

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CEL AV JORGE MAURICIO MOTTA

A UTILIZAÇÃO DO RADAR DE VISADA ALÉM DO HORIZONTE (*OVER THE HORIZON RADAR – OTHR*) COMO FERRAMENTA PARA O INCREMENTO DA CONSCIÊNCIA SITUACIONAL MARÍTIMA, NO MONITORAMENTO À DISTÂNCIA DE ALVOS NÃO COLABORATIVOS.

Rio de Janeiro

2019

CEL AV JORGE MAURICIO MOTTA

A UTILIZAÇÃO DO RADAR DE VISADA ALÉM DO HORIZONTE (*OVER THE HORIZON RADAR – OTHR*) COMO FERRAMENTA PARA O INCREMENTO DA CONSCIÊNCIA SITUACIONAL MARÍTIMA, NO MONITORAMENTO À DISTÂNCIA DE ALVOS NÃO COLABORATIVOS.

Tese apresentada à Escola de Guerra Naval como requisito parcial para a conclusão do Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG (RM1) Alceu Oliveira Castro  
Jungstedt

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval  
2019

A minha esposa Gisele e meu filho Emmanuel, eternas fontes de inspiração.

## **AGRADECIMENTOS**

Meu Senhor e meu Deus, Obrigado por ter me acompanhado e guiado neste período. Agradeço-vos por não teres olhado minha humanidade e minhas fraquezas, mas antes teres me concedido muito mais do que ousaria pensar merecer.

Meus pais, completaram-se 32 anos desde que vocês partiram. Em apenas 14 anos vocês me ensinaram o valor da honestidade e da humildade e fizeram todos os sacrifícios por mim. Obrigado meu pai e minha mãe.

Minha amada esposa, nestes 24 anos de caminhada juntos, você foi e é muito mais do que minha namorada e minha esposa. Você é minha melhor amiga, minha companheira, minha confidente, meu refúgio e minha fortaleza. Você faz de mim uma pessoa melhor. Sem você eu sou uma cópia imperfeita e inacabada de mim mesmo. Eu amo muito você e te agradeço por todo seu amor por mim.

Meu querido filho Emmanuel, te agradeço meu filho pela dádiva suprema, concedida por Deus, de poder ser seu pai. Você e sua mãe são o motivo pelo qual, todos os dias, posso dar graças a Deus por ter uma família. Amo muito você meu filho.

Agradeço pelo inestimável, imprescindível e irrestrito apoio do meu orientador CMG (RM1) Alceu Oliveira Castro Jungstedt, que com extrema paciência e boa vontade forneceu orientações valiosas, sem as quais teria sido impossível finalizar este trabalho.

“Nenhum Estado pode ser pacífico sem ser forte. É muito bom discutir acordos tendo por trás de si uma esquadra com credibilidade.”

Barão do Rio Branco

## RESUMO

O objetivo principal desta tese é verificar de que forma a utilização de radares de visada além do horizonte, no monitoramento à distância de alvos não colaborativos, influencia na Consciência Situacional Marítima. Para tanto, foi construído o arcabouço teórico necessário para embasar as análises, partindo-se do conceito clássico da Consciência Situacional como suporte para o entendimento das definições de *Maritime Domain Awareness* e *Maritime Situational Awareness*, essenciais para compreensão da Consciência Situacional Marítima e suas interações. Complementando essa fundamentação foram abordados os conceitos básicos sobre os radares OTH e sobre os sensores passivos disponíveis no CISMAR. Como forma de obter uma base de comparação foram estudados os radares OTH desenvolvidos e operados pela Austrália, Canadá, China, Estados Unidos da América, França, Itália, Japão, Reino Unido, Rússia e Ucrânia, constando-se que o sistema brasileiro encontra-se em igualdade de condições, em termos de tecnologia e aplicação operacional, com os equipamentos britânicos e canadenses. Por fim, aprofundando o estudo acerca do OTH0100, radar OTH em funcionamento no sítio do Albardão, pode-se constatar que este equipamento contribui efetivamente para garantia da percepção das possíveis ameaças evoluindo nas áreas de interesse, fator essencial para o incremento da Consciência Situacional Marítima. Destaca-se que esta constatação traz a baila a necessidade de implantação de uma rede de radares OTH, a fim de possibilitar a efetiva monitoração de toda a Zona Econômica Exclusiva brasileira, atividade que se recomenda seja feita em etapas, ao final das quais será obtida a Consciência Situacional Marítima integrada, por meio da qual poderá ser utilizado o Poder Naval de forma eficiente para se contrapor as possíveis ameaças.

**Palavras-chave:** Consciência Situacional Marítima, monitoramento, radar OTH.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to verify how the use of the over the horizon radar, in remote monitoring of non-collaborative targets, influences the Maritime Situational Awareness. In order to do this, the necessary theoretical framework was built to support the analysis, based on the classic concept of Situational Awareness as a support for understanding the definitions of Maritime Domain Awareness and Maritime Situational Awareness, which are essential for understanding Maritime Situational Awareness and their interactions. Complementing this rationale were covered the basic concepts on OTH radar and passive sensors available in CISMAR. As a basis for comparison, OTH radars developed and operated by Australia, Canada, China, the United States of America, France, Italy, Japan, the United Kingdom, Russia and Ukraine were studied. Was found that brazilian radar was on equal terms, in terms of technology and operational application, with British and Canadian equipment. Finally, complementing the study on the radar OTH0100, operating at the Albardão site, it can be noted that this equipment effectively contributes to the perception of possible threats evolving in the areas of interest, an essential factor for the increase of Maritime Situational Awareness. It is noteworthy that this finding brings up the need to implement an OTH radar network, in order to enable the effective monitoring of the entire Brazilian Exclusive Economic Zone, an activity that is recommended to be done in stages, at the end of which will be obtained. Integrated Maritime Situational Awareness, through which Naval Power can be used efficiently to counteract potential threats.

**Key words:** Maritime Situational Awareness, monitoring, OTH Radar.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Consciência Situacional num processo dinâmico de tomada de decisão .....	21
FIGURA 2 – Ciclo OODA .....	30
FIGURA 3 – Consciência Situacional no Ciclo OODA .....	31
FIGURA 4 – Modelo descritivo de tomada de decisão.....	32
FIGURA 5 – Comparação entre os alcances de detecção .....	33
FIGURA 6 – Cobertura da rede JORN.....	41
FIGURA 7 – Coberturas dos ROTHHR instalados no Texas, Virginia e Porto Rico.....	48
FIGURA 8 – Detecção do radar <i>Overseer</i> .....	51
FIGURA 9 – Variação do Equador Magnético .....	65
FIGURA 10 – Visualização sem e com dados do radar aeroembarcado no E-99.....	68
FIGURA 11 – Cobertura do OTH0100 do sítio do Albardão .....	70
FIGURA 12 – Sugestão de arquitetura para Cobertura da ZEE.....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Arqueação Bruta
AIS	Automatic Identification System
AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CISMAR	Centro Integrado de Segurança Marítima
CLPC	Comissão de Limites da Plataforma Continental
CNIT	Consórcio Nacional Interuniversitário para as Telecomunicações
CNTM	Controle Naval do Tráfego Marítimo
COMCONTRAM	Comando do Controle Naval do Tráfego Marítimo
CCOA	Centro Conjunto de Operações Aéreas
COMAE	Comando de Operações Aeroespaciais
COPM	Centros de Operações Militares
DMN	Doutrina Militar Naval
DRDC	Defence Research and Development Canada
END	Estratégia Nacional de Defesa
EUA	Estados Unidos da América
FMCW	Frequency Modulated Continuous Waveform
GMF	Global Maritime Fulcrum
HF	High Frequency
HFSWR	High Frequency Surface Wave Radar
IMO	International Maritime Organization
IMSWG	Interdepartmental Marine Security Working Group

INGV	Instituto Nacional de Geofísica e Vulcanologia
ISR	Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance
JORN	Jindalee Operational Radar Network
LCM	Linhas de Comunicação Marítimas
LOTHAR-fatt	Low Probability of Intercept Over the Horizon Adaptive Radar – feasibility
LRIT	Long-range identification and tracking
MADRE	Magnetic-Drum Radar Equipment
MB	Marinha do Brasil
MDA	Maritime Domain Awareness
MRL	Microwave & Radiation Laboratory
MSA	Maritime Situational Awareness
MSSIS	Maritime Safety and Security Information System
NCAGS	Naval Cooperation and Guidance for Shipping
NOSTRADAMUS	Nouveau Système Transhorizon Décamétrique Appliquant les Méthodes Utilisées en Studio
NRL	Laboratório de Investigação Naval
OODA	Observar, Orientar, Decidir, Agir
ORGACONTRAM	Organização de Controle Naval do Tráfego Marítimo
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
OTH-B	Sky wave over-the-horizon backscatter radar
OTHR	Over The Horizon Radar
PC	Plataforma Continental
PEM	Plano Estratégico da Marinha
PREPS	Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por

Satélite

RaSS	Laboratório Nacional Radar and Surveillance Systems
RDA	Regiões de Defesa Aérea
ROTHR	Relocatable Over-The-Horizon Backscatter Radar
SOTH-SW	Shipboard Over-The-Horizon Surface Wave Radar
STUDIO	Système de Traitement Universel de Diagnostic Ionosphériques
TOTH-SW	Transportable Over-The-Horizon Surface Wave Radar
TskW-OTH	Transportable Sky Wave Over-The-Horizon Radar
SIMMAP	Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às atividades do Petróleo
SAR	Save and Rescue
SEWS	Strategic Early Warning System
SISDABRA	Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea
VHF	Very High Frequency
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Consciência Situacional.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Consciência Situacional Marítima .....</b>	<b>23</b>
2.2.1 <i>Maritime Domain Awareness</i> .....	24
2.2.2 <i>Maritime Situational Awareness</i> .....	27
<b>2.3 Consciência Situacional e tomada de decisão: relação com o Ciclo de Boyd.....</b>	<b>29</b>
<b>2.4 Radar de Visada Além do Horizonte .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5 Sistemas de monitoração utilizados pelo CISMAR.....</b>	<b>36</b>
2.5.1 AIS ( <i>Automatic Identification System</i> ) .....	36
2.5.2 LRIT ( <i>Long-range identification and tracking</i> ) .....	37
2.5.3 PREPS (Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite) .....	37
2.5.4 SIMMAP (Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às atividades do Petróleo)..	38
<b>3 RADARES OTH UTILIZADOS EM OUTROS ESTADOS.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1 Austrália .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2 Canadá.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3 China.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4 EUA.....</b>	<b>45</b>
3.4.1 <i>Magnetic-Drum Radar Equipment (MADRE)</i> .....	46
3.4.2 AN/FPS-118 <i>Over-The-Horizon Backscatter (OTH-B) Radar</i> .....	46
3.4.3 AN/TPS-71 <i>Relocatable Over-The-Horizon Backscatter (OTH-B) Radar (ROTHR)</i> ....	47
<b>3.5 França.....</b>	<b>49</b>
<b>3.6 Reino Unido.....</b>	<b>50</b>
<b>3.7 Federação Russa .....</b>	<b>51</b>
<b>3.8 Ucrânia .....</b>	<b>53</b>
<b>3.9 Itália .....</b>	<b>54</b>
<b>3.10 Japão .....</b>	<b>55</b>
<b>4 RADAR OTH DO SÍTIO DO ALBARDÃO E A CONSCIÊNCIA SITUACIONAL MARITIMA .....</b>	<b>59</b>

<b>4.1 Radar OTH0100 do sítio do Albardão.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2 Comparação entre Radar OTH0100 e outros sistemas OTHR.....</b>	<b>62</b>
<b>4.3 Influência do Radar OTH0100 na Consciência Situacional Marítima.....</b>	<b>67</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma Zona Econômica Exclusiva (ZEE) com área oceânica de aproximadamente 3,6 milhões de km<sup>2</sup> que, dado seu valor estratégico e riquezas, foi denominada, pela Marinha do Brasil (MB), de Amazônia Azul<sup>®</sup>, em alusão à Amazônia verde, ambas com inestimável potencial econômico. Além disso, o Brasil pleiteia junto à Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC) a extensão de sua Plataforma Continental (PC) para além das 200 milhas marítimas, fato que acrescentaria cerca de 900 mil km<sup>2</sup> a esta área, que passaria a totalizar, aproximadamente, 4,5 milhões de km<sup>2</sup>, dimensão que seria maior que o bioma Amazônico e corresponderia a, aproximadamente, 52% da área continental brasileira, conforme dados disponibilizados pelo Ministério das Relações Exteriores<sup>1</sup>.

Essa vastidão marítima possui uma enorme gama de recursos naturais, destacando-se em importância as reservas de petróleo, gás natural e outros recursos minerais, tais como sal, cascalhos, areias, fosforitas, crostas cobaltíferas, sulfetos e nódulos polimetálicos, dentre outros<sup>2</sup>. Acrescenta-se a essa lista a pesca e a biodiversidade marítima, bem como o fato de tratar-se da principal via de transporte do comércio exterior do Brasil, além de sua influência sobre o clima brasileiro, tendo em vista a sua importância na regulação do regime de chuvas.

---

<sup>1</sup> Segundo artigo publicado no site do Ministério das Relações Exteriores (<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/169-plataforma-continental-brasileira>), em 2004, o Brasil submeteu à CLPC proposta de delimitação de sua Plataforma Continental para além das 200 milhas marítimas (Plataforma Continental Estendida - PCE), solicitando o reconhecimento de cerca de 960.000 km<sup>2</sup> adicionais à atual definição de sua plataforma continental, distribuídos nas regiões Norte (região do Cone do Amazonas e Cadeia Norte-Brasileira), Sudeste (região da Cadeia Vitória-Trindade e Platô de São Paulo) e Sul (região do Platô de Santa Catarina e Cone do Rio Grande). O pleito corresponde à área equivalente a dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Caso aprovado, a área oceânica sob jurisdição brasileira totalizaria 4,4 milhões de km<sup>2</sup> – o que representa cerca de metade da parte terrestre do território nacional.

<sup>2</sup> Existem em diversas páginas da internet informações acerca dos recursos naturais presentes na área marítima brasileira, destacando-se como referência os dados constantes na página da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM).

Pelas suas dimensões e pelo seu potencial, a vigilância e o controle dessa área tornam-se um grande desafio, haja vista estar suscetível a uma série de ameaças tais como a pesca ilegal, o contrabando, a exploração ilegal dos recursos oceânicos e as ameaças às linhas de comunicação marítimas (LCM), como a pirataria e o roubo armado contra navios, fazendo-se necessário o monitoramento constante de todas as embarcações transitando nessa região.

Nesse contexto, a Marinha do Brasil tem no escopo de sua missão, conforme preconizado na Doutrina Militar Naval (DMN), a tarefa de garantir a Segurança do Tráfego Marítimo, que é realizada desde o tempo de paz, por meio dos ramos do Monitoramento, da Direção e da Defesa do Tráfego Marítimo (BRASIL, 2017, p. 4-9), cujo propósito é prover segurança às LCM, à pesca e a outras atividades desenvolvidas nas águas de interesse.

Igualmente de acordo com a DMN (BRASIL, 2017, p. 4-9) o Monitoramento do Tráfego Marítimo é executado, permanentemente, pela Organização de Controle Naval do Tráfego Marítimo (ORGACONTRAM) e pressupõe a detecção, a localização, o acompanhamento, a identificação e a classificação do tráfego. Nessa atividade se procura detectar padrões anômalos de comportamento, dos diversos tipos de embarcações, que indiquem potenciais riscos para a defesa ou segurança das áreas marítimas. Para tanto, são utilizados sistemas de detecção e inteligência, essenciais para a formação da Consciência Situacional Marítima.

Novamente na DMN (BRASIL, 2017, p. 1-4) a Consciência Situacional Marítima é definida como sendo a “efetiva compreensão das tendências e relações, que se desenvolvem temporalmente no ambiente marítimo, entre diversos atores, que podem impactar a defesa, a segurança, a economia e o entorno estratégico de um país”. Tendo-se afinal na DMN que:

O propósito da Consciência Situacional Marítima é possibilitar, desde o tempo de paz, a identificação de ameaças preponderantemente externas, potenciais ou manifestas, de modo a permitir a execução de operações e ações pelo Poder Naval, tanto de forma singular quanto conjunta, com o intuito de neutralizá-las antes que se contraponham à integridade territorial, soberania e interesses nacionais (BRASIL, 2017, p. 1-4).

Assim, tomando como base a questão da identificação das ameaças, verifica-se que um ponto primordial é a obtenção dos dados de monitoração visto que, devido às dimensões da área a ser controlada, a utilização de tecnologias, que viabilizem a vigilância integral da região de interesse é fundamental, de forma a propiciar o incremento da Consciência Situacional Marítima. Há que se frisar que o desafio não se restringe ao monitoramento das embarcações lícitas, que utilizam meios colaborativos de identificação, como o Sistema de Identificação Automática (AIS)<sup>3</sup>, o qual, entretanto, é voltado para monitoração de curto alcance, mas principalmente à vigilância daquelas não colaborativas, evoluindo pelas águas da ZEE com intenções desconhecidas e podendo estar envolvidas em atividades ilícitas das mais variadas naturezas.

Dessa forma, uma das alternativas seria a utilização de meios de detecção ativos e de longo alcance, como o radar de visada além do horizonte (OTHR)<sup>4</sup> que, por meio de frequências abaixo de 30 Mhz (banda HF), aproveita a característica da ionosfera, de refletir feixes de ondas a ela dirigidos, permitindo que um radar na superfície da terra possa detectar e rastrear embarcações e aeronaves a distâncias superiores às que seriam possíveis com o uso de radares convencionais de micro-ondas.

O uso desse equipamento possibilitaria um considerável avanço no monitoramento da ZEE brasileira, pois permitiria cobrir distâncias de centenas de milhas náuticas e contribuiria para o incremento da Consciência Situacional Marítima. Além disso, trata-se de tecnologia de ponta, visto que segundo Liu (2007, p. 15-37) somente dez Estados no mundo detém a capacidade de desenvolvimento e utilizam este tipo de radar.

---

<sup>3</sup> Do inglês *Automatic Identification System*, este sistema possibilita o compartilhamento de informações entre embarcações que estejam dentro do alcance de comunicações em VHF, auxiliando a tomada de decisões na navegação.

<sup>4</sup> Do inglês *Over The Horizon Radar*. Em várias publicações as expressões Radar OTH e OTHR são equivalentes, por isso serão utilizadas no decorrer deste trabalho conforme o contexto o exija e seguindo o texto original de referência.

Ademais, o segundo Objetivo Nacional de Defesa, constante da Política Nacional de Defesa (BRASIL, 2016b), refere-se a dotar as Forças Armadas das capacidades necessárias para realizar a vigilância, o controle e a defesa do território, das águas jurisdicionais e do espaço aéreo, bem como prover a segurança das LCM. Para tanto, reconhece a necessidade do adequado aparelhamento das Forças Armadas, empregando-se tecnologias modernas e equipamentos eficientes e em quantidade compatível com a magnitude das atribuições confiadas. Conseqüentemente, o OTHR se enquadra nesse escopo, uma vez que se trata de um meio de alta tecnologia, inédita na América Latina, com potencial para prover a capacidade de vigilância integral das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB).

Adicionalmente, cabe citar que já existe no litoral brasileiro, no Farol de Albardão, no Rio Grande do Sul, um radar OTH em funcionamento. Trata-se do radar OTH0100 que, durante a sua avaliação operacional, mostrou-se capaz de monitorar embarcações localizadas além de 200 milhas náuticas da costa, cobrindo um setor angular de 120°, ou seja, nessa região esse radar demonstrou ter capacidade para vigiar, dentro do setor de cobertura, para além da extensão da ZEE.

Diante desse cenário, essa tese tem o propósito de avaliar de que forma a utilização do radar OTH, para o monitoramento à distância de alvos não colaborativos, influenciará na Consciência Situacional Marítima e, por conseguinte na aplicação do Poder Naval Brasileiro.

No escopo desse assunto, destaca-se que no dia 17 de dezembro de 2018 foi inaugurado o Centro Integrado de Segurança Marítima (CISMAR)<sup>5</sup>, que foi concebido a partir da decisão de criar um órgão centralizador, com capacidade de reunir todos os dados de segurança da navegação e de proteção marítima, podendo ser visto como a evolução do Comando do Controle do Tráfego Marítimo (COMCONTRAM).

---

<sup>5</sup> Conforme reportagem publicada na página da MB no dia 22 de dezembro de 2018. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/noticias/marinha-do-brasil-inaugura-o-centro-integrado-de-seguranca-maritima>>. Acesso em: 20 mai 2019.

Esse Centro dispõe de uma série de sistemas de monitoração, tais como o Sistema de Identificação e Acompanhamento de Navios a Longa Distância (LRIT)<sup>6</sup> e o AIS. Entretanto, tais sistemas apenas recebem dados de embarcações colaborativas, ou seja, aquelas que os mantêm ligados e emitindo. Assim, embarcações que não estejam irradiando sinais, seja por razões técnicas, devido a falhas nos sistemas, ou de modo deliberado, por estarem envolvidas em atividades ilícitas, bem como navios de guerra, que em situações de beligerância naturalmente estarão em condição de silêncio de emissões, não serão detectados pelos equipamentos passivos hoje disponíveis.

Dessa maneira, esse contexto evidencia a necessidade da utilização de sensores ativos, como é o caso do radar OTH, tendo em conta as características dos meios atualmente disponíveis, baseados em sensores passivos, incapazes de garantir o total monitoramento da Amazônia Azul<sup>®</sup> contra alvos não colaborativos.

Assim, a relevância dessa temática ancora-se no fato de que, de acordo com a DMN (BRASIL, 2017, p. 1-4), a Consciência Situacional Marítima exige avaliação contínua das áreas de interesse e monitoramento de padrões de comportamento, sendo que as lacunas no conhecimento devem ser buscadas pela vigilância, inteligência, reconhecimento e troca de informações.

Neste diapasão, a utilização do radar OTH, como proposto nesta tese, solucionará uma lacuna hoje existente, que é justamente a impossibilidade de monitoramento constante da ZEE, principalmente no que se refere aos alvos não colaborativos, suprimindo respostas para uma preocupação estratégica da Marinha do Brasil, tendo em vista o contido no Plano Estratégico da Marinha (PEM) que postula que “deve-se intensificar o esforço defensivo nas áreas marítimas contíguas às zonas produtivas, **adensando sensores ativos** nessas regiões

---

<sup>6</sup> O LRIT tem como propósito manter o acompanhamento da movimentação de navios mercantes de bandeira brasileira, sujeito a regulamentação da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (*International Convention for the Safety of Life at Sea: SOLAS*), através de informações padronizadas de posição fornecidas pelos provedores de sistemas de acompanhamento.

para obter-se um controle máximo sobre as áreas vitais à produção petrolífera, bases navais, portos, etc.” (BRASIL, 2019, p. 41, grifo nosso).

Portanto, para responder ao questionamento formulado, este trabalho foi dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro esta introdução.

No segundo capítulo serão apresentados os referenciais teóricos que proporcionarão o arcabouço para a avaliação dos dados. Nesse capítulo serão apresentados os conceitos relativos à Consciência Situacional, Consciência Situacional Marítima, Sistemas de Monitoração utilizados pelo CISMAR e radar OTH. Cabe destacar que no que se refere à Consciência Situacional Marítima serão abordados os conceitos relativos ao *Maritime Domain Awareness* (MDA), concepção criada pelos Estados Unidos da América (EUA) e adotada pela Marinha do Brasil (FONSECA, 2016) e os atinentes a *Maritime Situational Awareness* (MSA), formulação que vem sendo apresentada na literatura como evolução natural do conceito de MDA.

No terceiro capítulo serão apresentados dados relativos à operação dos radares OTH nos Estados conhecidos como detentores desta tecnologia, ou seja, Austrália, Canadá, China, EUA, França, Itália, Japão, Reino Unido, Rússia e Ucrânia. Serão abordadas as aplicações desses sistemas, a fim de propiciar dados para uma comparação com o radar instalado no sítio do Albardão.

No quarto capítulo será feita a descrição do OTH0100 e a comparação deste sistema com os listados no capítulo três, como forma de verificar em que estágio de maturidade e aplicação se encontra o radar brasileiro. Posteriormente, será feita a análise do impacto da utilização desse equipamento na percepção dos operadores, primeiro nível da Consciência Situacional, com influência direta na Consciência Situacional Marítima.

Por fim, o quinto capítulo apresentará a consolidação dos argumentos acerca das aplicações e impactos na Consciência Situacional Marítima à guisa de conclusão.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A fim de embasar a pesquisa a ser realizada, é preciso definir as teorias que lhe darão suporte, para tanto, serão abordados os conceitos relativos a Consciência Situacional, Consciência Situacional Marítima e radar OTH, de modo a construir o arcabouço teórico necessário para as análises que serão realizadas, acerca da influência do uso do radar OTH na Consciência Situacional Marítima.

### **2.1 Consciência Situacional**

A Consciência Situacional e seu estudo revestem-se de fundamental importância em diversos ramos de atividades. Uma dificuldade recorrente, na avaliação desta, é diferenciar a Consciência Situacional propriamente dita dos efeitos inerentes à presença ou, principalmente, à ausência da mesma. Vale frisar que elementos tais como tempo de resposta e decisões corretas ou erradas são efeitos da presença ou ausência de níveis adequados de Consciência Situacional e não refletem a Consciência Situacional propriamente dita. Desta forma, será feita uma revisão da literatura, de modo a buscar definições e abordagens sobre o assunto com o intuito de elucidar os conceitos e balizar o estudo subsequente.

Em sentido amplo, conforme proposto por Garland e Endsley (1995) a Consciência Situacional pode ser entendida como um modelo mental, baseado no conhecimento que uma pessoa possui sobre uma situação ao seu redor.

Tendo como base diferentes modelos teóricos, aplicados a diversos campos das atividades humanas, existem várias definições para Consciência Situacional (STANTON et al., 2001), entretanto, a definição mais citada na literatura pertinente é a desenvolvida por Endsley na década de 90 (SALMON et al., 2009), que tem origem na aviação militar.

Segundo proposto por Endsley (1988, p. 97, tradução nossa) “a Consciência Situacional é definida como a percepção dos elementos de uma determinada situação, num dado volume de tempo e espaço, a compreensão de seu significado e a projeção de sua condição num futuro próximo”<sup>7</sup>.

Complementando a definição de 1988, Endsley e Garland (2000) afirmam que a Consciência Situacional pode ser dividida em três níveis, que são definidos da seguinte forma:

- a) o primeiro nível envolve a percepção do meio;
- b) o segundo nível é definido pelo entendimento e a compreensão dos fatores; e
- c) o terceiro e mais alto nível constitui a projeção futura do quê e como irá acontecer.

A título de exemplo, a FIG. 1 apresenta um modelo da utilização da Consciência Situacional num processo dinâmico de tomada de decisão. Observa-se nesta figura que características do sistema, tais como capacidade, interface e complexidade influenciam na Consciência Situacional e também diretamente nas decisões e no desempenho das ações. Percebe-se pela análise da FIG 1 que a Consciência Situacional será influenciada tanto por fatores inerentes ao indivíduo, tais como experiência na função, treinamento, pré-concepções e mecanismos internos de processamento das informações, quanto por fatores externos, inerentes ao sistema, tais como a capacidade de detectar dados, a interface, a complexidade, o nível de automação e a carga de trabalho necessária para operar este sistema.

Quando lidando com o primeiro nível, ou seja, a percepção, a capacidade de detectar os dados é primordial, pois a ausência de elementos chaves sobre o ambiente compromete na mesma medida o processamento que fornecerá informação e os processos cognitivos advindos da informação recebida, gerando compreensão equivocada ou

---

<sup>7</sup>Tradução nossa do texto original em inglês: *the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future.*

insuficiente e projeção inadequada, que poderá acarretar numa tomada de decisão desde insatisfatória até desastrosa.

Essa situação é particularmente perigosa na aviação militar, onde teve origem o estudo da Consciência Situacional, porém nota-se que essa definição se enquadra nas atividades das Forças Armadas em geral, pois no cenário de combate é fundamental o conhecimento, compreensão e projeção, sendo essa última a que leva à antecipação e vantagem em todos os níveis, desde o estratégico até o tático. Assim, os sistemas e equipamentos de monitoração, vigilância e apoio à decisão são ferramentas essenciais.

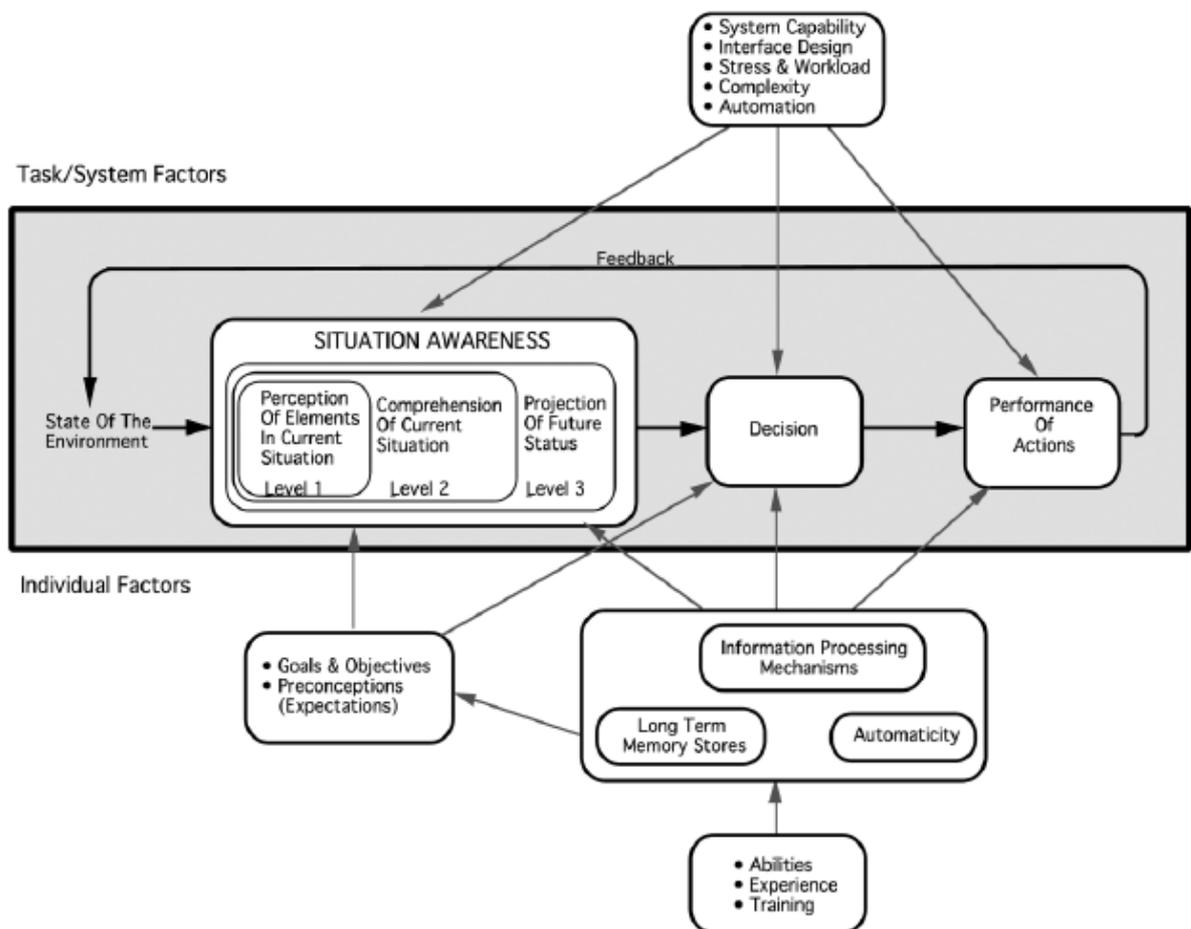


FIGURA 1 – Consciência Situacional num processo dinâmico de tomada de decisão

Fonte: Endsley (1995)

Além dos já citados, outros autores se dedicaram ao tema e propuseram outras definições, dentre estes Taylor (1990) postulou que a Consciência Situacional envolve não só

o conhecimento, mas também a compreensão e a antecipação, não só dos eventos, mas também das variáveis que afetam a segurança e a efetiva condução de uma missão.

Ao introduzir os termos missão, variáveis e antecipação, Taylor se aproxima ainda mais das Forças Armadas, principalmente do nível de decisão estratégico, pois nos níveis operacional e tático não há acesso completo às variáveis e tampouco se presume uma antecipação, uma vez que estes níveis estão voltados para o cumprimento do planejamento oriundo do nível superior, que será realimentado com os resultados para reorientar as novas ações, seguindo o ciclo de Boyd.

Taylor et al (1996) complementam a definição anterior afirmando que a Consciência Situacional compreende além do conhecimento, também a cognição e a previsão de eventos, fatores e variáveis que afetem não só a condução segura, mas também expedita e efetiva de uma missão.

Esta complementação proposta por Taylor não acrescenta consideráveis mudanças na anterior, porém ao acrescentar a cognição, deixa claro tratar-se de um processo mental, que depende intrinsecamente do indivíduo.

Já para Dominguez (1994) a Consciência Situacional é um processo de extração contínua de informação do ambiente, a qual é integrada com o conhecimento prévio de modo a formar uma imagem mental coerente, que é utilizada na percepção e antecipação de eventos futuros.

Domingues por sua vez ao elencar a extração contínua de informação do ambiente, indiretamente reforça a importância dos sensores disponíveis, uma vez que serão esses que fornecerão as informações. Nesse sentido, a ausência ou a presença de sensores inadequados para o fim a que se destinam, poderá comprometer o processo e, por conseguinte, a integração com o conhecimento prévio, fatos que afetarão a imagem mental a ser criada e comprometerão a Consciência Situacional.

Apesar de ainda existirem outros autores, do ponto de vista do conhecimento acadêmico, cabe abordar a perspectiva militar, assim, de acordo com o Glossário das Forças Armadas:

Consciência Situacional é definida como a percepção precisa dos fatores e condições que afetam a execução da tarefa durante um período determinado de tempo, permitindo ou proporcionando ao seu decisor, estar ciente do que se passa ao seu redor e assim ter condições de focar o pensamento à frente do objetivo. É a perfeita sintonia entre a situação percebida e a situação real (BRASIL, 2007, p. 64).

Por fim, condensando todo o conhecimento apurado com base nos autores estudados, Garland, Endsley, Stanton, Salmon, Taylor, Dominguez, Breton, Rousseau e pela definição contida no Glossário das Forças Armadas, pode-se inferir que a Consciência Situacional é um ramo do conhecimento que abrange uma variada gama de atividades, pois almeja avaliar como os indivíduos se portam perante cenários complexos, com o objetivo de aumentar a eficiência e a segurança na operação de sistemas críticos.

Observa-se uma relevante utilização deste conceito em atividades tais como plantas de energia nuclear, controle do tráfego aéreo, pilotagem de aviões, dentre outras, sendo que a partir dos atentados terroristas de 11 de setembro de 2001, passou-se também a ser dada grande ênfase a Consciência Situacional Marítima, que possui conceitos específicos, adotados em cada Estado e que serão abordados a seguir.

## **2.2 Consciência Situacional Marítima**

Para o perfeito entendimento do conceito da Consciência Situacional Marítima é imprescindível abordar a evolução do termo, desde os primórdios quando foi concebido pelos EUA como *Maritime Domain Awareness* (MDA), ou numa tradução livre Consciência do Domínio Marítimo, até chegar no *Maritime Situational Awareness* (MSA), termo cunhado no âmbito da Reunião de Cúpula da OTAN, realizada em Riga no ano de 2006.

Cabe salientar que existe uma variada gama de definições para os dois termos, entretanto, no primeiro caso a ênfase está na compreensão e no segundo na percepção da informação, que seria obtida pela fusão de dados oriundos de diversas fontes. Entretanto, será constatado que os termos são, em última instância, complementares, pois a compreensão da situação depende do conhecimento dos elementos que a compõe, ou seja, da percepção.

### 2.2.1 *Maritime Domain Awareness*

De acordo com Fonseca (2016) o conceito de Consciência Situacional Marítima adotado pela Marinha do Brasil derivou-se da definição proposta pelos EUA, referente à expressão *Maritime Domain Awareness*.

Segundo o Plano Nacional dos EUA para alcançar a MDA, essa é definida como a compreensão efetiva de tudo associado ao domínio marítimo que possa afetar a defesa, a segurança, a economia ou o meio ambiente dos EUA<sup>8</sup> (EUA, 2005).

Ainda segundo aquele plano o efetivo entendimento ocorre somente quando a compreensão do tomador de decisões, acerca de informações relevantes, lhe permite tomar a ação apropriada. Assim, pode-se dizer que a MDA consiste na junção do que é observado e entendido (Consciência Situacional), com aquilo que seria uma antecipação mental, uma suspeita, ou seja, a consciência da ameaça. Note-se que esse entendimento encontra embasamento na conceituação do terceiro nível da Consciência Situacional proposta por Endsley e Garland (2000), que se refere à projeção.

---

<sup>8</sup> Tradução nossa do texto original em inglês: *Maritime Domain Awareness is the effective understanding of anything associated with the maritime domain that could impact the security, safety, economy, or environment of the United States.*

Nesse ponto, cabe chamar a atenção para a declaração do Almirante Gary Roughead<sup>9</sup> (2007, *apud* Boraz, 2009 p. 1, tradução nossa) “a consciência do domínio marítimo é onde tudo começa. Não podemos conduzir as operações necessárias se não tivermos uma boa noção do que está lá fora, movendo-se, acima ou abaixo do mar.”<sup>10</sup>

Nessa declaração vislumbra-se toda a preocupação e importância destinada ao tema, pois se evidencia a necessidade de obtenção de informação prévia, antes de iniciar qualquer operação e, mais do que isto, compreender estas informações para efetivamente poder se preparar para enfrentar as ameaças que estejam presentes no domínio marítimo.

Além dos EUA, verifica-se que esse conceito possui outras abordagens, em outros Estados. De acordo com a Estratégia Canadense para MDA essa é definida como todas as áreas e coisas de, sobre, sob, relacionadas a, adjacentes a, beirando o mar, oceano ou outra via navegável, incluindo as atividades relacionadas a transporte marítimo, infraestrutura, pessoas, carga e embarcações e outros meios de transporte (IMSWG, 2001, p. 2)<sup>11</sup>.

Nota-se nessa definição uma extensão do sentido proposto pelos EUA, contendo um entendimento de domínio propriamente dito, haja vista que buscou abarcar todas as áreas e todas as atividades relacionadas ao ambiente marítimo.

Numa visão alternativa, de acordo com Biddington (2014, p. 14) em vez de MDA, publicações australianas relevantes frequentemente usam a expressão “Consciência Situacional” ou “Consciência Situacional no Domínio Marítimo”, não obstante o fato da Doutrina Marítima Australiana (AUSTRALIA, 2010) ainda fazer alusão ao termo cunhado pelos EUA. Ainda segundo esse autor, o mais importante é que, independentemente do termo,

---

<sup>9</sup> Gary Roughead é um ex-oficial da Marinha dos Estados Unidos que atuou como 29º Chefe de Operações Navais de 29 de setembro de 2007 a 23 de setembro de 2011. Anteriormente, foi Comandante do Comando das Forças de Frota dos Estados Unidos de 17 de maio a 29 de setembro de 2007. Informação obtida no *Naval History and Heritage Command*. Disponível em: < <https://www.history.navy.mil/browse-by-topic/people/chiefs-of-naval-operations/admiral-gary-roughead.html> >. Acesso em: 20 jun. 2019.

<sup>10</sup> Tradução nossa do texto original em inglês: *Maritime Domain Awareness is where it all begins. We cannot conduct the operations that we must if we don't have a good sense of what's out there, moving on, above or under the sea.*

<sup>11</sup> IMSWG - *Interdepartmental Marine Security Working Group*.

a Austrália está buscando aumentar substancialmente sua compreensão do ambiente natural, bem como das atividades humanas que ocorrem acima, sobre e sob os mares que circundam o continente.

Nota-se no caso australiano uma compreensão semelhante à demonstrada nos documentos dos EUA, de que a Consciência Situacional Marítima seria na verdade a Consciência Situacional clássica, porém aplicada ao domínio marítimo.

Buscando uma visão do ponto de vista asiático, tem-se que, conforme Agastia e Perwita (2018, p. 2), o conceito de MDA no âmbito da segurança marítima da Indonésia, geralmente se refere a ter uma compreensão abrangente do ambiente marítimo, englobando os aspectos físicos, materiais e imateriais, tais como o tráfego marítimo, geografia, jurisdições legais e extensão do território marítimo. A partir desse entendimento é possível a formulação de decisões táticas ou técnicas, operacionais e estratégicas, como meio de promover o interesse nacional. Sem a MDA adequada, seria difícil para as partes interessadas priorizar e alocar recursos marítimos para as principais áreas de preocupação do Fulcro Marítimo Global<sup>12</sup>.

Por fim, consolidando tudo o que foi abordado até este ponto, nota-se que nas definições apresentadas o ponto comum é a preocupação não só com o monitoramento, mas com efetivamente tudo que esteja no meio marítimo, tarefa praticamente impossível sem uma eficiente rede de sensores, ativos e passivos, capazes de detectar todas as embarcações, de qualquer tipo, trafegando nos respectivos ambientes marítimos. Entretanto, existe na literatura o conceito referente a *Maritime Situational Awareness*, que merece ser abordado para fins de dialética.

---

<sup>12</sup> O Fulcro Marítimo Global pode ser entendido como o sustentáculo, ou base marítima, adotada pela Indonésia na sua política geoestratégica na Região do Indo-Pacífico, conforme pode ser interpretado do texto original em inglês: *Since 2014, President Joko Widodo proposed Indonesia as being a centre of maritime and economic activity in the Indo-Pacific due to its lucrative geostrategic position in global maritime trade. At the 9 th East Asia Summit, Joko Widodo iterated the five pillars of the Global Maritime Fulcrum (GMF), which includes maritime culture, economy, infrastructure, diplomacy, and defence.*

### 2.2.2 *Maritime Situational Awareness*

No âmbito da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN)<sup>13</sup>, houve a evolução do conceito de *Maritime Domain Awareness* para *Maritime Situational Awareness* como resultado da 19ª Reunião de Cúpula da OTAN realizada no *Olympic Sports Centre*, em Riga, Letônia, de 28 a 29 de Novembro de 2006. Assim, convencionou-se que a MSA é definida como a compreensão de eventos e atividades militares e não militares dentro e associados ao ambiente marítimo que são relevantes para operações e exercícios atuais e futuros da OTAN, onde o Ambiente Marítimo é compreendido pelos oceanos, mares, baías, estuários, vias navegáveis, regiões costeiras e portos (KOSCIELSK, MILER E ZIELIŃSK, 2007).

Esta definição é similar as anteriores baseadas no conceito da MDA, porém nota-se aqui que foi explicitada a noção de atividades militares e não militares, deixando claro o interesse e preocupação da OTAN em relação ao tema. Outro ponto de destaque é a questão da compreensão, que remete ao segundo nível do modelo proposto por Endsley, que depende diretamente da percepção dos elementos atuando no meio em observação.

Ainda segundo Burton (2016) a MSA pode ser entendida como a fusão de informações de uma variedade de fontes (visual, eletromagnética, acústica) para criar uma compreensão precisa do ambiente marítimo em que as Marinhas operam. Em um nível operacional, essa é uma tarefa que ocorre 24 horas por dia, sete dias por semana, 365 dias por ano, e se aplica tanto em situações de tempo de guerra quanto em tempos de paz.

Nota-se nesta definição, que foi proposta pelo autor no contexto da avaliação de ataques cibernéticos, uma visão mais voltada para os dados fornecidos pelos diversos

---

<sup>13</sup> Do ingles *North Atlantic Treaty Organization* (NATO).

sensores, os quais seriam suscetíveis de ser manipulados, adulterados ou suprimidos, de forma a prejudicar a obtenção da compreensão do ambiente marítimo.

Já para Arguedas, Mazzarella e Vespe (2015) a MSA é a capacidade de compreender eventos, circunstâncias e atividades dentro e impactando o ambiente marítimo. Para tanto, o principal desafio é a agregação de grandes quantidades de dados heterogêneos e a sua transformação em informações úteis e confiáveis para apoiar usuários no processo de tomada de decisão, visualizando tais informações no Quadro de Situação Marítima.

Novamente evidencia-se a necessidade de obtenção de dados sobre o meio marítimo, pois é a partir destes dados que se pode obter a compreensão e subsequente projeção do ambiente, por meio do devido tratamento que leva a informações relevantes e confiáveis.

Na visão de Koscielsk, Miler e Zielińsk (2007) o objetivo da MSA é desenvolver a capacidade de identificar as ameaças existentes o mais cedo e o mais longe possível. Isso é feito integrando sistemas de inteligência, vigilância, observação e navegação, todos interagindo na mesma estrutura operacional. Para que essa capacidade seja eficaz, é necessário construir uma estrutura que cubra a coleta e o monitoramento de dados, usando variados tipos de sensores, permitindo uma resposta rápida e precisa.

Esta última definição apresenta a preocupação com a utilização de sensores que possibilitem a detecção das possíveis ameaças o mais longe possível, objetivo que pode ser alcançado pela utilização de radares OTH. Apresenta também a questão da tomada de decisão rápida e precisa que tem ligação direta com a aplicação da Consciência Situacional no ciclo de Boyd.

Constata-se que independente do conceito utilizado, a questão principal é a forma como será utilizada a Consciência Situacional Marítima. Assim, para complementar os

conceitos até aqui abordados, será apresentada a relação da Consciência Situacional com o Ciclo de tomada de decisão, conhecido como Ciclo de Boyd ou Ciclo OODA.

### **2.3 Consciência Situacional e tomada de decisão: relação com o Ciclo de Boyd**

Partindo-se da definição proposta por Endsley (1988, p. 97) de que a Consciência Situacional é definida como a percepção dos elementos de uma determinada situação, num dado volume de tempo e espaço, a compreensão de seu significado e a projeção de sua condição num futuro próximo e ainda levando-se em consideração o modelo de três níveis, também proposto por Endsley (1988) pode-se identificar que a Consciência Situacional possibilita aos tomadores de decisão agir de uma maneira rápida e efetiva.

O Ciclo de Boyd, também conhecido como ciclo OODA (Observação-Orientação-Decisão-Ação), visa obter vantagem sobre o inimigo por meio da obtenção de informações vitais antes do adversário favorecendo, desta forma, a manutenção da iniciativa. (ENDSLEY e JONES, 1997).

A FIG. 2 apresenta uma visão esquemática do ciclo OODA e pode-se verificar que o Coronel John Boyd (1927-1997) realizou uma equivalência entre este ciclo e o ciclo de comando e controle.

O Ciclo OODA é um modelo que assinala um encadeamento de ações de quatro estágios que sustenta uma tomada de decisão rápida, eficaz e proativa. Estes quatro estágios podem ser entendidos da seguinte maneira (BOYD, 1986):

1. **Observar** – recolher as informações atuais por meio de todas as fontes possíveis e disponíveis;
2. **Orientar** – analisar a informação recolhida e utilizá-la para atualizar a realidade;
3. **Decidir** – determinar o curso da ação; e

4. **Agir** – executar a decisão tomada no estágio anterior.

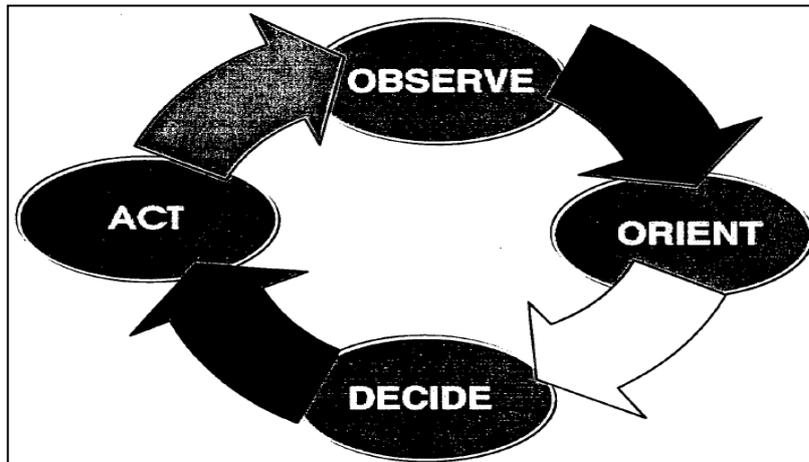


FIGURA 2 - Ciclo OODA

Fonte: Endsley & Jones (1997)

O ciclo se renova por meio da observação dos resultados das ações: verificando se foram atingidos os resultados esperados, revendo a decisão inicial e avançando para a próxima ação (BOYD, 1986).

Na visão de Boyd, tanto o inimigo, quanto as forças amigas, seriam como um sistema que atua mediante um processo de tomada de decisões baseado nas observações do mundo ao redor. Para orientar os sistemas para as ameaças percebidas, ambos os lados iriam observar as evoluções das circunstâncias e desdobramentos e reunir informações externas. Neste contexto, o lado que conseguir efetuar esta orientação mais rapidamente obteria vantagem em relação ao oponente.

Assim, a fase de orientação do ciclo seria o passo mais importante, uma vez que se o inimigo perceber as ameaças erradas ou perceber de forma errônea o que está se passando no ambiente que o rodeia, irá orientar o seu pensamento e suas forças nas direções erradas e, em última instância, tomar decisões incorretas.

Traçando-se um paralelo com o Ciclo de Boyd infere-se que a Consciência Situacional pode ser vista como uma visão mais detalhada das etapas de Observação e Orientação do Ciclo OODA, conforme proposto por Endsley & Jones (1997) e esquematizado

na FIG. 3.

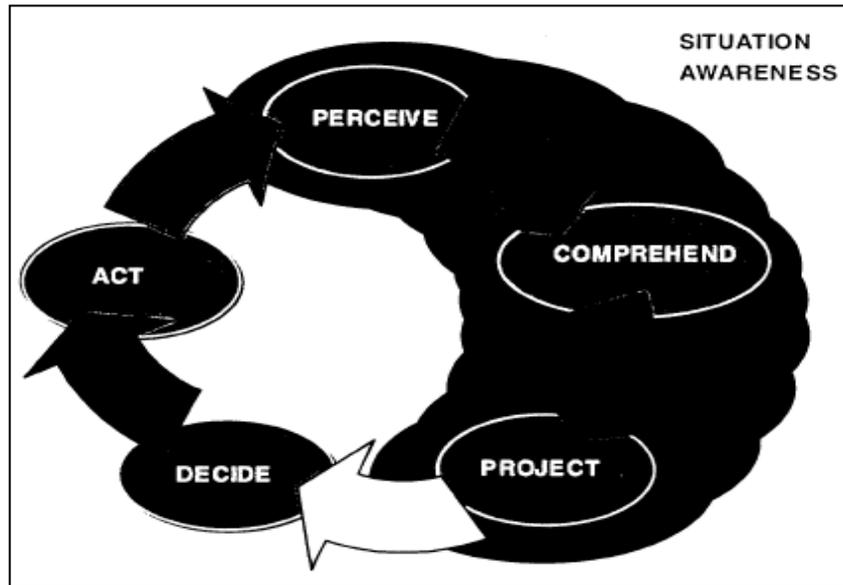


FIGURA 3 - Consciência Situacional no Ciclo OODA

Fonte: Endsley & Jones (1997)

Percebe-se que os três níveis da Consciência Situacional estão intrinsecamente relacionados com as etapas de observação e orientação do ciclo OODA, porque possibilitam justamente obter a noção correta e efetiva do que acontece ao redor, evitando a ocorrência de percepção errônea do que está se passando no ambiente e, com isso, embasam a tomada de decisão e ação subsequente.

Adicionalmente, a FIG. 4 apresenta um modelo descritivo de tomada de decisão proposto por Endsley & Jones (1997), no qual se identifica a influência da Consciência Situacional para as etapas de decisão e ação.

Neste modelo, segundo Endsley e Jones (1997) a Consciência Situacional é o principal fator para a qualidade do processo de tomada de decisão. Isto porque em cenários complexos, como os de combate, a ênfase principal é primeiramente classificar a situação, com muito menos esforço devotado, e analisar múltiplas alternativas de ação (KLEIN, 1989).

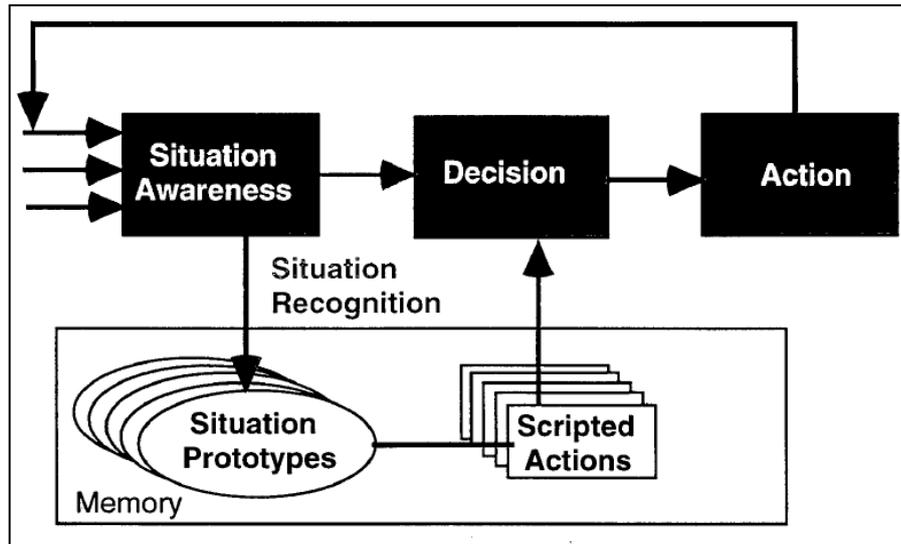


FIGURA 4 - Modelo descritivo de tomada de decisão

Fonte: Endsley e Jones (1997)

Analisando o modelo proposto na FIG 4 percebe-se que a Consciência Situacional permite o reconhecimento do cenário e o posterior acesso a protótipos ou padrões, oriundos da experiência, que possibilitam a tomada de decisões rápidas. Note-se que o processo possui uma retroalimentação, pois ao executar uma ação o ambiente se altera e, com isso, a Consciência Situacional receberá novos dados, oriundos da percepção e da compreensão do meio, possibilitando a projeção futura e conduzindo a nova tomada de decisão.

Dessa forma, uma vez evidenciada a relevância da Consciência Situacional no ciclo de tomada de decisão, resta verificar a questão dos sistemas e sensores que irão fornecer os dados acerca do que ocorre no ambiente de interesse, motivo pelo qual se passa a abordar os conceitos relativos ao radar OTH, ferramenta fundamental, no âmbito da monitoração marítima de alvos não colaborativos, para consecução das necessidades levantadas nestas definições.

## 2.4 Radar de Visada Além do Horizonte

Antes de apresentar as definições referentes ao radar OTH cabe frisar que este sistema, tal como outros sistemas de detecção, se enquadra justamente no provimento do primeiro nível da Consciência Situacional, proposto por Endsley e Garland (2000), que é a percepção do meio, obtida a partir do monitoramento de todos os alvos, colaborativos e não colaborativos, considerando-se as características próprias deste tipo de equipamento.

Para exemplificar o diferencial de capacidade de um radar OTH, a FIG 5 ilustra o comparativo entre o alcance de detecção de um radar convencional em comparação com um radar OTH utilizando ondas de superfície (*surface wave*) e ondas celestes (*skywave*), podendo ser verificado que o radar OTH propicia uma cobertura muito superior.

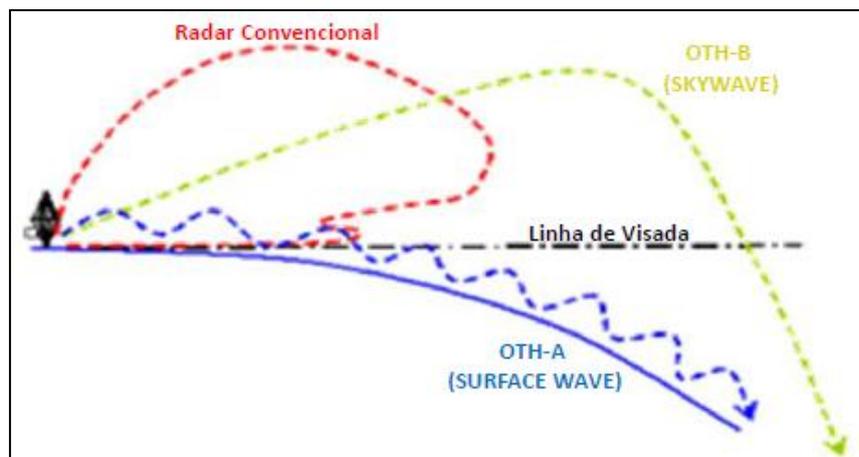


FIGURA 5 – Comparação entre os alcances de detecção

Fonte: IACIT (2019)

Segundo Headrick e Thomason (1998), no final da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), houve interesse em explorar o potencial do radar com propagação em HF e vários programas foram iniciados. O objetivo desejado era obter um dramático incremento na ordem de magnitude do alcance dos radares.

Assim, a partir da década de 1950, vários emissores de alta frequência, operando entre 3 e 30 MHz, foram desenvolvidos com o intuito de ampliar os intervalos de detecção,

por meio da reflexão do sinal na ionosfera. A principal vantagem destes sistemas é que o alcance máximo de detecção não é limitado pela curvatura da Terra, uma vez que podem ver além da linha de visada direta. Portanto, constituem-se em equipamentos de grande interesse estratégico, pois possuem a capacidade de detectar alvos completamente obscurecidos pelo horizonte (KOLOSOV et al.,1987).

A propagação do radar OTH é classificada em duas categorias: por onda de superfície (*ground wave*) e por ondas celestes (*skywave*). Os sistemas de ondas de superfície foram considerados em primeiro lugar e operados eficazmente no início dos anos 50, já os radares de ondas celestes surgiram um pouco mais tarde. Nesses últimos, o transmissor do radar OTH emite ondas de rádio que são refletidas pelo alvo, via ionosfera, e detectadas por um receptor, que normalmente está localizado em local separado do transmissor. Os sistemas de ondas de superfície também operam na banda HF, porém fazem uso do acoplamento eletromagnético dessas ondas na superfície do mar (KOLOSOV, et al., 1987). Esse acoplamento também fornece um meio de detectar alvos além do horizonte, ou seja, além da linha de visada direta, limite dos sistemas convencionais de radar de micro-ondas (LIU, 2007), conforme esquematizado na FIG 5.

Além disto, segundo Ciboci (1997), Headrick e Thomason (1998) os radares OTH, desde sua gênese, vêm sendo utilizados numa série de tarefas, tais como:

- a) Fornecer detecção e rastreamento antecipados de aeronaves;
- b) Monitorar a atividade aeroviária;
- c) Guiar interceptações aéreas;
- d) Monitorar portos e hidrovias estratégicos;
- e) Coletar estatísticas de tráfego de navios compondo amplas forças navais, fornecendo alertas antecipados;
- f) Rastrear mísseis de cruzeiro;

- g) Mapear o espectro do mar e o vento de superfície;
- h) Detectar padrões de redemoinhos e
- i) Monitorar a corrente oceânica.

A listagem apresentada não é exaustiva, tanto que além das aplicações de monitoramento da superfície do oceano e relacionadas à defesa, o radar OTH também está sendo utilizado atualmente para detectar e localizar aeronaves suspeitas de transportar drogas ilegais (KINGSLEY e QUEGAN, 1999).

Entretanto, no caso da propagação por onda celeste, apesar de proporcionar uma ampla área de vigilância, um problema significativo é o fenômeno da propagação por múltiplos caminhos, decorrente da presença de múltiplas camadas, de relativamente alta densidade eletrônica na ionosfera (MIN et al., 2006, p. 1-4), fato que torna o desenvolvimento desses sistemas muito mais dispendioso do que no caso da propagação por ondas terrestres, além de exigir técnicas de processamento mais avançadas.

Cabe frisar que, segundo Liu (2007, p. 15-37), somente dez Estados no mundo, Austrália, Canadá, China, EUA, França, Itália, Japão, Rússia, Reino Unido e Ucrânia detêm a tecnologia e utilizam este tipo de radar. Dessa forma, o desenvolvimento dessa capacidade pelo Brasil, além de prover um diferencial estratégico, ainda o colocará em posição de destaque no cenário internacional, por ser o primeiro Estado da América Latina a desenvolver tal sistema.

Assim, uma vez abordados os conceitos relativos ao radar OTH, para finalizar o arcabouço teórico, resta verificar quais sistemas de monitoração estão disponíveis atualmente para vigilância das áreas de interesse da MB. Para tanto, serão apresentados os sistemas hoje disponíveis no CISMAR, de modo a propiciar o entendimento da sua abrangência e balizar a futura análise do impacto da inclusão do radar OTH na monitoração e, conseqüentemente, na Consciência Situacional Marítima.

## 2.5 Sistemas de monitoração utilizados pelo CISMAR

O CISMAR tem o propósito de contribuir para a segurança do tráfego marítimo de interesse do Brasil, atender a compromissos relativos ao Controle Naval do Tráfego Marítimo (CNTM) e à Doutrina *Naval Cooperation and Guidance for Shipping* (NCAGS) assumidos pelo Brasil, além de incrementar a Consciência Situacional Marítima. (BRASIL, 2019). Para tanto, dispõe de uma série de sistemas destinados a executar a monitoração dos tráfegos marítimos evoluindo na área de interesse, os quais serão listados a seguir.

### 2.5.1 AIS (*Automatic Identification System*)

O AIS é um sistema passivo, ou seja, que depende da atuação do operador da embarcação, baseado num equipamento de comunicações, ou simplesmente "*transponder*"<sup>14</sup> AIS", que possibilita a transmissão e recepção de mensagens de dados digitais padronizadas, através de ondas de rádio VHF<sup>15</sup>. Quando utilizando o AIS, são os próprios participantes do sistema que transmitem periodicamente informações sobre si próprios. Algumas dessas informações são cadastradas manualmente, outras são obtidas e atualizadas constantemente por meio de sensores integrados ao *transponder* (TETREAULT, 2005).

O emprego do AIS foi originalmente concebido para auxiliar as estações de terra responsáveis pelo controle do tráfego marítimo. Posteriormente, a *International Maritime Organization* (IMO) aperfeiçoou o sistema com o propósito de proporcionar maior segurança à navegação. Esse recurso possibilita o compartilhamento de informações entre embarcações que estejam dentro do alcance de comunicações em VHF, auxiliando a tomada de decisões na

---

<sup>14</sup> O *transponder* (abreviação de *transmitter-responder*) é um dispositivo de comunicação eletrônico, autônomo, que recebe, amplifica e retransmite um sinal em frequência característica.

<sup>15</sup> VHF é a sigla para o termo em inglês *Very High Frequency* (Frequência Muito Alta) que designa a faixa de radiofrequências de 30 a 300 MHz.

navegação. Para possibilitar o acompanhamento em tempo real dos navios mercantes equipados com o AIS é utilizado o *Maritime Safety and Security Information System* (MSSIS), em português Sistema de Informação de Segurança e Proteção Marítima, que é um sistema eletrônico para coleta e integração da posição de embarcações e informações marítimas relacionadas (BRASIL, 2019).

### 2.5.2 LRIT (*Long-range identification and tracking*)

O Sistema de Identificação e Acompanhamento de Navios a Longa Distância (LRIT) tem como propósito manter o acompanhamento da movimentação de navios mercantes de bandeira brasileira, sujeito a regulamentação SOLAS<sup>16</sup>, através de informações padronizadas de posição fornecidas pelos provedores de sistemas de acompanhamento.

A implantação do LRIT e seus respectivos Centros de dados permitirá o oportuno intercâmbio de informações entre os sistemas de controle do tráfego marítimo dos Estados signatários da convenção SOLAS para uso em seus sistemas SAR<sup>17</sup> e para a identificação do tráfego marítimo de interesse (BRASIL, 2019).

### 2.5.3 PREPS (Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite)

O Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS) foi instituído e regulamentado por meio da Instrução Normativa Interministerial n.º 2, de 04 de setembro de 2006 (BRASIL, 2006).

---

<sup>16</sup> Sigla em inglês de *International Convention for the Safety of Life at Sea*, 1974/1988, traduzido como Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar.

<sup>17</sup> Sigla em inglês de *Search and Rescue*, traduzido como Busca e Salvamento.

Para atender ao programa, existe uma Central de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras, que é a unidade central pertencente à estrutura do PREPS, localizada e coordenada no âmbito da Marinha do Brasil, dotada de sistema central informatizado de rastreamento, destinada a receber, de forma automática, as informações geográficas de localização, bem como outras consideradas obrigatórias, quando aplicável, enviadas por empresas prestadoras de serviço de rastreamento (BRASIL, 2006).

A participação no PREPS é obrigatória para todas as embarcações pesqueiras com Arqueação Bruta (AB) igual ou superior a 50 ou com comprimento total igual ou superior a 15 metros, incluindo as embarcações de pesquisa pesqueira. São transmitidas informações padronizadas a cada hora e recebidas no CISMAR, via empresa prestadora do serviço de rastreamento, que é contratada pelo armador do barco de pesca (BRASIL, 2019).

#### 2.5.4 SIMMAP (Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às atividades do Petróleo)

O SIMMAP tem como propósito estabelecer os requisitos básicos que garantam a conectividade e a interoperabilidade entre um sistema de rastreamento, independentemente da solução técnica a ser escolhida por cada embarcação ou por um conjunto de embarcações.

É composto por um conjunto de hardware e software, instalado na Marinha do Brasil, capaz de receber e decodificar mensagens e arquivos fornecidos por um sistema de rastreamento, sendo que, após a decodificação, as informações são armazenadas em banco de dados, os quais são transpostos sobre uma carta náutica digitalizada (BRASIL, 2019).

Assim, uma vez abordados os principais sistemas de monitoração existentes no CISMAR, tendo sido obtido o embasamento teórico acerca da Consciência Situacional, com ênfase no aspecto marítimo, bem como da aplicação da Consciência Situacional no ciclo de tomada de decisão e vistos os conceitos acerca do radar OTH, pode ser verificada a forma

como outros Estados desenvolveram e utilizam a tecnologia do OTHR, a fim de estabelecer o necessário parâmetro de comparação, que será utilizado posteriormente para avaliar o radar OTH0100 do Sítio do Albardão.

### 3 RADARES OTH UTILIZADOS EM OUTROS ESTADOS

De acordo com Liu (2007) a fim de detectar alvos sem serem limitados pela curvatura da Terra, os sistemas OTHR foram desenvolvidos desde a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). O objetivo principal do projeto era garantir a defesa nacional com uma ampla área de detecção e vigilância com alerta estratégico antecipado<sup>18</sup>. Além disto, estes sistemas radar podem detectar mísseis de cruzeiro na fase de lançamento, alvos em voo e navios de superfície muito além do horizonte.

Com o intuito de verificar as formas de utilização dos radares OTH será apresentada uma descrição das aplicações destes equipamentos nos Estados que detém tal tecnologia, de forma a balizar a análise da aplicação do radar OTH0100 e sua influência na Consciência Situacional Marítima.

#### 3.1 Austrália

Segundo Wise (2004) a Austrália é um território com pouco menos de 7,7 milhões de quilômetros quadrados, com litoral de aproximadamente 25.000 quilômetros. Dadas estas dimensões, um dos principais métodos para proteger seu território contra potenciais interesses hostis é maximizar as capacidades de vigilância e reconhecimento. A indústria australiana de radares vem incrementando sua capacidade nos últimos 30 anos e tanto a pesquisa quanto o desenvolvimento em sistemas radar OTH foram realizados com o intuito de monitorar áreas vastas com mais eficiência e economia.

O sistema em utilização é o *Jindalee Operational Radar Network* (JORN), que é uma rede composta por três radares OTH, que utilizam a técnica de propagação por onda

---

<sup>18</sup> Do termo em inglês *Strategic Early Warning System* (SEWS).

celeste<sup>19</sup>, distribuídos de forma a prover a melhor cobertura. O primeiro radar *Jindalee* teve seu projeto iniciado na década de 60. Em abril de 2003 foram adicionados os outros dois radares OTH de modo a formar a rede atualmente em utilização.

A combinação desses três sistemas, ou seja, a rede JORN, pode detectar, utilizando o efeito Doppler, todos os alvos móveis, marítimos e aéreos, numa área entre 1.000 e 3.000 quilômetros ao norte dos sítios dos radares, conforme pode ser visto na FIG 6. Esta rede é também o componente principal do sistema de vigilância aérea e marítimo da Austrália, garantindo uma área de monitoramento com um arco de quase 180° de largura e de 2.000 quilômetros de alcance a partir do litoral australiano (WISE, 2004).

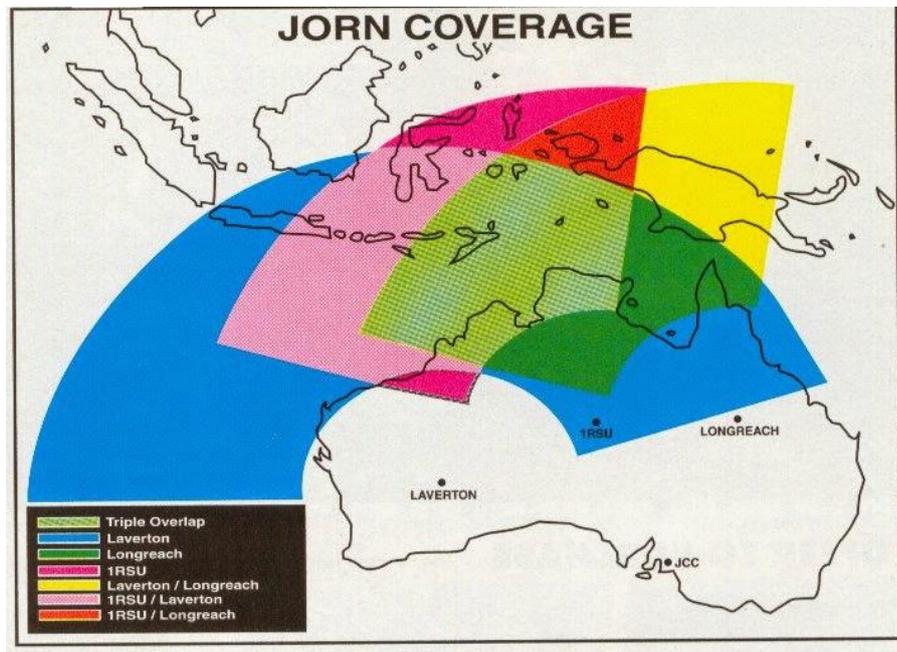


FIGURA 6 – Cobertura da rede JORN

Fonte: *Engineering Heritage Australia Magazine*, 2016, p. 5.

A rede JORN foi projetada para detectar alvos aéreos do mesmo tamanho que um avião BAE *Hawk-127*<sup>20</sup> ou maior, e objetos na superfície da água do mesmo tamanho que um Barco de Patrulha Classe *Armidale* (56,8 metros de comprimento) ou maior (JORN, 2019).

Durante o desenvolvimento da rede JORN os cientistas e engenheiros australianos

<sup>19</sup> Tradução do termo em inglês *Skywave OTHR*.

<sup>20</sup> É um avião de treinamento monomotor a jato desenvolvido no Reino Unido. Possui 12,43 metros de comprimento, 9,94 metros de envergadura e 3,98 metros de altura.

uniram um requisito de vigilância estratégica com uma avaliação do potencial do radar OTH de fornecer uma capacidade nacional, criando um sistema capaz de demonstrar aos planejadores estratégicos uma capacidade de vigilância de longo alcance em áreas extensas e adequado aos requisitos de defesa (SINNOT, 2015).

A solução tecnológica desenvolvida pela Austrália propicia uma vigilância eficiente, por meio de um sistema de alta capacidade de detecção e cobertura de longo alcance. Estas características favorecem o incremento da Consciência Situacional, uma vez que garantem a percepção de ampla gama de alvos de interesse, tanto aéreos, quanto marítimos, contribuindo também efetivamente para a Consciência Situacional Marítima.

### 3.2 Canadá

Comparado com outros Estados, o Canadá tem um dos maiores litorais do mundo, com cerca de 243.000 quilômetros de extensão (BISHOP, FLETCHER, et al, 2010). Ao longo do litoral, há enormes desafios para a vigilância contra importações e imigração ilegais, ameaças a seus estoques pesqueiros e à segurança nacional. Uma frota canadense de aeronaves Aurora<sup>21</sup> poderia ser utilizada para vigilância aérea, porém seria demasiado alto o custo para manter uma capacidade de vigilância persistente com estes meios (LIU, 2007). Tendo em vista o significativo custo operacional do Aurora uma equipe de cientistas do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento de Defesa do Canadá (DRDC)<sup>22</sup>, liderados pelo Dr. Hing Chan e Harold Wilson, vem trabalhando em um projeto em *Shirleys Bay* para reduzir custos e melhorar a eficácia do controle do tráfego marítimo ao longo da linha costeira (OTHR, 2008).

A fim de superar a limitação da linha de visada, no monitoramento do tráfego

---

<sup>21</sup> Com a denominação CP-140 Aurora, o Canadá iniciou em 1980 a incorporação ao seu acervo operacional das aeronaves P-3 Orion com eletrônica de S-3 Viking (LIU, 2007).

<sup>22</sup> Sigla do original em inglês *Defence Research and Development Canada* (DRDC).

marítimo em alto mar, quando utilizando radares convencionais baseados em terra, o DRDC desenvolveu uma solução utilizando ondas HF de superfície para fazer com que o sinal do radar seguisse a curvatura da Terra, os chamados radares HF com onda de superfície (HFSWR)<sup>23</sup>. Os radares HF de vigilância costeira podem monitorar continuamente os aproximadamente 320 km da ZEE canadense (OTHR, 2008). Adicionalmente está em desenvolvimento uma rede de radares de vigilância costeira de longo alcance, mais econômica e efetiva, também com base na tecnologia de detecção além da linha de visada do horizonte que operará em breve para uso na defesa marítima.

Verifica-se no caso canadense como os custos operacionais para manter o monitoramento e vigilância da extensa área costeira influenciaram na escolha da solução baseada na tecnologia dos radares OTH. Entretanto, não foi evidenciado neste caso um requisito estratégico para o seu desenvolvimento, como foi no caso da Austrália. De toda forma, mesmo possuindo alcance menor, em relação ao sistema Australiano, os radares canadenses ainda contribuem efetivamente para o incremento da Consciência Situacional Marítima, haja vista que, sem estes, muitas possíveis ameaças, transitando no extenso litoral canadense, passariam despercebidas, comprometendo a percepção. Como o DRDC continua com o desenvolvimento dos sistemas, poderá ocorrer uma evolução para contemplar o nível estratégico, com incremento significativo do alcance, por meio da utilização da tecnologia de ondas celestes.

### **3.3 China**

A China com um litoral de aproximadamente 19.000 quilômetros e um território de aproximados 9.300.000 km<sup>2</sup> vem aumentando gradativamente sua influência mundial,

---

<sup>23</sup> Do Inglês *High Frequency Surface Wave Radar* (HFSWR).

tanto em termos econômicos quanto militares (HOU et al, 2016).

Em novembro de 1967, a China começou a desenvolver sensores OTH com tecnologia de onda de superfície de alta frequência, sendo o primeiro radar deste tipo projetado para detectar alvos a 250 km (LIU, 2007).

Antes do confronto no Estreito de Taiwan em 1996, a China praticamente não possuía capacidade de vigilância persistente, além da linha de visada radar, a partir de seu próprio litoral. Além disso, também não detinha capacidade de vigilância aérea confiável e sua força submarina estava desatualizada. Em suma, a China praticamente não tinha capacidade de vigilância além do horizonte em 1996, e os navios da Marinha dos EUA poderiam operar próximo do continente com quase total impunidade e sem qualquer receio de que as forças chinesas tivessem consciência situacional adequada de suas operações. Diante deste cenário, os esforços da China para modernizar suas Forças Armadas, após o confronto no Estreito de Taiwan em 1996, melhoraram em muito suas capacidades de detecção e vigilância. Muitas dessas melhorias vieram como um efeito secundário da implantação de sistemas de combate com maior alcance e sensores de bordo mais capazes (HEGINBOTHAM, 2015).

A China tem aprimorado suas capacidades de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR)<sup>24</sup> com vistas a detectar, monitorar e direcionar atividades navais no Oceano Pacífico Ocidental e, claro, no Estreito de Taiwan. De acordo com Liu (2007) a China pode ter até três sistemas radares OTH de ondas celestes destinados a prover a capacidade de alerta estratégico antecipado e pelo menos um radar OTH de onda de superfície. A fim de aumentar a capacidade de vigilância em prol da defesa nacional e tornar o sistema de alerta estratégico antecipado mais eficaz, a China tem investido mais em radares OTH de ondas celestes do que em sistemas radar OTH de ondas de superfície, independentemente do

---

<sup>24</sup> A sigla ISR é proveniente do inglês *intelligence, surveillance, and reconnaissance*.

elevado custo associado a estes programas. Além destes, ainda existe no acervo chinês o radar OTH de ondas celestes de retrodifusão (OTH-B)<sup>25</sup> destinado a vigilância do Mar do Sul da China (LIU, 2007).

O radar OTH de retrodifusão de ondas celestes possui grande potencial para detectar alvos como mísseis de cruzeiro, aeronaves furtivas (*stealth*), trajetória de mísseis balísticos e porta-aviões a longas distâncias e ao mesmo tempo. Este radar é usado principalmente para alerta estratégico antecipado e para alerta e informação táticos de longa distância (XIAODONG, YUNJIE, WENYU, 2001).

Segundo Liu (2007) o radar OTH-B tem capacidade para detectar alvos a distâncias entre 700 e 3.500 quilômetros, num setor de 60° de azimute, com uma cobertura estimada de seis milhões de quilômetros quadrados.

Analisando o caso Chinês, verifica-se a preocupação e prioridade no desenvolvimento de sistemas capazes de atender demandas estratégicas e táticas, aptos a suprir as demandas de informação necessárias para prover a percepção das ameaças e conseqüentemente incrementar a Consciência Situacional Marítima em todos os níveis. O custo estimado para atingir tais capacidades é alto, porém fornece um diferencial estratégico para o Estado, condizente com a relevância, os níveis de ameaças e as aspirações chinesas.

### 3.4 EUA

Os Estados Unidos vêm projetando sistemas de HF OTHR há décadas e a realização bem-sucedida destes sistemas é um dos desenvolvimentos de radar mais significativos desde a Segunda Guerra Mundial.

Dentre os equipamentos desenvolvidos, tem destaque o *Magnetic-Drum Radar*

---

<sup>25</sup> Refere-se ao *Sky wave over-the-horizon backscatter radar* (OTH-B).

*Equipment (MADRE)*, o *AN/FPS-118 Over-The-Horizon Backscatter (OTH-B) Radar* e o *AN/TPS-71 Relocatable Over-The-Horizon Backscatter (OTH-B) Radar (ROTHR)*, os quais serão descritos a seguir.

#### 3.4.1 *Magnetic-Drum Radar Equipment (MADRE)*

O Laboratório de Investigação Naval (NRL) colocou o radar MADRE em funcionamento em 1961 para monitorar as rotas de tráfego aéreo do Atlântico Norte. Este equipamento possuía os sistemas de transmissão e de recepção instalados no mesmo local usando as mesmas antenas polarizadas horizontalmente. Localizado no campo do NRL de *Chesapeake Bay*, o radar experimental operava com potências médias de 5 a 50 KW e foi capaz de detectar um lançamento de foguete de Cabo Canaveral e testes atômicos em Nevada, locais distantes 1.098 e 3.497 Km, respectivamente, do sítio do radar (THOMASON, 2003).

#### 3.4.2 *AN/FPS-118 Over-The-Horizon Backscatter (OTH-B) Radar*

O AN/FPS-118 foi desenvolvido pela Força Aérea dos EUA com a assistência da *General Electric (GE)* em 1970. A primeira fase foi um radar experimental localizado no Maine para demonstrar a viabilidade técnica do projeto. A segunda fase consistiu em adicionar um centro de operações separado, sendo outro radar posteriormente instalado na costa oeste. As transmissões experimentais do sítio radar do Maine cobriam um arco de 60° com alcance de 926 a 3.334 km. Esse radar era um protótipo do futuro sistema *Backscatter OTH Continental dos Estados Unidos (CONUS-OTH-B)*. Esses radares usavam uma forma de

onda contínua modulada por frequência (FMCW<sup>26</sup>) similar àquela utilizada em outros projetos, porém com uma potência muito maior (THOMASON, 2003).

O sistema de alerta estratégico antecipado terrestre CONUS-OTH-B foi desenvolvido para fornecer vigilância eletrônica contra aeronaves localizadas a distâncias entre 800 e 2.880 km do radar. Opera na faixa de HF (5-28 MHz) e tem capacidade para detecção e rastreamento de aeronaves e mísseis de cruzeiro voando em qualquer altitude, sendo um sistema bistático com separação de 150 a 200 km entre o transmissor e o receptor (LIU, 2007).

### 3.4.3 AN/TPS-71 Relocatable Over-The-Horizon Backscatter (OTH-B) Radar (ROTHR)<sup>27</sup>

A Marinha dos EUA desenvolveu o AN/TPS-71 com o auxílio da empresa *Raytheon* com o objetivo de fornecer vigilância sobre uma área de mais de um milhão de milhas quadradas em faixas que se estendem até 2000 milhas náuticas do radar. Os bombardeiros de longo e médio alcance, bem como as embarcações e submarinos lançadores de mísseis foram as ameaças que impulsionaram o projeto e a aquisição do AN/TPS-71, tendo em vista seu potencial de letalidade para as esquadras dos Estados Unidos. Para combater essas ameaças era necessário um sistema de vigilância que pudesse detectar alvos em todo o teatro de operações, juntamente com os meios para fornecer informações oportunas para possibilitar recursos de resposta tática (LIU, 2007).

Devido à variedade de teatros de operações possíveis, a Marinha dos EUA desenvolveu o radar OTH com o conceito transportável, também conhecido como ROTHR. O conceito é que o radar seria empacotado para que pudesse ser transportado para um local previamente preparado, montado e posto em operação rapidamente.

---

<sup>26</sup> Do inglês *frequency modulated continuous waveform*.

<sup>27</sup> Radar de visada além do horizonte com retrodifusão realocável.

Em abril de 1984, o Comando de Guerra Espacial e Naval, sob o patrocínio do Chefe de Operações Navais, concedeu um contrato à *Raytheon Corporation* para a fase de desenvolvimento em escala total do AN/TPS-71. Um protótipo foi construído, instalado na Virgínia, testado, realocado para as Ilhas Aleutas e novamente testado e avaliado. O radar foi considerado aprovado e três unidades operacionais foram construídas. A primeira unidade está instalada na Virgínia, a segunda no Texas e a terceira em Porto Rico. Esses locais foram escolhidos desde que as ameaças oriundas do oceano aberto diminuíram e as rotas de tráfico de drogas tornaram-se motivo de preocupação (THOMASON, 2003). A FIG 7 apresenta as áreas de cobertura dos ROTHHR instalados no Texas, na Virgínia e em Porto Rico, destacando-se que este último cobre significativa parcela do território brasileiro e da América do Sul.

A aplicação atual destes ROTHHR é apoiar nas atividades de combate as drogas, incluindo a vigilância e interdição de aeronaves. Os alvos de interesse incluem aeronaves particulares monomotoras, aeronaves maiores e embarcações oceânicas de todos os tamanhos (LIU, 2007).

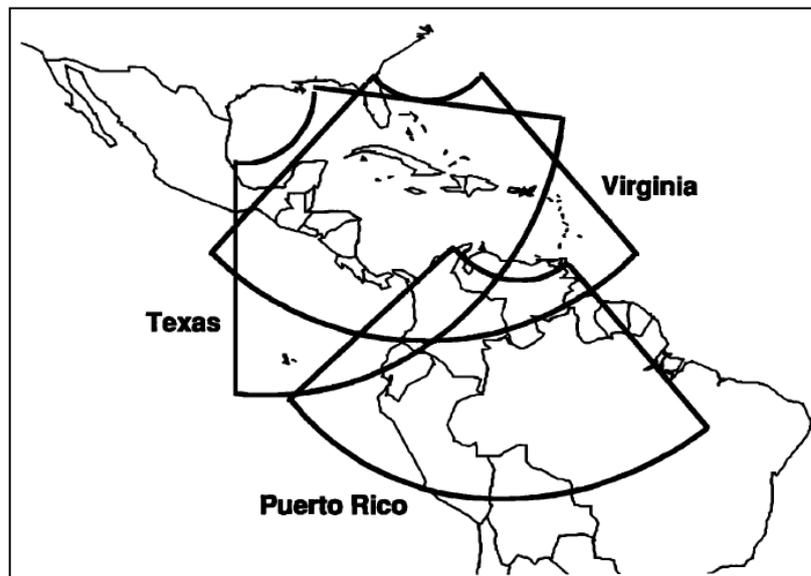


FIGURA 7 – Coberturas dos ROTHHR instalados no Texas, Virgínia e Porto Rico.

Fonte: Headrick e Thomason, 1998, p. 1049.

Os EUA desenvolveram uma variada gama de equipamentos destinados a atender

os diversos níveis e necessidades de vigilância e monitoração de seu entorno estratégico, tanto para fins de defesa, quanto para o combate a ações ilícitas dos mais variados tipos, que podem ocorrer no ambiente marítimo. Um fato relevante é que mesmo com todo o aparato tecnológico de que dispõem os EUA, que conta inclusive com extensa gama de sistemas de monitoração via satélite, observa-se que os radares OTH continuam em operação, fornecendo dados relevantes acerca das áreas de interesse e sua utilização, em conjunto com outros sensores, garantem a efetiva Consciência Situacional Marítima.

### 3.5 França

A França desenvolveu o radar OTH denominado Novo Sistema Decamétrico Transhorizonte aplicando Método STUDIO<sup>28</sup> (NOSTRADAMUS)<sup>29</sup> durante os anos 90 e o colocou em serviço para o exército francês em 2005 (LIU, 2007). O radar NOSTRADAMUS é um conceito inovador de sistema monofásico de ondas de superfície HF, composto por um conjunto de 288 elementos bicônicos de antenas, distribuídos pelos braços de uma estrela de três ramos, com uma infraestrutura adaptada para abrigar a eletrônica de transmissão e recepção. Esta escolha de estrutura permite 360° de cobertura em azimute e o controle do feixe em elevação, além de limitar os problemas de propagação, pois há apenas um ponto de reflexão a ser considerado, fornecendo um alcance de detecção entre 800 e 3.000 km. O radar NOSTRADAMUS está localizado a 80 km a oeste de Paris e foi desenvolvido pelo estabelecimento de pesquisa aeroespacial francesa ORENA (LIU, 2007).

O radar OTH Nostradamus é utilizado na detecção de aeronaves furtivas e outros alvos de baixa visibilidade, como mísseis de cruzeiro com baixas assinaturas radar e infravermelha. Outro diferencial do sistema radar OTH Nostradamus é ser relativamente

---

<sup>28</sup> STUDIO é um acrônimo de *Système de Traitement Universel de Diagnostic Ionosphériques*.

<sup>29</sup> NOSTRADAMUS é um acrônimo do original em francês *Nouveau Système Transhorizon Décamétrique Appliquant les Méthodes Utilisées en Studio*

barato, já que utiliza componentes comerciais prontos para uso (LIU, 2007).

Verifica-se que a França desenvolveu uma tecnologia própria e inovadora, baseada numa metodologia de tratamento e diagnóstico das condições da ionosfera, cujas variações são o principal empecilho na utilização dos radares OTH. Esta condição confere um diferencial ao equipamento francês, pois garante maior eficiência na detecção e rastreamento dos alvos de interesse e, conseqüentemente, propicia maior efetividade na percepção dos elementos evoluindo na área de interesse, fator determinante para garantir a efetiva Consciência Situacional Marítima.

### **3.6 Reino Unido**

Um dos sistemas radar OTH utilizado pelo Reino Unido foi desenvolvido pela *Alenia Marconi Systems Ltd* e implantado com o objetivo de prover vigilância, alerta antecipado e detecção de alvos de superfície marítima e aéreos voando a baixa ou alta altitude. Composto por um equipamento localizado na linha costeira utiliza transmissão de ondas de superfície para detecção de alvos além do horizonte radar normal. Sua capacidade de detecção é de 370 km para alvos de superfície e um pouco menos para aeronaves. Fornece uma cobertura setorial de 120° de azimute sobre o mar com um único radar. Vários sistemas de radar são instalados ao longo da costa e sobrepõem suas áreas de cobertura para abranger toda a área litorânea do Reino Unido (LIU, 2007).

Outro radar OTH utilizado é o *Overseer*, que é um sistema de radar de ondas de superfície usado principalmente para rastreamento de navios. Propicia vigilância contínua com alcance de até 370 km da costa, cobrindo um setor de 120°, como mostrado na FIG 8, com capacidade de acompanhar até 500 navios de superfície ou, opcionalmente, 100 aeronaves (LIU, 2007).

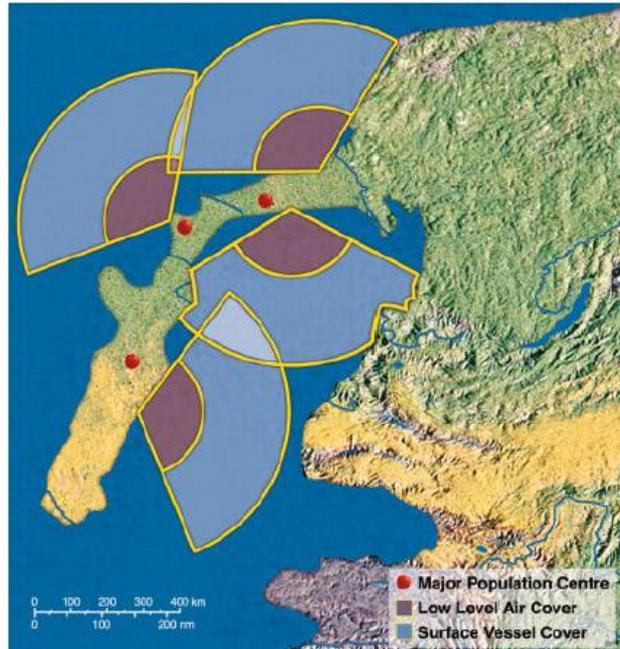


FIGURA 8 – Detecção do radar *Overseer*

Fonte: Liu, 2007, p. 36.

O Reino Unido desenvolveu uma rede de equipamentos para garantir a monitoração e vigilância das áreas de interesse em seu litoral, com alcance limitado à extensão do que seria a ZEE, ou seja, 200 milhas ou 370 km, diferentemente de outros Estados que construíram sistemas com alcance na casa de milhares de quilômetros, por causa de preocupações estratégicas. A solução britânica se assemelha a que está em desenvolvimento no Brasil, baseada em um radar OTH com propagação por onda de superfície, que garante menor cobertura, porém dentro dos parâmetros de interesse, cabendo destacar que o Reino Unido conta com vários radares deste tipo, compondo uma rede, com o intuito de garantir a necessária percepção da evolução das ameaças e consequente Consciência Situacional Marítima.

### 3.7 Federação Russa

O OTHR-SW IRIDA foi desenvolvido para vigilância costeira pela organização

NIDAR. Trata-se de um sistema biestático HF transportável, semelhante ao ROTH-R americano, e os elementos transmissores e receptores estão em sítios separados por uma distância entre 50 e 1.500 km.

De forma a proporcionar mobilidade e flexibilidade, o sistema está alojado em cinco contêineres padrão e pode ser transportado por terra, mar ou ar. Pode cobrir 90° em azimute e detectar alvos de superfície com alcance de aproximadamente 280 a 300 km, dependendo das condições do mar e do tamanho da embarcação. Também pode monitorar alvos voando a baixa altitude com alcance estendido, sendo que a precisão da localização da aeronave é de 3 a 4 km de alcance e de 3 a 5° de azimute (LIU, 2007).

Outro sistema utilizado pela Federação Russa é o *Over-the-Horizon Backscatter Radar* (OTH-B). O objetivo principal do desenvolvimento do radar OTH-B era parcialmente ampliar a faixa de detecção dos radares convencionais de alerta antecipado e parcialmente superar os problemas com satélites infravermelhos para detecção do lançamento de mísseis.

O primeiro radar OTH-B entrou em funcionamento na década de 1970, utilizando o princípio de retroespalhamento para detectar lançamentos de mísseis, por meio da detecção das perturbações na ionosfera causadas pelas plumas de escape. Existem quatro sistemas radar OTH-B implantados para a vigilância e alerta antecipado.

O primeiro foi implantado para fins experimentais em Gomel, na Bielorrússia, voltado para os Estados Unidos. Alguns anos depois, o segundo foi adicionado no Komsomolsk-na-Amure na Sibéria, também voltado para os EUA. O terceiro foi localizado no início dos anos 1980 em Nikolayev, perto do Mar Negro, para monitorar os testes de mísseis chineses. No final dos anos 80, foi relatado que um quarto radar estava em construção, localizado próximo a Nakhoda, na região costeira do Mar do Japão, para monitorar as atividades de navios, aeronaves e movimentos de mísseis balísticos na área entre a costa chinesa e a ilha de Guam (LIU, 2007).

Atualmente, os radares OTH-SW e OTH-B passaram a ser utilizados não apenas para vigilância costeira de longo alcance e detecção de lançamento de mísseis balísticos, mas também para controle do tráfego aéreo e estudo de marés e correntes dos oceanos (LIU, 2007).

Nota-se a preocupação da Federação Russa em monitorar seu entorno estratégico, principalmente no que se refere às possíveis ameaças oriundas dos EUA e da China, motivo pelo qual montou uma rede de radares OTH, estrategicamente localizados de forma a cobrir as áreas de interesse. Verifica-se também, na atualidade, a aplicação dual dos sistemas, haja vista a sua utilização no estudo de marés e correntes oceânicas.

Vale frisar que as características dos sistemas apresentados levam à convicção de que estes contribuem eficazmente para a Consciência Situacional, pois possibilitam a efetiva percepção dos elementos evoluindo nas áreas de interesse.

### **3.8 Ucrânia**

A Ucrânia possui três tipos de radares OTH, o radar transportável de visada além do horizonte por onda de superfície (TOTH-SW)<sup>30</sup>, o radar de visada além do horizonte por onda de superfície embarcado em navio (SOTH-SW)<sup>31</sup> e o radar transportável de visada além do horizonte por onda celeste (TSkW-OTH)<sup>32</sup> (LIU, 2007).

Desenvolvido pelo Instituto Técnico de Rádio da Ucrânia, o TOTH-SW opera na faixa de frequências de 18 a 25 MHz e é composto por um conjunto transportável de equipamentos biestático, projetado para detectar aeronaves e navios. O conjunto de antenas de transmissão e recepção pode ser separado por uma distância entre três e 12 km, propiciando alcances de detecção entre 200 km e 300 km, de acordo com a arquitetura utilizada. Este

---

<sup>30</sup> Do inglês *Transportable Over-the-Horizon Surface Wave Radar*.

<sup>31</sup> Do inglês *Shipboard Over-the-Horizon Surface Wave Radar*.

<sup>32</sup> Do inglês *Transportable Sky Wave Over-the-Horizon Radar*.

sistema tem capacidade para rastrear até 50 aeronaves ou 100 navios de superfície simultaneamente (LIU, 2007).

O segundo equipamento, o SOTH-SW também foi projetado pelo Instituto Técnico de Rádio da Ucrânia, com a finalidade de detectar e rastrear aeronaves, mísseis antinavio e alvos de superfície. Consiste em um arranjo receptor de 60 metros, polarizado verticalmente, montado no costado e de um arranjo transmissor de dois elementos localizado no mastro do navio. Desenvolvido no ano 2000, este sistema ainda desempenha um relevante papel na proteção das águas territoriais Ucrânicas (LIU, 2007).

O terceiro sistema, o TSkW-OTH opera na faixa de 5 a 28 MHz e foi projetado para detectar e rastrear alvos aéreos, mísseis balísticos e alvos na superfície do mar. É composto por um sistema biestático e as antenas de transmissão e recepção podem estar separadas por uma distância entre 20 e 200 km, sendo o alcance de detecção 600 a 2.600 km usando propagação por ondas celestes (LIU, 2007).

Nota-se que a Ucrânia possui sistemas destinados a prover vários níveis de detecção e rastreamento, com destaque para o sistema embarcado, que provê maior flexibilidade e mobilidade no ambiente marítimo, não havendo relatos da existência de similar em outros Estados. As características destes sistemas contribuem marcadamente para a Consciência Situacional, pois possibilitam a efetiva percepção dos elementos evoluindo nas áreas de interesse.

### **3.9 Itália**

A capacidade de vigilância do mar Mediterrâneo está se tornando um requisito crucial para lidar com questões de segurança nacionais e internacionais, como imigração clandestina, controle de tráfego marítimo, vigilância de ações ilegais, como por exemplo, o

vazamento de petróleo e a poluição química, entre outras potenciais ameaças que vão da pirataria e do crime organizado à guerra naval em grande escala (BERIZZI et al, 2011).

Nesse contexto, uma observação contínua no tempo e no espaço do mar Mediterrâneo requer uma capacidade de vigilância de área muito ampla, sendo o radar OTH, com propagação por ondas celestes, uma possível resposta a este requisito crítico. Assim, na Itália no período de 2008 a 2011, o Laboratório Nacional *Radar and Surveillance Systems* (RaSS), o Consórcio Nacional Interuniversitário para as Telecomunicações (CNIT) e o *Microwave & Radiation Laboratory* (MRL) da Universidade de Pisa cooperaram com o Instituto Nacional de Geofísica e Vulcanologia (INGV) para o projeto *LOTHAR-fatt*<sup>33</sup> relativo ao estudo de viabilidade de um sistema de radar ionosférico para a vigilância da área do Mediterrâneo (SERMI, 2013, p. 129). Segundo Sermi (2013), este sistema deveria ter alcance de detecção entre 600 e 3.000 Km, na hipótese de utilização de dois radares, um localizado na Sardenha e outro no centro da Itália, ambos com amplitude azimutal de 90°.

### 3.10 Japão

Segundo Maswood (1990) apesar do Programa de Defesa Nacional japonês estipular apenas um papel restrito para as Forças de Autodefesa, foi determinado uma linha de defesa marítima de mil milhas náuticas, fato que evidenciou a necessidade de que este programa fosse apropriadamente atualizado.

Assim, além de buscar uma capacidade de longo alcance para suas aeronaves, incluindo a possibilidade de reabastecimento em voo, também houve pressão pela aquisição de um sistema de radar OTH, que propiciaria capacidade de detecção de cerca de 3.000 quilômetros e forneceria defesa aérea tanto continental quanto marítima, estando a Força de

---

<sup>33</sup> Sigla referente a *LOW PROBABILITY OF INTERCEPT OVER THE HORIZON ADAPTIVE RADAR – FEASIBILITY*.

Autodefesa Marítima particularmente preocupada com a defesa aérea nos mares, de modo a suportar a responsabilidade pela segurança das rotas marítimas. Neste contexto, o radar OTH respondia à preocupação pela detecção antecipada de possíveis alvos, dada a proximidade de fontes potenciais de ameaças e a ausência de defesa em profundidade (MASWOOD, 1990).

Assim, o Japão decidiu construir um sistema OTHR principalmente como uma extensão da rede CONUS-OTH dos Estados Unidos, sendo postulado que o transmissor estaria localizado na Ilha de Hanajima e que o receptor, com o centro de controle, estaria localizado na Ilha de Iwo Jima, a fim de fornecer a vigilância da Cadeia de Ilhas Aleutas, entretanto, não foi localizada documentação posterior que confirme a execução (LIU, 2007).

Por meio da análise de todos os sistemas apresentados, verifica-se que cada Estado desenvolveu seus sistemas OTHR com base em cenários estratégicos específicos, de forma a atender suas demandas e garantir a percepção das ameaças evoluindo nas áreas de interesse.

Dentre os Estados detentores de armamento nuclear, EUA, China, Rússia e França desenvolveram sistemas com propagação por ondas celestes, que propiciam alerta estratégico antecipado, justamente pela preocupação com um possível ataque desta natureza, destacando-se neste grupo o sistema desenvolvido pela França, que se baseou em tecnologia própria e inovadora, única citada na literatura com capacidade de cobertura de 360°. Chama atenção o fato de que estes Estados também desenvolveram sistemas com propagação por ondas de superfície, com menor alcance de detecção, porém voltados para monitorar principalmente o ambiente marítimo e com possibilidade de uso dual, abrangendo tanto a Defesa, quanto outras áreas da segurança pública, como o combate ao narcotráfico e o contrabando.

Este tipo de radar apresenta uma vantagem notável, tendo em vista a capacidade de cobertura ampla e contínua, que varia de 600 a 3.000 km. A relação custo-eficácia de tal sistema é excelente se comparada com os custos de constelações de satélites, frota de aviões

voando sobre a área a ser vigiada, ou conjuntos de radares de micro-ondas localizados ao longo das costas dos Estados.

Esta capacidade é fundamental para garantir a percepção das possíveis ameaças evoluindo nas áreas de interesse, requisito essencial para o posterior processamento das informações, que após devidamente interpretadas garantirão a efetiva Consciência Situacional Marítima.

Apesar da efetividade dos radares OTH com propagação por onda celeste, nota-se que o Reino Unido optou pelo desenvolvimento apenas de sistemas com propagação por ondas de superfície, com menor alcance de detecção e voltados para monitoração e vigilância de sua área litorânea, demonstrando uma preocupação maior com o controle de sua área marítima do que com um eventual ataque nuclear. Mesmo neste verifica-se que o radar OTH supre a necessidade de fornecer dados fundamentais acerca do entorno marítimo, garantindo a efetiva Consciência Situacional Marítima do Reino Unido.

A Ucrânia que era integrante da antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas possui radares OTH dos dois tipos, compondo tanto sistemas de alerta estratégico antecipado, herança dos tempos da guerra fria, quanto dispositivos voltados para vigilância das águas territoriais, com destaque para o equipamento embarcado em navio, porém todos indispensáveis para garantir a Consciência Situacional, por meio da detecção efetiva dos alvos de interesse.

Verifica-se no caso da Austrália e do Canadá, que a necessidade de monitoração do entorno estratégico e de vigilância dos vastos litorais, levou ao desenvolvimento de sistemas radar OTH, sendo os do primeiro com propagação por ondas celestes e os do segundo por ondas de superfície, porém em ambos os casos os radares atuam em rede, de forma a garantir a total cobertura das áreas de interesse, requisito primordial para a obtenção da Consciência Situacional Marítima.

O Brasil possui similaridades em diversos pontos com os Estados abordados, pois possui uma extensa área litorânea, com vasta diversidade de recursos naturais e uma extensa área de interesse estratégico<sup>34</sup>, que requer monitoração e controle constante, de modo a identificar com a maior brevidade a evolução de eventuais ameaças ou a ocorrência de ações ilegais no mar, de forma a propiciar a atuação efetiva do Poder Naval.

Assim, os conhecimentos abordados servirão de parâmetro de comparação e possibilitarão a análise do efeito do sistema OTH0100 na Consciência Situacional Marítima brasileira.

---

<sup>34</sup> A Política Nacional de Defesa estabelece como área de interesse prioritário o entorno estratégico brasileiro, que inclui a América do Sul, o Atlântico Sul, os Estados da costa ocidental africana e a Antártica (BRASIL, 2016).

#### **4 RADAR OTH DO SÍTIO DO ALBARDÃO E A CONSCIÊNCIA SITUACIONAL MARÍTIMA**

No escopo da Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2016a), o radar OTH e a consequente Consciência Situacional Marítima, advinda da sua utilização, enquadra-se no âmbito das Capacidades Nacionais de Defesa, mais especificamente nas ações voltadas para reforçar a Capacidade de Proteção, que requer a adequação dos meios e métodos de vigilância sobre o território nacional, incluindo a ZEE e a PC.

Já de acordo com a Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil (BRASIL, 2017) é plenamente admissível a existência de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento voltados para a criação de tecnologias nacionais destinadas ao incremento da Consciência Situacional Marítima, tendo em vista a motivação estratégica de que o Estado disponha de meios com capacidade de exercer vigilância, controle e defesa das AJB; do seu território e do seu espaço aéreo, incluídas as áreas continental e marítima.

Ainda tendo como base a Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil (BRASIL, 2017), no que se refere à motivação estratégica relativa à dissuasão de forças hostis e tecnologias de monitoramento e controle, tem-se que as motivações estratégicas no sentido de desenvolver capacidades de monitorar e controlar o espaço aéreo, o território e as AJB, com tecnologias de monitoramento baseadas em terra, no ambiente marítimo, aéreo e espacial; e que estejam sob inteiro e incondicional domínio nacional, contribuem para a admissibilidade da existência de projetos nacionais que favoreçam a obtenção da Consciência Situacional Marítima brasileira, como é o caso do OTH0100.

Finalmente, com base na ação estratégica, contida na Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil (BRASIL, 2017), referente a dotar e capacitar a

MB, a fim de que esta possa prover o Estado brasileiro com a necessária Consciência Situacional Marítima; bem como desenvolver tecnologias nacionais de monitoramento e controle que tenham pertinência às AJB e as LCM brasileiras, verifica-se que o OTH0100 pode se enquadrar neste escopo, haja vista as características dos radares OTH anteriormente estudadas.

Desta forma, serão apresentadas a seguir as características do radar OTH em operação no sítio do Albardão, a fim de possibilitar a análise do impacto da utilização desta tecnologia no incremento da Consciência Situacional Marítima.

#### **4.1 Radar OTH0100 do sítio do Albardão**

O início do desenvolvimento do OTHR OTH0100, pela empresa IACIT Soluções Tecnológicas S.A., ocorreu em 2013. Nesta época já estava em andamento o projeto de desenvolvimento de uma plataforma radar HF para radares marítimos, que havia sido iniciado em 2010. Em 2014 foi firmado acordo com a Marinha do Brasil para a utilização do sítio do Albardão. Em 2017 ocorreu a validação do radar OTH0100 e em 2018 já se encontrava em estado operacional (IACIT, 2019).

O desenvolvimento deste sistema representa um marco para indústria de defesa nacional, pois tendo por base o proposto por Liu (2007, p. 15-37) se trata de tecnologia de ponta, inédita na América do Sul e representa um diferencial para o Brasil, que assumirá uma posição privilegiada em relação aos demais Estados da região, contribuindo, também, para o incremento da projeção internacional brasileira.

O radar OTH0100 foi concebido utilizando a propagação por onda de superfície, de forma a ultrapassar a limitação da linha de visada e poder vigiar uma fronteira marítima afastada até 200 milhas náuticas da costa brasileira, estimando-se que tenha capacidade para

identificar alvos para além desta distância, podendo alcançar até 250 milhas náuticas. Por meio da utilização do Pulso-Doppler como forma de onda, o feixe de transmissão angular fornece cobertura simultânea de 120° em azimute (WILTGEN, 2018).

Projetado com capacidade para detectar até pequenas embarcações de superfície, com comprimentos de casco entre 10 e 40 metros, devido às características tecnológicas dos sistemas de emissão e recepção o equipamento mostra-se capaz de captar, até mesmo, a presença da vela de um submarino que se mova próximo à superfície (LOPES, 2018).

Adicionalmente, por meio de um sistema específico de técnicas de eliminação de interferências, proporciona a cobertura confiável de ampla área marítima, independentemente das condições meteorológicas ou da condição do estado do mar, que pode mudar de forma rápida e significativa (WILTGEN, 2018).

Outro diferencial do OTH0100 é a utilização de sistemas de transmissão e recepção separados, arquitetura que potencializa o processamento dos sinais e favorece as características de detecção. Neste contexto, uma das grandes vantagens de se possuir as antenas receptoras circulares é a capacidade de absorver a informação do sinal para monitorar um navio que estiver utilizando contramedidas eletrônicas. É possível instalar uma segunda antena somente para ficar escutando o sinal de interferência. Se o navio que estiver gerando interferências ou bloqueando os sinais também estiver em movimento, ainda assim será possível acompanhar a sua posição por triangulação, utilizando o sinal irradiado, determinando as suas coordenadas (WILTGEN, 2018).

Assim, o sistema OTH0100 é capaz de identificar ativamente a incursão não autorizada de embarcações não cooperativas na ZEE brasileira, sejam barcos de narcotraficantes, contrabandistas de armas, pesqueiros em atividade ilegal ou que usem técnicas consideradas predatórias e até mesmo embarcações dotadas de sensores concebidos para diferentes leituras oceanográficas, tais como as de prospecção de sítios de riquezas

submarinas, que estejam operando sem o conhecimento ou a permissão de autoridades brasileiras (LOPES, 2018).

A fim de monitorar os tráfegos detectados, o sistema automaticamente nomeia as embarcações, que recebem uma numeração, para possibilitar o acompanhamento da distância, do curso, da velocidade, da latitude e da longitude do alvo. Como o objetivo é acompanhar embarcações não cooperativas, pode-se observar o comportamento dos alvos, exibindo o rastro da navegação, indício que pode denunciar uma atitude suspeita.

Um fator relevante é que navios de uma Força Tarefa, ou navios de guerra isolados, não emitem sinais do AIS, pois seu objetivo é justamente permanecer incógnito, todavia, pelo seu comportamento e até mesmo pela velocidade, bem acima das usuais dos navios mercantes, podem levantar suspeitas e serem monitorados pelo radar e, se for o caso, pode ser acionada uma identificação visual por meio de patrulha aérea ou naval.

Adicionalmente, o OTH0100 promove uma cobertura mais ampla da área sob monitoramento, sendo possível até vigiar aeronaves voando em baixa altitude ou até mesmo um míssil *sea skimmer*<sup>35</sup>, voando rente a superfície do mar (WILTGEN, 2018).

Assim, diante das características do sistema, pode-se dizer que em situação de crise ou beligerância, poderá detectar o deslocamento de uma Força Tarefa Inimiga e possibilitar a adoção das medidas defensivas necessárias de forma antecipada, garantindo um diferencial estratégico para o emprego do Poder Naval.

#### **4.2 Comparação entre o Radar OTH0100 e outros sistemas OTHR**

Com o intuito de avaliar o potencial do OTH0100 em relação aos radares OTH em operação em outros Estados, será apresentada a seguir uma análise comparativa, abordando as

---

<sup>35</sup> Míssil com capacidade par voar em altitudes extremamente baixas.

principais capacidades e características dos sistemas.

Por utilizar a técnica de propagação por onda de superfície, o radar OTH0100 possui menor alcance do que os que utilizam ondas celestes, como é o caso dos sistemas utilizados pela Austrália, China e EUA. Esta limitação impede a detecção de alvos localizados a distâncias mais longas, como bombardeiros estratégicos, mísseis de cruzeiro e embarcações evoluindo além de 200 milhas náuticas. Entretanto, devido ao cenário vislumbrado para aplicação do equipamento, visando prioritariamente à monitoração da região da ZEE, a limitação de alcance não chega a ser um problema, pois atende as demandas atuais.

Neste sentido, o sistema brasileiro assemelha-se em capacidade e características aos utilizados pelo Canadá e pelo Reino Unido, sendo capaz de garantir a cobertura de toda área da ZEE e prover a necessária percepção das possíveis ameaças evoluindo na região. Esses dois Estados priorizaram justamente a vigilância de suas ZEE, tendo em vista os cenários de aplicação vislumbrados, principalmente no que se refere ao combate das atividades ilegais, tais como tráfico de drogas, imigração ilegal e exploração indevida das riquezas naturais marítimas, que são objetivos idênticos aos vislumbrados pelo Brasil.

Outro ponto importante é que os Estados estudados também priorizam a monitoração de alvos aéreos, ao passo que, em princípio, com base nos documentos existentes sobre o assunto, a pretensão da MB é ater-se aos alvos marítimos, não obstante o sistema OTH0100 ser capaz de também detectar alvos aéreos.

Do ponto de vista da estrutura física, o sistema brasileiro adotou a mesma arquitetura dos demais Estados, ou seja, estações de transmissão e recepção separadas, com o objetivo de melhorar a detecção e o processamento dos sinais.

No que se refere à capacidade de sobrepujar contramedidas eletrônicas, não foram encontradas informações explícitas quanto a esta capacidade nos demais sistemas estudados, fato que pode indicar uma vantagem tecnológica estratégica do sistema brasileiro, haja vista

sua relevante aplicação em situações de combate real. Todavia, não se pode afirmar com total certeza que os demais sistemas não dispõem desta funcionalidade.

Uma constatação importante é que o atual estágio de desenvolvimento tecnológico do OTH0100 coloca o Brasil em posição de igualdade com grandes potências, com conhecida capacidade científica e industrial. Todavia, levando em consideração a presença de Estados como Reino Unido, França, EUA e China no entorno estratégico brasileiro, conforme descrito no PEM (BRASIL, 2019, p. 23) uma eventual evolução dos cenários geopolíticos, em decorrência de atritos entre estas Potências, pode impor a necessidade de aprimoramento do projeto, de modo a obter maior alcance de detecção, com vistas à monitoração de alvos estratégicos.

Neste sentido, há que se considerar que a utilização de radares OTH com propagação por ondas celestes na região equatorial não é trivial, pois segundo Amendola (2003, p. 33) as características de propagação ionosférica geralmente vão diferir nas diversas latitudes devido a uma série de fatores, sendo que a propagação em regiões equatoriais, aurorais e polares são mais problemáticas do que em latitudes médias.

Na região equatorial a ionosfera é instável e turbulenta, prejudicando a reflexão do sinal. No Brasil, que tem boa parte de seu território atravessado pela linha do equador magnético, conforme variação apresentada na FIG 9, a influência dessa anomalia é importante quando da concepção de sistemas que utilizam propagação ionosférica (ELY, 2010).

Cabe frisar que, conforme pode ser visualizado na FIG 9, do ponto de vista eletromagnético, a zona equatorial do planeta é um pouco mais ao sul da Linha do Equador.

Desta forma, o projeto de sistemas radar OTH, com propagação por ondas celestes, na região equatorial, demanda um grande esforço de pesquisa e elevado custo de produção. Vale destacar que mesmo em outras regiões o desenvolvimento deste tipo de radar é extremamente dispendioso.

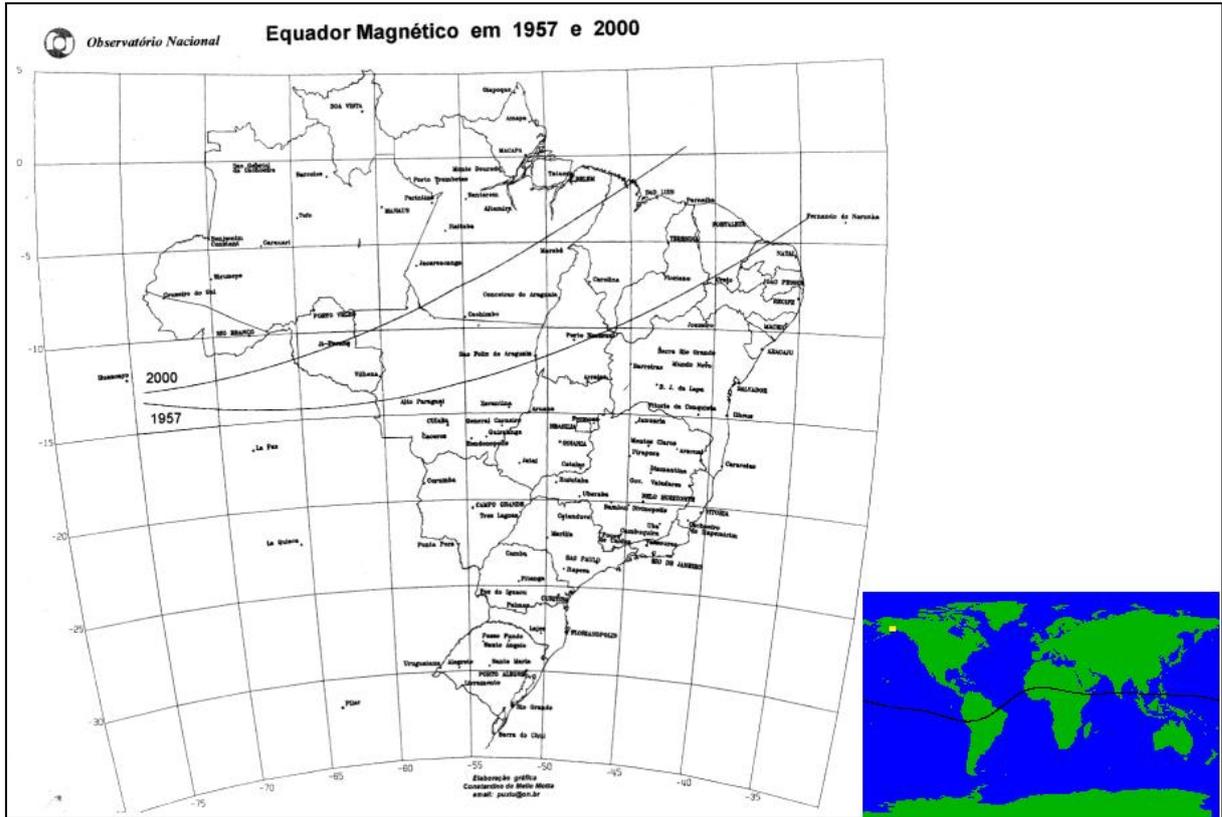


FIGURA 9 – Variação do Equador Magnético

Fonte: Filho e Saraiva (2018)

O radar AN/FPS-118 *Over-The-Horizon-Backscatter* (OTH-B) Radar, citado no capítulo anterior, demorou 25 anos para ser desenvolvido e custou US\$ 1,5 bilhões (FAS, 1999). Não foram encontrados dados quanto ao custo dos sistemas utilizados na China, entretanto segundo Rahman (2019) a tecnologia do OTHR é uma das quais os Estados ocidentais impuseram os maiores bloqueios e embargos para China, sendo praticamente todo o desenvolvimento feito localmente.

Esses dados deixam claro que, apesar dos custos elevados, Estados como a China e EUA priorizaram estes sistemas em função de suas demandas defensivas estratégicas.

Para efeito de comparação, o sistema brasileiro, baseado em ondas de superfície, segundo Lopes (2018) teve custo de desenvolvimento de R\$ 17 milhões, cerca de US\$ 4 milhões no câmbio atual, que pode ser considerado extremamente baixo em comparação com o gasto no AN/FPS-118. Para uma comparação envolvendo tecnologias de propagação por

ondas de superfície, em dezembro de 2018 o Canadá contratou a produção de três novos radares OTH desse tipo, com a empresa DTA, pelo custo total de US\$ 14 milhões, ou seja, em torno de US\$ 4,6 milhões por radar, custo praticamente idêntico ao do radar brasileiro (DTA, 2018).

Neste contexto, uma questão relevante a ser levantada é se diante das evoluções tecnológicas atuais, notadamente no campo dos sensores embarcados em plataformas espaciais, ainda é viável o investimento nos radares OTH, principalmente naqueles que utilizam propagação por ondas celestes, cujo custo de desenvolvimento é extremamente alto.

Para responder a este questionamento Sermi (2013) diz que Estados que não podem arcar com o custo total de desenvolver e colocar em órbita um sistema de vigilância por satélite; Estados como a China, que recentemente experimentaram uma explosão econômica e que querem alcançar os líderes em tecnologia; Estados como a Austrália, que por questões geográficas estão interessadas em uma ferramenta que forneça uma ampla área de cobertura radar ao redor das fronteiras; estão interessados em continuar o desenvolvimento dos sistemas OTHR-SW. Sermi (2013) destaca ainda que a Itália participa deste grupo amplo de Estados com os projetos “LOTHAR” (2005) e “LOTHAR-FATT” (2008), um radar Ionosférico de alta frequência para a vigilância do Mediterrâneo.

Verifica-se que tecnologicamente o sistema OTH0100 encontra-se num nível compatível com os homólogos desenvolvidos em outros Estados, destacando-se inclusive pela capacidade de sobrepujar contramedidas eletrônicas. Este sistema coloca o Brasil numa situação de destaque na América Latina, uma vez que é o único Estado da região que detém tal tecnologia, unindo-se a Austrália, que até então era o único Estado conhecido no hemisfério Sul que havia desenvolvido tal capacidade. Assim, resta verificar a influência deste sistema na Consciência Situacional Marítima.

### 4.3 Influência do Radar OTH0100 na Consciência Situacional Marítima

A percepção, primeiro nível da Consciência Situacional, é fundamental. Sem a percepção básica de informações importantes, as chances de formar uma imagem incorreta da situação aumentam dramaticamente. Jones e Endsley (1996) descobriram que 76% dos erros de Consciência Situacional em pilotos podem ser atribuídos a problemas na percepção de informações necessárias, devido a falhas ou deficiências no sistema ou problemas com processos cognitivos.

Para obtenção da plena percepção dos elementos evoluindo no ambiente a existência de sensores adequados é essencial. Como visto no capítulo 2, o CISMAR é dotado de uma série de sistemas de monitoração, entretanto, todos são baseados em sensores passivos, que dependem da colaboração das embarcações para fornecerem informações relevantes para a monitoração.

Fazendo uma analogia com o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA), têm-se os radares secundários, que dependem da colaboração das aeronaves, que acionam o *transponder* para fornecer sinais de identificação, os quais complementam as informações obtidas pelos radares primários. Todavia, aeronaves não colaborativas, envolvidas em atividades ilícitas, via de regra, voam abaixo do cone de detecção dos radares primários e com *transponder* desligado, comprometendo a Consciência Situacional dos Controladores de Operações Aéreas Militares. A FIG 10 exemplifica esta situação e demonstra que a utilização de meios complementares de detecção, baseados na utilização de aeronaves radar, é vital para o incremento da Consciência Situacional. Na visualização à esquerda são mostrados os alvos detectados pelos radares terrestres, primários e secundários, que exibem os dados de identificação das aeronaves, rumo, nível de voo e velocidade. Observe-se que ao acrescentar à visualização os dados captados pelo radar aeroembarcado na

aeronave E-99 identifica-se um alvo que não havia sido detectado pelos radares terrestres, possivelmente voando à baixa altura e com intenções desconhecidas.<sup>36</sup>

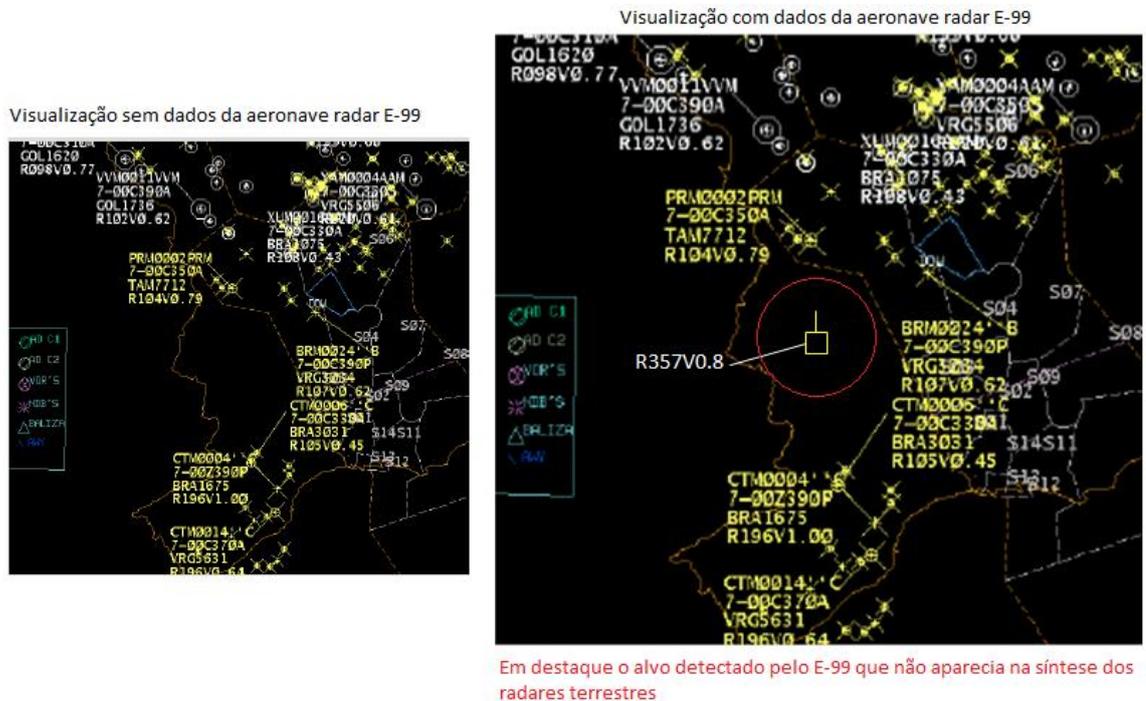


FIGURA 10 – Visualização sem e com dados do radar aeromarcado no E-99

Fonte: Motta (2015) adaptado de ATECH (2008).

A situação exemplificada pela FIG 10 demonstra a importância dos sensores ativos para identificação e monitoração de alvos não colaborativos e, conseqüentemente, para o incremento da Consciência Situacional.

Cabe frisar que segundo Endsley e Jones (1997) a primeira questão externa que afeta a Consciência Situacional, é o grau em que o sistema adquire as informações necessárias do ambiente e a segunda grande questão envolve a interface de exibição para fornecer essa informação ao operador. Assim, um equipamento que não seja capaz de coletar as informações de interesse, como é o caso dos sensores passivos perante alvos não colaborativos, impactará na obtenção da Consciência Situacional, pois deixará de exibir dados relevantes.

<sup>36</sup> Esta analogia é fruto da experiência de 15 anos do autor como Chefe Controlador de Operações Aéreas Militares, atuando em mais de uma centena de Operações Bilaterais, Operações Reais de Intercepção de aeronaves ilícitas e grandes eventos.

Retornando para o caso marítimo, a utilização de sensores ativos, como é o caso do OTHR, possibilita a identificação de alvos não colaborativos e favorece a obtenção e manutenção da Consciência Situacional Marítima.

O conceito empregado no radar OTH 0100 garante a rastreabilidade de uma área de aproximadamente 143 mil Km<sup>2</sup>, por meio de uma varredura ativa, seguindo a curvatura da Terra, sendo, portanto, mais eficiente que os radares convencionais, que têm o alcance limitado pela linha de visada direta, sendo também mais efetivo do que os sensores passivos, que dependem da colaboração das embarcações para fornecerem informações. Estas características garantem a obtenção de dados relevantes, acerca de variados tipos de embarcações, que transitam pela ZEE, possibilitando a percepção das ameaças, o efetivo controle do tráfego marítimo e a projeção e o planejamento adequado para o emprego do Poder Naval, em qualquer cenário ou situação adversa. Além disto, por ser uma tecnologia dual, apresenta aplicações em diversos campos, tais como o monitoramento costeiro; combate aos crimes ambientais; pesca ilegal, seja ela realizada por navios nacionais ou estrangeiros em nossa ZEE; pirataria; extração da biodiversidade; tráfico de armas e drogas e também aplicação na salvaguarda da vida no mar.

A título de exemplificação, a FIG 11 ilustra a cobertura do OTH 0100 e pode-se verificar a potencialidade para monitorar eficientemente as áreas de interesse. Ao realizar a fusão dos dados do OTH0100 com os dados dos sensores passivos tem-se uma visão geral do domínio marítimo, abrangendo alvos cooperativos e não cooperativos, ao mesmo tempo em que se tem o acompanhamento da evolução destes alvos no ambiente e, conseqüentemente, obtém-se a Consciência Situacional Marítima integrada.



FIGURA 11 – Cobertura do OTH0100 do sítio do Albardão

Fonte: IACIT (2019)

Entretanto, há que se frisar que um único radar é insuficiente para garantir a vigilância de toda área costeira brasileira, conforme pode ser visto na FIG. 11, sendo que para abranger toda a área de interesse haveria duas opções possíveis.

A primeira, que envolveria menos equipamentos, seria o desenvolvimento de uma rede de radares com propagação por ondas celestes, com setor de cobertura próximo de  $180^\circ$ , semelhante ao JORN, desenvolvido pela Austrália. Esta solução possibilitaria maior alcance de detecção, maior área de cobertura e uma quantidade menor de radares para cobrir toda a extensão do litoral brasileiro. Todavia, conforme já abordado anteriormente, o desenvolvimento desta opção não é trivial, haja vista as peculiaridades da propagação ionosférica equatorial e, possivelmente, teria um elevado custo de execução.

Segundo dados do governo australiano (DST, 2019) foram investidos \$960 milhões de dólares australianos, cerca de US\$ 650 milhões pelo câmbio atual, no desenvolvimento e implantação da rede JORN, cifra que, dada a situação orçamentária atual, é difícil de ser absorvida.

A segunda possibilidade seria uma rede de radares OTH 0100 distribuídos ao

longo do litoral, de modo a abranger toda a ZEE brasileira. Esta opção lançaria mão da tecnologia já desenvolvida e teria somente o custo de implantação, porém, demandaria uma quantidade maior de radares. A FIG. 12 ilustra uma possível arquitetura para a efetivação desta segunda opção.



FIGURA 12 – Sugestão de arquitetura para Cobertura da ZEE

Fonte: IACIT (2019)

Realizando novamente uma analogia com o SISDABRA, existem no Brasil cerca de 180 radares, distribuídos em quatro Regiões de Defesa Aérea (RDA), operados por quatro Centros de Operações Militares (COPM). Cada COPM possui a visualização apenas dos radares de sua área de responsabilidade e atua nos níveis operacional e tático, enquanto que o Centro Conjunto de Operações Aéreas (CCOA), setor do Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) responsável pela condução estratégica das atividades de Defesa Aérea possui a visualização global de todos os radares, formando o mosaico completo do espaço aéreo nacional. Assim, pode-se dizer que o CCOA possui Consciência Situacional Integrada de Defesa Aérea.<sup>37</sup>

<sup>37</sup> Esta analogia se baseia na experiência do autor na área técnica do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro, onde atuou como Chefe da Divisão Técnica do Quarto Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle do Espaço Aéreo e do Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro.

Retornando para o caso marítimo, uma vez estabelecida uma solução, utilizando radares OTH seja com ondas celestes, seja com a tecnologia atualmente disponível, para englobar toda a área de interesse, o CISMAR, analogamente ao CCOA, terá a visualização integrada de todos os sensores, passivos e ativos e disporá, efetivamente, da percepção de todos os atores evoluindo no ambiente de interesse, ou seja, possuirá Consciência Situacional Marítima Integrada. Desta forma, será atendida a motivação estratégica de que o Estado disponha de meios com capacidade de exercer vigilância e controle das Águas Jurisdicionais Brasileiras; com meios sob inteiro e incondicional domínio tecnológico nacional.

Além disto, tendo em vista o postulado no PEM (BRASIL, 2019, p. 36) que cita que as duas primeiras fases do ciclo OODA, observar e orientar reforçam a necessidade de efetivação de um sistema de gerenciamento da Amazônia Azul<sup>®</sup>, somado ao fato de que estas duas fases estão intrinsecamente associadas à Consciência Situacional, conforme visto no capítulo 2, depreende-se que os radares OTH serão uma ferramenta importante na consecução deste sistema, uma vez que solucionam a lacuna referente ao monitoramento de alvos não colaborativos.

Da mesma forma, o PEM (BRASIL, 2019, p. 41) ainda recomenda que haja intensificação do esforço defensivo nas áreas marítimas contíguas às zonas produtivas, por meio da utilização em alta densidade de sensores ativos, como é o caso dos radares OTH, como forma de obter-se um controle máximo sobre as áreas vitais à produção petrolífera, bases navais e portos.

Todavia, a implantação de uma rede de radares desta magnitude envolve um vultoso custo financeiro, pois segundo Lopes (2018) o desenvolvimento do OTH0100 necessitou de um investimento de 17 milhões de reais que, apesar de parecer relativamente baixo, quando comparado com o custo da rede JORN australiana, representa um montante considerável a ser investido, tendo em vista a quantidade de radares necessária para garantir a

cobertura de todo o litoral. Entretanto, um fator relevante a ser observado é que ao iniciar a produção em escala industrial a tendência é que o custo seja reduzido, desde que haja uma demanda consistente, que garanta a sustentabilidade da linha de produção.

Outro fator importante a ser ponderado é que a produção e instalação dos equipamentos demandará um período de tempo razoável, de tal sorte que há que se considerar que a MB execute etapas intermediárias.

Assim, sugere-se que a primeira etapa consista na determinação das áreas de interesse estratégico prioritário, nas quais se vislumbre a necessidade imediata de prover maior nível de Consciência Situacional Marítima, com a monitoração de alvos não colaborativos. Neste sentido, a END define que duas áreas do litoral merecem atenção especial, do ponto de vista da necessidade de controlar o acesso marítimo ao Brasil: a faixa que vai de Santos a Vitória e a área em torno da foz do rio Amazonas (BRASIL, 2016a, p. 26).

Partindo-se destas premissas, conforme informações da empresa, para monitorar integralmente as áreas de interesse seriam necessários seis radares OTH0100, quatro para a faixa de Santos a Vitória e dois para a região em torno da foz do Rio Amazonas (IACIT, 2019).

Tomando-se como base o custo de R\$ 17 milhões, somente para efeito de estimativa inicial, o custo desta primeira etapa seria de R\$ 102 milhões e garantiria a efetiva Consciência Situacional Marítima nas áreas de interesse estratégico definidas na END, uma vez que asseguraria a detecção tanto dos alvos não colaborativos, quanto dos colaborativos.

Na segunda etapa deverá ser feita a avaliação da infraestrutura necessária para implantação dos sítios radar OTH, de modo a determinar as melhores localizações, tendo em vista a área de cobertura desejada. Nesta etapa, a fim de diminuir custos, poderão ser priorizados os locais que já disponham de instalações da MB, tendo como base as áreas

previamente definidas na primeira etapa.

Na terceira etapa, partindo-se dos custos inicialmente apurados, deverá ser proposto o cronograma de execução, de modo a garantir a viabilidade orçamentária do projeto.

A quarta etapa consistirá da construção e instalação dos equipamentos OTHR, que ocorrerá concomitantemente com a montagem da estrutura de telecomunicações necessária para prover a interligação do sítio radar com o Centro de Monitoração.

Por fim, na quinta etapa será feita a integração dos novos sistemas com os já existentes, de forma a garantir a correta percepção das ameaças e a Consciência Situacional Marítima Integrada, que consistirá no estado da arte da monitoração e propiciará o efetivo controle das áreas de interesse.

A consecução deste projeto assegurará o efetivo incremento da Consciência Situacional Marítima, ao mesmo tempo em que fortalecerá a Base Industrial de Defesa, uma vez que sustentará a cadeia de produção dos equipamentos, atendendo os objetivos estratégicos propostos pela END.

Subsequentemente, serão incrementadas etapas sucessivas, até ser alcançada a monitoração da totalidade da ZEE brasileira, suprimindo vigilância constante para qualquer tipo de alvo, mesmo não colaborativo, evidenciando a aplicabilidade do radar OTH0100 para o incremento da Consciência Situacional Marítima, por meio da qual, poderá ser utilizado o Poder Naval de forma eficiente para se contrapor as ameaças.

Desta forma, mediante as comparações e análises tecidas até este ponto, evidencia-se que a utilização do radar OTH0100 influenciará efetivamente no incremento da percepção de alvos não colaborativos, evoluindo nas áreas de interesse da MB, fator indispensável para alcançar uma adequada Consciência Situacional Marítima.

## 5 CONCLUSÃO

Evidenciou-se inicialmente neste estudo a importância da Consciência Situacional Marítima no contexto da efetiva vigilância da Amazônia Azul<sup>®</sup>, vastidão marítima possuidora de uma enorme gama de recursos naturais, com uma área maior que o bioma Amazônico e correspondente a, aproximadamente, 52% da área continental brasileira.

A vigilância e o controle desta área constitui um grande desafio, em razão da suscetibilidade a uma série de ameaças, como a pesca ilegal, o contrabando, a exploração ilegal dos recursos oceânicos e as ameaças às LCM, como a pirataria. Razões pelas quais a MB, no escopo de sua missão, é responsável pela tarefa de garantir a Segurança do Tráfego Marítimo, que é realizada desde o tempo de paz, por meio dos ramos do Monitoramento, da Direção e da Defesa do Tráfego Marítimo.

Voltando-se o foco para monitoração, esta somente será efetiva quando se dispuser de meios capazes de detectar toda e qualquer embarcação evoluindo nas áreas de interesse, objetivo que unicamente será atingido com a utilização concomitante de sensores passivos e ativos, sendo este último o escopo no qual se enquadra o radar OTH, vislumbrado como um elemento fundamental para garantia da eficaz Consciência Situacional Marítima.

Neste contexto, verifica-se que o conceito inerente à Consciência Situacional Marítima mantém estreita relação com a clássica Consciência Situacional, que pode ser entendida, segundo o modelo proposto por Endsley e Garland (2000), a partir de três etapas: a percepção do meio, a compreensão dos fatores e a projeção futura do quê e como irá acontecer. Este conceito é tão importante que possui aplicabilidade em diversos ramos da atividade humana, tais como plantas de energia nuclear, controle do tráfego aéreo e pilotagem de aviões de combate.

Assim, no capítulo 2 foi abordado o arcabouço teórico que possibilitou a análise

subsequente, constatando-se que houve uma evolução conceitual. Partindo-se do *Maritime Domain Awareness*, que é extremamente amplo, abarcando a necessidade de dominar tudo que esteja no meio marítimo, tarefa praticamente impossível sem uma eficiente rede de sensores, ativos e passivos, capazes de detectar todas as embarcações, de qualquer tipo, trafegando nas áreas de interesse, chegou-se ao conceito do *Maritime Situational Awareness* que pode ser entendido como a Consciência Situacional clássica com ênfase na compreensão dos fatores evoluindo no ambiente marítimo.

Merece destaque o fato de que a compreensão, que remete ao segundo nível do modelo proposto por Endsley e Garland, depende diretamente da percepção dos elementos atuando no meio em observação, de forma que se faz essencial dispor de sensores adequados para garantir a efetiva detecção de todos os alvos presentes no ambiente em observação.

Destaca-se que independente do conceito utilizado, a questão principal é a forma como será utilizada a Consciência Situacional Marítima, de tal sorte que, para complementar os conceitos estudados, foi apresentada a relação da Consciência Situacional com o Ciclo de tomada de decisão, também conhecido como Ciclo de Boyd ou Ciclo OODA.

Ao ser abordada a relação entre a Consciência Situacional e o Ciclo OODA, foi observado que a Consciência Situacional pode ser vista como uma visão mais detalhada das etapas de Observação e Orientação deste Ciclo, porque possibilitam justamente obter a noção correta e efetiva do que acontece ao redor e, com isso, possibilitar a tomada de decisão e ação subsequente. Cabendo destacar que esta noção visa obter vantagem sobre o inimigo por meio da obtenção de informações vitais antes do adversário favorecendo, desta forma, a manutenção da iniciativa.

Sendo constatado que a agilidade do Ciclo OODA está intrinsecamente relacionada com a Consciência Situacional, fez-se necessário verificar a questão dos sistemas e sensores que iriam fornecer os dados acerca do que ocorre no ambiente de interesse, motivo

pelo qual foram abordados os conceitos relativos ao radar OTH, ferramenta fundamental para monitoração marítima de alvos não colaborativos.

Destarte, verificou-se tratar-se de um sistema que vem sendo desenvolvido desde 1950, havendo dois tipos principais: os com propagação por onda de superfície, com menor alcance, e os com propagação por onda celeste, com alcance podendo chegar a milhares de quilômetros. Sendo que, em ambos os casos, a principal característica é propiciar detecção além da linha de visada do horizonte, limitação dos radares convencionais e com isto possibilitar a monitoração efetiva de extensas áreas, principalmente no que se refere a alvos não colaborativos, fato que poderia ser utilizado para complementar a cobertura propiciada pelos sistemas passivos presentes no CISMAR.

Por se tratar de um sistema complexo, verificou-se no capítulo 3 que somente dez Estados no mundo detém esta tecnologia, Austrália, Canadá, China, EUA, França, Itália, Japão, Reino Unido, Rússia e Ucrânia, os quais investiram vultosas quantias no desenvolvimento e implantação de redes de radares OTH, com vistas a atender demandas estratégicas e, mais recentemente, também para utilização dual, no combate ao narcotráfico, imigração ilegal e monitoração das ZEE contra atividades prejudiciais aos interesses nacionais.

Este tipo de radar apresenta uma vantagem notável, tendo em vista a capacidade de cobertura ampla e contínua, que pode chegar a 3.000 km. A relação custo-eficácia de tal sistema é excelente se comparada com os custos de constelações de satélites, frota de aviões voando sobre a área a ser vigiada, ou conjuntos de radares de micro-ondas localizados ao longo das costas dos Estados.

Esta capacidade é fundamental para garantir a percepção das possíveis ameaças evoluindo nas áreas de interesse, requisito essencial para o posterior processamento das informações, que após devidamente interpretadas garantirão a efetiva Consciência Situacional

Marítima.

Destaca-se que o Canadá e o Reino Unido possuem sistemas semelhantes ao brasileiro, em termos de capacidade e características, que são utilizados para monitoramento das respectivas ZEE e no suporte ao combate de atividades ilícitas no ambiente marítimo de interesse.

Neste diapasão, salienta-se que o sistema desenvolvido pela empresa brasileira IACIT Soluções Tecnológicas enquadra-se no escopo da Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil que considera plenamente admissível a existência de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento voltados para a criação de tecnologias nacionais destinadas ao incremento da Consciência Situacional Marítima, tendo em vista a motivação estratégica de que o Estado disponha de meios com capacidade de exercer vigilância, controle e defesa das AJB, com tecnologias de monitoramento baseadas em terra, no ambiente marítimo, aéreo e espacial; e que estejam sob inteiro e incondicional domínio nacional.

Desta forma, no capítulo 4 foi verificado que o desenvolvimento deste sistema representou um marco para indústria de defesa brasileira, uma vez que se trata de tecnologia de ponta, inédita na América do Sul, sendo o Brasil, juntamente com a Austrália, os dois únicos Estados do hemisfério Sul possuidores de tal tecnologia. Este fato representa um diferencial, propiciando que o Brasil assuma uma posição privilegiada em relação aos demais Estados da região, contribuindo, também, para o incremento da sua projeção internacional.

Verificou-se ainda que vários Estados que não podem arcar com o custo total de desenvolver e colocar em órbita um sistema de vigilância, que almejam alcançar os líderes em tecnologia, ou que por questões geográficas estão interessados em uma ferramenta que forneça uma ampla área de cobertura radar ao redor das fronteiras, não obstante os avanços tecnológicos na área da monitoração via satélite, mantém o ímpeto de continuar o desenvolvimento de sistemas radar OTH, podendo o Brasil ser enquadrado neste grupo.

Nesta questão da capacidade de vigilância, uma importante constatação é que analogamente ao SISDABRA o CISMAR, por meio da utilização de uma rede de radares OTH poderá monitorar eficientemente as áreas de interesse e, por meio da fusão dos dados do OTH0100 com os dados dos sensores passivos, terá uma visão geral do domínio marítimo, abrangendo alvos cooperativos e não cooperativos, obtendo-se a Consciência Situacional Marítima integrada.

Neste ponto, cabe frisar que um único radar é insuficiente para garantir a vigilância de toda área costeira brasileira, sendo preciso considerar duas possibilidades.

A primeira seria o desenvolvimento de uma rede de radares com propagação por ondas celestes, com setor de cobertura próximo de 180°, semelhante ao JORN australiano, que possibilitaria maior alcance de detecção, maior área de cobertura e uma quantidade menor de radares para cobrir toda a extensão do litoral brasileiro. Todavia, devido as peculiaridades da propagação ionosférica equatorial esta opção, provavelmente, teria um elevado custo de execução, mesmo envolvendo menor quantidade de equipamentos.

A segunda possibilidade seria uma rede de radares OTH0100, distribuídos ao longo do litoral, de modo a abranger toda a ZEE brasileira. Esta opção lançaria mão da tecnologia já desenvolvida e teria somente o custo de implantação, porém, demandaria uma quantidade maior de radares, em torno de 12, com custo estimado de R\$ 17 milhões por radar.

No escopo desta segunda opção sugere-se que a primeira etapa consista na determinação das áreas de interesse estratégico prioritário, nas quais se vislumbre a necessidade imediata de prover maior nível de Consciência Situacional Marítima, com a monitoração de alvos não colaborativos, levando em consideração o preconizado na END que define que duas áreas do litoral merecem atenção especial, do ponto de vista da necessidade de controlar o acesso marítimo ao Brasil: a faixa que vai de Santos a Vitória e a área em torno da foz do rio Amazonas.

Subsequentemente deverão ser realizadas as demais etapas adicionais até que todo o sistema esteja plenamente operacional, de tal forma que a consecução deste projeto assegurará o efetivo incremento da Consciência Situacional Marítima, ao mesmo tempo em que fortalecerá a Base Industrial de Defesa, uma vez que sustentará a cadeia de produção dos equipamentos, atendendo os objetivos estratégicos propostos pela END, sendo, portanto, alcançada a monitoração da totalidade da ZEE brasileira, suprimindo vigilância constante para qualquer tipo de alvo, mesmo não colaborativo, evidenciando a aplicabilidade do radar OTH0100 para o incremento da Consciência Situacional Marítima, por meio da qual, poderá ser utilizado o Poder Naval de forma eficiente para se contrapor as possíveis ameaças ao entorno estratégico brasileiro, ressaltando a relevância deste estudo, uma vez que foi atingido o propósito pretendido, ao se constatar que a utilização do radar OTH, para o monitoramento à distância de alvos não colaborativos, efetivamente influenciará na Consciência Situacional Marítima e, por conseguinte na aplicação do Poder Naval Brasileiro.

## REFERÊNCIAS

AGASTIA, G.B.D., PERWITA, A.A.B. **Building Maritime Domain Awareness as an Essential Element of the Global Maritime Fulcrum: Challenges and Prospects for Indonesia's Maritime Security**. Jurnal Hubungan Internasional Vol. 6, No. 2, Oktober, Maret, 2018.

AMENDOLA, G.V. **Análise do Comportamento da Ionosfera a Partir de Medidas em HF**. 2003. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2003.

ARGUEDAS, V.F., MAZZARELLA, F., VESPE, M. **Spatio-temporal Data Mining for Maritime Situational Awareness**. European Commission - Joint Research Centre (JRC). Ispra, Italy. 2015.

AUSTRALIA. **Australian Maritime Doctrine: RAN Doctrine 1**. 2 ed. Sea Power Centre. Royal Australian Navy. Australia. 2010.

BIDDINGTON, B. **Girt by Sea Understanding Australia's Maritime Domains in a Networked World**. Kokoda Paper N<sup>o</sup>. 20. Australia. 2014.

BOYD, J. **Organic Design for Command and Control**. In **Discourses on Winning and Losing**. Marine Corps University Research Archives, Quantico, VA, 1986.

BORAZ, S.C. **Maritime Domain Awareness Myths and Realities**. Naval War College. Newport, RI. 2009.

BRASIL. **Comando de Operações Navais. Marinha do Brasil. SALVAMAR Brasil: PREPS**. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/salvamarbrasil/Sistema/preps-programa-nacional-de-rastreamento-de-embarca%C3%A7%C3%B5es-pesqueiras-por-sat%C3%A9lite>>. Acesso em: 03 jun. 2019

\_\_\_\_\_. **INSTRUÇÃO NORMATIVA SEAP/MMA/MD N<sup>o</sup> 02, DE 04 DE SETEMBRO DE 2006**. Disponível em: <[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao\\_normativa/2006/in\\_seap\\_mma\\_md\\_02\\_2006\\_preps.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2006/in_seap_mma_md_02_2006_preps.pdf)>. Acesso em 03 jun 2019.

\_\_\_\_\_. **EMA- 305: Doutrina Militar Naval**. Marinha do Brasil. Estado Maior da Armada. 1. Ed. Brasília, DF. 2017.

\_\_\_\_\_. **Estratégia de ciência, tecnologia e inovação da Marinha do Brasil**. Comando da Marinha. Estado Maior da Armada. Brasília, DF. 2017.

\_\_\_\_\_. **PEM: Plano Estratégico da Marinha 2019-2039**. Marinha do Brasil. Brasília, DF. 2019.

\_\_\_\_\_. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: Ministério da Defesa, 2016a. Disponível

em: <[http://www.defesa.gov.br/arquivos/estado\\_e\\_defesa/END-PND\\_Optimized.pdf](http://www.defesa.gov.br/arquivos/estado_e_defesa/END-PND_Optimized.pdf)>.  
Acesso em: 28 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **MD 35-G-01: Glossário das forças armadas.** Ministério da Defesa. 4. Ed. Brasília, DF, 2007.

\_\_\_\_\_. **Política Nacional de Defesa.** Brasília: Ministério da Defesa, 2016b. Disponível em: <[http://www.defesa.gov.br/arquivos/estado\\_e\\_defesa/END-PND\\_Optimized.pdf](http://www.defesa.gov.br/arquivos/estado_e_defesa/END-PND_Optimized.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2019.

BRETON, R.; ROUSSEAU, R. **Situation Awareness: A Review of the Concept and its Measurement.** DREV, TR-2001-220. Quebec: Defence Research Establishment., 2003.

BURTON, J. **CyberAttacks and Maritime Situational Awareness, Evidence from Japan and Taiwan.** Victoria University of Wellington, New Zealand. 2016.

CIBOCI, J.W. **Over-the-horizon radar surveillance of airfields for counterdrug applications.** IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. February. 1998.

DOMINGUEZ, C. **Can SA be defined?** In: VIDULICH, M. et al (Eds). **Situation Awareness: Papers and annotated bibliography.** Wright-Patterson AFB, OH: Armstrong Laboratory, 1994. p. 5-15.

DST, Department of Defence Science and Technology. **Jindalee Operational Radar Network.** Disponível em <<https://www.dst.defence.gov.au/innovation/jindalee-operational-radar-network>>. Acesso em 31 jul. 2019.

DTA. **December 11, 2018 – D-TA wins over \$14M in contracts for Over-The-Horizon Radar (OTHR) Projects.** Disponível em <<https://www.d-ta.com/december-10-2018-d-ta-wins-over-14m-in-contracts-for-over-the-horizon-radar-othr-projects/>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

ELY, C. V. **Estudo da ionosfera da região brasileira com dados dos satélites FORMOSAT-3/COSMIC e de Digissondas.** 123 p. Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, 2010.

ENDSLEY, M. R. **Design and evaluation for situation awareness enhancement.** In: Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings. Santa Monica, 1988. p. 97-101.

ENDSLEY, M.R.; GARLAND, W.M. **Situation Awareness information dominance & information warfare.** United States Air Force Armstrong Laboratory, 1997.

ENDSLEY, M.R.; GARLAND, W.M. **Theoretical underpinnings of situation awareness: a critical review.** Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 2000.

ENDSLEY, M. R.; JONES, R. **Situation Awareness Analysis and Measurement.** Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

ENDSLEY, M. R. et al. **Situation Awareness in Air Traffic Control: Enhanced Displays**

**for Advanced Operations.** Springfield, Virginia, USA: National Technical Information Service, 2000.

ENDSLEY, M. R., SOLLENBERGER, R., STEIN, E. **Situation Awareness: A comparison of measures.** In Proceedings of the Human Performance, Situation Awareness and Automation: User-Centred Design for the New Millenium. Savannah, GA, 2000.

EUA. **National Plan to Achieve Maritime Domain Awareness for the national strategy for maritime security.** 2005.

FAS, *Federation of American Scientists.* **AN/FPS-118 Over-The-Horizon-Backscatter (OTH-B) Radar.** Disponível em <<https://fas.org/nuke/guide/usa/airdef/an-fps-118.htm>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

FONSECA, C.M. **Implementação de novas tecnologias visando ao incremento da Consciência Situacional Marítima nas Operações de Busca e Salvamento da Marinha do Brasil.** 2016. 76 p. Tese (Curso de Política e Estratégia Marítimas) – Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, 2016.

GARLAND, D. J.; ENDSLEY, M. R. **Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness,** Daytona Beach, FL, USA: Embry-Riddle Aeronautical University Press, 1995.

HEADRICK, J. M. E THOMASON, J. F. **Applications of high-frequency radar.** Naval Research Laboratory, Washington, D. C. 1998.

HEGINBOTHAM, E. **The U.S.-China military scorecard : forces, geography, and the evolving balance of power, 1996-2017.** RAND Corporation, Santa Monica, California. 2015

HOU, X. et al. **Characteristics of coastline changes in mainland China since the early 1940s.** *Science China Earth Sciences.* Vol. 59. September 2016. 13p.

IACITI. **SOLUÇÃO IACIT - RADAR OTH0100.** 2019. 37 slides. Material apresentado no Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica em janeiro de 2019.

IMSWG. **Canada's Maritime Domain Awareness Strategy.** Government of Canada, Ottawa, 2001.

JORN, **Jindalee Operational Radar Network.** *Site da Royal Australian Air Force,* 2019. Disponível em: <<https://www.airforce.gov.au/technology/surveillance-command-and-control/jindalee-operational-radar-network>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

KINGSLEY, S.; QUEGAN, S. **Understanding Radar Systems,** Chapter 10, Scitech, Mendham, NJ, 1999.

KLEIN, G. A. **Recognition-primed decisions.** In W. B. Rouse (Eds.), *Advances in man-machine systems research* (5) (p. 47-92). Greenwich, Conn: JAI Press, Inc. 1989.

KOLOSOV, A. A. et al. **Over-the-Horizon Radar,** Artech House, MA, 1987

KOSCIELSK, MILER E ZIELIŃSK. **Maritime Situational Awareness**. Zeszyty naukowe akademii marynarki wojennej. ROK XLVIII NR 4. 2007.

LOPES, R. **Cercado pelo isolamento e pela descrição, o radar OTH da IACIT vira alternativa à ausência do SisGAaz**. Disponível em: < <https://www.naval.com.br/blog/2018/06/21/cercado-pelo-isolamento-e-pela-discricao-o-radar-oth-da-iacit-vira-alternativa-a-ausencia-do-sisgaaz/>>. Acesso em: 27 abr. 2019

LIU, B. **HF Over the-Horizon Radar system performance analysis**. Arlington, VA, USA. Naval Postgraduate School, 2007.

MASWOOD, S. J. **Japanese Defence: The Search for Political Power**. Institute of Southeast Asian Studies. Singapore. 1990.

MIN, K., GUO-HONG, W., XIAO-BO, W. **Coordinates Registration and Error Analysis based on Spherical Model for OTH Radar**. IEEE International Conference on Radar, pp. 1-4, October 2006.

OTHR, **Over The Horizon Radar**. Canada Connects on Space Technology, 2008. Disponível em < <http://www.canadconnects.ca/space/main/1210/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

RAHMAN, H. **Fundamental Principles of Radar**. CRC Press. Boca Raton, FL. 2019.

ROUSSEAU, R. et al. **The role of metacognition in the relationship between objective and subjective measures of situation awareness**. Theoretical Issues in Ergonomics Science, v. 11, n. 1-2, p. 119-130, 2010.

SALMON, P.; STANTON, N.; WALKER, G.; JENKINS, D.; LADVA, D.; RAFFERTY, L.; e YOUNG, M. **Measuring Situation Awareness in complex systems: Comparison of measures study**. International Journal of Industrial Ergonomics, v. 39, n. 3, p. 490-500, 2009

SERMI, F. **Digital processing of the echo received by an Over The Horizon (OTHR) Sky-Wave (SW) Radar System for Geo-Referencing of radar footprint through the identification of Sea/Land transition**. 2013. 155 p. Tese (Dotorato Ingegneria Industriale e Dell'informazione) – University of Florence, Faculty of Engineering. Florence. 2013.

SINNOT, D.H. **Over the horizon radar down-under**. IEEE Radar Conference (RadarCon). May. 2015.

STANTON, N.; CHAMBERS, P.R.G.; e PIGGOTT, J. **Situational Awareness and safety**. Safety Science, vol. 39, p. 189-2094, 2001.

SOUZA, J. R. **Modelagem ionosférica em baixas latitudes no Brasil**. 182 p. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São Jose dos Campos, 1997.

TAYLOR, R. M. (1990). **Situational awareness rating technique (SART): The development of a tool for aircrew systems design**. In Situational awareness in aerospace operations (AGARD-CP-478). Neuilly Sur Seine, France: NATO - AGARD. 1990. p. 3/1 - 3/17.

TAYLOR, R.M et al. **Situational Awareness, Trust, and Compatibility: Using Cognitive Mapping Techniques to Investigate the Relationships Between Important Cognitive Systems Variables**. In: AGARD Conference Proceedings – AGARDCP- 575. AGARD, 1996.

TETREAULT, B.J. **Use of the Automatic Identification System (AIS) for maritime domain awareness (MDA)**, Proceedings of OCEANS 2005 MTS/IEEE, Washington, DC, 2005, pp. 1590-1594 Vol. 2.

THOMASON, J.F. **Development of Over-the-Horizon Radar in the United States**. U. S. Naval Research Laboratory. April 2005.

TOMKINS, R. **Raytheon to support radar for counter-narcotics missions**. Disponível em < <https://www.upi.com/Defense-News/2016/04/27/Raytheon-to-support-radar-for-counter-narcotics-missions/4011461764710/>> Acesso em 28 abr. 2019.

VASCONCELOS, Y. **Iacit constrói radar capaz de monitorar áreas oceânicas e detectar embarcações no mar após o limite do campo de visão**. Pesquisa FAPESP, edição 250, 2016. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2016/12/16/alem-do-horizonte/?cat=pesquisadores-em-empresas-pt-br-pt-br>> Acesso em 28 abr. 2019.

WISE, J.C. **Summary of Recent Australian Radar Development**. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, December 2004.

WILTGEN, G. **Radar OTH 0100: Monitorando nossas águas jurisdicionais além do horizonte**. Disponível em <<https://www.marinha.mil.br/sinopse/radar-oth-0100-monitorando-nossas-aguas-juridicionais-alem-do-horizonte>>. Acesso em 28 abr. 2019.

XIAODONG, T., YUNJIE, H., WENYU, Z. **Skywave Over-the-Horizon Backscatter Radar**. Proc. of the IEEE International Radar Conference, pp. 90-94, October 15-18, 2001.