis Orçamentárias Anuais (LOA).

8.1.1 Composição do Grupo de Trabalho

- A. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI): Responsável por políticas e projetos relacionados à ciência e tecnologia, incluindo pesquisa espacial e desenvolvimento de novas tecnologias.
- B. Ministério da Defesa (MD): Envolvido devido à importância estratégica e de segurança nacional de um sistema de navegação por satélite.
- C. Ministério da Economia (ME): Fundamental para a análise de viabilidade econômica, custos e alocação de recursos no orçamento.
- D. Ministério das Comunicações (MC): Importante para a infraestrutura de telecomunicações e integração do sistema de navegação com outras redes de comunicação.
- E. Ministério das Relações Exteriores (MRE): Necessário para consultas e comparações com sistemas de navegação por satélite de outros países, como Índia e Japão, além de tratar de possíveis colaborações internacionais.
- F. Ministério do Planejamento e Orçamento (MPO): Envolvido na discussão e alocação de recursos no Plano Plurianual (PPA) e nas Leis Orçamentárias Anuais (LOA).

8.2 COLABORAÇÕES E INVESTIMENTOS

8.2.1. Parcerias Internacionais

Colaborações com países que possuem experiência em sistemas RNSS para troca de conhecimentos e tecnologias são essenciais. Parcerias com nações como Japão e Índia, que já possuem sistemas RNSS operacionais, podem fornecer insights valiosos e reduzir os custos e o tempo de desenvolvimento.

8.2.2. Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Fortalecer as capacidades nacionais em tecnologias espaciais por meio de investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento é crucial. Esses investimentos devem focar em inovação tecnológica, desenvolvimento de novos componentes e aprimoramento das capacidades existentes.

8.2.3. Legislação e Regulamentação

Desenvolver um marco legal que apoie o desenvolvimento e a operação do Sistema RNSS, garantindo segurança e sustentabilidade, é fundamental. Isso inclui regulamentações que assegurem a proteção dos dados e a operação segura dos satélites.

8.2.4. Educação e Capacitação

Formar recursos humanos qualificados em engenharia espacial, ciências da computação e outras áreas relacionadas é vital para o sucesso do RNSS. Programas educacionais e de capacitação devem ser incentivados para garantir a disponibilidade de profissionais competentes para operar e manter o sistema.

8.3. BENEFÍCIOS E IMPACTOS A LONGO PRAZO

O desenvolvimento de um RNSS nacional proporcionará diversos benefícios estratégicos e econômicos para o Brasil:

- A. Soberania e Autonomia: Redução da dependência de sistemas de navegação estrangeiros.
- B. Defesa e Segurança Nacional: Melhoria na capacidade de resposta e coordenação das Forças Armadas em operações críticas.
- C. Desenvolvimento Socioeconômico: Apoio à agricultura de precisão, gestão de recursos naturais, navegação aérea e marítima, e infraestrutura urbana.
- D. Geração de Receita: Possibilidade de alugar o sistema a países vizinhos, gerando receita para futuros desenvolvimentos espaciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos quadros apresentados destaca a urgência de desenvolver um sistema RNSS nacional para salvaguardar a integridade das informações e das capacidades operacionais das Forças Armadas, especialmente em contextos geopolíticos frágeis. A capacidade de operar, desenvolver e

lançar satélites impacta diversas esferas da sociedade, demandando uma abordagem coordenada para assegurar a transmissão e divulgação de dados.

Futuros oficiais da Força Aérea Brasileira devem compreender este estudo, promovendo uma compreensão mais aprofundada do poder aeroespacial e das operações da Força Aérea Brasileira, como a *Ágata*, *Ostium* e *Porteira Fechada*. Tal entendimento capacitará esses profissionais a contribuir de maneira mais eficaz para a defesa e segurança, não apenas no contexto militar, mas também na salvaguarda da integridade informacional em níveis decisórios.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a todos que me apoiaram ao longo da conclusão do curso.

Primeiramente, agradeço à minha família, em especial meus pais, Fernanda e Raonny pelo suporte incondicional e pela compreensão nos momentos em que estive ausente devido às demandas do CFOAv.

Aos meus amigos, pela companhia e incentivo constante, fundamentais para a conclusão desta difícil etapa na conclusão do curso.

A minha namorada, Maria Eduarda, pelo constante apoio no decorrer dos quatro anos de AFA.

Ao meu orientador, Mestre Alessandro, por toda a orientação neste processo.

Ao meu co-orientador, Tenente Manhães, pela paciência, dedicação e muito tempo despendido, que mesmo de longe foi essencial para o ponto final neste trabalho.

As contribuições do Mestre Alessandro e Tenente Manhães foram essenciais para o desenvolvimento deste estudo, e sou imensamente grato pela oportunidade de aprender e crescer sob sua orientação.

A todos, meu muito obrigado!