

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC(EN) Ali Kamel Issmael Júnior

COMANDO E CONTROLE NAS OPERAÇÕES NAVAIS:

PERSPECTIVAS PARA A MB

“TACTICAL DATA LINK” E MASTRO OPTRÔNICO DE BUSCA

NO SISTEMA DE COMBATE DOS SUBMARINOS CONVENCIONAIS S-BR –

IMPACTOS POSITIVOS E NEGATIVOS E SUGESTÕES DE MAXIMIZAÇÃO DE USO.

Rio de Janeiro

2015

CC(EN) Ali Kamel Issmael Júnior

COMANDO E CONTROLE NAS OPERAÇÕES NAVAIS:

PERSPECTIVAS PARA A MB

“TACTICAL DATA LINK” E MASTRO OPTRÔNICO DE BUSCA

NO SISTEMA DE COMBATE DOS SUBMARINOS CONVENCIONAIS S-BR –  
IMPACTOS POSITIVOS E NEGATIVOS E SUGESTÕES DE MAXIMIZAÇÃO DE USO.

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior.

Orientador: CMG (RM1) Marcos Antônio Nóbrega Rios

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval

2015

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Janayna Menezes Vilela Issmael, pelo grande carinho, apoio e compreensão do sacrifício de nosso tempo juntos para que eu me dedicasse a este trabalho e ao Curso Superior.

À minha mãe Maria de Fátima Azevedo Penedo, pela educação que me deu e ao sacrifício pessoal que fez para me proporcionar as condições de me tornar o que sou hoje.

Ao meu padrasto Roberto Ferreira Penedo, que, embora não seja meu pai biológico, apoiou minha mãe em um momento muito difícil de nossas vidas, e que agora, neste momento, em que ele precisa muito de nós, estamos tentando lhe retribuir todo o carinho e afeto, da melhor forma que podemos. Nunca te esquecerei, meu amigo.

Ao Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1) Marcos Antônio Nóbrega Rios, meu orientador, pelo apoio acadêmico e incentivo com que me orientou.

Aos Capitão-de-Fragata (EN) José Vicente Calvano, Capitão-de-Fragata (EN) Jorge Luis da Cunha, Capitão-de-Fragata (EN) Alexandre de Vasconcelos Siciliano e Engenheiro Cláudio Vasconcelos Ribeiro, pela cordialidade, interesse e profissionalismo com que me concederam as entrevistas fundamentais para o fechamento deste trabalho.

Aos meus companheiros de trabalho, Capitão-de-Corveta (EN) Cristiani Perrini Bodart e Capitão-Tenente (EN) Fernando José Capeletto Neto, pela inestimável ajuda na revisão desta monografia e apoio moral.

À Escola de Guerra Naval, em especial às Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1-T) Cláudia Elisabete Pitta Fernandes Nogueira e Capitão-de-Fragata (T) Chiara Leão Araújo de França Delgado de Freitas, além de seus subordinados, pelo apoio e tratamento oferecido, além da oportunidade de realizar esta Monografia no Curso Superior de 2015.

## RESUMO

Esta monografia investiga, dentro do contexto do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), especificamente na área de Comando e Controle, os impactos e perspectivas de duas tecnologias de sensores componentes dos Sistemas de Combate dos Submarinos Convencionais S-BR: o “*Tactical-Data Link*” (TDL) e o Mastro Optrônico de Busca “*Search Optronic Mast*” (SOM). Estas duas tecnologias, como será apresentado na monografia, são inovações em comparação aos sensores existentes nos Sistema de Combate dos Submarinos Classe “Tupi”, atual classe desse meio em uso na Marinha do Brasil. Com a utilização dessas tecnologias, uma gama de possibilidades se abre para sua utilização, especialmente na área de Comando e Controle. O escopo de abordagem deste trabalho será na identificação dos impactos positivos e negativos do uso destas tecnologias e, a partir da pesquisa bibliográfica e de entrevistas com pessoal do Setor do Material (DGMM, COGESN e DSAM), envolvidos com o PROSUB, analisar e sugerir possíveis ações para a Marinha do Brasil no sentido de maximizar o emprego destas tecnologias. O conhecimento dessas tecnologias, e a análise resumida dos impactos de seu uso, permitirão à MB condições para a reflexão sobre a necessidade de uma preparação prévia da Força para o recebimento dos submarinos S-BR.

**Palavras-chave:** Comando e Controle. Sistema de Combate. Tecnologia. Sensor. Submarino.

## LISTA DE ABREVIATURAS

COGESN	Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino Nuclear
C <sup>2</sup>	Comando e Controle
CD	“ <i>Compact Disk</i> ”
COTS	“ <i>Commercial of-the-Shelf</i> ”
DCNS	“ <i>Directions de Construction Navales et Services</i> ”
DGMM	Diretoria Geral do Material da Marinha
DSAM	Diretoria de Sistema de Armas da Marinha
DVD	“ <i>Digital Video Disk</i> ”
EAD-S	Enlace Automático de Dados para Submarinos
END	Estratégia Nacional de Defesa
ESM	Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (“ <i>Electronic Support Measures</i> ”)
FOV	Campo de Visada (“ <i>Field of View</i> ”)
GCR	Guerra Centrada em Redes
GPS	Sistema de Posicionamento Global (“ <i>Global Position System</i> ”)
HDTV	Televisão de Alta Definição (“ <i>High Definition Television</i> ”)
ICT	Institutos de Ciência e Tecnologia
LRF	Telêmetro Laser (“ <i>Laser Rangefinder</i> ”)
MB	Marinha do Brasil
MDLP	Link Processador Multi-Dados (“ <i>Multi-Data Link Processor</i> ”)
PND	Política Nacional de Defesa
POD	Dispositivo Protetor Oceânico (“ <i>Protective Oceanic Device</i> ” )
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
S-BR	Submarinos Convencionais
SOM	Mastro Optrônico de Busca (“ <i>Search Optronic Mast</i> ”)
TDL	Link de Dados Táticos (“ <i>Tactical Data Link</i> ”)
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicações
UPS	“ <i>Uninterruptible Power Supply</i> ”

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. DESENVOLVIMENTO</b> .....	9
2.1. O papel do Sistema de Combate no Comando e Controle para Submarinos.....	9
2.2. Descrição Sumária do “ <i>Tactical Data Link</i> ” (TDL).....	11
2.3. Descrição Sumária do Mastro Optrônico de Busca (SOM).....	13
<b>3. ANÁLISE</b> .....	15
3.1. Estudo Analítico do “ <i>Tactical Data Link</i> ” (TDL) .....	16
3.2. Estudo Analítico do Mastro Optrônico de Busca (SOM).....	18
3.3. Sugestões para maximizar o emprego destas tecnologias .....	21
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	23
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	24
<b>ANEXO A</b> .....	27
<b>ANEXO B</b> .....	28
<b>APÊNDICE A</b> .....	29
<b>APÊNDICE B</b> .....	30

## 1. INTRODUÇÃO

A Marinha do Brasil (MB), justificada pelos atuais documentos condicionantes do Ministério da Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa, Brasil (2012), e a Política Nacional de Defesa, Brasil (2012), além de sua missão constitucional de defesa das águas jurisdicionais brasileiras (BRASIL, 1988), designadas popularmente como a nossa “Amazônia Azul”, firmou, em 2008, um acordo de cooperação e transferência de tecnologia com a França, visando a investir na expansão da Força Naval, no tocante a submarinos, e ao desenvolvimento da Indústria Nacional de Defesa (PORTAL DA MARINHA, 2015a).

Este projeto, de grande vulto e ineditismo, implicou na Contratação, por parte da MB, junto a empresa francesa “*Directions de Construction Navales et Services*” (DCNS), de um pacote de Material para a construção de quatro submarinos convencionais, designados como “S-BR” (BRASIL, 2009).

Dos diversos sensores componentes do Sistema, dois se mostram como uma inovação em termos de utilização em submarinos convencionais na MB: o Link de Dados Táticos (“*Tactical Data Link*” – TDL) e o Mastro Optrônico de Busca (“*Search Optronic Mast*” – SOM).

Conforme já mencionado no resumo deste trabalho, a utilização dessas tecnologias proporciona à MB diversas possibilidades de emprego na área de Comando e Controle.

O presente trabalho tem como propósito responder às questões sobre quais os impactos positivos e negativos, na área de Comando e Controle na MB, que podem ocorrer em relação ao uso do “*Tactical Data-Link*” e do Mastro Optrônico de Busca no Sistema de Combate dos S-BR e como maximizar o emprego destas tecnologias.

Para atingir este propósito serão desenvolvidas principalmente ações de descrever sumariamente o papel do Sistema de Combate no Comando e Controle para submarinos e as tecnologias, especificamente, o “*Tactical Data Link*” (TDL) e o Mastro Optrônico de Busca (SOM), no Sistema de Combate dos Submarinos Convencionais S-BR; identificar os principais impactos positivos e negativos do uso destas tecnologias; e analisar e sugerir possíveis ações para a MB no sentido de maximizar o emprego destas tecnologias.

A justificativa deste trabalho é que o conhecimento destas novas tecnologias e a análise resumida dos impactos de seu uso permitirá à MB condições para a reflexão sobre a necessidade de uma preparação prévia da Força para o recebimento dos submarinos S-BR.

A relevância da presente pesquisa se baseia em que os Setores do Material e Operativo precisam estar a par sobre estas tecnologias e seus impactos na área de Comando e Controle, para permitir a maximização de sua utilização.

No tocante à metodologia, esta pesquisa, segundo Vergara (2005, p.46), é classificada como exploratória e descritiva quanto aos fins, e como pesquisa de campo, bibliográfica e estudo analítico quanto aos meios de investigação. Objetivando a extensão e aprofundamento do domínio do tema, também são realizados o estudo e análise da documentação contratual do PROSUB associada às especificações do “*Tactical Data Link*” e do Mastro Optrônico de Busca, de literatura complementar e de artigos e publicações obtidos na Internet. O trabalho exploratório de campo compreende entrevistas junto ao pessoal do Setor Técnico da MB, especificamente da Diretoria Geral do Material da Marinha (DGMM), da Gerência de Desenvolvimento do Sistema de Combate dos Submarinos Convencionais S-BR da Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino Nuclear (COGESN) e na Diretoria de Sistema de Armas da Marinha (DSAM), visando a obter o ponto de vista do Setor do Material sobre o tema e descrever o resultado da pesquisa, sua avaliação e as conclusões desta Monografia.

Depois da coleta prévia de informações e dados sobre as tecnologias de interesse deste trabalho, são realizados estudos analíticos de cada uma delas e finalmente é obtido o embasamento para a avaliação e a conclusão do trabalho.

As delimitações da pesquisa são o período da abordagem, que data do início dos trabalhos atinentes ao Sistema de Combate dos Submarinos Convencionais S-BR, em 2010, até o presente, e a experiência dos representantes da MB entrevistados sobre o tema em tela.

Em linhas gerais, o desenvolvimento do trabalho será estruturado nos Capítulo 2 – Desenvolvimento (subdividido nos itens 2.1 – O papel do Sistema de Combate no Comando e Controle para Submarinos, 2.2 – Descrição Sumária do “*Tactical Data Link*” (TDL) e 2.3 – Descrição Sumária do Mastro Optrônico de Busca (SOM)), Capítulo 3 – Análise (subdividido nos itens 3.1 – Estudo Analítico do “*Tactical Data Link*” (TDL), 3.2 – Estudo Analítico do Mastro Optrônico de Busca (SOM) e 3.3 – Sugestões para maximizar o emprego destas tecnologias) e Capítulo 4 – Conclusão.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. O papel do Sistema de Combate no Comando e Controle para Submarinos

A área de Comando e Controle tem fundamental importância no emprego das Forças Armadas, pois por meio dela é que se permite atingir os objetivos de uma missão operativa, especialmente em uma situação de conflito, com maior eficiência e eficácia. Para melhor explicitar esse raciocínio, podemos utilizar a seguinte definição de Guerra Centrada em Redes (GCR), extraída da Doutrina Básica da Marinha (DBM):

A Guerra Centrada em Redes (GCR) é uma forma de atuar em combate que faz uso da Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC), com o estabelecimento de uma arquitetura de Comando e Controle (C<sup>2</sup>), cuja principal característica é a geração de um ambiente virtual de compartilhamento tempestivo da informação em todos os níveis de decisão e escalões de comando (aumento da Consciência Situacional Marítima). Visa a contribuir para a obtenção da superioridade da informação, mesmo quando os elementos da força estiverem dispersos geograficamente.

O espaço de batalha na GCR é apoiado por uma rede integrada, concorrendo para aumentar a mobilidade das forças e o conhecimento mútuo, diminuindo a duração e aumentando a qualidade do ciclo de C<sup>2</sup>. A GCR não muda a essência da guerra e não substitui uma força militar. O efeito desejado é o incremento indireto do poder de combate, aumentando a letalidade dos ataques, a rapidez das decisões, a precisão das armas e a correção da identificação de alvos e, ainda, a diminuição dos danos causados às forças amigas. A GCR, em suma, reduz a incerteza da guerra (BRASIL, 2014, p.2-6).

Como se pode depreender do texto mencionado, as ferramentas inerentes na composição de uma arquitetura de Comando e Controle englobam requisitos para Sistemas de Tecnologia de Informação, que visam a processar e organizar os dados obtidos por meio da integração das diversas fontes de informações disponíveis no Teatro de Operações, e de Sistemas de Comunicação, que visam repassar estas informações para os diversos níveis de decisão e escalões de comando, a partir das ordens emanadas das instâncias superiores de Comando.

Em meios operativos navais, podemos citar como exemplo de um Sistema de Tecnologia de Informação extremamente importante em Comando e Controle, o Sistema de Combate, que se compõe da integração dos diversos sensores, armas e calculadores de direção de tiro. O Sistema de Combate permite a integração das informações relevantes sobre o cenário tático, realizando o acompanhamento das forças amigas, inimigas (designadas como alvos) e neutras, dentro de uma área de ação, bem como o gerenciamento do engajamento das armas contra os alvos estabelecidos pelo Comando.

Aprofundando este raciocínio, o grande objetivo dos Sistemas de Combate é ampliar, por meio de diversos sensores, a capacidade de detecção, identificação e

engajamento de armas, por parte do Comando, no Teatro de Operações. Isto pode ser mais bem compreendido a partir da seguinte explicação:

Os sistemas de armas e a metodologia que os fazem funcionar são meios simples ou processos que servem como objetos de aumentar a capacidade do ser humano. Por exemplo, um sensor eletromagnético pode aumentar os sentidos de visão e audição de um indivíduo, as armas aumentam o poder de um indivíduo para causar danos, um sistema de direção de combate expande a capacidade de decisão de uma pessoa, e assim por diante. Como centro fundamental de todo sistema de armas, não importa o quão remoto, no centro do sistema de combate ou sistema de direção de combate está um ser humano engajado no uso deste sistema ou grupo de sistemas (CASTRO, 2003a).

Dessa forma, o Sistema de Combate é uma ferramenta de Comando e Controle que permite a integração dos diversos sensores de uma plataforma ou meio operativo (navios, aviões, submarinos, carros de combate, etc.) e seus operadores, cujas principais funções são à detecção, à identificação, o acompanhamento, a classificação, o processamento, a avaliação, a designação, a aquisição e o controle do engajamento do armamento contra o inimigo.

Como o escopo deste trabalho é o uso de tecnologia de Comando e Controle, mais especificamente para um submarino convencional (propulsão a diesel), é importante o conhecimento da definição das ações deste meio, que são definidas pela Doutrina Básica da Marinha (DBM):

As Ações de Submarinos são aquelas realizadas por submarino em que se exploram suas características intrínsecas de ocultação, relativa independência de condições ambientais da superfície, mobilidade tridimensional e grande autonomia, capacidade de detecção passiva e poder de destruição. Os submarinos devem ser, prioritariamente, empregados em ações de caráter ofensivo, em áreas marítimas sob disputa ou controle do inimigo. O efeito desejado primordial de uma ação de submarinos é a destruição dos navios inimigos e compreende medidas contra o tráfego marítimo, contra unidades navais de superfície e submarinos. Elas podem ser atribuídas a qualquer submarino de ataque, nuclear ou convencional, armado com torpedos ou mísseis táticos (BRASIL, 2014, p.3-26).

Conclui-se da definição acima, que um meio operativo como o submarino é, inerentemente, um meio de destruição dos oponentes. Isto nos leva a conclusão de que a ferramenta de Comando e Controle mais importante para a execução dessa ação é o Sistema de Combate. Logo, percebe-se que o grau de confiabilidade, a precisão e os detalhes das informações recebidas e fornecidas pelos sensores componentes do Sistema de Combate são vitais para que o submarino possa colaborar de forma efetiva com os objetivos do Comando e Controle.

No caso dos submarinos S-BR, o sistema de combate utilizado é o SUBTICS<sup>®</sup>, de propriedade da DCNS, que possui um alto grau de integração dos sensores e capacidade de engajamento simultâneo de diferentes tipos de armamento, conforme a descrição da empresa:

SUBTICS<sup>®</sup>, which already equips all modernized French Navy SSNs and SSBNs, or which are currently under construction, will also be the CMS for the future

Barracuda-class SSNs. Internationally, it has in particular been selected to equip all new Scorpène® 2000 and Scorpène® 1000 submarines. It provides the unique capacity to detect and track very distant noise emitters at high speeds, produce a tactical summary, provide the necessary decision support and successfully launch several types of weapons simultaneously (DCNS, 2014).

Para que se possa garantir e manter o grau de confiabilidade de um sistema de combate complexo, como o SUBTICS®, é necessário que o Setor Operativo e o Setor Técnico, responsáveis por esses meios, conheçam estes sensores, as tecnologias envolvidas e os procedimentos necessários para a sua manutenção e operação.

Nesse contexto, a aquisição de novos sensores, para um meio ou plataforma operativa, representa uma necessidade de adequação às possibilidades que as novas tecnologias podem proporcionar.

Este é o fator motivador desta monografia. Face a aquisição do “*Tactical Data Link*” (TDL) e do Mastro Optrônico de Busca para os Submarinos S-BR, se torna relevante a análise e a apresentação dos impactos de utilização destas tecnologias no âmbito do Comando e Controle de meios submarinos na MB.

## 2.2. Descrição Sumária do “*Tactical Data Link*” (TDL)

Os Enlaces de Dados, também conhecidos como “*links*”, servem para a troca informações entre Sistemas Táticos e de Comando e Controle, cujo objetivo é aumentar a consciência situacional relativa aos diversos cenários existentes nos níveis Estratégico, Operacional e Tático, em um Teatro de Operações.

Como a “função mais importante no sistema automático de direção de combate é assistir o comandante no processo de decisão durante o combate” (CASTRO, 2003a), um sistema como o TDL é uma fonte de dados externos da localização do inimigo extremamente relevante para um meio submarino, que passa a maior parte do tempo submerso e dependendo exclusivamente das informações do Sonar.

A tecnologia do “*Tactical Data Link*” não é uma novidade em termos de meios navais e meios aeronáuticos. O princípio básico é a utilização de um enlace de ondas de rádio, onde são transmitidas, de uma base fixa em terra ou de um ou mais meios operativos, mensagens padrão formatadas, digitalizadas e criptografadas, contendo informações relevantes e sintéticas do quadro tático de interesse, para o meio receptor das mensagens.

Essa tecnologia aumentou significativamente a capacidade de Comando e Controle, especificamente na interoperabilidade entre os meios, pois permitiu, de uma forma simplificada, a troca de informações do campo de batalha, sem a necessidade de sistemas

mais complexos, mais caros e com desempenho inferior, como os utilizados para troca de informação por voz, nos sistemas de comunicação tradicionais (CASTRO, 2003b).

Corroborando este raciocínio a seguinte explanação contida no guia “*Understanding Voice and data Link Networking - Northrop Grumman’s Guide to secure Tactical Data Links*”:

Put simply, Tactical data Links (TDLs) are a means to disseminate information processed from RADAR, SONAR, Information Friend of Foe (IFF), Electronic Warfare, Self-Reporting and visual observation. During the Battle of Britain, RADAR allowed the allied forces to track “pieces of metal” in the sky. These “pieces of metal” were of course enemy bombers and fighters launching from various locations throughout Europe. Dissemination of these tracks at the time was done by voice communications which was difficult and slow.

Over time, aircraft began to fly faster and the need to disseminate that tactical data as quickly as possible became the priority. By the late 1950s, the Tactical Digital Information Link (TADIL) was born. Today we know them as TDL.

Each TDL uses a data link standard in order to provide communication via radio waves or data cables. These Military Standards (MIL-STD) set the message standards for data link interoperability (NORTHROP GRUMMAN, 2013, p.1-1).

Na MB, os exemplos de links utilizados (MANSO, 2013) são o Link 11, padrão dos países do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), e o Link YB, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) (SINEIRO, 2014) e construído no Brasil e que, atualmente, o Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV) vem trabalhando na evolução do seu algoritmo criptográfico para a segurança das comunicações no mar (PORTAL DA MARINHA, 2015b).

A inovação proporcionada pelo Sistema de Combate dos submarinos S-BR decorre do fato que os meios submarinos atuais da MB, os submarinos Classe “Tupi” (SCT), não são dotados de “*Tactical Data Link*”, o que obriga os SCT a uma maior exposição para que recebam informações pelos meios convencionais de comunicação por voz.

No Sistema de Combate dos Submarinos do S-BR, a função do “*Tactical Data Link*” é o recebimento de informações de características cinemáticas de alvos e de suas atualizações, também chamadas de pistas (“*tracks*”), onde essas informações serão enviadas para o sistema de combate, que, por sua vez, fará o gerenciamento por correlação das sucessivas mensagens do “*link*” recebidas, permitindo a seleção e compilação do quadro tático dos alvos de interesse<sup>1</sup>.

O “*Tactical Data Link*” dos submarinos S-BR utilizará como padrão de mensagens o link YB com transmissão/recepção de ondas de rádio na faixa de frequências VHF/UHF. Em função da utilização do link YB, o meio poderá ser integrado aos meios da

---

<sup>1</sup> Dado obtido nas entrevistas com o pessoal do Setor do Material (Apêndices A e B).

MB que já utilizam deste link<sup>2</sup>. Porém, poderá ser necessária, no futuro, uma evolução neste sistema para o padrão link BR2, em desenvolvimento na empresa MECTRON com a FAB, para interoperabilidade das três Forças Armadas Brasileiras (DEFESANET, 2012). Isto será discutido no capítulo de Análise.

O dispositivo de transmissão/recepção das mensagens será uma antena multifuncional, fabricada pela empresa francesa BMTI, que será içada por um mastro responsável por todos os sistemas de comunicação do meio<sup>3</sup>. É importante destacar que esta característica de transmissão/recepção do TDL, faz com que o submarino tenha que se expor a cota periscópica para utilizar este equipamento, além de perder o contato que obtivera, em consequência de ter tido que alterar sua cota para poder reportá-lo. Dessa forma, também será necessária uma evolução neste sistema de forma a permitir que o submarino possa efetuar a transmissão/recepção contínua estando submerso, utilizando, por exemplo, um sistema de boia de transmissão VHF/UHF flutuante. Isto também será discutido no capítulo de Análise.

O hardware do “*Tactical data Link*” foi fabricado e fornecido pela empresa SIEM OFFSHORE DO BRASIL S/A (BRASIL, 2012), no Brasil (equipamento Enlace Automático de Dados – EADS), e o software de controle, integrado ao Software do Sistema de Combate dos S-BR, desenvolvido pela empresa EZUTE em conjunto com a empresa DCNS, durante o treinamento no Sistema de Combate, na empresa DCNS (FUNDAÇÃO EZUTE, 2015).

Uma visão geral simplificada do uso do “*Tactical Data Link*” pode ser vista na figura A-1, do Anexo A desta Monografia.

### 2.3. Descrição Sumária do Mastro Optrônico de Busca (SOM)

O Mastro Optrônico de Busca é um sensor em um submarino, que funciona de forma semelhante a um periscópio, sem a necessidade de um mastro penetrante no casco, o que disponibiliza, dessa forma, mais espaço para o projeto do submarino durante a construção e limita os riscos de vazamento de água em caso de danos. Este tipo de mastro é conhecido como mastro não-penetrante (BONSOR, 2001).

O Mastro Optrônico de Busca substitui o sistema de visão mecânica convencional (periscópio de ataque) com equipamentos digitais, que possuem câmeras digitais que geram imagens na faixa do espectro eletromagnético visível (luz), conhecidas como câmeras “*High Definition Television*” (HDTV) de alta definição e de alta sensibilidade a baixa luminosidade.

---

<sup>2</sup> Dado obtido nas entrevistas com o pessoal do Setor do Material (Apêndices A e B).

<sup>3</sup> Dado obtido nas entrevistas com o pessoal do Setor do Material (Apêndices A e B).

Este equipamento também é dotado de câmeras infravermelhas (“*Infrared Cameras*”), que representaram significativa evolução no combate noturno de superfície e aéreo e que somente no início dos anos 2000, começou a ser adaptado para uso submarino. Estas câmeras, que se utilizam da tecnologia de sensores de Estado Sólido (Microeletrônica), permitem a geração de imagens ou filmes termais do ambiente, tanto à noite, como em condições climáticas adversas, com neblina e chuva.

O Mastro Optrônico de Busca é operado com o submarino em cota periscópica e com a elevação do mastro acima d’água, de forma semelhante a uma antena telescópica.

Conforme mencionado anteriormente, o mastro fornece informações por meio de uma série de sensores, tais como telômetros laser, câmeras HDTV de alta definição e câmeras infravermelhas. As imagens e informações, no caso do submarino S-BR, aparecem integradas ao software do sistema de combate e operadas pelos consoles multifuncionais do submarino, localizados na Sala de Controle.

A possibilidade de terem-se as imagens gravadas e armazenadas em formato digital, tanto como fotos ou como filmes, permite se realizar o “*replay*” dos filmes, além de funções de expansão de imagem, como visão panorâmica, para além do campo de visada normal das câmeras - “*Field of View*” (FOV) - (SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ, 2014).

Podem ser atestadas as características descritas até aqui, pela seguinte passagem do livro “*Submarine Technology for the 21st Century*”:

In Britain, Italy, France and the United States, researches are pursuing a periscope using television and other electronic sensors to replace optical reticules. The advance is significant for several reasons. The signals can be obtained swiftly and stored for replay meaning the scope spends less time above the water’s surface. Instead of a skipper’s 10-seconds analysis of what he sees, the image and other sensor data can be scrutinized by more than one pair of eyes. Replay and freeze-frame give the ability to evaluate at leisure what took only seconds to acquire. The second advantage of an electro-optical periscope lies in the area of the submarine design. At present, the total length of a periscope barrel is limited to the depth of the periscope well, running from the top of the sail down to the bottom of the boat. An electro-optical device can use a telescoping or hoistable mast and reduce the size of the sail. Because the sail is necessary slab-sided, it presents a strong reflecting surface for active sonar. Reducing the size of the sail leads to a reduction in target strength available to a hostile active sonar, including that a homing torpedo. A smaller sail could also would reduce drag and turbulence. An electronic periscope on a telescoping mast also could eliminate the sizable through-hull penetration now required to accommodate the tube of an optical periscope, with its associated packing glands and electronic slip rings. Instead a tiny through-hull fitting would be required to pass a fiber optic or coaxial cable. The third advantage is relocation of the combat information center. Until now, it had to be located directly under the sail and around the periscope. An electronic periscope allows design flexibility to put the combat information center elsewhere. A fourth advantage is the freedom to design the periscope head with a shape that defeats radar and causes a minimal wake. As electronics become smaller in the future, more space will become available in the periscope head for other instruments (ZIMMERMAN, 2000, p.182).

O Mastro Optrônico de Busca dos submarinos S-BR, é de fabricação da empresa francesa SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ e possui os seguintes componentes (SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ, 2010, p.25): Antena de ESM (“*Electronic Support Measures*”) para Guerra Eletrônica, Antena GPS (“*Global Position System*”), Câmera HDTV de alta sensibilidade, Câmera Infravermelha, Telêmetro Laser LRF (“*Laser Rangefinder*”), SOM POD (incluindo todos os sensores optrônicos e antenas ESM/GPS), Unidade Eletrônica do SOM, Software DVD do SOM, e kit de instalação do SOM.

Nos submarinos S-BR, há a integração de múltiplos dispositivos no Mastro Optrônico de Busca, como a antena de ESM e a antena de GPS, além de seus sensores optrônicos. Devido ao fato desses sensores possuírem dimensões reduzidas, o POD (“*Protective Oceanic Device*”) sensor foi projetado com uma geometria de reduzida assinatura radar, além de possuir um invólucro externo à sua superfície, composto por material absorvedor de ondas eletromagnéticas na faixa radar, melhorando a capacidade de ocultação do submarino quando do uso do Mastro Optrônico de Busca em cota periscópica. Em virtude disso, com o uso desses múltiplos sensores de guerra eletrônica e navegação, os submarinos S-BR incrementam a sua capacidade de Comando e Controle para a coleta de informações.

Outro fator de elevada importância é que no Mastro Optrônico de Busca do S-BR, todas as informações obtidas por meio dos seus sensores ópticos (câmeras e telêmetro laser), são integradas ao Sistema de Combate do S-BR e podem ser armazenadas em mídias removíveis como pen-drives e CDs/DVDs, além do uso tradicional de sua utilização na compilação do quadro tático pelo sistema de combate dos S-BR, também representando um aumento em sua capacidade de Comando e Controle.

Um fator que será discutido no capítulo de Análise é o fato do Mastro Optrônico de Busca possuir componentes de hardware e software totalmente estrangeiros. Isto pode representar problemas, mas também oportunidades de desenvolvimento autóctone desta tecnologia.

Uma visão geral simplificada do Mastro Optrônico de Busca, pode ser vista nas figuras B-1, B-2 e B-3, do Anexo B, desta Monografia.

### **3. ANÁLISE**

Conforme mencionado na Introdução, a análise visa a responder as seguintes perguntas, dentro do contexto do Comando e Controle:

- Quais os impactos positivos e negativos que podem ocorrer em relação à operação do “*Tactical Data-Link*” e do Mastro Optrônico de Busca no Sistema de Combate dos S-BR?
- Como maximizar o emprego destas tecnologias?

Dessa forma, serão apresentados, separadamente, para o “*Tactical Data Link*” (TDL) e para o Mastro Optrônico de Busca (SOM), os dados obtidos durante a pesquisa bibliográfica e de campo e a análise dos impactos positivos e negativos identificados.

Ao final, a partir da análise destas informações, serão apresentadas sugestões do autor para se maximizar o uso destas tecnologias.

### 3.1. Estudo Analítico do “*Tactical Data Link*” (TDL)

No que concerne ao Comando e Controle e às características do “*Tactical Data Link*”, os dados levantados na pesquisa bibliográfica e nas respostas dos Representantes da DGMM, COGESN e DSAM ao questionário proposto, indicam que:

- O TDL que será usado nos submarinos S-BR, é o EAD-S, idêntico ao Link YB utilizado atualmente nos navios da Força. Trata-se de um Enlace Automático de Dados (EAD) da década de 70, cuja tecnologia utilizada neste EAD, encontra-se obsoleta em comparação com o que há de mais moderno no mercado, conforme levantado na entrevista com o Setor do Material (Apêndices A e B). Sendo assim, o desempenho do EAD-S é inferior ao de outros modelos de EAD existentes no mercado;
- O TDL dos submarinos S-BR utilizará como padrão de mensagens o link YB com transmissão/recepção de ondas de rádio na faixa de frequências VHF/UHF;
- O TDL é integrado com o Sistema de Combate dos S-BR, o SUBTICS®;
- O software de controle, embora desenvolvido parcialmente por empresa brasileira, ainda depende de insumos estrangeiros;
- O hardware do TDL é fabricado por empresa no Brasil e, embora de tecnologia antiga, ele foi modernizado e adequado para esse meio naval, com o emprego do Link YB, além de já possuir uma pequena parcela da arquitetura “*Multi-Data Link Processor*” (MDLP), o que contribui para reduzir o esforço de adaptá-lo ao Sistema de Combate SUBTICS do submarino, segundo levantado na entrevista com o Setor do Material (Apêndices A e B);
- Os submarinos S-BR serão os primeiros submarinos da MB com capacidade de operar com link tático. A função do TDL será o recebimento de “*tracks*” (acompanhamento) de alvos, onde essas informações serão enviadas para o sistema de combate, que, por sua vez, fará o

gerenciamento por correlação das sucessivas mensagens do “link” recebidas, permitindo a seleção e a compilação do quadro tático dos alvos de interesse. Dessa forma, essa tecnologia aumenta a capacidade de Comando e Controle do próprio submarino e, também, a interoperabilidade entre os meios que possuem o link YB;

- O dispositivo de transmissão/recepção das mensagens será uma antena multifuncional, fabricada por uma empresa estrangeira, que será içada por um mastro responsável por todos os sistemas de comunicação do meio;
- O hardware do TDL foi fabricado e fornecido por empresa nacional (equipamento Enlace Automático de Dados para Submarinos – EAD-S), e o software de controle, integrado ao Software do Sistema de Combate dos S-BR, desenvolvido parcialmente por empresa nacional, e em conjunto com empresa estrangeira;
- Com a aquisição do TDL, existe a necessidade da geração de oportunidades para capacitação de pessoal no desenvolvimento de software, na tecnologia de transmissão de dados;
- A rápida obsolescência de itens “*Commercial of-the-Shelf*” (COTS), ditos “de prateleira”, eventualmente empregados, implica no emprego de equipamentos eletrônicos, que em alguns casos são mais suscetíveis às condições ambientais extremas (alta temperatura e umidade), ou às flutuações da rede elétrica, podendo resultar em uma elevada taxa de avarias, caso o hardware não seja bem dimensionado;
- Estas tecnologias representam uma oportunidade de desenvolver a indústria de defesa nacional, reduzindo a nossa dependência estrangeira.
- O uso do TDL pode ser maximizado a partir da padronização desses itens nos demais meios. Com tal iniciativa, a manutenção e o adestramento de pessoal seriam facilitados e permitiriam às tripulações empregá-las de forma eficiente e eficaz; e
- Outro aspecto a se considerar é o investimento em pesquisa e desenvolvimento, em parceria com os Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) e indústria de defesa, a fim de manter essa tecnologia atualizada e permitir o futuro desenvolvimento autóctone dessas tecnologias.

A partir da análise destes dados, o autor identificou os seguintes resultados propostos para a pesquisa:

a) Impactos positivos:

- a.1 - Para a área de Comando e Controle, o uso do TDL representa um aumento da capacidade de submarinos na interoperabilidade, devido à sua

integração ao Sistema de Combate dos S-BR e de seu uso inédito em submarinos da MB;

a.2 - Em termos logísticos, os fatos do hardware do TDL ser fabricado por empresa nacional, a exceção da antena de transmissão e recepção, e o software ser parcialmente desenvolvido também por empresa nacional, representam para a MB, uma maior autonomia na manutenção do equipamento e incentivo a Indústria Nacional, um tópico importante e constante da Estratégia Nacional de Defesa (END); e

a.3 – Embora a tecnologia utilizada no TDL seja obsoleta, o hardware foi modernizado e é compatível com o que há disponível na Força.

b) Impactos negativos:

b.1 - A tecnologia utilizada no TDL é obsoleta em comparação com o que há disponível no mercado;

b.2 - A antena para recepção e transmissão é de fabricação estrangeira;

b.3 - A antena é localizada no mastro de comunicação e, dessa forma, o submarino precisa se expor a cota periscópica para utilizar o TDL, perdendo o acompanhamento do alvo por ter que alterar sua cota; e

b.4 - O uso de itens COTS e o fato de alguns itens serem de fabricação estrangeira, podem representar problemas de manutenção no futuro, no que concerne a obsolescência.

### 3.2. Estudo Analítico do Mastro Optrônico de Busca (SOM)

No que concerne ao Comando e Controle e às características do Mastro Optrônico de Busca, os dados levantados na pesquisa bibliográfica e nas respostas dos Representantes da DGMM, COGESN e DSAM ao questionário proposto, indicam que:

- O Mastro Optrônico de Busca é integrado com o sistema de combate dos S-BR, o SUBTICS®;
- O Mastro Optrônico de Busca utiliza elementos optrônicos cuja tecnologia já é aplicada em diversos equipamentos de busca e de vigilância por imagem, tais como câmeras infravermelhas, câmeras de TV e telômetros laser. Entretanto, são tecnologias cuja fabricação ainda é incipiente no país e os itens de software e hardware utilizados no SOM são de fabricação estrangeira, com manutenção complexa e cara, necessitando de pessoal especializado;

- O Mastro Optrônico de Busca, por meio de suas câmeras infravermelhas, permite a aquisição de imagens em condições ambientais adversas, com chuva e neblinas, bem como durante o período noturno, proporcionando melhora nas condições de ocultação do submarino;
- As imagens podem ser armazenadas em mídias removíveis como pen-drives e CDs/DVDs, e, devido à integração com o Sistema de Combate dos submarinos S-BR, pode ser utilizado na compilação do quadro tático, incrementando assim a capacidade de Comando e Controle;
- Uma inovação tecnológica deste equipamento está no fato de que, diferente de um periscópio óptico tradicional, o Mastro Optrônico de Busca não é penetrante no casco do submarino, estando toda sua estrutura localizada na vela deste meio;
- Com o uso do Mastro Optrônico de Busca, se abre a possibilidade da geração de oportunidades para capacitação de pessoal no desenvolvimento de software de processamento de imagem e sinais;
- A ausência de um canal óptico neste equipamento traz um impacto negativo, que é a dependência total da energia elétrica para o seu funcionamento;
- Assim como no TDL, a rápida obsolescência de itens COTS, eventualmente empregados, implica no emprego de equipamentos eletrônicos, que em alguns casos são mais suscetíveis às condições ambientais extremas (alta temperatura e umidade), ou às flutuações da rede elétrica, podendo resultar em uma elevada taxa de avarias caso o hardware não seja bem dimensionado; e
- O Mastro Optrônico de Busca possui a integração de múltiplos dispositivos, como a antena de ESM e a antena de GPS, além de seus sensores oprônicos, ampliando a capacidade de Comando e Controle, por permitir no mesmo mastro a obtenção de informações de navegação e Guerra Eletrônica. Como os sensores possuem dimensões reduzidas, o POD sensor foi projetado com uma geometria de reduzida assinatura radar, além de possuir um invólucro externo à sua superfície, composto por material absorvedor de ondas eletromagnéticas na faixa radar, melhorando a capacidade de ocultação do submarino quando do uso do Mastro Optrônico de Busca em cota periscópica.

A partir da análise destes dados, o autor identificou os seguintes resultados propostos para a pesquisa:

a) Impactos positivos:

a.1 – Assim como o TDL, o Mastro Optrônico de Busca é de uso inédito em

submarinos da MB. Isto representa um aumento da capacidade de Comando e Controle destes meios, devido à sua integração ao Sistema de Combate dos S-BR, contribuindo dessa forma, para a compilação do quadro tático do teatro de Operações;

a.2 - Este equipamento pode ser operado de qualquer console multifuncional disponível no submarino, possuindo o recurso de obter imagens panorâmicas rapidamente, em segundos, na faixa do visível ou infravermelha, da superfície, contribuindo para a descrição do meio, pois diminui o tempo de exposição do submarino.

a.3 – O Mastro Optrônico de Busca possibilita a obtenção de imagens térmicas noturnas, ou em ambientes com neblina e chuva, podendo estas imagens serem armazenadas em mídias removíveis como pen-drives e CDs/DVDs, o que também contribui na área de Comando e Controle, na classificação de contatos, por meio da inclusão destas imagens dos meios detectados, em bancos de dados operativos, podendo estas informações servirem, no futuro, para implementações de fusões de dados de imagem com dados acústicos e eletromagnéticos; e

a.4 - O POD sensor com uma geometria de reduzida assinatura radar, além de possuir um invólucro externo à sua superfície, composto por material absorvedor de ondas eletromagnéticas na faixa radar, melhorando a capacidade de ocultação do submarino quando do uso do Mastro Optrônico de Busca em cota periscópica.

b) Impactos negativos:

b.1 - A ausência de um canal óptico para geração de imagens neste equipamento, traz a dependência da energia elétrica para o seu funcionamento;

b.2 - O uso de itens COTS no Mastro Optrônico de Busca e o fato de que todos os seus componentes são de fabricação estrangeira, pode representar problemas de manutenção no futuro, no que concerne a obsolescência; e

b.3 – O alto grau de sofisticação tanto do software, como do hardware do Mastro Optrônico de Busca, demandará tanto um maior custo de manutenção, como uma maior especialização tanto dos operadores, como do pessoal de apoio desses itens.

### 3.3. Sugestões para maximizar o emprego destas tecnologias

Em relação aos dois estudos analíticos apresentados, verificou-se que ambas as tecnologias apresentam impactos positivos e negativos com a sua adoção no projeto dos submarinos S-BR. Consubstanciado pelos dados apresentados na pesquisa bibliográfica e de campo, o autor tece as seguintes considerações para colaborar no esforço de maximização da utilização destas tecnologias pela MB:

#### a) TDL:

a.1 - Face a tecnologia do TDL ser considerada como obsoleta, o software ser parcialmente desenvolvido por empresa brasileira e a antena multifuncional ser de fabricação estrangeira, sugere-se que sejam mantidos e ampliados os incentivos ao tripé Força, Meio Acadêmico e Indústria de Defesa para os estudos e pesquisas de soluções autóctones que viabilizem, no futuro, a substituição desses itens por tecnologias mais recentes. Isto é importante do ponto de vista logístico, por criarmos independência de fornecedores estrangeiros;

a.2 - Em função da utilização do link YB pelo TDL do submarino S-BR, o meio poderá ser integrado ao Comando e Controle dos meios da MB que já utilizam este link. Porém, poderá ser necessária, no futuro, uma evolução neste sistema para o padrão link BR2, em desenvolvimento na MECTRON e na Força Aérea Brasileira, ou outro que seja utilizado em comum pelas Forças Armadas Brasileiras. Dessa forma, sugere-se a inclusão de estudos futuros para a possibilidade de adaptação deste TDL para outros padrões de link que sejam comuns aos meios da MB e das outras Forças Armadas. Este ponto é importante para a área de Comando e Controle, pois amplia a possibilidade da utilização dos submarinos em operações conjuntas;

a.3 - A característica de transmissão/recepção do TDL, faz com que o submarino S-BR tenha que se expor à cota periscópica para que se utilize deste equipamento. Este aspecto acarreta na perda do contato obtido, em consequência da necessidade do submarino ter que alterar sua cota para poder reportar o contato. Dessa forma, também será necessária uma evolução neste sistema, de forma a permitir que o TDL possa efetuar a transmissão/recepção de mensagens de forma contínua, estando o submarino submerso em uma cota máxima de operação, para não ser detectado. Como sugestão para esta evolução, pode ser estudada a viabilidade de instalação de um sistema com bóia de transmissão VHF/UHF flutuante nos submarinos. Existe no mercado antenas flutuantes que podem ser utilizadas em uma futura configuração de antena para o TDL como, a título de exemplo, o modelo “*CALLISTO Communication System*”, da empresa GABLER (GABLER NAVAL

TECHNOLOGY, 2015), que pode ser visto nas figuras A-2 (a), (b) e (c), do Anexo A. A aplicação deste tipo de antena flutuante amplia consideravelmente a capacidade de Comando e Controle do submarino, uma vez que, por exemplo, o sistema pode ser utilizado como um meio de alerta antecipado. O submarino, ao ser enviado a uma área de operações de predominância do inimigo, possuirá a capacidade de envio antecipado do quadro tático pelo TDL, sem perda da sua característica de ocultação, por estar submerso e transmitindo e recebendo dados, por este tipo de antena, continuamente. Como o submarino possui uma grande dependência de informações sobre os movimentos do inimigo, com o recebimento contínuo, pelo TDL, de informações sobre o quadro tático, por exemplo, advindos de aeronaves amigas que estejam operando no Teatro de Operações, as possibilidades táticas dos submarinos são maximizadas, pois se amplia a área de operação para além do que é possível com as velocidades normais de busca e com o alcance de sensores e armamentos do submarino.

b) SOM:

b.1 - A tecnologia empregada tanto no hardware, como no software do Mastro Optrônico de Busca representa uma oportunidade de desenvolver a Indústria Nacional de Defesa, reduzindo a nossa dependência estrangeira. Assim como no TDL, sugere-se o incentivo pela busca de soluções autóctones nas mesmas condições e pelos mesmos motivos apresentados anteriormente;

b.2 - O fato do Mastro Optrônico de Busca depender totalmente da energia elétrica para o seu funcionamento é mitigado nos submarinos S-BR pelo uso do mastro penetrante do periscópio de ataque, que possui o canal óptico. Alheio a este fato, existe no mercado a possibilidade de se adaptar câmeras infravermelhas e telômetros laser nos periscópios de ataque, embora haja limitação de espaço. Sugere-se o estudo de viabilidade para que, no futuro, sejam adicionados estes dispositivos oprônicos nos periscópios de ataque, visando a não se perder as características de uso noturno ou em condições de chuva e neblina, em caso de inoperância do Mastro Optrônico de Busca. Outra possível sugestão é o estudo de viabilidade do uso de uma fonte redundante e dedicada de energia elétrica ininterrupta “*Uninterruptible Power Supply*” (UPS) para o SOM, também conhecida como “*No-Break*”, com um banco de baterias dimensionado com a capacidade de se manter o sistema SOM funcional por um período de tempo razoável para a manutenção e recuperação do sistema de alimentação elétrica normal; e

b.3 - Em função da grande capacidade de armazenamento de imagens, vídeos e panorâmicas nas faixas do espectro eletromagnético visível (luz) e do infravermelho (emissão

de calor), sugere-se estudos para se verificar a criação de Bancos de Dados Operativos dedicados ao futuro acervo do que será coletado pelos submarinos S-BR, bem como estudos para a futura fusão destes dados com os já existentes no domínio acústico e eletromagnético, visando a integrar essas informações nos Sistemas de Tecnologia de Informação da MB existentes e dedicados ao Comando e Controle.

c) Sugestão de caráter geral:

c.1 - Como sugestão final, recomenda-se a divulgação da importância do assunto junto aos Setores Operativo e de Material, no âmbito da MB, bem como aos públicos extra-MB, mais especificamente a Base Industrial de Defesa e Meio Acadêmico, envolvidos na área de Comando e Controle, no sentido de incentivar o surgimento de discussões, propostas e oportunidades efetivas de desenvolvimento autóctone, não só para os sensores aqui abordados, mas para os já existentes ou a serem desenvolvidos.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na presente pesquisa permitem concluir que o “*Tactical Data Link*” (TDL) e Mastro Optrônico de Busca (SOM) contribuem de forma relevante no incremento da capacidade de Comando e Controle dos Submarinos S-BR e, por consequência, da Marinha do Brasil, conforme reforçado pelos dados obtidos nas entrevistas com o Setor do Material e pelos conceitos coletados nas Bibliografias afetas ao objeto da pesquisa.

Verificou-se também que é viável e plenamente exequível suplantarem os impactos negativos, especialmente os logísticos, detectados neste trabalho, por meio do incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento destas tecnologias de forma autóctone, com ações sinérgicas da Força com o Meio Acadêmico e a Indústria Nacional de Defesa.

Em termos práticos, os resultados desta pesquisa contribuem para a maximização do uso do “*Tactical Data Link*” (TDL) e Mastro Optrônico de Busca (SOM) pelos submarinos S-BR e, em termos teóricos, permitem à MB as condições para a reflexão sobre a necessidade de uma preparação prévia da Força para o recebimento dos submarinos S-BR.

Esta pesquisa, em função da limitação do escopo somente a esses dois equipamentos, não esgota o tema, que, no caso dos submarinos S-BR, podem ser expandidos em futuros trabalhos do C-Sup, para outros componentes de Comando e Controle muito importantes, como o Sonar ou o Software de Gerenciamento do Sistema de Combate - “*Combat Management System*” (CMS).

## REFERÊNCIAS

BONSOR, Kevin. *How Photonics Masts Will Work*. Site HowStuffWorks.com. 21 jun. 2001. Disponível no site: <<http://science.howstuffworks.com/photonic-mast.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2015.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. *Estratégia Nacional de Defesa*. Brasília, DF, 2012.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. *Política Nacional de Defesa*. Brasília, DF, 2012.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Marinha. Portaria n. 277/MB de 5 de setembro de 2008. *Cria a Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN)*. Brasília, DF, 2008.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Marinha. *Contrato Principal – Nº 40000/2008-006/00*, celebrado entre a União, por meio da Marinha do Brasil, representada pela Diretoria-Geral do Material da Marinha, o Consórcio Baía de Sepetiba, a DCNS Sociéte Anonyme e a Construtora Norberto Odebrecht S.A. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Marinha. EXTRATO DE CONTRATO Nº 40000/2008-006/00 [Contratada: Consórcio Sepetiba; Contratante: Diretoria-Geral do Material da Marinha; Objeto: Transferência de Tecnologia e Prestação de Serviços Técnicos Especializados; Enquadramento: Art. 24, inciso IX da Lei nº 8.666/93; Data de Assinatura: 23/12/2008.]. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Nº 30, Seção 3, 12 de fev. 2009. p.21. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 22 de jul. de 2015.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Marinha. *Contrato 1A (Contrato de Compra e Venda do Pacote de Material Importado S-BR) - Nº 40000/2009-005/00*, celebrado entre a União, por meio da Marinha do Brasil, representada pela Diretoria-Geral do Material da Marinha, o Consórcio Baía de Sepetiba, a Itaguaí Construções Navais S.A., a DCNS Sociéte Anonyme e a Construtora Norberto Odebrecht S.A. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Marinha. EXTRATO DE CONTRATO Nº 40000/2009-005/00 (\*) [Contratada: Direction des Constructions Navales et Services (DCNS); Contratante: Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM); Objeto: Compra e Venda do Pacote de Material para 4 Submarinos Convencionais S-BR; Enquadramento: Art. 24 inciso IX da Lei nº 8.666/93; Data de Assinatura: 03/09/2009.]. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Nº 177, Seção 3, 16 de set. 2009. p.28. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 22 de jul. de 2015.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Marinha. EXTRATOS DE CONTRATOS [Contratada: SIEM OFFSHORE DO BRASIL S/A. Contratante: DIRETORIA DE SISTEMAS DE ARMAS DA MARINHA. Espécie: Contrato no 44000/2012-009/00; Objeto: Prestação de serviços e fornecimento de materiais para o desenvolvimento de um Enlace de Dados Tático Modo YB (EAD-S) a ser integrado nos Sistema de Combate dos Submarinos S-BR]. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Nº 231, Seção 3, 30 de nov. 2012. p.29. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 22 de jul. de 2015.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior da Armada. *EMA-305: Doutrina Básica da Marinha*. Brasília, DF, 2ª Revisão, 2014.

CASTRO, Fábio. *Guerra de Comando e Controle*. Site Sistema de Armas, Brasil, 2003a. Disponível no site: <<http://sistemasdearmas.com.br/ge/dtl9fab.html>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

CASTRO, Fábio. *Datalinks táticos*. Site Sistema de Armas, Brasil, 2003b. Disponível no site: <<http://sistemasdearmas.com.br/ge/dtl1intro.html>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

DCNS. *Products*. DCNS. França, 2014. Disponível no site: <<http://en.dcnsgroup.com/activities/products/>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

DEFESANET. *Força Aérea terá datalink nacional para comunicação entre aeronaves - BR2 Toma forma e contrato é assinado com a MECTRON*. DEFESANET, Brasil, 07 dez. 2012. Disponível no site: <<http://www.defesanet.com.br/aviacao/noticia/8924/Forca-Aerea-tera-datalink-nacional-para-comunicacao-entre-aeronaves/>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

FUNDAÇÃO EZUTE. *Fundação EZUTE Apresenta Experiência em Absorção de Tecnologia do Sistema de Combate dos Submarinos*. Fundação EZUTE. São Paulo, Brasil, 16 abr. 2015. Disponível no site: <<http://www.ezute.org.br/ezute/noticias/Noticias.html.27>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

GABLER NAVAL TECHNOLOGY. *Communications system CALLISTO - The communication system from deep submerged submarines from GABLER Maschinenbau GmbH*. GABLER Naval Technology, Alemanha. Disponível no site: <<http://www.gabler-maschinenbau.de/maschinenbau/en/entwicklungen/kommunikationssysteme/>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

MANSO, Rogério Corrêa. *Sistemas Cibernéticos de Comando e Controle da MB: Estruturação para as Demandas do Século XXI*, Monografia do Curso de Política e Estratégia Marítimas C-PEM, 2013.

NORTHROP GRUMMAN. *Understanding Voice and data Link Networking - Northrop Grumman's Guide to secure Tactical Data Links*. Northrop Grumman, Estados Unidos, 2013. Disponível no site: <[http://www.northropgrumman.com/Capabilities/DataLinkProcessingAndManagement/Documents/Understanding\\_Voice+Data\\_Link\\_Networking.pdf](http://www.northropgrumman.com/Capabilities/DataLinkProcessingAndManagement/Documents/Understanding_Voice+Data_Link_Networking.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2015.

PORTAL DA MARINHA. *PROSUB - Programa de Desenvolvimento de Submarinos*. Marinha do Brasil, Brasil, 2015a. Disponível no site: <<https://www.marinha.mil.br/prosub>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

PORTAL DA MARINHA. *Pesquisa Científica*. Marinha do Brasil, Brasil, 2015b. Disponível no site: <<https://www.marinha.mil.br/pesquisa-cientifica>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ. *SK-0000449822-01 - DOD - Brasil Submarine Program - Sagem DAS equipment Powerpoint© Presentation*. Sagem Défense Sécurité, França, 19 oct. 2010.

SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ. *Safran-Sagem Series 30 SOM Search Oprotnic Mast Data sheet*. Sagem Défense Sécurité. França. 2014. Disponível no site: <<http://www.sagem.com/fr/naval/sous-marins/mats-et-periscopes> >. Acesso em: 04 jun. 2015

SINEIRO, Guilherme da Silva. *A Busca pela Autonomia na Indústria de defesa – O Caso Brasileiro: a contribuição do setor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil*, Monografia do Curso de Política e Estratégia Marítimas C-PEM, 2014.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 6. ed. Editora Atlas S.A. São Paulo, 2005.

ZIMMERMAN, Stan. *Submarine Technology for the 21st Century*. Trafford Publishing. USA & Canada. 2nd Edition. 2000.

**ANEXO A**  
**“Tactical Data Link”**

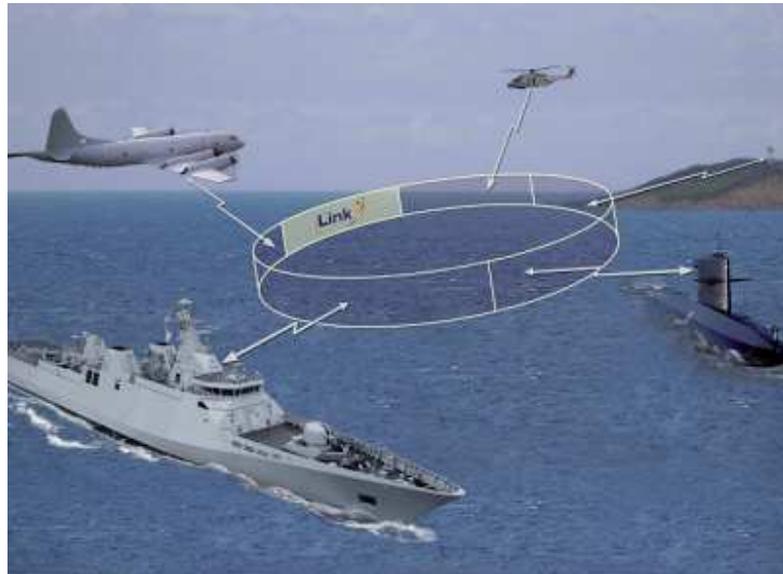


Figura A-1: “Esquema simplificado de comunicação por *“Tactical Data Link”*”  
Fonte: Site da empresa Thales ([http://www.thales7seas.com/html\\_2014/product188.html](http://www.thales7seas.com/html_2014/product188.html)),  
acesso realizado em 05/06/2015.

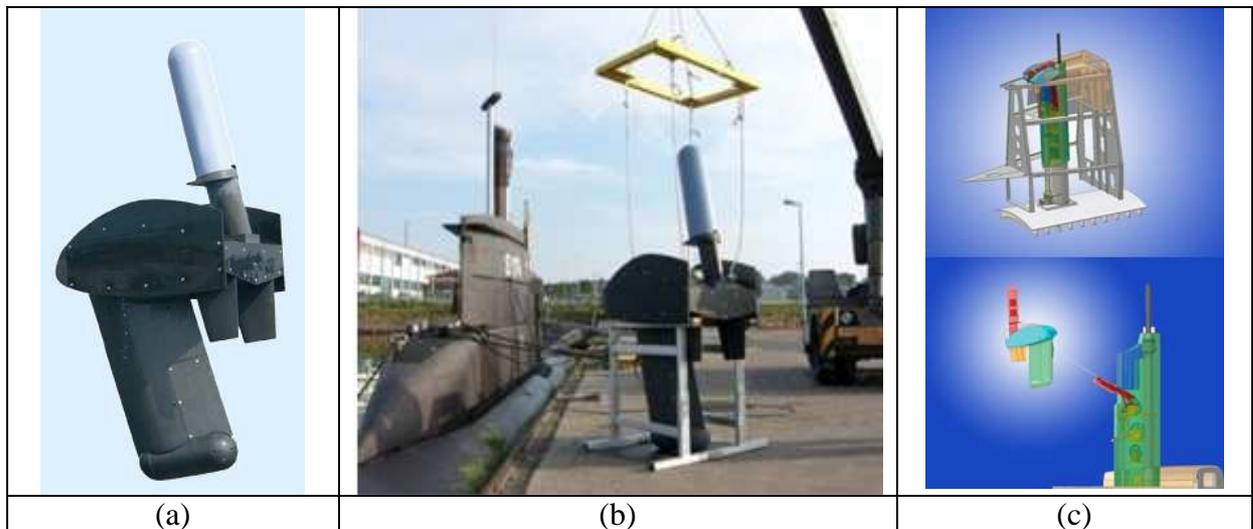


Figura A-2: (a), (b) e (c) *“CALLISTO Communication System”*, da empresa GABLER  
Fonte: Site da empresa GABLER (<http://www.gabler-maschinenbau.de/maschinenbau/en/entwicklungen/kommunikationssysteme/>), acesso realizado em 28/06/2015.

## ANEXO B

## “Mastro Optrônico de Busca”

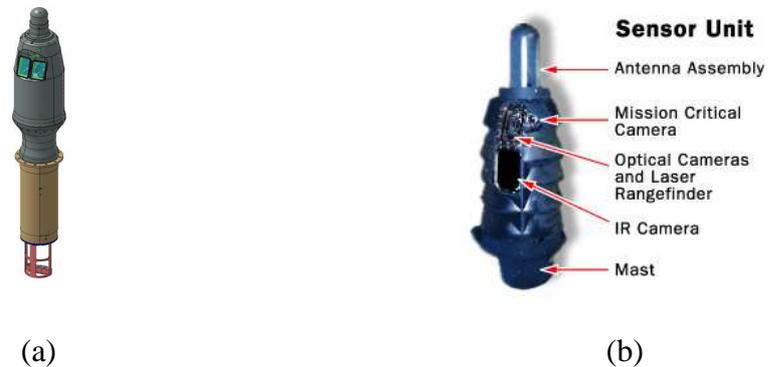
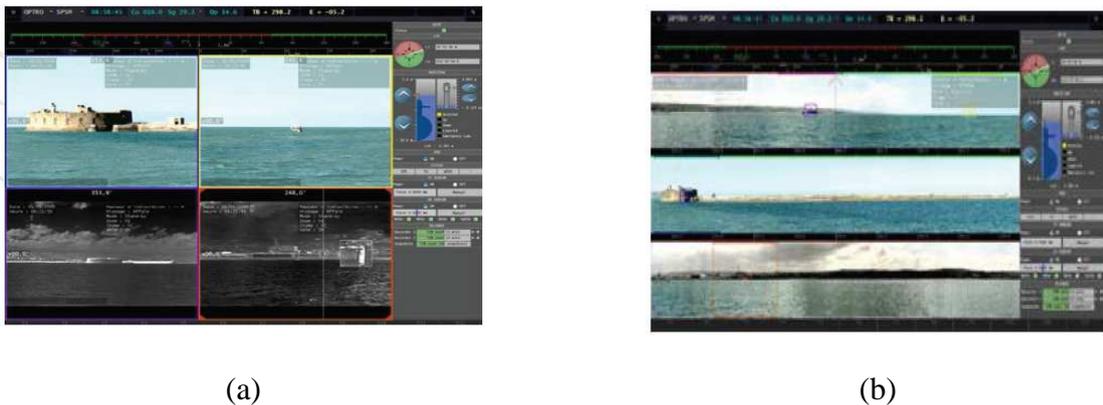


Figura B-1: (a) “POD sensor com as câmeras infravermelha e HDTV, do Mastro Optrônico de Busca); e (b) componentes internos de um POD sensor de um Mastro Optrônico.

Fonte das fotos B-1: (a) (SAGEM DÉFENSE SÉCURITÉ, 2010); e (b) Site HowStuffWorks.com (<http://science.howstuffworks.com/photonic-mast2.htm>), acesso realizado em 06/06/2015.



Figuras B-2: (a) Interface Homem-Máquina do Mastro Optrônico de Busca, com as visadas normais das câmeras infravermelha e HDTV e (b) Interface Homem-Máquina do Mastro Optrônico de Busca, com as visadas panorâmicas das câmeras infravermelha e HDTV.

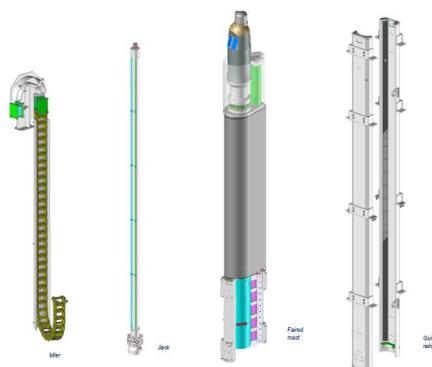


Figura B-3: Ilustração do Mastro não-penetrante do Mastro Optrônico de Busca

Fonte das fotos B-2 e B-3: Site da empresa Sagem-Safran (<http://www.sagem.com/fr/naval/sous-marins/mats-et-periscopes>), acesso realizado em 04/06/2015.

## APÊNDICE A

### Questionário de entrevista enviado à DGMM, à DSAM e à COGESN

Objetivo: obter o ponto de vista do Setor do Material sobre o tema.

Data de resposta da pesquisa: junho de 2015.

- 1 - O “*Tactical Data Link*” (TDL) e o “Mastro Optrônico de Busca” (SOM), que serão empregados nos novos submarinos convencionais S-BR, são efetivamente sensores que se utilizam de tecnologias novas, no âmbito da Força de Submarinos da Marinha do Brasil?
- 2 - Em sua opinião, quais os exemplos de impactos e perspectivas positivas ou negativas do uso destas tecnologias no cumprimento das missões?
- 3 - Em sua opinião, quais os exemplos de óbices ou limitações que podem ocorrer em relação à operação do “*Tactical Data-Link*” e do “Mastro Optrônico de Busca”?
- 4 - Em sua opinião, quais os exemplos de benefícios que estas novas tecnologias proporcionarão à MB?
- 5 - Em sua opinião, como maximizar o emprego destas tecnologias pela Marinha do Brasil?

## APÊNDICE B

### Sumário das respostas dos questionários de avaliação enviado à DGMM, à DSAM e à COGESN

A partir das respostas dos Representantes da DGMM, COGESN e DSAM às cinco questões propostas, foi possível extrair as informações descritas nos parágrafos seguintes.

Em relação à primeira questão, segundo as respostas obtidas, o TDL que será usado nos submarinos novos, S-BR, é o EAD-S, idêntico ao Link YB dos navios, com a função de recebimento de “*tracks*” (acompanhamentos) de alvos, onde essas informações serão enviadas para o sistema de combate, que, por sua vez, fará o gerenciamento por correlação das sucessivas mensagens do “*link*” recebidas, permitindo a seleção e compilação do quadro tático dos alvos de interesse. Trata-se de um Enlace Automático de Dados (EAD) da década de 70 e a tecnologia utilizada neste EAD encontra-se obsoleta. Atualmente a MB possui projetos para atualização no seu Link YB, tanto na plataforma de hardware como em software. Essa atualização se destina a incorporar novos recursos, aumentar o desempenho e prover uma maior flexibilidade para interoperabilidade com outros sistemas de link de dados táticos, sejam eles oriundos das demais Forças ou de Marinhas amigas. Nesse sentido, o IPqM trabalha em um novo link de dados táticos para a MB, denominado STERNA, no intuito de melhorar a qualidade do serviço e seu desempenho, como por exemplo, recursos para aumento do volume e velocidade de dados, melhorias no tratamento de erros na transmissão/recepção, alocação dinâmica para transmissão (TDMA dinâmico) e aumento do número de participantes, entre outros. Outra proposta de projeto em andamento, no âmbito do setor de material da MB, é o MDLP (“*Multi-Data Link Processor*”). O MDLP visa criar uma plataforma que englobará múltiplas interfaces, na forma de um Gateway, para a comunicação tática entre os Sistemas de Combate dos meios navais, em um primeiro momento, e os links de dados empregados em comissões conjuntas com Marinhas estrangeiras (tais como o Link 11, 16 e 22), assim como permitir a interoperabilidade com as demais Forças, notadamente com as aeronaves da Força Aérea Brasileira no atual projeto de desenvolvimento do Link Br2. A arquitetura concebida para o MDLP permitirá que os sistemas de combate, principalmente aqueles da família SICONTA, transfiram diversas funcionalidades de link de dados desses sistemas para encapsulamento dentro do MDLP, de forma que as interfaces com outros links de dados sejam realizadas com reduzidas alterações nos sistemas de combate. Com o MDLP

será possível receber dados em um formato de link de dados e transmitir/encaminhar dados no formato e protocolo de links diferentes. Outra iniciativa da MB a ser citada é o desenvolvimento do equipamento EAD-S (Enlace Automático de Dados para Submarinos), contratado à Empresa SIEM OFFSHORE DO BRASIL S/A.. O EAD-S será instalado nos Submarinos S-BR e possui uma construção moderna de hardware adequada para esse meio naval para emprego do Link YB. Uma pequena parcela da arquitetura do MDLP já está presente no EAD-S, o que contribui para reduzir o esforço de adaptá-lo ao Sistema de combate SUBITCS do submarino. O "Mastro Optrônico de Busca" (SOM), no que concerne aos seus elementos optrônicos, a tecnologia já é aplicada em diversos equipamentos de busca e de vigilância por imagem, tais como câmeras infravermelhas, câmeras de TV e telômetros laser. A inovação tecnológica deste equipamento está no fato de que, diferente de um periscópio óptico tradicional, o SOM não é penetrante no casco do submarino, estando toda sua estrutura localizada na vela deste meio. Dessa forma, as respostas à primeira questão indicam que, de fato, as tecnologias do "*Tactical Data Link*" e do Mastro Optrônico de Busca são, na verdade, aplicações novas para a MB, nos submarinos e que essas tecnologias já são utilizadas em outras Marinhas há algum tempo.

Em relação à segunda questão, segundo as respostas obtidas, em termos de impactos e perspectivas positivas, como o uso dessas tecnologias são inéditas na MB, elas têm como perspectiva a geração de oportunidades para capacitação de pessoal no desenvolvimento de software, na tecnologia de transmissão de dados, e no processamento de imagem e sinais. Em relação ao TDL, os S-BR serão os primeiros submarinos da MB com capacidade de operar com link tático. No caso do SOM, o principal impacto positivo é na estrutura do submarino, uma vez que o "Mastro Optrônico de Busca" não é penetrante no casco e seu peso é menor e distribuído em quase sua totalidade na vela do submarino. Em termos de impactos e perspectivas negativas, a rápida obsolescência de itens COTS, eventualmente empregados nessas tecnologias, e custos em capacitação de pessoal podem ser considerados com um impacto negativo. Outro aspecto é que pelo fato da tecnologia empregada no TDL ser ultrapassada, o desempenho do EAD-S é inferior outros modelos de EAD existentes no mercado. Foi citado como exemplo dessa limitação, a interrupção da comunicação do EAD-S, quando há a necessidade de se alterar algum parâmetro da rede, situação que não acontece com novos links. Em relação ao SOM, foi mencionado que a ausência de um canal óptico neste equipamento, traz um impacto negativo, que é a dependência da energia elétrica para o seu funcionamento. Falhas na alimentação elétrica do equipamento podem resultar em sua inoperância até que seja restabelecida a energia. A estrutura de manutenção, principalmente

de 2º e 3º Escalão, também é impactada, exigindo uma estrutura dedicada para a manutenção desse equipamento. Outro aspecto é que tanto o software, como o hardware do mastro optrônico (SOM) são de origem estrangeira e proprietária, indicando que o Apoio Logístico Integrado poderá enfrentar dificuldades em caso de restrições orçamentárias.

Em relação à terceira questão, segundo as respostas obtidas, em termos de óbices, a utilização dessas tecnologias implica no emprego de equipamentos eletrônicos, que em alguns casos são mais suscetíveis às condições ambientais extremas (alta temperatura e umidade), ou às flutuações da rede elétrica, podendo resultar em uma elevada taxa de avarias caso o hardware não seja bem dimensionado. O gerenciamento de obsolescência de hardware e a integração desses equipamentos com o Sistema de Combate (que envolve diferentes fabricantes) também são desafios a serem enfrentados. Também podem ocorrer algumas limitações no que tange à integração do TDL ao Sistema de Combate dos meios. No caso dos submarinos S-BR, a integração não está sendo simples devido ao fato de que o link é antigo, e por isso com algumas limitações tecnológicas, e de se ter que integrar o Sistema de Combate (de propriedade da DCNS) com o EAD-S (de propriedade da SIEM OFFSHORE DO BRASIL S/A). Além disso, o TDL utilizará uma antena multifuncional, na faixa de VHF/UHF, de fabricação da empresa estrangeira BMTI, o que pode representar problemas no futuro em relação à manutenção ou substituição deste item.

Em relação à quarta questão, segundo as respostas obtidas, em termos de benefícios, se bem gerenciadas, estas tecnologias representam uma oportunidade de desenvolver a indústria de defesa nacional, reduzindo a nossa dependência estrangeira. Além disso, a utilização de equipamentos modernos (menores e mais leves) facilita o seu arranjo a bordo e o emprego dos meios. Como já mencionado, há o benefício operativo, pois, os S-BR serão os primeiros submarinos da MB com capacidade de operar com link tático, gerando assim um incremento no Poder Naval em relação à área de Comando e Controle. O "Mastro Optrônico de Busca" traz como benefício a liberação de espaço no compartimento de comando, uma vez que o mesmo não é penetrante no casco. O "Mastro Optrônico de Busca" pode ainda ser operado de qualquer console multifuncional disponível no submarino, possuindo um recurso que permite obter imagem panorâmica da superfície em segundos, contribuindo para a discricção do meio, diminuindo o tempo de exposição do submarino. Há também a possibilidade de se obter imagens térmicas noturnas, ou em ambientes com neblina.

Em relação à quinta questão, segundo as respostas obtidas, foi mencionado que o emprego dessas tecnologias pode ser maximizado a partir da padronização desses itens nos demais meios. Com tal iniciativa, a manutenção e o adestramento de pessoal seriam facilitados e permitiriam às tripulações empregá-las de forma eficiente e eficaz. Outro aspecto a se considerar é o investimento em pesquisa e desenvolvimento, em parceria com os Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) e indústria de defesa, a fim de manter essa tecnologia atualizada e permitir o futuro desenvolvimento autóctone dessas tecnologias.

