



MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM GUERRA ELETRÔNICA

1º TEN RENAN SERGIO FERREIRA DA SILVA

GUERRA ELETRÔNICA NAS COMUNICAÇÕES SATELITAIS
A importância do satélite geostacionário nacional com aplicações de defesa à Marinha do
Brasil nas próximas décadas.

Rio de Janeiro
2018

1º TEN RENAN SERGIO FERREIRA DA SILVA

GUERRA ELETRÔNICA NAS COMUNICAÇÕES SATELITAIS

A importância do satélite geoestacionário nacional com aplicações de defesa à Marinha do Brasil nas próximas décadas.

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Wandenkolk como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica.

Orientadores:

Capitão-Tenente (EN) Yanes Checcacci Balod

Professor Waldo Araujo Russo, MSc. – PUC-Rio

CIAW

Rio de Janeiro 2018

1º TEN RENAN SERGIO FERREIRA DA SILVA

GUERRA ELETRÔNICA NAS COMUNICAÇÕES SATELITAIS

A importância do satélite geoestacionário nacional com aplicações de defesa à Marinha do Brasil nas próximas décadas.

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Wandenkolk como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica.

Aprovada em _____

Banca Examinadora:

Yanes Checcacci Balod, MSc. – CGEM

Alessandro Roberto dos Santos, MSc. – CGEM

Gian Karlo Huback Macedo de Almeida, MSc. – CIAW

“Dedico esse trabalho ao Curso de Aperfeiçoamento Avançado do Centro de Instrução Almirante Wandenkolk, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses meses. A experiência de um estudo compartilhado na comunhão com amigos nesses bancos escolares foi a melhor experiência da minha formação acadêmica”.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, em especial à minha esposa Mara Elizabeth, por suportar a minha ausência e renovar diariamente minhas energias.

Aos orientadores técnico e acadêmico, CT (EN) Yanes Checcacci Balod e Professor Waldo Russo respectivamente, pela atenção dispensada, paciência e excelente atuação como orientadores.

A ERMJRJ, pelo conhecimento científico adquirido.

E a todos aqueles que de forma direta ou indireta me incentivaram para finalizar este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

“Não é preciso ter olhos abertos para ver o sol, nem é preciso ter ouvidos afiados para ouvir o trovão. Para ser vitorioso você precisa ver o que não está visível.” (Sun Tzu)

GUERRA ELETRÔNICA NAS COMUNICAÇÕES SATELITAIS

A importância do satélite geoestacionário nacional com aplicações de defesa à Marinha do Brasil nas próximas décadas.

Resumo

Com o lançamento do satélite geoestacionário brasileiro em maio de 2017, o país aumenta sua autonomia quanto à segurança das informações que trafegam via satélite. Através de uma análise da situação atual do país, avalia-se que esta etapa é somente uma pequena fase de um ambicioso projeto, no qual inclui o lançamento de mais satélites a fim de complementar os serviços de telecomunicações, vigilância e sensoriamento terrestre, fornecendo ainda maior soberania e independência tecnológica, necessárias para segurança do território nacional brasileiro. O satélite geoestacionário possui como principal característica o seu posicionamento sobre o paralelo do Equador, a uma altitude de aproximadamente 36000 km, distância cujo equilíbrio de forças permite a iluminação em determinada superfície de forma permanente, criando a impressão equivocada de que o mesmo se encontra numa posição fixa no Espaço. Seu emprego é imprescindível nas transmissões de rádio e televisão, internet, telefonia e de uso militar em virtude de fornecer comunicações entre diferentes locais do globo terrestre, independente da distância. Por sua vez, as constelações de satélites não-geoestacionários (e.g., de órbitas baixas ou médias, circulares ou elípticas, no plano do equador ou inclinadas em relação a ele) também desempenham um papel complementar, permitindo emprego de terminais terrestres de baixo custo e tamanho, com elevada capacidade de transmissão.

Palavras-chave: Programa Estratégico dos Sistemas Espaciais. Satélites geoestacionários. Forças Armadas. Comunicações. Guerra Eletrônica. Satélites não-geoestacionários. Jamming. Proteção. Interferência.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Exemplo de três estações orbitais repetidoras segundo trabalho de Clarke.....	15
Figura 3.2 - Caminho percorrido pelo satélite em cada tipo de órbita.	16
Figura 3.3 - Ilustração da banda X e do <i>footprint</i> pertencente ao SGDC-1	18
Figura 3.4 - Enlace de dados do Sistema de Comunicação Militar.	20
Figura 3.5 - Tipos de interferência deliberada.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Orbitas satelitais e suas respectivas características operacionais.	15
Tabela 3.2 - Frequências disponíveis para as comunicações satelitais (IEEE).	17

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ASat	Antissatélite
COPE-S	Centro de Operações Espaciais Secundário
EHF	Frequência Extremamente-alta
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações
END	Estratégia Nacional de Defesa
ERMJR	Estação Rádio da Marinha no Rio de Janeiro
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
FFAA	Forças Armadas
FSS	Serviço Fixo de Satélite
FTM	Força-Tarefa Marítima
GE	Guerra Eletrônica
GEO	Órbita Geoestacionária
GNSS	Serviço de Navegação Global por Satélite
GPS	Sistema Global de Posicionamento
HEO	Órbita Elíptica Alta
HF	Frequência Alta
IEEE	Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos
LEO	Órbita Baixa Terrestre
MAE	Medidas de Ataque Eletrônico
MAGE	Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica
MB	Marinha do Brasil
MEO	Órbita Média Terrestre
MPE	Medidas de Proteção Eletrônica

PEB	Programa Espacial Brasileiro
PESE	Programa Estratégico para Sistemas Espaciais
PNBL	Programa Nacional de Banda Larga
ONU	Organização das Nações Unidas
SGB	Satélite Geoestacionário Brasileiro
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas
SHF	Frequência Super-alta
SISCOMIS	Sistema de Comunicações Militares via Satélite
SISDABRA	Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro
SISFRON	Sistema Integrado de Monitoração das Fronteiras
SISGAAZ	Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
TTC&M	Telemetria, Rastreamento, Comando e Monitoramento
UHF	Frequência Ultra-alta
UNIFIL	Força Interina das Nações Unidas no Líbano
VLS	Veículo Lançador de Satélites

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Desafios	13
1.2	Cenário Atual.....	13
1.3	Objetivo.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3	AS COMUNICAÇÕES SATELITAIS NO BRASIL	18
3.1	A Estratégia Nacional de Defesa (END) e o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE)	19
3.2	Guerra Eletrônica.....	21
	3.2.1 Medidas de Ataque Eletrônico (MAE)	21
	3.2.2 Medida de Proteção Eletrônica (MPE)	22
4	METODOLOGIA.....	24
4.1	Classificação da Pesquisa	24
	4.1.1 Quanto aos fins	24
	4.1.2 Quanto aos meios.....	24
4.2	Limitações do Método	25
4.3	Coleta e Tratamento de Informações.....	25
5	CONCLUSÃO.....	26
5.1	Considerações Finais	26
5.2	Sugestões para Futuros Trabalhos.....	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A soberania brasileira na área das comunicações está cada vez mais consolidada, principalmente após o lançamento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), no dia 04 de maio de 2017. Ao custo aproximado de R\$ 2 bilhões, oriundos de investimentos de uma ação conjunta entre os Ministérios da Defesa e da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Em Barbosa (2016) ressalta-se que o SGDC possibilitará a implementação do Programa Nacional de Banda Larga (PNBL¹), assim como as comunicações militares da Banda X². Porém, o Programa Espacial Brasileiro (PEB) ainda necessita alcançar objetivos maiores para o seu total desenvolvimento (RIBEIRO, 2017).

A Estratégia Nacional de Defesa (END), escrita em 2008 e revisada em 2012, dividiu em 3 assuntos essenciais para o desenvolvimento das forças armadas: nuclear, cibernético e espacial. Cada força ficou responsável por um assunto, ficando o programa espacial a cargo da Força Aérea Brasileira (FAB). O Programa Estratégico para Sistemas Espaciais (PESE) resulta das diretrizes estabelecidas na END que orientam as Forças Armadas (FFAA) a empregar o espaço para se tornar mais eficiente em suas operações e para contribuir com o desenvolvimento da indústria espacial brasileira.

Observa-se no âmbito militar uma maior preocupação na segurança pelas comunicações. A via mais segura e versátil para tal é por meio de satélites geoestacionários, através da banda especial X, de uso exclusivo militar, que provê uma maior segurança às transmissões de dados estratégicos. Tais satélites possibilitam dar suporte a navios que estejam em missões distantes do seu país de origem.

No caso do Brasil, há atualmente uma participação junto à Força-Tarefa Marítima (FTM) subordinada à Força Interina das Nações Unidas no Líbano (UNIFIL, por sua sigla em inglês), no intuito de coordenar a pacificação deste país em apoio à Organização das Nações Unidas (ONU). Todavia, em virtude do *footprint*³ do SGDC estar limitado à costa ocidental africana, torna-se necessário mais satélites para suprir a demanda em outras partes do planeta onde ocorram missões da Marinha do Brasil (MB). Além, há também interferências que prejudicam os serviços de comunicação via satélite, o que torna os investimentos espaciais não apenas elevados como arriscados.

¹ Criado pelo Decreto Federal nº 7.175 de 12/05/2010, o Programa Nacional de Banda Larga é uma política pública do governo federal que tem como principal objetivo expandir e massificar o acesso à internet de banda larga no Brasil, especialmente em regiões mais carentes em infraestrutura e tecnologia.

² Faixa de frequência para comunicação por satélite, utilizada para uso militar no Brasil, a banda X para COMSOC corresponde à faixa de 7,25 GHz a 7,75 GHz (espaço-terra) e 7,9 GHz a 8,4 GHz (terra-espaço). A partir de 8,5 GHz e até 10,7 GHz a faixa é empregada por radares. Depois pelo FSS novamente.

³ Footprint de um satélite de comunicações é a área de terreno onde seus transponders oferecem cobertura.

1.1 Desafios

Com a privatização da EMBRATEL em 1998, as comunicações militares nacionais tornaram-se dependentes de satélites controlados pela STAR ONE (empresa de capital estrangeiro). A falta de controle do país quanto ao desenvolvimento futuro da banda “X” operada por uma empresa privada acarreta numa vulnerabilidade estratégica.

A necessidade de investimento em um sistema de comunicações satelitais controlados por um órgão nacional é evidente. Sugere-se que a melhor forma de eliminar tal vulnerabilidade é que tal sistema permaneça com seu controle dentro de uma estrutura militar de guerra.

Os sistemas de telecomunicações estão em crescente desenvolvimento, entretanto, observa-se que mesmo os países mais desenvolvidos como os Estados Unidos da América (EUA) possuem uma estrutura própria insuficiente para sua real demanda dos serviços de comunicações, não apenas civil como também militar. No aspecto militar brasileiro o aprimoramento tecnológico visa atender a demanda crescente de tráfego de dados, monitoramento mais preciso das fronteiras terrestres, espaço aéreo, costas marítimas e plataforma continental.

1.2 Cenário Atual

Atualmente a Marinha do Brasil lidera a única Força-Tarefa Marítima componente de uma missão de paz da Organização das Nações Unidas (ONU). Segundo Martins (2016), ela atua na execução de operações de interdição marítima (o objetivo de prevenir a entrada, por via marítima de armas não autorizadas em território libanês) e apoiar a qualificação dos militares daquela Marinha, contribuindo assim, para a estabilidade na região do Oriente Médio.

Observa-se ainda que no presente momento, o país não possui satélites independentes que supram a necessidade de comunicação com meios navais que se encontram nessa região ou em qualquer outra parte oriental do planeta. Fato este que reduz a nossa qualidade e capacidade do poder de controle sobre as operações militares realizadas fora do alcance do SGDC.

1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é mostrar o que agregará ao Brasil ao aumentar a área de

cobertura de comunicação satelital, pois o SGDC-1 tem um alcance limitado até a costa oeste africana. O aumento do *footprint* permitirá apoiar missões que estejam além do seu alcance atual, sem que haja o risco de quebra do sigilo das informações por meio de possível compartilhamento por empresas privadas que estejam fornecendo seus serviços satelitais para fora do país.

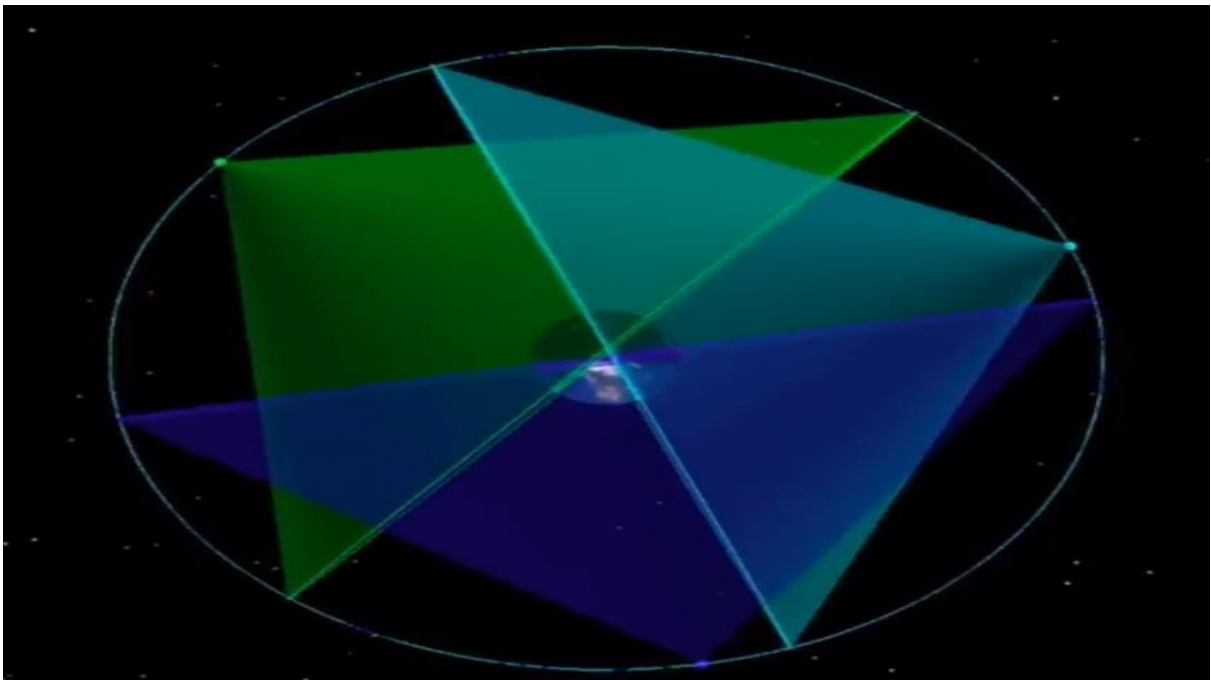
Aos desafios da Guerra Eletrônica (GE), a possibilidade de geolocalização de interferências nas faixas de frequências e monitoramento das comunicações militares da Banda X referem-se às Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE), que em conjunto com as demais medidas de proteção eletrônica (MPE), garantem a soberania no segmento de comunicações espaciais. Alia-se ao fato do investimento crescente em armamento antissatélite (ASat) por parte de países como a Rússia e a China, justificando-se a necessidade de sua proteção (RIBEIRO, 2017).

Partindo-se das premissas de que as comunicações satélites são confiáveis, rápidas e que o controle das mesmas possibilita a proteção ao seu conteúdo (independência) e o que conseqüentemente diminui as vulnerabilidades das comunicações militares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A origem do sistema orbital geoestacionário é descrita no trabalho de Clarke (1945) por meio da possibilidade de uma comunicação planetária utilizando-se apenas três estações orbitais repetidoras.

Figura 3.1: Exemplo de três estações orbitais repetidoras segundo trabalho de Clarke.



Fonte: Print screen da simulação do software STK.

Dentre as particularidades da órbita geoestacionária, as principais são sua velocidade tangencial de, aproximadamente, 3,1 km/h, com um intervalo também aproximado de vinte e quatro horas além de possuir uma órbita situada acima do paralelo do Equador. Um satélite geoestacionário opera em uma órbita a 36 mil quilômetros da Terra, altura em que as forças centrífuga e centrípeta que atuam nos satélites se anulam (HORAK, 2008).

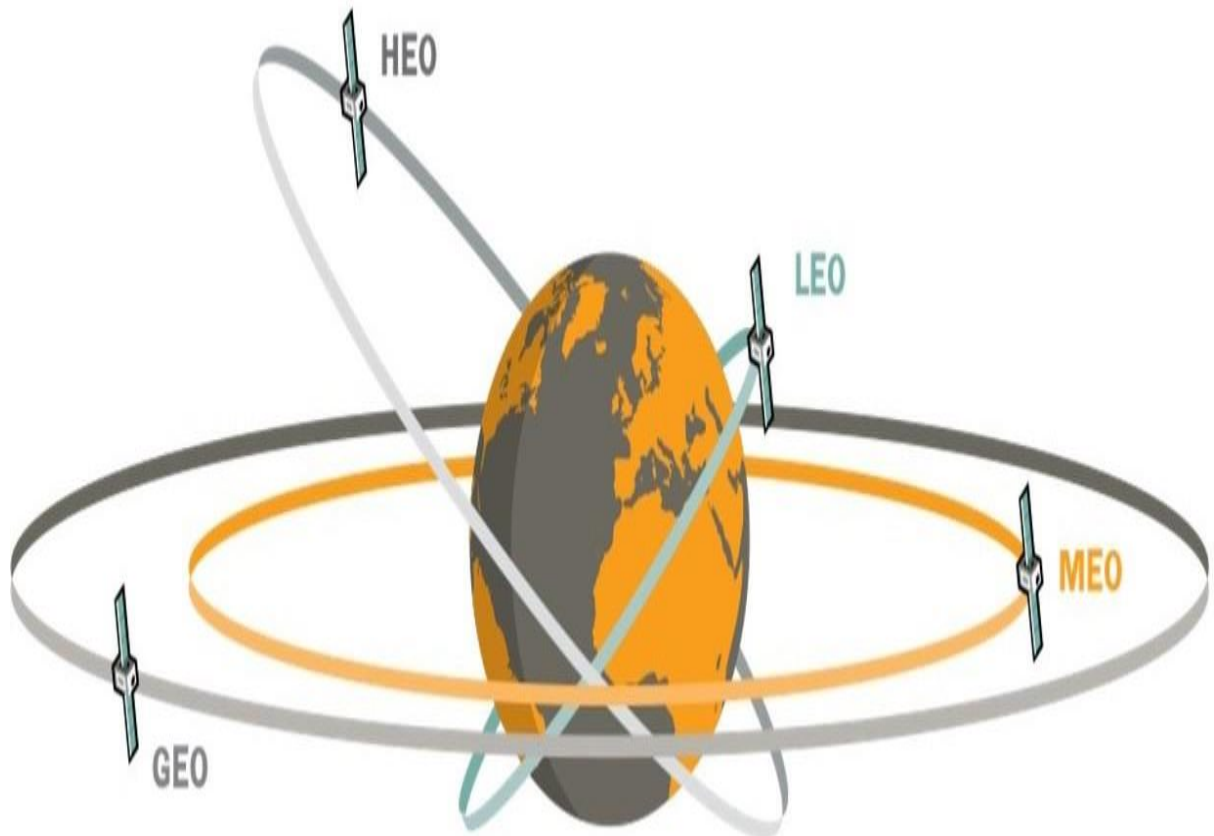
Tabela 3.1: Orbitas satelitais e suas respectivas características operacionais.

Classificação	Órbita	Revolução	Atraso (ms) (ida e volta)	Altura (km)
Baixa	LEO	1h30m a 2h	1,2 – 13,4	180 a 2.000
Média	MEO	2h a 23h56m	13,4 – 204,2	2.000 a 35.780
Elíptica	HEO	12h	2,4 – 266	520 a 39.900
Geoestacionária	GEO	23h56m4,091s	270	≥ 35.786

Fonte: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsCatalog/page1.php>

Por meio de forças gravitacionais que atuam entre dois corpos no espaço, os satélites interagem com astros próximos, como a Terra, o Sol e a Lua. Observa-se, no entanto, que é necessário de tempos em tempos a correção da órbita do satélite, a fim de mantê-lo em sua janela de operação de acordo com as seguintes distâncias: 75 km horizontais; 75 km verticais; e 85 km de profundidade (BALOD, 2015).

Figura 3.2: Caminho percorrido pelo satélite em cada tipo de órbita.



Fonte: Notas de aula – Inteligência de Imagens (IDI)

Observa-se cinco sistemas para descrever um satélite de comunicação (o qual possui um comportamento similar a uma estação repetidora de sinal): sistema de comunicações, sistema de alimentação e sistema de manutenção de órbita, o sistema de controle térmico e o sistema de TTC&M (Telemetria, Rastreamento, Comando e Monitoração).

De acordo com o espectro de frequência, as comunicações satelitais ainda podem ser classificadas pelas seguintes faixas:

- Frequência Ultra Alta (UHF);
- Frequência Super Alta (SHF); e

- Frequência Extremamente Alta (EHF).

Tabela 3.2: Frequências disponíveis para as comunicações satelitais (IEEE).

Banda	Faixa	Frequência (GHz)
L	UHF	1,5 a 1,65
S		2,4 a 2,8
C	SHF	3,4 a 7,0
X		7,9 a 9,0
Ku		10,7 a 15,0
Ka		18,0 a 31,0
Q		40,0 a 50,0
V	EHF	60,0 a 80,0

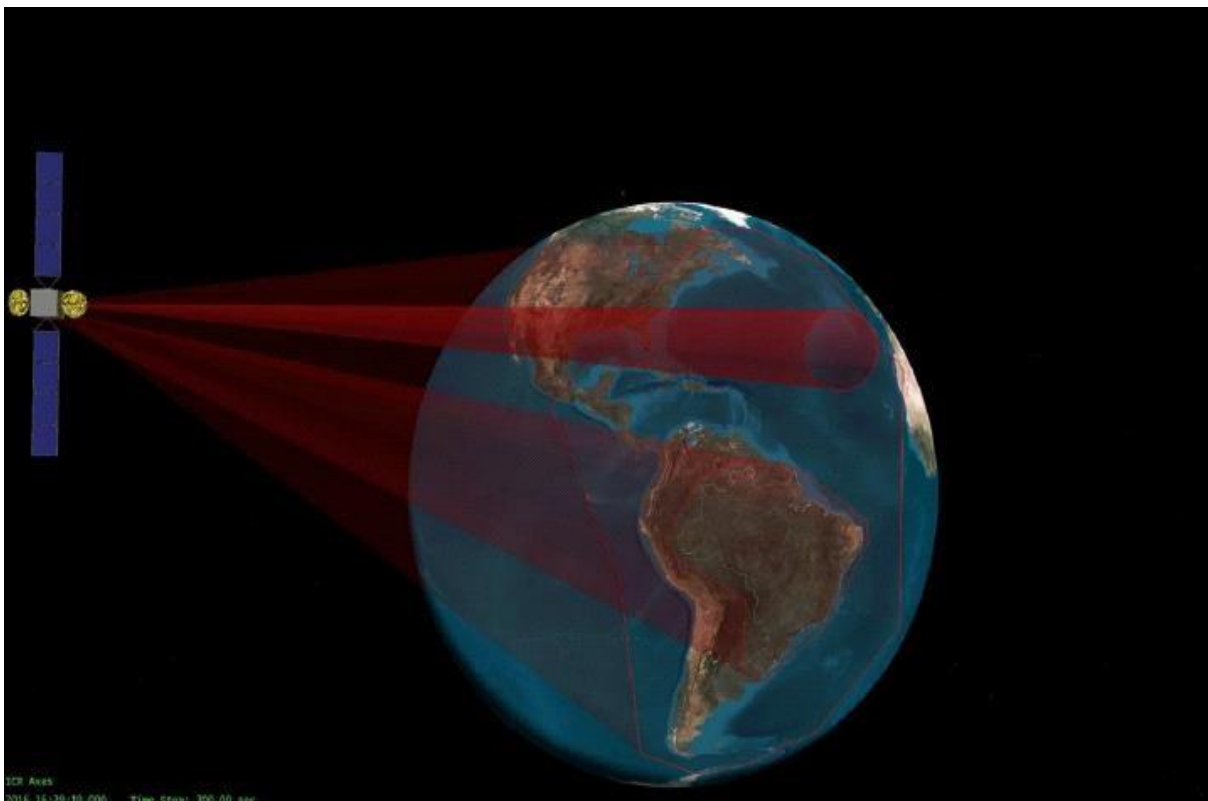
Fonte: Balod, 2015.

3 AS COMUNICAÇÕES SATELITAIS NO BRASIL

O advento do satélite geoestacionário permitiu aprimorar o serviço de telecomunicação tornando-o mais eficiente. Nas décadas de 80 e 90, o Brasil operou satélites geoestacionários por meio de equipamentos da série Brasilsat, pertencentes a então empresa estatal Embratel. Todavia em 1998, após o leilão da mesma, a empresa StarOne assumiu o sistema (RIBEIRO, 2017). Fato este que tornou o Brasil vulnerável no que tange ao sigilo no tráfego de dados das Forças Armadas.

O Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações (SGDC-1) cujo lançamento ocorreu em 4 de maio de 2017, sanou parcialmente essa fragilidade no âmbito da defesa nacional. Ao construir o Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGB), cuja vida útil é de 15 anos, o país avançou numa nova fase no contexto industrial e tecnológico do nosso setor espacial. O SGB permitiu a transferência de tecnologia, a qual se disseminou pela indústria de defesa.

Figura 3.3: Ilustração da banda X e do *footprint*, em vermelho, pertencente ao SGDC-1.



Fonte: Brandão, 2017.

Nos dias atuais há um aumento da demanda por serviços satelitais, a fim de atender o crescente tráfego de dados, de monitoramento maior tanto das mudanças climáticas, como das fronteiras terrestres, marítima e do espaço aéreo.

3.1 A Estratégia Nacional de Defesa (END) e o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE)

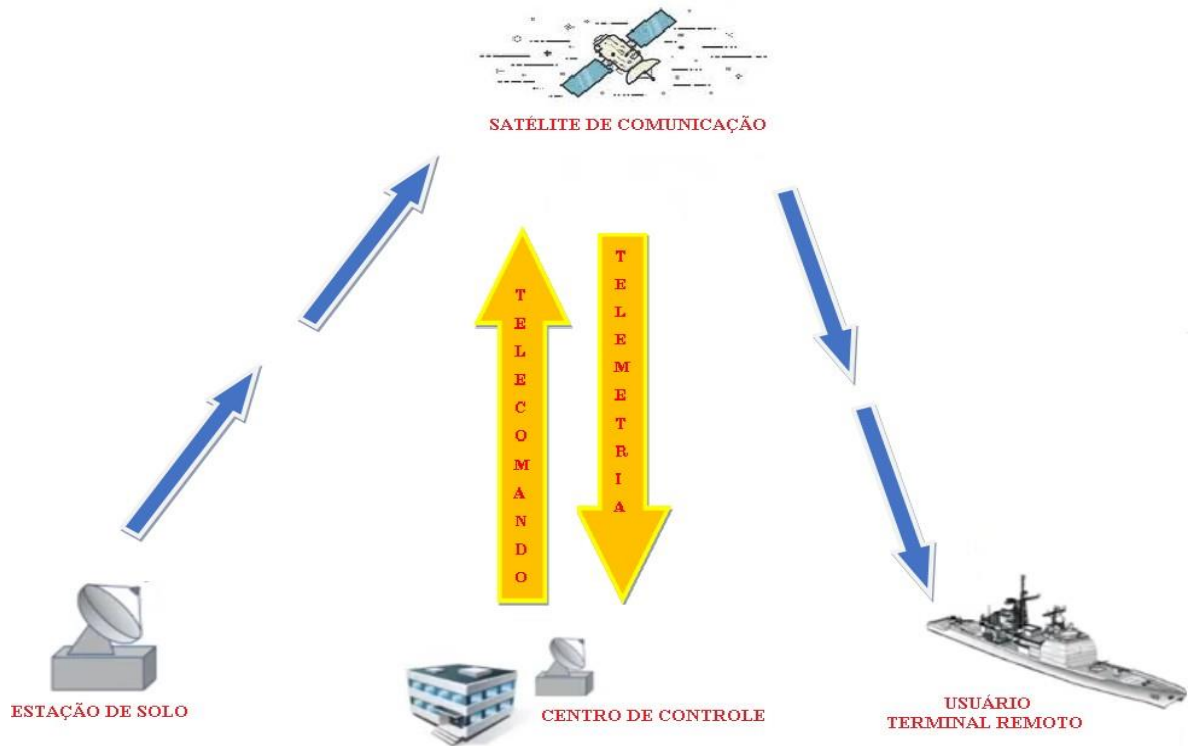
A Estratégia Nacional de Defesa (END) foi aprovada pelo Decreto nº 6.703/08, o qual estabelece que o Setor Espacial é um dos três setores estratégicos essenciais para a defesa nacional. Com a END, o Brasil também sinaliza sua posição no contexto internacional e indica a necessidade de uma nova e afirmativa postura no campo da soberania, a ser consolidada por meio de conscientização da opinião pública.

Segundo as diretrizes estabelecidas na Estratégia Nacional de Defesa (2012), as Forças Armadas são orientadas a empregar o Espaço para se tornarem mais eficientes em suas operações e para contribuir com o desenvolvimento da indústria espacial brasileira. O mesmo prevê a implantação de satélites e a infraestrutura terrestre associada para prover serviços de observação terrestre, telecomunicações, mapeamento de informações, posicionamento, monitoramento do espaço e operação de sistemas espaciais.

A Marinha do Brasil possui suas atribuições definidas de acordo com os objetivos estratégicos das Forças Armadas (FFAA), descritas pela Estratégia Nacional de Defesa (2012, p. 69):

- (a) defesa proativa das plataformas petrolíferas;
- (b) defesa proativa das instalações navais e portuárias, dos arquipélagos e das ilhas oceânicas nas águas jurisdicionais brasileiras;
- (c) prontidão para responder a qualquer ameaça, por Estado ou por forças não convencionais ou criminosas, às vias marítimas de comércio; e
- (d) capacidade de participar de operações internacionais de paz, fora do território e das águas jurisdicionais brasileiras, sob a égide das Nações Unidas ou de organismos multilaterais da região.

Figura 3.4: Enlace de dados do Sistema de Comunicação Militar



Fonte: Notas de aula – Inteligência de Imagens (IDI).

O PESE é um planejamento essencialmente voltado à implantação de infraestrutura fundamental para a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2012). Sua justificativa se dá essencialmente pelas capacidades militares estratégicas únicas que o programa traz. É um programa multidisciplinar e de alta complexidade, que contém diversos projetos, sendo o primeiro e mais relevante denominado Projeto Águila (JUNIOR, 2014). Neste, além do Centro de Operações Espaciais (COPE), estão inseridas as seguintes frotas de constelação de satélites LEO para uso dual militar-civil: Carponis, Lessônia, Attícora. Tais constelações fornecem um maior serviço de vigilância, monitoração de cidades e fronteiras, bem como sensoriamento terrestre em aplicações do agronegócio, monitoração ambiental para previsões climáticas, etc.

No âmbito da Defesa, o programa fornecerá a infraestrutura espacial necessária ao funcionamento de diversos projetos estratégicos, como os Sistemas de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON), de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA), de Proteção da Amazônia (SIPAM), Sistema de Comunicações Militares via Satélite (SISCOMIS), entre outros. A utilização dos satélites irá proporcionar trafegar informações estratégicas com segurança e por meio de banda adequada (Sá, 2015).

3.2 Guerra Eletrônica

A Guerra Eletrônica (GE), conforme entendimento do Ministério da Defesa, é descrita como o conjunto de ações que visam explorar as emissões do inimigo, em toda a faixa do espectro eletromagnético, com a finalidade de conhecer a sua ordem de batalha, intenções e capacidades, e, também, utilizar medidas adequadas para negar o uso efetivo dos seus sistemas, enquanto se protege e utiliza, com eficácia, os próprios sistemas. Pode-se dividir a GE em três partes: medidas de apoio à guerra eletrônica (MAGE); medidas de ataque eletrônico (MAE); medidas de proteção eletrônica (MPE).

Para abordar a importância da guerra eletrônica neste trabalho, são descritas as características das medidas de ataque eletrônico (MAE) e as medidas de proteção eletrônica (MPE) à satélites nos dias atuais.

3.2.1 Medidas de Ataque Eletrônico (MAE)

Conforme o trabalho de Ribeiro (2017), as medidas de ataque eletrônico (MAE) podem ser divididas em duas formas:

- Destrutiva; e
- Não destrutiva.

Utilizando-se um armamento antissatélite (ASat) é possível causar uma efetiva destruição definitiva no satélite. Esta forma de tecnologia constitui uma MAE do tipo destrutiva, pois causa efetivamente uma destruição física e irreversível no satélite (RIBEIRO, 2017). Destruí-lo fisicamente na órbita terrestre é algo que traz consigo um risco político e militar, significativamente desproporcional.

Quanto a definição de MAE não destrutiva, a mais comum é o bloqueio⁴. Afirmar-se que o *jamming* (termo usualmente utilizado para o bloqueio) quando bem executado, pode não ser percebido por um longo período e até muitas vezes é atrelado a um mau funcionamento do equipamento, ou a um erro do operador, além de ser considerado a maneira mais econômica disponível para negar a capacidade de um satélite ao inimigo. O mesmo efeito de negação pretendido é alcançado pelo *jamming*, sem que o protagonista tenha que desenvolver métodos de

⁴ Medida de ataque eletrônico que consiste na deliberada irradiação, re-irradiação ou reflexão de energia eletromagnética, com o propósito de restringir ou anular o desempenho de equipamentos ou sistemas eletrônicos em uso pelo inimigo. É usado para impedir, ou pelo menos dificultar, a recepção de sinais nos equipamentos inimigos de detecção, de radiocomunicações, de navegação eletrônica e nos sistemas de identificação eletrônica e de direção e controle de armas, podendo ser classificado quanto ao método de execução e quanto ao emprego tático (BRASIL, 2015, p. 48)

ataque destrutivos, com infraestruturas relacionadas ao Espaço Exterior (RIBEIRO apud HEISIG; WILGENBUSCH, 2013).

3.2.2 Medida de Proteção Eletrônica (MPE)

As interferências existentes nas comunicações via satélite ocorrem por diferentes motivos, dentre eles: o erro humano, interferência em satélite adjacente, interferência terrestre, interferência deliberada, polarização cruzada, intermodulação, interferência solar e cintilação (BALOD, 2015).

Em Brasil (2015) classifica-se os tipos de interferência em: deliberada e eletrônica. A primeira caracteriza-se pela irradiação deliberada de energia eletromagnética, em frequência utilizada pelo oponente, com o propósito de impedir ou dificultar a recepção de emissões do seu interesse. Já a interferência eletrônica é a medida de ataque eletrônico que consiste na irradiação, re-irradiação ou reflexão deliberada da energia eletromagnética, com o objetivo de prejudicar o emprego, por parte do inimigo, de dispositivos, equipamentos ou sistemas eletrônicos.

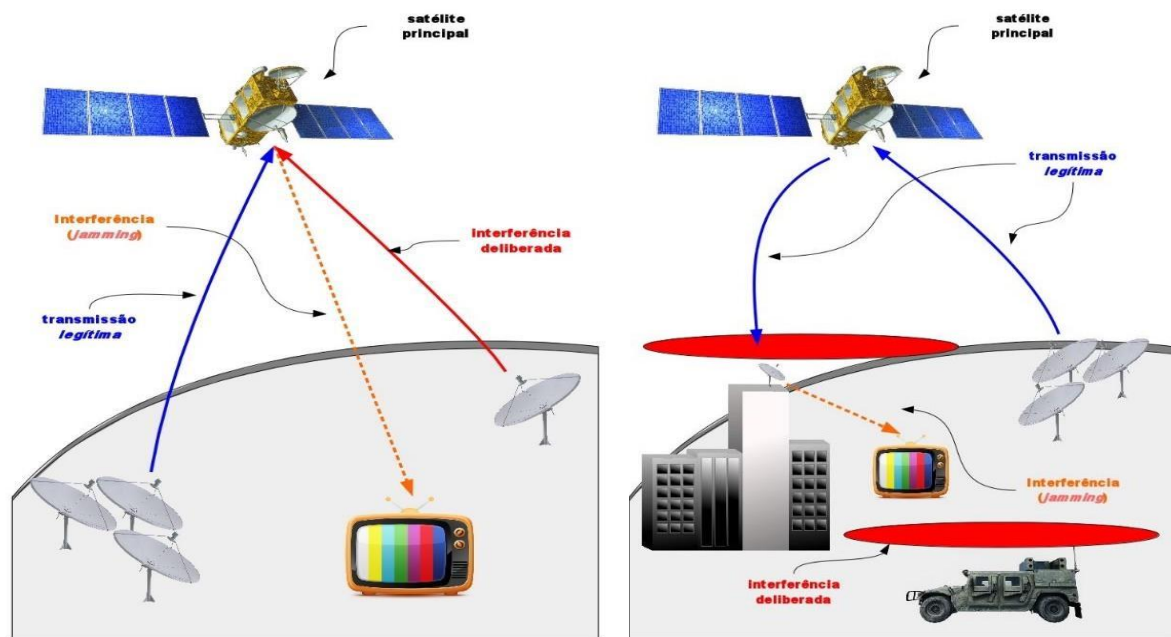
A interferência deliberada, também chamada de “*jamming*”, é definida no trabalho de Balod (2015) como uma interferência intencional. Ela tem como objetivo gerar prejuízo financeiro, operacional ou político. A origem dos sinais pode ser inclusive de regiões externas ao território afetado, longe das fronteiras continentais.

O *jamming* satelital pode ser categorizado como: orbital ou terrestre (BALOD apud REPORT, 2012).

O *jamming* do tipo orbital é caracterizado por uma recepção simultânea de um sinal legítimo e ilegítimo (mesma frequência) e estes combinam-se. A portadora ilegítima responsável por aumentar o ruído no canal, comprometendo a portadora legítima. Caso a portadora ilegítima possua uma elevada energia, poderá saturar o amplificador de descida (downlink) do satélite, fazendo que este opere em um regime não linear e comprometa todos os enlaces existentes do transponder. (BALOD, 2015)

O *jamming* terrestre ocorre através da transmissão de uma portadora em terra que interfere nos equipamentos de recepção. Em áreas urbanas o alcance da interferência pode chegar de 3 a 5 km de raio e para áreas rurais até 20 km. Outros serviços de comunicações terrestres também podem ser afetados (BALOD apud REPORT, 2012).

Figura 3.5: Tipos de interferência deliberada.



(a) *Jamming Orbital*

Fonte: Revista Passadiço 2015

(b) *Jamming Terrestre*

Em uma análise mais detalhada, o trabalho de Balod (2015) menciona que o *jamming* satelital pode variar entre dois tipos:

- Intermitência; ou
- Onda contínua (CW).

Para uma origem intermitente, a ocorrência de exposição da fonte somente existe quando há interferência. Quanto à onda contínua, sua agressividade é maior, pois eleva o ruído da relação sinal-ruído por tempo prolongado. Todavia, pela sua natureza sua fonte é de fácil localização. No caso da fonte não se encontrar em uma posição fixa, sua localização para ambos tipos de *jamming* pode ser dificultada.

Observa-se que demais sistemas importantes como o Serviço de Navegação Global por Satélite (GNSS) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS) também podem ser afetados por equipamentos ilegais, de baixo custo e facilmente encontrados no comércio virtual (BALOD apud WEEDEN, 2013). No *jamming* orbital caso o feixe da transmissão esteja bem direcionado ao satélite, a geolocalização da fonte pode tornar-se impossível pois os satélites adjacentes necessários para as MAGE podem não receber uma parcela mínima de energia proveniente dos lóbulos secundários. A impossibilidade de retransmissão destes à Terra não permitirá às MAGE identificação e análise do *jamming*, para este ou qualquer outra ação decorrente de uma MAE.

4 METODOLOGIA

A fim de adquirir insumos para este trabalho, a pesquisa pautou-se apenas no aspecto qualitativo, por meio de documentos e impressões que tive ao longo do período de pesquisa.

4.1 Classificação da Pesquisa

Por meio da pesquisa descritiva, utilizou-se as características do SGDC para explicações quanto as suas limitações e potenciais que justifiquem sua utilização. Além disso, houve também uma pesquisa com o objetivo de justificar a importância da implementação e desenvolvimento do SGDC ao país, onde visou-se estabelecer fatores positivos que contribuem de alguma forma à manutenção e utilização dos satélites geoestacionários em prol da defesa de nossos meios.

4.1.1 Quanto aos fins

No intuito de estabelecer os fatores que contribuem para a importância do tema deste trabalho, foi feita uma pesquisa descritiva de um satélite geoestacionário, atrelada as vantagens para soberania nacional, para finalidade de buscar uma relação de causa e efeito e justificar seu investimento contínuo para atender às missões da MB, não apenas em território nacional, como também em outros locais onde a mesma se faz presente.

4.1.2 Quanto aos meios

O trabalho foi desenvolvido por meio de um estudo sistematizado, o qual utilizou-se de monografias, dissertações e artigos científicos para a realização da pesquisa bibliográfica.

Por tratar-se de um assunto recente na política de defesa nacional, realizou-se uma pesquisa de campo na Estação de Rádio da Marinha no Rio de Janeiro (ERMRJ), a qual no momento guarda uma estação terrena de responsabilidade da ANATEL, a qual é responsável pela monitoração do *downlink* satelital, das bandas Ka, Ku e C e o Centro de Operações Espaciais Secundário (COPE-S), responsável por gerenciar as tarefas do satélite geoestacionário no âmbito

da Marinha do Brasil.

Ressalta-se que em função do tema proposto, toda a pesquisa foi feita com material ostensivo e não há restrições quanto à disseminação do conhecimento apresentado neste trabalho.

4.2 Limitações do Método

Embora a pesquisa se limite a uma pesquisa de campo e a uma análise bibliográfica, estas foram as melhores formas de abordar o assunto, tendo em vista a impossibilidade de efetuar uma experiência em condições controlada e por se tratar de um equipamento complexo e de características sigilosas.

Em razão do controle desta tecnologia recém implementada (o SGDC) não há fatos pretéritos que permitam analisar e comparar com as circunstâncias presentes, a fim de promover ações futuras, visto que seu lançamento ao espaço ocorreu há 1 ano em relação a este trabalho.

4.3 Coleta e Tratamento de Informações

Inicialmente foi pesquisado, no âmbito militar, artigos científicos e monografias a respeito das comunicações satelitais, dando origem ao referencial teórico que versa sobre o assunto abordado.

Durante visitação à Estação de Rádio da Marinha no Rio de Janeiro, o questionamento sobre o real emprego do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas permitiu obter informações a respeito do seu poder de alcance além do território nacional, assim como obter informações sobre seu período de validade e ações futuras que demandam novos lançamentos espaciais.

5 CONCLUSÃO

Por meio do PESE, busca-se eliminar a vulnerabilidade representada pelos satélites de comunicações militares controlados por uma empresa de capital estrangeiro desde 1998. O lançamento recente do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas visa acabar com esta fragilidade, visto que o primeiro satélite de comunicações com controle nacional já encontra-se na órbita geoestacionária sob o comando da Força Aérea Brasileira, conforme preconizado na Estratégia Nacional de Defesa. O Programa Espacial Brasileiro prevê ainda o lançamento de outros satélites nacionais e continua angariando esforços para o desenvolvimento do nosso primeiro Veículo Lançador de Satélites (VLS), corroborando com nossa premissa de investimento em satélites nacionais para as comunicações militares brasileiras.

A GE empregada no sistema de monitoração de comunicações satelitais é um recurso que deve ser empregado para garantir as atividades de interesse da segurança nacional e soberania do país. A ameaça do *jamming* nas comunicações satelitais ainda está além do controle. O combate deste é somente realizado com utilização de novas tecnologias como a geolocalização ou o “Carrier ID” (quando disponível e habilitado no equipamento), idealizada pelo “Grupo de Redução da Interferência de Satélites” (The Satellite Interference Reduction Group – sIRG).

5.1 Considerações Finais

A partir das informações fornecidas a respeito do aprimoramento dos programas estratégicos, atrelados à segurança do território nacional, conclui-se que o SGB é essencial para o desenvolvimento do país para as próximas décadas. Todavia ainda são necessários maiores investimentos para atender as demandas e aos desafios impostos pela Guerra Eletrônica.

5.2 Sugestões para Futuros Trabalhos

Tendo em vista a importância dos Satélites Geoestacionários de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) no que tange a soberania nacional e conseqüentemente, no contexto militar, é vital a monitoração e localização das interferências propositais, conhecidas como *jamming*. Além disso, é fundamental o estudo e domínio de técnicas avançadas de proteção, como antenas inteligentes antijamming, empregando técnicas de formatação de feixes, capazes

de criar nulos na direção de sinais hostis a exemplo: antenas DRA (Antenas de Ressonador Dielétrico) e alimentadores múltiplos com rede de formatação de feixe (BFN – Beam Forming Network).

Outra área de pesquisa importante em termos de segurança que pode ser explorada é aquela relativa a detecção e mitigação de *spoofing*⁵. Este quando consegue acesso ao sistema de TTC&M do satélite, pode assumir seu controle, sendo uma ameaça com consequências catastróficas. O SGDC possui seu sistema TTC&M bem protegido tanto no aspecto antijamming quanto antispoofing. Porém, o domínio e avanço no conhecimento do estado da arte de serviços de segurança TRANSEC (Transmission security) como COMSEC (communications security) são fundamentais para assegurar a confiabilidade e disponibilidade das futuras gerações de deste sistema.

⁵ Este termo aplica-se numa transmissão ilegal ou hostil que entra no sistema satélite, com potencial de difundir informações ou instruções falsas.

REFERÊNCIAS

- BALOD, Y. C. Monitoração de Satélites Geoestacionários: Ampliando a capacidade de Guerra Eletrônica. **Revista Passadiço**, Rio de Janeiro, ano XXVIII, ed. 35, p. 20-25, 2015.
- BARBOSA, P. H. R. A Estação de Monitoração de Satélites Geoestacionários da ANATEL: Uma nova ferramenta de Comando e Controle a serviço do Brasil. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 137, n.01/03, p. 173-183, jan./mar. 2017.
- BRANDÃO, G. **Centro de Operações Espaciais Secundário (COPE-S)**. 2017. 43 slides.
- BRASIL. Decreto no. 6.703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 19 dez. 2008. Brasília, DF: MD, 2008
- _____. Ministério da Defesa. Estado-Maior de Defesa. MD35-G-01: **Glossário das Forças Armadas**. 5. ed. Brasília, 2015. 135 p.
- _____. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2012.
- BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Desafios do Programa Espacial Brasileiro**. Brasília, DF, 2011. p. 59, 76.
- CLARKE, A. C. **Extra-Terrestrial Relays: Can Rocket Stations Give World-wide Coverage?**. Wireless World, Londres, Reino Unido, n. 10, p. 305-308, out. 1945.
- HEISIG, A.; WILGENBUSCH, R. C. **Command and Control Vulnerabilities to Communications Jamming**, Joint Force Quarterly, Issue 69, National Defense University Press, pags. 56-63, 2013. Disponível em: <http://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq69/JFQ-69_56-63_Wilgenbusch-Heisig.pdf>. Acesso em 01 fev. 2018.
- HORAK, R. **Webster's New World: Telecom Dictionary**. Indianapolis: Wiley, 2008.
- JUNIOR, A. S. L. **Implantação do Programa Estratégico dos Sistemas Espaciais Brasileiro: uma proposta de investimento contínuo**. 2014. 67p. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2014.
- MARTINS, A. C. R. **A UNIFIL, O Brasil e seus Condicionantes de Defesa**. 2016. 36p. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2016.
- RIBEIRO, R. B. **O Investimento em Satélites Geoestacionários nas Comunicações**. 2017. 46p. Monografia (Curso de Estado Maior para Oficiais Superiores – C-EMOS) - Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2017.
- RIEBEEK, H. **Catalogo f Earth Satellite Orbits**. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsCatalog/page1.php>>. Acesso em 15 jun. 2018.

SÁ, C. M. O Brasil conquistando o espaço. **Revista da Adesg**, Rio de Janeiro, ano 40, n. 289, p. 6-9, jan./abr. 2015.

SMALL MEDIA REPORT. **Satellite Jamming in Iran: A War over Airwaves** November UK: Small Media Report, 2012. Disponível em <<http://www.tc.pbs.org/wgbh/pages/frontline/tehranbureau/SatelliteJammingInIranSmallMedia.pdf>>. Acesso em 06 fev. 2018.

WEEDEN, B. **Radio Frequency Spectrum, Interference and Satellite Fact Sheet**. 25 jun. US: Secure World Foundation, 2013.