

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG LEONARDO BRAGA MARTINS

IMPLICAÇÕES DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS NAS OPERAÇÕES NAVAIS: O  
papel da cultura de inovação militar na apropriação de tecnologias de geração,  
armazenamento e uso de energia em submarinos diesel-elétricos

Rio de Janeiro

2021

CMG LEONARDO BRAGA MARTINS

IMPLICAÇÕES DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS NAS OPERAÇÕES NAVAIS: O  
papel da cultura de inovação militar na apropriação de tecnologias de geração,  
armazenamento e uso de energia em submarinos diesel-elétricos

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

Orientador: Prof. Dr. CMG (RM1) William de Sousa Moreira

Rio de Janeiro

2021

## RESUMO

A independência da superfície é um fator crítico de sucesso para os submarinos militares e depende das características dos seus sistemas de propulsão. Atualmente o Brasil desenvolve um programa de construção de submarinos dotados de diferentes sistemas de propulsão, sendo justificada a investigação do tema. Considerando que a apropriação de novas tecnologias na área militar depende não só do seu grau de maturidade, mas das possibilidades sociais de inovação, a pesquisa, teve como objetivo identificar a forma como a cultura de inovação militar influencia a apropriação de novas tecnologias na concepção, projeto e desenvolvimento de submarinos diesel-elétricos, no que tange aos sistemas de geração, armazenamento e uso de energia. Para tal, a partir de referenciais do campo de estudos da cultura, foram identificadas oito formas típicas de inovação militar, que foram utilizadas para balizar a observação e a análise do percurso histórico de desenvolvimento tecnológico de submarinos no Reino Unido entre 1943 e 1994. Como resultado, foi observada a ocorrência de seis dessas formas no caso estudado e constatada a inviabilidade, sob o aspecto cultural, da obtenção de submarinos diesel-elétricos tripulados pelo Reino Unido nos próximos anos. Outrossim, a perspectiva aponta que persiste o interesse da Marinha Real pelas missões vocacionadas para os submarinos a diesel, e que a tendência de inovação para essas plataformas no Reino Unido deve se dirigir aos submarinos diesel-elétricos não tripulados de pequeno porte, fazendo uso extensivo de tecnologias oriundas do mercado de consumo, dentro de um paradigma de inovação aberta.

**Palavras-chave:** Inovação, Submarinos, Reino Unido, Propulsão Diesel-elétrica

## ABSTRACT

Surface independence is a key factor for military submarines and depends on the characteristics of their propulsion systems. Currently, Brazil is developing a program for the construction of submarines equipped with different propulsion systems, and the investigation of the subject is justified. Considering that the appropriation of new technologies in the military area depends not only on their degree of maturity, but on the social possibilities of innovation, the research aimed to identify how the culture of military innovation influences the appropriation of new technologies in design and development of diesel-electric submarines, regarding energy generation, storage and use systems. To this end, based on references in the field of cultural studies, eight typical forms of military innovation were identified, which were used to guide the observation and analysis of the historical path of technological development of submarines in the United Kingdom between 1943 and 1994. How As a result, the occurrence of six of these forms was observed in the case studied and the unfeasibility, under the cultural aspect, of obtaining manned diesel-electric submarines by the United Kingdom in the coming years was observed. Furthermore, the perspective points out that the Royal Navy's interest in missions aimed at diesel submarines persists, and that the trend of innovation for these platforms in the United Kingdom should be directed towards small diesel-electric unmanned submarines, making extensive use of technologies from the consumer market, within a paradigm of open innovation

**Keywords:** Innovation, Submarines, United Kingdom, Diesel-electric propulsion

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 — Trabalhos identificados no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES utilizando os descritores "Submarino" e "Inovação" .....	9
Quadro 2 — Perspectivas sobre a Inovação Militar .....	19
Quadro 3 — Hipóteses de Inovação Militar (não excludentes).....	26
Quadro 4 — Estilos Cognitivos das Instituições Militares.....	27
Quadro 5 — Estilos Cognitivos de Pesquisa e Desenvolvimento .....	28
Quadro 6 — Proposta de Quantitativo de Submarinos para os Anos de 1945 e 1946 .....	35
Quadro 7 — Hipóteses de Inovação Militar Observadas do Caso Britânico .....	56
Quadro 8 — Transcrição dos Perfis Experimentais de Missão do XLUUV .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EUA	Estados Unidos da América
HMS	<i>Her Majesty Ship / His Majesty Ship</i>
GIUK	<i>Greenland, Iceland and the United Kingdom</i>
MB	Marinha do Brasil
RN	<i>Royal Navy</i>
RU	Reino Unido
SSK	<i>Hunter-Killer Submarine (Diesel-eletric propulsion)</i>
SSN	<i>Nuclear Attack Submarine</i>
SSBN	<i>Nuclear Ballistic Missile Submarine</i>
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USA	United States of America
USN	United States Navy

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
1.1	Considerações Iniciais .....	7
1.2	Objetivos.....	8
1.2.1	Objetivo Geral .....	8
1.2.2	Objetivos Específicos .....	9
1.3	Justificativa .....	9
1.4	Referencial Teórico .....	11
1.4.1	Operações Navais .....	11
1.4.2	Concepção e Projeto de Submarinos .....	11
1.4.3	Inovação Militar.....	12
1.5	Metodologia.....	12
1.5.1	Organização .....	13
1.5.2	Notas Metodológicas .....	13
2	<b>INOVAÇÃO E DEFESA</b> .....	15
2.1	Inovação Militar.....	17
2.1.1	O Campo de Estudos da Inovação Militar.....	17
2.1.2	Cultura e Estratégia.....	21
2.1.3	Estratégia e Inovação .....	23
2.2	Aspecto Material da Inovação .....	27
3	<b>INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DOUTRINÁRIA EM SUBMARINOS</b> ...	31
3.1	Doutrina Militar e Operações Navais .....	31
3.2	Submarinos Diesel-Elétricos Britânicos .....	34
3.2.1	De 1943 A 1949.....	35
3.2.2	De 1950 A 1969.....	45
3.2.3	De 1970 A 1994.....	52
3.3	Análise do Caso .....	56
3.3.1	Iniciativas Contemporâneas.....	59
4	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para os submarinos militares a independência da superfície é um fator crítico de sucesso. Sua relevância é tamanha, que motivou a adoção da energia nuclear a bordo, mesmo quando a tecnologia estava pouco madura. Aconteceu em 1951, nos Estados Unidos da América (EUA), ocasião em que o Congresso norte-americano autorizou a construção de um inédito submarino de propulsão nuclear, seis meses antes do primeiro reator nuclear de potência tornar-se operacional (MAHAFFEY, 2010; USA, 2019). Essa decisão resultou na construção e comissionamento do USS *Nautilus*, sua operação entre 1955 e 1980 e no assentamento das bases para construção de novas classes de submarinos nucleares (USA, 2019).

Desde então, diferentes formas de inovação tecnológica têm coexistido com o modelo de fomento estatal que orientou a construção das capacidades militares dos EUA, da Europa e naturalmente da então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) durante a Guerra Fria. Tal como destaca Stowsky (1990), desde a década de 70, o Pentágono tem recorrido a soluções tecnológicas originárias do mercado de consumo. A apropriação de tecnologias externas à base industrial de defesa tornou-se um fenômeno de maior interesse para a academia a partir da década de 90, quando o desempenho norte-americano na primeira guerra do Iraque advogou a favor de um papel preponderante para as tecnologias de mercado (STOWSKY, 1990).

No século XXI, tecnologias emergentes de geração, consumo e armazenagem de eletricidade tem coevoluído com a demanda crescente de energia para dispositivos móveis e veículos elétricos. Nos últimos 10 anos, as tecnologias de armazenamento e aproveitamento de energias renováveis experimentaram um salto, amparadas pelos avanços nas áreas de materiais, métodos de fabricação e gerenciamento de energia, assim como por novas abordagens de captação (NATO, 2020). Na área marítima, além das iniciativas relacionadas ao aumento da eficiência energética, cabe destacar a ampliação do uso das baterias de lítio em sistemas de propulsão híbridos (EUROPEAN MARITIME SAFETY AGENCY, 2020) e o uso de geradores hidrocinéticos para correntes fluviais e marítimas de baixa velocidade, dentro da estratégia de microgeração (SALI, 2020).

Por outro lado, o “transbordamento” de tecnologias de mercado para a inovação militar tem se intensificado, especialmente nos países com menor capacidade de investimento estatal (ADAMSKY, 2010). Discussões mais recentes têm considerado essas mudanças como paradigmáticas, advogando pela necessidade de mudanças culturais importantes nos setores de aquisição de defesa (MERINDOL; VERSAILLES, 2020; FREEMAN et al., 2015).

Desse modo, no que tange às tecnologias de propulsão para submarinos, alternativas originárias do mercado de consumo têm proporcionado novas possibilidades técnicas, como o uso de baterias de íons de lítio na classe Soryu (Japão) e da geração de hidrogênio para células de combustível através de reforma de etanol nos S80 (Espanha) (CONTE-RIOS; PELEGRIN-GARCIA, 2020). Outrossim, dada a elevada complexidade dos submarinos modernos e os altos níveis de confiabilidade e desempenho requeridos, a apropriação de avanços depende fortemente da postura do Estado e das empresas responsáveis pela integração dos sistemas embarcados e da construção de submarinos (SCHANK et al., 2011).

Assim, considerando o papel preponderante do Estado na obtenção de submarinos militares, é oportuno perguntar: como a cultura de inovação militar influencia a apropriação e o desenvolvimento de novas tecnologias na concepção e no projeto de novos submarinos diesel-elétricos? Como as inovações afetam a doutrina de operações navais, tanto no modo de empregar os submarinos como na forma de se contrapor a eles?

Este projeto de pesquisa busca esclarecer essas questões no âmbito do Curso de Política e Estratégia Marítimas da Escola de Guerra Naval, dentro do campo dos estudos marítimos, visando contribuir para o desenvolvimento de métodos de prospecção tecnológica aplicáveis à área de submarinos militares. Ao término da pesquisa, espera-se que as respostas obtidas possam contribuir para o alcance dos objetivos estratégicos da MB, estabelecidos no Plano Estratégico da Marinha (2020-2040) e para o processo de desenvolvimento tecnológico, doutrinário e institucional da Força de Submarinos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 **Objetivo Geral**

Identificar a forma como a cultura de inovação militar influencia a apropriação de novas tecnologias na concepção, projeto e desenvolvimento de submarinos diesel-elétricos, no que tange aos sistemas de geração, armazenamento e uso de energia.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a. Descrever o modo como ocorre o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias nas sociedades modernas, em particular no setor de defesa;
- b. Identificar e descrever as relações entre estratégia, cultura e inovação militares;
- c. Identificar e descrever as principais inovações tecnológicas em geração, armazenamento e uso de energia nos submarinos de propulsão diesel-elétrica, observadas entre 1943 e 1994 no Reino Unido; e
- d. Analisar as implicações dos aprimoramentos identificados no emprego de submarinos diesel-elétricos e apontar tendências para o futuro.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A partir da consulta ao catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), utilizando o descritor "SUBMARINO", associado ao descritor "INOVAÇÃO", foram identificados sete trabalhos (Quadro 1). Outrossim, nenhum deles trata do tema proposto.

Quadro 1 — Trabalhos identificados no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES utilizando os descritores "Submarino" e "Inovação"

Nr	Trabalho	Tipo
1	Fonseca, Marcio Machado Capella da. GESTÃO EM SISTEMAS SUBMARINOS NO SEGMENTO DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO' 01/10/2011 231 f. Profissionalizante em SISTEMAS DE GESTÃO Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, NITERÓI	Monografia de Pós-Graduação Lato Sensu
2	BRAGA, PATRICIA DE ANDRADE FERREIRA. O SUBMARINO NUCLEAR BRASILEIRO POLÍTICA EXTERNA, DEFESA E PERCEPÇÕES INTERNACIONAIS À LUZ DO REALISMO DEFENSIVO' 01/12/2015 198 f. Doutorado em CIÊNCIA POLÍTICA (CIÊNCIA POLÍTICA E SOCIOLOGIA) Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES, Rio de Janeiro	Tese de Doutorado
3	QUADROS, CELSO GONCALVES DE. TODA FÍSICA POR ÁGUA ABAIXO: A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE SUBMARINO PARA	Monografia de Pós-Graduação

	O ENSINO DE FÍSICA' 01/08/2010 182 f. Profissionalizante em ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, CURITIBA	Lato Sensu
4	RIBEIRO, DANIEL BARROSO DE CARVALHO. OS PAPÉIS DOS STAKEHOLDERS NA IMPLEMENTAÇÃO DAS PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS NO ESTADO DA BAHIA' 29/08/2013 175 f. Mestrado em ADMINISTRAÇÃO Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, Salvador	Dissertação de Mestrado
5	SPINELLI, GUSTAVO PEREIRA. Avaliação da deposição calcária em materiais metálicos catodicamente protegidos em água do mar' 21/09/2016 106 f. Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Materiais Instituição de Ensino: CENTRO UNIVERSITÁRIO ESTADUAL DA ZONA OESTE, Rio de Janeiro Biblioteca	Dissertação de Mestrado
6	RAMON, THIAGO AUGUSTO. Avaliação das propriedades mecânicas, análise da microestrutura e medidas de tensões residuais, por difração de raio x, em juntas soldadas em chapas do aço HY 80, utilizados nos cascos dos submarinos' 23/02/2016 92 f. Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Materiais Instituição de Ensino: CENTRO UNIVERSITÁRIO ESTADUAL DA ZONA OESTE, Rio de Janeiro	Dissertação de Mestrado
7	BAYERL, GEOVANI DA SILVA. O Ensino de Ciências Físicas por Investigação: uma experiência nos anos iniciais do Ensino Fundamental' 24/03/2016. Mestrado em ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, São Mateus.	Dissertação de Mestrado

Fonte: O autor (2021)

A consulta realizada no Repositório Institucional da Produção Científica da Marinha do Brasil utilizando o descritor “SUBMARINO” resultou em 119 registros, incluindo teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e artigos. Após a triagem desses registros, foi observado que nenhum deles trata do tema. Desse modo, é possível considerar que a pesquisa tem um caráter inédito e sua realização é justificada sob o aspecto da originalidade.

Quanto à relevância, a investigação se insere na área temática "Nuclear e Energia" da Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) da Marinha do Brasil (MB) (BRASIL, 2017), sendo possível estimar que os achados da pesquisa podem contribuir para o aprimoramento das estratégias de construção e emprego do poder naval brasileiro, particularmente aquelas relacionadas ao Programa de Submarinos (PROSUB) e suas repercussões operacionais. O PROSUB é um programa da MB que visa a produção no país de quatro submarinos diesel-elétricos e do primeiro submarino brasileiro com propulsão nuclear.

Além dos submarinos propriamente ditos, o PROSUB prevê a construção da infraestrutura necessária à fabricação, apoio e operação dos submarinos, o que inclui a Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM), os Estaleiros de Construção e Manutenção dos submarinos e a Base de Submarinos da Ilha da Madeira (MB, 2021). A Estratégia de CT&I da MB prevê ainda a linha de pesquisa "veículos submarinos autônomos e plataformas subsuperfície", inserida na área temática de "Meio Ambiente Operacional", que também pode ser beneficiada pelos resultados dessa pesquisa (BRASIL, 2017).

Face à escassez de literatura em língua portuguesa sobre as relações entre inovação tecnológica e inovação doutrinária tática e operacional, este trabalho pode contribuir para o amadurecimento de um modelo brasileiro de reflexão sobre o tema, adequado ao contexto nacional.

## 1.4 REFERENCIAL TEÓRICO

Na área de estudos marítimos, foram selecionados referenciais teóricos nas áreas temáticas de "Operações Navais", "Concepção e Projeto de Submarinos" e "Inovação Militar".

### 1.4.1 Operações Navais

Para discutir a inserção dos Submarinos nas operações navais, foram utilizados os trabalhos de Milan Vego (VEGO, 2020; VEGO, 2018), Wayne Hughes e Robert Girrier (HUGHES; GIRRIER, 2018) em proveito da descrição e análise das concepções que afetam, nos níveis tático e operacional, a doutrina de emprego dos submarinos. A escolha dos autores privilegiou não só a maturidade da produção científica, como também, a atualidade das obras.

### 1.4.2 Concepção e Projeto de Submarinos

A terminologia, as características e as restrições técnicas dos sistemas de geração e armazenagem de energia de submarinos foram objetos de referenciais da área de engenharia, particularmente as obras de Roy Burcher e Louis Rydill sobre a concepção e o projeto de

submarinos (BURCHER; RYDILL, 1994) e a obra de Norman Polmar e Kenneth Moore sobre a evolução dos submarinos durante a Guerra Fria (POLMAR; MOORE, 2003).

### 1.4.3 Inovação Militar

Para orientar as discussões sobre a inovação militar, foram utilizados autores do campo, com destaque para o trabalho seminal de Barry Posen (Posen, 2014) e para as obras de Dima Adamsky (ADAMSKY, 2010), autor de relevo no subcampo de estudos culturais. A investigação dos processos de transbordamento de tecnologias do mercado de consumo para a indústria de defesa foi amparada pelo trabalho de Henry W. Chesbrough (CHESBROUGH, 2003), a partir do arcabouço conceitual da inovação aberta, sob a perspectiva de Valérie Merindol e David W. Versaille para o setor de defesa (MERINDOL; VERSAILLES, 2020).

## 1.5 METODOLOGIA

Para a consecução do projeto, foram realizadas pesquisas documentais e bibliográficas em fontes abertas, sobre os seguintes temas: (1) inovação militar no século XX, (2) concepção e emprego de submarinos britânicos entre 1943 e 1994 e (3) tecnologias de geração, armazenamento e uso de energia em submarinos, abordando também suas interfaces com os demais requisitos impostos aos projetos de submarinos militares. A escolha dos submarinos diesel-elétricos britânicos como eixo temático se deveu à riqueza das fontes documentais e bibliográficas, à longevidade dos submarinos diesel-elétricos no Reino Unido, à variedade de interfaces internacionais, à rastreabilidade das decisões político-administrativas e, principalmente, ao vulto da construção de submarinos no Reino Unido. Entre 1901 e o fim da 2ªGM o país construiu 479 submarinos (SCHANK et al., 2004, p. 80).

Para o trato das barreiras impostas pela confidencialidade das operações de submarinos, foram adotadas as seguintes estratégias: (1) pesquisa bibliográfica de obras contemporâneas, cujo conteúdo foi beneficiado pela liberação de documentos sigilosos, em atendimento às leis de acesso à informação de seus países de origem; (2) pesquisa documental de inquéritos de acidentes de submarinos, buscando revelar seus contextos de operação, (3) pesquisa documental e bibliográfica sobre eventos de grande repercussão envolvendo submarinos, sob os quais foram produzidos relatórios e notícias de caráter público e (4)

pesquisa documental e bibliográfica de fontes primárias e secundárias que expressassem as ideias das autoridades civis e militares que reconhecidamente influenciaram a trajetória de inovação tecnológica e doutrinária dos submarinos diesel elétricos no século XX. Essa estratégia visa amparar a pesquisa em dados de natureza pública, a fim de assegurar o seu caráter ostensivo e permitir a sua difusão junto à comunidade de estudos marítimos.

### 1.5.1 Organização

No capítulo 1 são apresentados aspectos introdutórios e a forma como o processo de pesquisa está organizado. O capítulo 2 apresenta as relações entre estratégia, cultura e inovação militar, que dão subsídio a formulação de hipóteses de inovação militar consolidadas no Quadro 3. O capítulo 3 descreve a trajetória de inovação tecnológica e doutrinária dos submarinos diesel-elétricos britânicos entre 1943 e 1994, e suas eventuais interfaces com o desenvolvimento tecnológico alemão e norte-americano. Ao término do capítulo são apresentadas as hipóteses do Quadro 3 identificadas no caso britânico assim como as preferências que elas expressam.

O Capítulo 4, como resposta à questão de pesquisa, faz uma síntese das preferências que caracterizam a cultura estratégica do Reino Unido no que tange à apropriação de novas tecnologias em submarinos diesel-elétricos pela Marinha do Reino Unido. O capítulo relaciona ainda os demais achados da pesquisa de interesse para o Marinha do Brasil e os possíveis trajetos de investigação que podem ser adotados em proveito da continuidade da pesquisa.

### 1.5.2 Notas Metodológicas

- a. A palavra inglesa *design* não possui uma tradução direta para o português, sendo comumente empregada em textos em português. Outrossim, considerando o significado usual que as práticas de design conferem ao termo, optou-se por utilizar os termos "concepção e projeto" para tradução.
- b. As hipóteses de inovação constituem artificios para, a partir de casos de inovação militar concretos, estabelecer padrões observáveis para a análise de outros casos, em diferentes setores de defesa e/ou tempos históricos.

c. Para efeito de circunscrição da análise, foram considerados submarinos diesel-elétricos aqueles cuja geração de energia é produto da combustão de óleo diesel, seja ela possível a partir da captação de ar atmosférico ou da associação com peróxido de hidrogênio.

## 2 INOVAÇÃO E DEFESA

A ideia de inovação e a sua centralidade no mundo contemporâneo são, em boa parte, produtos do pensamento de Joseph Schumpeter (1883-1950) e das correntes tributárias da sua reflexão. Em *Capitalism, Socialism and Democracy*, de 1942, o economista austríaco lança as bases da concepção de inovação e empreendedorismo que estruturam os discursos, as práticas e os textos sobre o tema até os dias de hoje:

Vimos que a função dos empreendedores é reformar ou revolucionar o padrão de produção explorando uma invenção ou, de um modo mais geral, uma possibilidade tecnológica não experimentada de produzir uma mercadoria nova ou produzir uma antiga de uma nova maneira, abrindo uma nova fonte de abastecimento de materiais ou uma nova demanda para os produtos, a partir da reorganização de uma indústria e assim por diante. (SCHUMPETER, 2013, P. 220, TRADUÇÃO NOSSA).

Gallouj e Djellal (2017) destacam, na construção de Schumpeter, a ideia da inovação como a "socialização de uma invenção". Outrossim, os mesmos autores alertam para riqueza da tipologia schumpeteriana, que ao contrário de dividir a inovação em produto e processo<sup>1</sup>, propõe cinco diferentes categorias: (1) novos produtos, (2) novos métodos de produção, (3) novos mercados, (4) novas fontes de abastecimento e (5) novas formas de organização. Percebemos assim que a inovação, embora se relacione decididamente com novas tecnologias, não depende delas de forma absoluta. É possível inovar a partir da mobilização inédita de uma tecnologia pré-existente em um contexto "não-experimentado".

No século XXI, o aprofundamento das mudanças desencadeadas pela "era da informação" (CASTELLS, 2005) proporcionou condições para a emergência de maciças redes de produção e socialização do conhecimento, tal como prescrevem Nonaka e Takeuchi (1997). Por conseguinte, a capacidade de inovação das instituições passou a depender mais fortemente dos seus níveis de integração com essas redes.

A necessidade de compreensão dessa realidade, nova e paradigmática, estimulou a reflexão e a formulação de modelos alternativos, com destaque, para a concepção da inovação aberta de Chesbrough (2003). De certo modo, como afirmam Gallouj e Djellal (2017), a pesquisa em inovação exige um olhar sobre o grau de abertura da organização às influências do ambiente, independentemente do arcabouço conceitual empregado. Mas, ao contrário do

---

<sup>1</sup>Esta é a classificação adotada pelo Manual de Oslo, 3a edição, publicado em 2005. A quarta edição, de 2018, ampliou significativamente a quantidade de categorias de inovação.

que prescreve Rogers (2003) que divide o processo de difusão de inovação em etapas, a abordagem da *Open Innovation* confere aos processos de internalização, combinação e externalização de conhecimento o status de elemento reorganizador e estruturante das instituições inovadoras.

Assim, podemos conceber a inovação aberta como artifício para explicitar um grau tão maior de capilaridade das redes de conhecimento, que põe em xeque os processos até então bem-sucedidos de inovação. E que processos seriam esses? De acordo com Chesbrough (2003) a era de ouro da inovação no pós 2ª Guerra Mundial, é marcada pela combinação de investimentos públicos e privados de vulto, direcionados para a pesquisa básica, qualificação da força de trabalho técnico-científica e estabelecimento de centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D) encadeados verticalmente. Esse processo foi fortemente protagonizado pelas demandas do setor de defesa, tal como ilustra o discurso de despedida do presidente norte-americano Dwight Eisenhower (1890-1969) em janeiro de 1961:

Até o último de nossos conflitos mundiais, os Estados Unidos não tinham indústria de armamentos. Os fabricantes americanos de relhas de arado poderiam, com o tempo e conforme necessário, fazer espadas também. Mas agora não podemos mais arriscar o imprevisto emergencial da defesa nacional; fomos compelidos a criar uma indústria permanente de armamentos de vastas proporções. Somado a isso, três milhões e meio de homens e mulheres estão diretamente engajados na defesa. Gastamos anualmente com segurança militar mais do que a receita líquida de todas as corporações dos Estados Unidos (EISENHOWER, 1961, p. 1038, tradução nossa).

Etzkowitz e Leydesdorff (1995) em "*The Triple Helix -University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development*" mostraram que, embora as cadeias de inovação fossem verticalizadas, existiam relações múltiplas e recursivas entre os principais atores da inovação - universidade, indústria e governo. Isso fertilizaria o ambiente onde o paradigma da "inovação aberta" iria florescer no final dos anos 1990 e início dos anos 2000. A partir de estudo de caso de "inovação fechada" (companhia Xerox dos EUA), Chesbrough (2003) afirma que a mudança foi motivada principalmente pelo crescente "superavit" de ideias novas geradas pelas atividades de pesquisa, não apropriadas internamente pelos setores de desenvolvimento. Possuindo escopos e mercados definidos, nem mesmo as empresas mais inovadoras da época (como a Xerox), tinham condições de transformar todas as descobertas importantes em produtos, mesmo porque novos produtos

requererem novos modelos de negócios, fazendo com que uma novidade material acabe impondo mudanças em todas as dimensões da tipologia de inovação schumpeteriana.

O afluxo de novas ideias passou a ser mais bem aproveitado com o financiamento de empresas pequenas e médias por fundos de capital de risco, com uma agilidade e um apetite ao risco compatíveis com o prospecto de lucros proporcionados por inovações disruptivas, dentro do espaço de aversão ao risco deixado pelas empresas em seus modelos de inovação endógena ou de financiamento conservador de inovação externa (CHESBROUGH, 2002).

Conforme disserta Merindol e Versailles (2020) tratando da realidade contemporânea, o modelo de inovação aberta é um corpo estranho no setor de defesa e há dois motivos para isso: (1) as políticas do setor estão estruturadas em torno do controle das tecnologias, da proteção das capacidades da Base Industrial de Defesa (BID), de uma cadeia logística altamente verticalizada e centrada em torno de grandes empresas integradoras de tecnologia e de uma relação em que o Estado é tanto cliente quanto regulador; e (2) a adoção de modelos de inovação aberta requer um relacionamento novo e mais complexo entre civis e militares inovadores, deixando até mesmo o termo "BID" sem um sentido prático como conceito de gestão, considerando que a inovação em defesa pode vir de qualquer lugar (e não necessariamente de um ator rotulado como parte da BID). Merindol e Versailles (2020) sugerem, como alternativa, a adoção do termo "ecossistema de defesa".

Assim, é importante investigar mais detalhadamente a cultura de inovação militar, de modo a identificar quais são suas peculiaridades, assim como vocações e resistências à inovação, seja ela construída no interior de um modelo de inovação fechada ou aberta.

## 2.1 INOVAÇÃO MILITAR

### 2.1.1 O Campo de Estudos da Inovação Militar

Conforme foi brevemente apresentado na introdução, o imbricamento entre tecnologias de mercado e inovação militar teve início nos anos 70 e se intensificou a partir da década de 90. Esse fenômeno é contemporâneo à emergência do campo de estudos de inovação militar, fundado por Barry Posen com a obra "*The Sources of Military Doctrine: France, Britain, and Germany between the World Wars*" (GRIFFIN, 2017).

Publicada em 1984, a obra investiga o papel da doutrina militar, da tecnologia, da geografia e das relações civis-militares na produção da inovação militar, por meio do estudo de três casos concretos do período entre guerras - o sistema de defesa aérea britânico, a blitzkrieg alemã e o sistema de fortificações francesas (linha *maginot*) (POSEN, 2014).

É oportuno observar que, de modo coerente com a perspectiva das redes de conhecimento, a produção do campo imprimi ênfase nas relações entre os atores da inovação militar, o que justifica o seu agrupamento como proposto por Adam Grissom (2006): (1) relações civis-militares, (2) relações entre forças singulares nacionais; (3) relações dentro da força singular e (4) influências culturais.

A despeito das diferenças, as escolas compartilham algumas constatações importantes. Em primeiro lugar os autores consideram, de forma unânime, que as organizações militares são "intrinsecamente inflexíveis, propensas a estagnação e receosas de mudança" (GRISSOM, 2006, P. 919); em segundo lugar caracterizam a inovação militar como uma mudança doutrinária de escopo e impacto significativos, capaz de promover um aumento da eficácia de combate (GRISSOM, 2006).

Além disso, Grissom (2006) nota que a literatura privilegia a investigação dos processos de inovação *top-down*<sup>2</sup>, o que representaria uma lacuna importante para o campo, já que existem vários casos históricos de inovação *bottom up*<sup>3</sup> ignorados pelos autores. Onze anos mais tarde, Griffin (2017) aponta que os estudos culturais se tornaram prevalentes e totalizantes (a partir de uma assimilação consensual das demais escolas) e que persiste a carência de estudos sobre os processos de inovação *bottom up* em tempo de paz, o que poderia indicar a irrelevância desses processos ou uma lacuna importante na literatura.

Além disso, Griffin (2017) a aponta que a assimilação consensual de todas as escolas pela perspectiva cultural é um contrassenso, produzido pelo encadeamento de dois compromissos: (1) para constituir-se como subcampo (aceito) das relações internacionais, os estudos culturais de inovação militar subordinaram-se às visões positivistas e aos modelos sistêmicos reducionistas embutidos nas outras três escolas; (2) isso resultou na acomodação da cultura como uma variável interveniente de fatores externos, como os geográficos e tecnológicos, e por conseguinte no abandono (ou ignorância) do estudo da cultura como fator propulsor da inovação.

---

<sup>2</sup>Inovações estimuladas pelos ocupantes dos níveis hierárquicos mais altos da organização.

<sup>3</sup>Inovações propostas pelos ocupantes dos níveis basilares da organização.

Em *Predicting Military Innovation*, Isaacson, Layne e Arquilla (1999) apresentam uma taxonomia mais bem equipada para a exploração das questões levantadas por Griffin (2017), identificando quatro perspectivas - a realista estrutural, a societal, a organizacional e a cultural. Uma síntese das suas constatações encontra-se no quadro abaixo:

Quadro 2 — Perspectivas sobre a Inovação Militar

Perspectivas	Fator Chave	Previsões
Realista Estrutural	Competição geopolítica	Maiores incentivos à inovação em decorrência de: maior percepção de ameaças e mudanças importantes nos objetivos políticos, em virtude de políticas revisionais.
Societal	Coesão Social	Uma sociedade mais coesa é mais inovadora e disponibiliza mais recursos materiais e humanos para o setor militar.
Organizacional (Institucional)	Influências Externas	O setor militar é essencialmente conservador e a inovação militar é produto de circunstâncias particulares, como falhas do passado, recursos excedentes ou intervenção da liderança política civil.
Organizacional (Profissional)	Influências Internas	Sob condições favoráveis, instituições militares irão inovar, mesmo sem estímulos externos. Como pré-requisitos para a inovação são necessários Oficiais antigos como uma nova visão sobre a guerra do futuro (patrocinadores), Oficiais modernos com espírito reformador e trajetórias profissionais que favoreçam o reconhecimento e a promoção dos reformadores.
Cultural (Organizacional)	Relações Cívico-Militares	A doutrina militar não é vista como uma resposta aos desafios de segurança externos, mas como produto do intercâmbio entre a cultura política civil e a cultura organizacional militar.
Cultura (Estratégica)	Pensamento Político-Militar	As formas preferenciais de ação militar são consideradas produtos de estratégias nacionais de segurança de longo prazo ( <i>Grand Strategies</i> ), caso elas existam.

Fonte: Adaptado a partir de Isaacson, Layne e Arquilla (1999)

Explorando as diferentes lógicas explicativas dispostas no quadro 1, Isaacson, Layne e Arquilla fizeram estudos comparativos usando abordagens cruzadas. A partir de hipóteses testáveis, formuladas por meio das abordagens realista-estrutural, societal e organizacional, foram investigados três casos: (1) Forças de Defesa Israelense entre 1948 e 1982, (2) o Exército Norte-Vietnamita entre 1965 e 1970 e (3) as forças que lutaram a Guerra do Chaco (Bolívia e Paraguai), entre 1932 e 1935 (ILSAACSON; LAYNE; ARQUILLA, 1999). Como

conclusão, os autores identificaram sete fatores que favorecem a inovação militar: (1) alto nível de ameaça externa, (2) mudanças relevantes nos objetivos políticos, (3) restrições moderadas de recursos, (4) coesão social, (5) fiascos militares passados, (6) Oficiais antigos, influentes e patrocinadores de mudança (*product champions*) e (7) percursos de carreira que favoreçam a ascensão de Oficiais inovadores (ILSAACSON; LAYNE; ARQUILLA, 1999). Interessante registrar ainda o que os autores expressaram ceticismo em relação ao valor da perspectiva cultural, em virtude de um histórico de análises culturais consideradas "fracas" e um poder explanatório julgado maior de outras abordagens (ILSAACSON; LAYNE; ARQUILLA, 1999).

Quinze anos antes, em *The Sources of Military Doctrine: France, Britain, and Germany between the World Wars*, Barry Posen (2014) realizou estudos comparados partir das perspectivas realista-estrutural e organizacional, como artifício para modelagem de estratégias nacionais. Entre as suas principais constatações, Posen (2014) aponta que as organizações militares, de um modo geral, serão deixadas por conta própria, como uma das burocracias especializadas e semiautônomas que compõem o Estado Moderno, e que dentro desse caráter prevalecerão as tendências de estagnação doutrinária, falta de integração com os objetivos políticos do Estado e predileção pelas doutrinas ofensivas.

Sobre a influência da tecnologia, Posen (2014) aponta duas conclusões importantes: (1) que a pouca experiência com uma nova tecnologia permite aos civis ou militares chegarem às conclusões que desejarem sobre a guerra do futuro, de acordo com as suas predileções organizacionais ou estratégicas; (2) que a tecnologia, *per si*, provê pouca explicação para mudanças doutrinárias, considerando que as lições contundentes da 1ª Guerra Mundial foram traduzidas em uma variedade muito grande de doutrinas.

Curiosamente, a despeito das ricas possibilidades conferidas pelo uso de abordagens cruzadas, a estratégia fundante de Posen entraria em desuso no século XXI, fenômeno que foi constatado e criticado por Griffin (2017). Importantes autores contemporâneos, como Farrell, Rynning e Terriff (2013), abdicariam até mesmo da adoção de uma abordagem teórica, alegando que a teoria é uma forma de reduzir a complexidade, em proveito da capacidade explicativa, mas que ela pode complicar mais do que esclarecer.

Atentos aos alertas de Isaacson, Layne e Arquilla (1999) e Griffin (2017), a escolha metodológica que se impôs foi a investigação da cultura estratégica como potencial motor da produção e apropriação de tecnologias militares em tempo de paz. Contudo, em vez de realizar estudos comparativos de inovações em diferentes estratégias nacionais, o trabalho se

dispõe a utilizar a tecnologia e a doutrina de operações de submarinos como eixo transversal de investigação.

### 2.1.2 Cultura e Estratégia

Reconhecido como autor de peso dentro da escola cultural (GRIFFIN, 2017), Dima Adamsky (2010) propõe o estudo da cultura estratégica como variável interveniente entre a tecnologia e a inovação militar. Adamsky (2010) afirma que não se vincula às proposições positivistas e que entende o relacionamento entre a tecnologia e a inovação militar como um ente socialmente construído e amalgamado em torno de uma nova "teoria da vitória". Como teoria da vitória, não nos referimos a uma teoria propriamente dita, mas ao conceito formulado por Stephen Rosen (1988) que se refere aos pressupostos assumidos por uma organização militar sobre como será a guerra no futuro e como ela deverá ser vencida. É importante notar que uma teoria da vitória não se limita às especulações de natureza tática, requerendo ademais uma adequada integração entre os objetivos militares dos níveis táticos, operacionais e estratégicos (BARTHOLOMEES, 2008), e entre os objetivos militares e políticos do Estado (POSEN, 2014).

A despeito do caráter polissêmico do termo "estratégia", de um modo geral a literatura aponta que o seu uso está associado ao processo de seleção de meios para o alcance de determinados objetivos (MINTZBERG; AHLSTRAND; LAMPEL, 2010; RIBEIRO, 2008). Ao descrever a escola cultural de pensamento estratégico, Mintzberg, Ahlstrand e Lampel (2010, p. 253) definem a cultura como "essencialmente composta de interpretações de um mundo e das atividades e artefatos que as refletem" e que "Assim, associamos cultura organizacional com cognição coletiva". Os mesmos autores afirmam que a estratégia expressa essencialmente uma perspectiva comum, fundamentada em intenções coletivas, e que ela pode ser melhor descrita identificando-se quais capacidades são protegidas e usadas pela organização em proveito do alcance de seus objetivos (MINTZBERG; AHLSTRAND; LAMPEL, 2010, p. 256).

Assim, é preciso notar que a estratégia (como produto da ação coletiva) não é necessariamente resultado de uma ação consciente e deliberada, mas um modo de ação que emerge a partir das relações entre as pessoas e entre pessoas e artefatos. Essa constatação

proporciona condições de entender o chamado "planejamento estratégico" como uma tentativa de disciplinar a estratégia de uma organização a partir da perspectiva de sua liderança formal.

Na busca por elementos que nos permitam delimitar essa estratégia emergente, aquela que de fato orienta a ação das organizações, mostra-se oportuno recorrer a Edgar Morin. Para Morin (2011), o elemento central da estratégia é a incerteza; se um modo de agir está orientado em torno do cumprimento de um programa de ações pré-determinadas e indiferentes ao contexto histórico, ele não é estratégico; estratégia é um agir capaz de comportar algum grau de incerteza.

A estratégia luta contra o acaso e busca a informação. Um exército envia batedores, espiões para se informar, isto é, para eliminar ao máximo a incerteza. Além disso, a estratégia não se limita a lutar contra o acaso, também procura utilizá-lo. Assim, a genialidade de Napoleão em Austerlitz foi fazer uso do acaso meteorológico que cobria de bruma os mangues por ele mesmo reputado de impraticáveis ao avanço dos soldados. Ele construiu sua estratégia em função dessa bruma que lhe permitiu camuflar os movimentos de sua armada e atacar de surpresa o exército imperial, sobre seu flanco mais desprovido (MORIN, 2011, p. 80).

Portanto, para efeito deste trabalho, a cultura estratégica é considerada como o conjunto de práticas de uma organização mobilizadas para lidar com a incerteza. Posen (2014) identifica oito dessas práticas na cultura estratégica de organizações militares: (1) o desenvolvimento de rotinas para lidar com tarefas, problemas e eventos, consolidadas em "procedimentos operacionais padrão"; (2) a associação lógica de vários desses procedimentos em programas de ação modelados para cenários padrão; (3) a articulação e a promulgação de uma doutrina militar, a grosso modo definida como um repertório de programas de ação; (4) o treinamento, a premiação e a promoção dos indivíduos, de acordo com a proficiência que exibem na execução da doutrina; (5) a reserva de força de trabalho e inventários de equipamentos e suprimentos em proveito da independência e da resiliência da força; (6) a luta por certa autonomia política, administrativa e operacional, motivada pelo medo de que um exercício desinformado e caprichoso de autoridade externa desequilibre o delicado relacionamento entre a estrutura interna da força e sua doutrina; (7) o uso de estratégias de influência política, como a busca por prestígio e a circunscrição dos assuntos militares aos círculos internos, na tentativa de assegurar aos líderes militares o reconhecimento da condição de especialistas e únicos competentes para julgar os aspectos intrínsecos à organização, equipamento e recrutamento de pessoal militar e por fim (8) uso das mesmas estratégias de influência política dentro do setor de defesa para assegurar a uma força singular o

reconhecimento de competência e influência em áreas de conhecimento, transversais, onde possam ocorrer disputas doutrinárias entre forças singulares.

O que essas características implicam para a compreensão da inovação militar? Em primeiro lugar, elas implicam em reconhecer que a doutrina é cara às organizações militares, pois reduzem a incerteza da ação no combate por meio de uma adequada coordenação das unidades e pela obtenção de resultados previsíveis das ordens emanadas. Considerando que a guerra é por natureza a seara da incerteza, é bastante lógico que as forças militares busquem reduzi-la como podem, não só por meio da preservação e do cultivo da doutrina, como também pela reserva de meios e pessoas sob seu controle e supervisão diretas. Mas considerando ainda que essas forças, a partir do século XX, operam artefatos cada vez mais sofisticados e diversos, é lógico inferir que as doutrinas se tornaram condutas culturais cada vez mais complexas, especializadas e mal integradas entre si e com os objetivos políticos do Estado - portanto ainda mais difíceis de serem compreendidas e modificadas do que no período histórico estudado por Posen. Outrossim, num mundo em que esses mesmos artefatos evoluem de forma acelerada e evidente, causa cada vez mais estranheza a perpetuação de doutrinas por períodos prolongados (POSEN, 2014).

Compreendendo, portanto, que a mudança doutrinária é reconhecida pelas instituições militares como uma fonte de incerteza, é preciso identificar de que forma a cultura estratégica militar lida com ela e como se inserem os seus aspectos materiais.

### 2.1.3 Estratégia e Inovação

A partir das considerações de Posen (2014) e Grissom (2006), constatamos que a preservação da cultura e dos padrões de organização a ela associados é um objetivo tácito das organizações militares, expresso pela sua estratégia *de facto*. Portanto, é lógico investigar as diretrizes estratégicas presentes nas culturas militares que contemplem o fenômeno da mudança interna. A primeira, e mais óbvia, é a estratégia de permanecer com a mesma doutrina e organização diante das incertezas, o que chamaremos de estratégia de preservação. Como já foi dito, a "guerra do futuro" é um construto volúvel que pode ser instrumentalizado para atender variados objetivos políticos. Há o risco das forças se mobilizarem para uma "guerra do futuro" imaginada hoje, que amanhã torne-se irrelevante em decorrência de novas tecnologias ou políticas extemporâneas de governo. Posen (2014) aponta ainda que, pior do

que lutar usando uma doutrina obsoleta, é lutar sem doutrina alguma, o que acontece quando uma força militar é acionada quando está atravessando um período de transição doutrinária.

Mas, eventualmente, as organizações militares sofrem transformações. Para compreendê-las, de um modo simplificado, podemos recorrer a duas categorias de estratégia de mudança - as estratégias de conformidade externa e de conformidade interna (MARTINS, 2016). A estratégia de conformidade externa é uma "atitude transformadora do ambiente" que visa modificá-lo, tornando suas características mais favoráveis à perpetuação e à prosperidade da organização (Martins, 2016). Algumas estratégias de conformidade externa são facilmente identificáveis dentro e fora do setor de defesa, como os trustes, os cartéis, a propaganda, o marketing, o *lobby* e a comunicação social. Outras são específicas do setor de defesa e permeiam os mais diversos níveis de decisão, com sua prevalência dependente do grau de protagonismo militar do país.

O Departamento de Defesa dos EUA, por exemplo, tem como missão explícita "moldar e manter um mundo pacífico, próspero, justo e democrático e promover condições de estabilidade e progresso para o benefício do povo americano e pessoas em todos os lugares" (USA, 2016, p. B-3, tradução nossa). Podemos identificar também relações de conformidade externa entre elementos de um mesmo sistema nacional, tal como ilustra o discurso do Presidente norte-americano Eisenhower, em 1961, sobre a crescente influência política do complexo industrial de defesa do país:

Essa conjunção de um imenso estabelecimento militar e uma grande indústria de armamentos é nova na experiência americana. A influência total - econômica, política e até espiritual - é sentida em cada cidade, cada casa do Estado, cada escritório do governo federal. Reconhecemos a necessidade imperiosa desse desenvolvimento. No entanto, não devemos deixar de compreender suas graves implicações. Nosso trabalho, recursos e meios de subsistência estão todos envolvidos; assim é a própria estrutura de nossa sociedade. Nos conselhos de governo, devemos nos prevenir contra a aquisição de influência indevida, desejada ou não, pelo complexo industrial militar. O potencial para o aumento desastroso de um poder inadequado existe e vai persistir (EISENHOWER, 1961, p. 1038, tradução nossa).

Nos níveis operacionais e táticos de condução da guerra também há exemplos de interesse. A doutrina militar dos EUA estabelece, como um dos seus objetivos militares no ambiente informacional, "mudar ou manter as observações, percepções, atitudes e outros elementos que motivam comportamentos desejados dos atores relevantes" (USA, 2018, p. viii, tradução nossa). No nível tático, as operações terrestres possuem doutrinas de *terrain-*

*shaping munitions* direcionadas para moldar o campo de batalha pelo estabelecimento de obstáculos, que tem como objetivo prover liberdade de manobra às forças e limitar a do inimigo (KRAUSS, 2019). Nas operações navais poderíamos encontrar um paralelo no estabelecimento de campos minados ou de zonas de exclusão por submarinos.

Em contraponto à conformidade externa, a estratégia de conformidade interna se beneficia do fato de que as instituições militares, mesmo conservadoras, não são absolutamente rígidas e monolíticas, constituindo-se a partir de redes de relações (ROSEN, 1988). A capacidade intrínseca de criação, destruição e modificação dessas redes proporciona certa plasticidade. Assim, a estratégia de conformidade interna baseia-se na "modificação das correlações internas a fim de assegurar a coerência do interno com o ambiente cultural" (MARTINS, 2016, p. 111).

E como isso se dá? Se as organizações militares são conservadoras, por que desenvolveriam estratégias de conformidade interna? Podemos extrair do Quadro 2 algumas hipóteses: (1) falhas do passado, que demonstrem categoricamente a inadequação da doutrina, (2) falhas recorrentes em combate no tempo presente e (3) mudanças significativas da política. Martins (2016, p. 111) aponta mais uma hipótese ao afirmar que a conformidade interna "estaria a serviço mais fortemente da imitação de comportamentos já estabelecidos pela cultura vigente".

É importante notar que os conceitos de conformidade externa e interna são tipificações utilizadas para facilitar a compreensão. Na prática, as instituições combinam essas estratégias nos diferentes relacionamentos que estabelecem. A intenção, por exemplo, de moldar o ambiente de um modo específico (conformidade externa) pode requerer uma capacidade indisponível na força, e, portanto, exigir a sua autotransformação (conformidade interna). Sinergias e desconcertos podem se estabelecer quando as estratégias de dois atores são conectadas em um relacionamento. Uma determinada força pode ser objeto de modificações impostas pelo poder político (ação de conformidade externa do poder político sobre a força militar) que eram desejadas pelos líderes militares (conformidade interna) ou indesejadas (preservação). As estratégias podem ser implementadas por diferentes mecanismos de coordenação, instrumentalizando mercados, políticas e conhecimento, inclusive por atores como as indústrias e os centros de pesquisa, gerando um fechamento do modelo de inovação (LEYDESDORFF; IVANOVA, 2016).

Assim, é possível formular mais quatro hipóteses de mudança como consequência de estratégias de conformidade externa agindo sobre a força: (1) sujeição às estratégias de

conformidade externa do poder político; (2) sujeição às estratégias de conformidade externa da base industrial de defesa; (3) sujeição às estratégias de conformidade externa de aliados ou das outras forças singulares, (4) sujeição às próprias estratégias de conformidade interna. A consolidação das oito hipóteses levantadas encontra-se no Quadro 3.

Quadro 3 — Hipóteses de Inovação Militar (não excludentes)

Hipótese	Descrição
(1) Falhas do passado	Falhas da Força que demonstram claramente a inadequação de sua doutrina, pondo em dúvida a sua reserva de competência como especialista em assuntos militares da sua área operacional.
(2) Falhas recorrentes em combate	Falhas da Força que demonstram claramente a inadequação de sua doutrina, motivando o seu próprio pessoal a questionar a validade dos procedimentos operacionais padrão e a modificá-los pelo imperativo da necessidade operacional.
(3) Mudanças políticas	Mudanças políticas que alteram as possibilidades de atuação das forças armadas, abrindo novos nichos operacionais não explorados (inimigos diferentes, novos ambientes operacionais, novos objetivos, novas formas de combater). Essas mudanças podem ser tanto estímulos (maiores orçamentos específicos para uma área, assunção de compromissos políticos de longo prazo), como restrições moderadas (restrições orçamentárias moderadas ou adesão a tratados que proíbem determinado artefato ou que limitam sua proliferação, suas características ou o seu volume de produção).
(4) Imitação	Mudanças da doutrina militar dentro da área de conhecimento da força, realizadas ou disseminadas por terceiros reconhecidos como atores prestigiados.
(5) Sujeição às estratégias de conformidade externa do poder político	Submissão a reformas impostas pela liderança civil, contra as quais a força se opõe. Normalmente são decorrentes da falta de integração entre os interesses políticos e militares ou encadeadas pelas hipóteses 1 e 2.
(6) Sujeição às estratégias de conformidade externa da base industrial de defesa	Submissão a mudanças impostas pela indústria de defesa, contra as quais a força se opõe. Normalmente são decorrentes da falta de integração entre os interesses econômicos da indústria e os interesses militares da força
(7) Sujeição às estratégias de conformidade externa de aliados ou das outras forças singulares	Submissão a mudanças impostas pelas doutrinas de operações conjuntas ou combinadas. Normalmente são decorrentes da falta de integração entre a doutrina combinada ou conjunta e as doutrinas da força singular.
(8) Sujeição às próprias	Submissão a mudanças impostas pelas capacidades que a Força deseja ter (visão

estratégias de conformidade interna	de futuro), mas que não possui e precisa desenvolver (planejamento estratégico). A visão de futuro, em si, normalmente será produto da liderança militar. A necessidade de mudança, por outro lado, será decorrente da falta de integração entre a doutrina e a organização correntes com a doutrina e organização futura exigidas para implementação da nova capacidade vislumbrada.
-------------------------------------	---

Fonte: O autor (2021)

## 2.2 ASPECTO MATERIAL DA INOVAÇÃO

A industrialização da guerra, que se acentuou no século XX, torna as discussões sobre inovação doutrinária particularmente irrelevantes, se não forem lastreadas pela investigação do modo como as novas tecnologias são produzidas e apropriadas pelas forças. De acordo com Adamsky (2010) a construção da inovação se dá por meio de processos recursivos e dialéticos de especulação, experimentação e implementação de novas tecnologias, influenciados pelos "estilos cognitivos" das organizações. Adamsky filia-se à corrente da psicologia social, que define estilo cognitivo como um modo particular de perceber, pensar, recordar e resolver problemas (VANDENBOS, 2007).

Existem diferentes formas de descrever e classificar estilos cognitivos. Adamsky (2010) opta por subdividi-los nas categorias "holístico-dialético" e "lógico-analítico". Chesbrough (2003) aponta, de forma similar, dois diferentes estilos cognitivos mobilizados para a inovação industrial - um típico das atividades de pesquisa e o outro das atividades de desenvolvimento. A comparação das características relacionadas nos Quadro 4 e 5, permite identificar as similaridades entre os estilos "Holístico-Dialético" e "Pesquisa" e entre os estilos "Lógico-Analítico" e "Desenvolvimento".

Quadro 4 — Estilos Cognitivos das Instituições Militares

Holístico-Dialético	Lógico-Analítico
Ênfase no contexto ou campo como um todo	Ênfase no objeto focal, separado do seu contexto
Atribui causalidade e constrói explicações a partir da relação entre um objeto focal e o campo em que este se insere.	Divide os objetos em categorias.
É dialética, o que se traduz em análises de um mesmo objeto em contextos variados, no reconhecimento das contradições e na formulação de sínteses conciliando proposições opostas.	Prioriza o uso da lógica formal para produzir explicações e previsões sobre o comportamento de um objeto.

Fonte: Adaptado a partir de Adamsky (2010)

Quadro 5 — Estilos Cognitivos de Pesquisa e Desenvolvimento

Pesquisa	Desenvolvimento
Ênfase na descoberta, sem compromisso com prazos	Ênfase da execução, com metas e prazos definidos
Cria possibilidades	Minimiza riscos
Identifica problemas e como pensar sobre eles	Resolve problemas dentro de restrições estabelecidas

Fonte: Adaptado a partir de Chesbrough (2003)

Adamsky (2010) considera o estilo russo como predominantemente holístico-dialético e os estilos norte-americanos e israelenses como lógico-analíticos. Como consequência, diferentes trajetórias de inovação se desenvolveram:

A abordagem pragmática americana tinha a vantagem de eficácia e qualidade, e os israelenses se destacavam em assertividade e improvisações criativas; no entanto, ambos, estando fortemente inclinados ao conhecimento procedimental, sofreram com a desvantagem da superficialidade, visão de curto alcance e esforços de previsão fragmentados. Embora a abordagem soviética tivesse a vantagem de um pensamento profundo e poderoso, uma cultura de “ser e não fazer”, com predisposição ao conhecimento declarativo, os soviéticos eram tradicionalmente bons em teorizar, mas patologicamente ruins em conectar palavras e ações (ADAMSKY, 2010, p. conclusão, tradução nossa).

O que outros autores como Merindol e Versailles (2020) indicam é que de fato a tradição norte-americana está assentada, *a priori*, na superioridade de artefatos militares (mesmo implicando em altos custos) e *a posteriori* no desenvolvimento de doutrinas que orientem o seu uso. Essa interpretação é coerente com a pujança da base industrial de defesa dos EUA e com a estatura da pesquisa científica-tecnológica do país, que se incumbiu de suprir a lacuna de pensamento holístico-dialético. Mas, como alerta Eisenhower (1961), é pertinente inferir que este *modus operandi* seja igualmente resultado da aplicação prolongada de estratégias de conformidade externa pelo complexo industrial, científico e tecnológico (particularmente a vertente de defesa) sobre a liderança política civil e militar do país.

Sendo parte de um aspecto cultural de peso, essa conduta tende a ser longeva e alcançar o tempo presente. Há evidências de que de fato é o que está acontecendo no desenvolvimento de sistemas não tripulados, em que a tecnologia avança mais rapidamente do

que a ideia de como empregá-la e que a falta de uma concepção doutrinária *a priori* priva os militares norte-americanos de explorar as possibilidades das tecnologias existentes (CLARK, 2020).

E quais são as repercussões gerais, úteis para essa análise? Com o maior orçamento militar no mundo, os EUA estabeleceram um padrão a ser imitado, exercendo forte influência sobre potências médias como a Grã-Bretanha e a França (FARRELL; RYNNING; TERRIFF, 2013), conformando essas forças por meio de múltiplas relações. Considerando que esses países também são importantes atores na área de defesa, suas bases industriais e unidades militares somam-se às contrapartes norte-americanas, na propagação de um paradigma cultural militar marcado por: (1) uso intensivo de tecnologia sem a prévia sustentação de um conceito operacional; (2) desestímulo ao desenvolvimento de capacidades cognitivas que sustentem a inovação operacional; (3) normalização de custos exorbitantes de aquisição e operação de artefatos militares.

Pressionados por outros fatores, países como Israel (ADAMSKY, 2010) e Coréia do Sul (RASKA, 2016) oscilaram entre a adesão ao paradigma ocidental predominante e a construção de soluções específicas para os seus problemas político-militares. Nesse sentido, o contexto de inovação aberta que se estabeleceu no século XXI pode proporcionar maior autonomia e eficiência às forças militares, por meio da participação em redes mais amplas de inovação. Essa participação tem potencial para estimular a cultura de inovação doutrinária das próprias forças, proporcionando condições para a articulação de (1) soluções tecnológicas alternativas e mais baratas para problemas militares tradicionais e (2) soluções tecnológicas complementares para problemas não resolvidos dentro de ou por causa de modelos de inovação fechados. Essas conclusões são aderentes aos prognósticos de Merindol e Versailles sobre a inovação aberta e centrada no usuário (o combatente), dentro do setor de defesa:

Novas mentalidades e formas de trabalho são necessárias para gerar mais agilidade, mais frugalidade, prazos mais curtos para a implementação de soluções e maior relação custo-benefício. Os combatentes devem estar presentes em torno da mesa de gestão da inovação desde as fases iniciais dos projetos. Devem ser introduzidos fundamentos da inovação aberta para atrair talentos e expandir os limites das comunidades que trabalham para a Defesa. Novos intermediários, como incubadoras de empresas, aceleradores e centros de inovação tornam-se essenciais jogadores neste quadro (MERINDOL; VERSAILLES, 2020, p. 2, tradução nossa).

Outrossim, para melhor discutir as possibilidades de inovação em energia para submarinos militares, é preciso conhecer as características essenciais dessas plataformas, suas

doutrinas de operação e seus percursos de inovação doutrinária e material. Para isso, será investigada a trajetória de inovação dos submarinos diesel-elétricos do Reino Unido entre 1943 e 1994, visando identificar as hipóteses aplicáveis relacionadas do Quadro 3 e um padrão de preferências culturais para o Século XXI.

### 3 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DOUTRINÁRIA EM SUBMARINOS

#### 3.1 DOUTRINA MILITAR E OPERAÇÕES NAVAIS

No subitem 2.1.2 relacionamos oito práticas da cultura estratégica militar identificadas por Posen (2014). Mobilizando as três primeiras, é possível ensaiar uma definição inicial de doutrina como repertório de programas de ação, construídos a partir da associação lógica de procedimentos operacionais padronizados para lidar com tarefas, problemas e eventos de interesse militar em cenários pré-estabelecidos. De um modo coerente com Posen, Milan Vego (2020, p. 299), afirma que a doutrina militar é usualmente definida como um conjunto de "crenças expressas com autoridade, princípios fundamentais, princípios organizacionais e métodos de emprego da força de combate destinados a cumprir determinados objetivos militares".

Posta a serviço da unidade de comando, da correta compreensão dos planos e da coordenação da ação entre diferentes comandantes (VEGO, 2020), a doutrina é um instrumento central para o exercício de uma boa liderança militar (HUGHES; GIRRIER, 2018). Essa centralidade faz da discussão doutrinária um exercício desconfortável para os Oficiais e Praças nos primeiros postos, pois discutir as limitações, inadequações e anacronismos da doutrina corrente implica, de certo modo, em pôr sob suspeita o valor da cultura profissional da força e a competência dos seus líderes. Some isso ao caráter fortemente prescritivo das tarefas mais simples, alocadas aos militares em início de carreira, e estão assentadas as bases para o florescimento e a perpetuação de um estilo cognitivo lógico-analítico, inclinado à cristalização da doutrina em dogma.

Tal como afirma Vego (2020, p. 299), "a doutrina reflete a vontade e a filosofia de uma organização e especifica premissas e ações para sustentar seus esforços". Isso implica em perceber que a doutrina será mais longeva (e a inovação doutrinária menos necessária) se as premissas que a sustentam permanecerem no tempo. Num contexto assim, a inovação mais plausível será decorrente da excelência profissional de Oficiais antigos, cultivada por longas e proficuas carreiras navais, que lhes proporcionaram as competências e a autoridade (moral e formal) para transcender a doutrina. Trata-se de um modo "confortável" de inovação para a cultura militar, pois valoriza a experiência e a precedência hierárquica, que tem no Almirante Nelson (1758-1805) um exemplo clássico e digno de registro:

A Batalha do Nilo ocorreu perto do fim da era do combate a vela. Nelson teve poucas oportunidades de adotar táticas para novas tecnologias, como Napoleão fez com a artilharia móvel e os grandes capitães Panzer fizeram mais tarde com os tanques. Dito isso, a conquista de Nelson é ainda mais notável: ele adaptou suas táticas a um sistema de armas que tinha séculos de idade em seus fundamentos e com uma visão que raramente, ou nunca, foi igualada no mar. Podemos acreditar que seu domínio tático foi alcançado ao longo de uma vida inteira. O general prussiano e teórico militar Carl von Clausewitz argumentou que, embora uma boa estratégia pudesse vir do novato inspirado, as táticas eficazes eram o trabalho de uma vida inteira. (HUGHES; GIRRIER, 2018, Cap. 1, tradução nossa)

O século XX e as primeiras décadas do século XXI desvelaram uma realidade profundamente distinta. A renovação e a atualização dos procedimentos táticos e operacionais tornaram-se demanda permanente, impostas pelo acelerado desenvolvimento tecnológico. Doutrinas que ignoram as implicações do avanço tecnológico estão sob o risco perene de obsolescência e de transmutação em dogma (VEGO, 2020).

Considerando as proposições de Posen (2014) e Vego (2020), apresenta-se como oportuno observar mais uma vez a doutrina como instrumento de simplificação da realidade e redução da incerteza. Tomando as premissas doutrinárias como suposições (julgadas verdadeiras) que amparam a proposição de determinadas ações (ABBAGNANO, 2007; VEGO, 2020) é possível investigar as relações entre tecnologia e tática a partir da identificação das premissas tecnológicas que dão sustentação às prescrições doutrinárias.

Um bom exemplo pode ser extraído da 2ªGM. Os torpedos, mais conhecidos pelo seu emprego a bordo dos submarinos, eram utilizados também por navios de superfície. Unidades rápidas, especificamente construídas para lançar torpedos (as torpedeiras), foram concebidas como alternativa mais econômica aos modernos (e caros) encouraçados a partir do século XIX (TILL, 2018). Logo tornar-se-ia necessário desenvolver navios rápidos para escoltar os encouraçados - nascia o contratorpedeiro, que na prática passou a fazer as duas tarefas - ataque torpédico e escolta, inclusive em contraposição à ameaça de submarinos (TILL, 2018).

Na década de 40, a USN considerava que o combate naval entre navios de superfície se daria mormente com a troca de fogos de artilharia e que os contratorpedeiros inimigos poderiam ser destruídos antes que pudessem lançar seus torpedos (VEGO, 2020). Essa tática era coerente com as características do torpedo norte-americano em uso (Mk 15, com alcance de 6.000 jardas a 46 nós) (ROWLAND; BOYD, 1952, P. 91) e com a crença de que a artilharia de canhões de seis polegadas seria capaz de neutralizar ou afundar contratorpedeiros inimigos à distância de 10.000 jardas, beneficiada pela sua alta cadência de fogo e pela

direção de tiro por radar (MORISON, 2001, P. 195). Na Guerra do Pacífico essa premissa se mostraria equivocada. Ignorante da existência do torpedo japonês Tipo 93, capaz de alcançar alvos a 22.000 jardas a 49 nós (USN, 1946), os EUA sofreriam danos severos decorrentes de ataques torpédicos nas batalhas da Ilha de Savo (Ohmae, 1957) e do Golfo de Kula e Kolombangara (MORISON, 2001). Além disso, bem treinados para o combate noturno e com postos de observação visual mais elevados, navios japoneses chegaram a detectar navios norte-americanos antes de serem contra detectados por radar (VEGO, 2020), derrubando mais uma premissa tecnológica assumida pelas forças navais dos EUA (a superioridade da detecção radar).

No período entre-guerras, a Marinha Imperial Japonesa havia desenvolvido uma concepção operacional única no mundo, em que os torpedos tinham papel tão importante quanto a artilharia, sendo lançados preferencialmente a noite, em grande quantidade, a longa distância e a partir de formações de contratorpedeiros e cruzadores (VEGO, 2020). Na batalha da Ilha de Savo (8 de agosto de 1942), cinco cruzadores pesados e seis contratorpedeiros aliados foram alvejados pelo fogo combinado de artilharia e torpedos Tipo 93 de cinco cruzadores pesados, dois cruzadores leves e um contratorpedeiro japonês, resultando no afundamento de quatro cruzadores aliados sem que nenhum navio japonês fosse perdido (GRANT, 2008, p. 316). Como derradeiro consolo para a USN, o Submarino S-44 afundaria o Cruzador japonês Kako no trânsito de regresso da Força-Tarefa (FT) japonesa, por meio de um ataque com quatro torpedos (USN, 2017). Na época os submarinos utilizavam o antigo Torpedos Mk 10 e o novo torpedo Mk 14 (similar ao Mk 15), este último com alcance de 4.500 jardas a 46 nós (ROWLAND; BOYD, 1952, p. 95).

Quase um ano mais tarde, no dia 5 de julho de 1943, o contratorpedeiro USS *Strong* foi afundado por um dos ataques torpédicos mais distantes da história da guerra (U.S. PACIFIC FLEET PUBLIC AFFAIRS, 2019). Tendo o *Strong* avistado o torpedo sem que nenhum navio japonês tivesse sido avistado, o Almirante Ainsworth (Comandante da FT norte-americana) tomou o contratorpedeiro como vítima do ataque de um submarino (MORISON, 2001). Em Kula e Kolombangara (05 a 16 de julho de 1943), Ainsworth atribuiria as perdas sofridas por sua força (dois cruzadores danificados e um contratorpedeiro afundado) ao ataque combinado de navios de superfície e submarinos japoneses (MORISON, 2001). Na verdade, não havia submarinos japoneses, mas Ainsworth foi incapaz de conceber a existência de um torpedo de longo alcance, nem a possibilidade de cruzadores japoneses armados com eles.

Outrossim, cabe fazer distinções claras entre as premissas tecnológicas e as premissas *sobre o comportamento do inimigo*, cuja formulação e uso é arriscada e usualmente condenada pela literatura profissional militar. Lawrence Freedman provê justa ilustração ao discutir a visão de futuro do Almirantado britânico sobre o uso de submarinos no século XX. Em julho de 1914, o famoso escritor Arthur Conan Doyle (1859-1930) publicou "*Danger! Being the log of Captain John Sirius*", a história do Comandante da Flotilha de Submarinos de *Norland*, um país fictício da Europa continental, envolvido em disputas coloniais com a Grã-Bretanha (DE CASTELLA, 2014). Diante de um ultimato britânico, após um incidente entre os dois países, o Comandante da Flotilha (John Sirius) é chamado para uma reunião emergencial; nela assiste o rei expressar seu desalento e a convicção de que a única alternativa viável era render-se, considerando que a pequena armada de *Norland* não seria páreo para Marinha Real (Doyle, 1914). Outrossim, convencido pelo Comandante da Marinha, Almirante Horli, o rei decide ouvir Sirius antes de sua decisão final:

- "Você parece autoconfiante, Capitão Sirius."
  - "Eu não tenho nenhuma dúvida, senhor."
  - "O que então você aconselharia?"
  - "Aconselharia, senhor, que toda a esquadra seja reunida sob os fortes de *Blankenberg* e protegida do ataque por barreiras e estacas. Lá eles podem ficar até o fim da guerra. Os oito submarinos, no entanto, o senhor deixará sob meu comando para usar como achar adequado. "
  - "Ah, você atacaria os navios de guerra ingleses com submarinos?"
  - "Senhor, eu nunca chegaria perto de um navio de guerra inglês."
  - "E porque não?"
  - "Porque eles podem me machucar, senhor."
  - "O que, um marinheiro e com medo?"
  - Minha vida pertence ao país, senhor. Não é nada. Mas estes oito navios.. tudo depende deles. Não podia arriscá-los. Nada me induziria a lutar.
  - "Então, o que você vai fazer?"
- (DOYLE, 1914, p. 3, tradução nossa)

Após uma longa conversa, Sirius apresenta o seu plano para o rei - atacar e afundar os navios mercantes que abasteciam as ilhas britânicas, levando o Reino Unido à fome (sem que a Marinha Real pudesse fazer algo a respeito). Curiosamente, a ficção foi desacreditada pelos almirantes britânicos, que refutaram a verossimilhança da história afirmando que era inaceitável e incivilizada a destruição de navios civis desarmados (FREEDMAN, 2017). As duas grandes guerras provariam justamente o contrário.

### 3.2 SUBMARINOS DIESEL-ELÉTRICOS BRITÂNICOS

### 3.2.1 De 1943 a 1949

Nos momentos derradeiros da 2ªGM, o Reino Unido contava com um inventário de 142 submarinos em serviço ou em construção, de nove classes diferentes (HENNESSY; JINKS, 2015). Ao longo do conflito a produção britânica chegou a alcançar picos de produção de dois submarinos por mês, com vários estaleiros suportando a construção de submarinos, como o *Vickers-Armstrong*, o *Cammell Laird*, o *Scotts* e o *Royal Dockyard* em Chatham (SCHANK et al., 2011, p. 5).

Algumas classes, como a "H", haviam sido lançadas durante a 1ªGM, e permaneciam em serviço em virtude da grande demanda por esses meios e das enormes perdas operacionais experimentadas. Poucos submarinistas que estiveram no início do conflito viveriam até o seu final, tendo a Força de Submarinos (ForS) perdido 74 unidades e 38% das suas tripulações, num total de 3.508 homens (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 44).

Em maio de 1945, o Almirante George Creasy, Comandante da ForS, recomendou a redução dos efetivos para 100 unidades, com a baixa de todos os submarinos das classes mais antigas ("H", "L", "O", "P", "R" e "U"), e a manutenção das classes mais novas em serviço ("S", "T" e "A") (HENNESSY; JINKS, 2015). A partir daquele ano, a concepção de emprego da Marinha real britânica (Royal Navy - RN) não seria mais conformada pelos imperativos da 2ªGM, mas pelas repercussões do conflito. Fatores de diferentes naturezas, espelhados nas hipóteses de inovação militar do Quadro 3, seriam responsáveis por mudanças profundas em apenas quinze anos. Esse capítulo será dedicado a desnudá-los.

Em primeiro lugar, o país atravessava um período de transição para a paz, onde o restabelecimento da economia e do bem-estar social eram prioridades políticas, requerendo austeridade. Tal como destaca Friedman (2021) o maior problema do setor de defesa britânico à época era lidar com os efeitos devastadores da 2ªGM. Assim, os planos iniciais de Creasy seriam reajustados seguidamente (Quadro 6), respeitada a premissa de que, na guerra do futuro, os submarinos continuariam a experimentar altas perdas operacionais, assim exigindo a manutenção de navios em reserva:

Quadro 6 — Proposta de Quantitativo de Submarinos para os Anos de 1945 e 1946

	1945	1946
Submarinos em Serviço	45	45
Submarinos em Reserva (1/3 da tripulação)	40	28

TOTAL	85	73
-------	----	----

Fonte: Adaptado a partir de HENNESSY E JINKS (2015)

Em segundo lugar, havia uma preocupação generalizada entre as lideranças políticas e militares a cerca do caráter da guerra do futuro. Em 1945 foi adotado o ano de 1957 como referência para os exercícios de idealização da guerra do futuro, considerando um tempo estimado de 12 anos para recuperação da URSS (FRIEDMAN, 2021, p. 18). Entre as poucas certezas havia a convicção de que a armas que venceram a 2ªGM estavam obsoletas, e que as guerras do futuro seriam travadas com as tecnologias recentemente inventadas (FRIEDMAN, 2021).

De fato, os submarinos propriamente ditos passavam por uma profunda revolução tecnológica, motivada pela necessidade de enfrentamento da forte oposição antissubmarino (A/S) de navios e aeronaves. O desenvolvimento da Guerra A/S se deu como resposta à campanha submarina alemã, que visava destruir os navios mercantes que abasteciam a Grã-Bretanha durante o conflito - tal como Conan Doyle havia imaginado.

Os chamados *U-boat*, abreviatura de *Unterseeboote*, foram responsáveis pelo afundamento de 148 navios de guerra e 2.759 navios mercantes (DOENITZ, 2012, p. 490). Outrossim, as perdas humanas e materiais das potências europeias do Eixo foram enormes. Polmar e Whitman (2015, p. 36) contabilizaram o seguinte: (1) de um total de aproximadamente 35.000 submarinistas alemães, 29.000 morreram em combate; (2) dos 859 *U-boats* que realizaram pelo menos uma patrulha durante a 2ªGM, 642 foram perdidos em decorrência da ação dos Aliados - entre eles, 429 não deixaram sobreviventes; e (3) dos 170 submarinos italianos que entraram em ação, 83 foram afundados, ceifando em torno de 3.900 tripulantes.

O Almirante Karl Doenitz (1891-1890), Comandante da Força de Submarinos Alemã de 1939 a 1943, Comandante da Marinha Alemã (Kriegsmarine) de 1943 a 1945 e Chefe de Governo por alguns dias após a morte de Adolph Hitler (1889-1945), apresentou números um pouco diferentes em suas Memórias. Segundo Doenitz (2012, p. 489) o panorama foi o seguinte: (1) em 1º de setembro de 1939, a ForS contava com 57 *U-boats*; (2) entre 1º de setembro de 1939 e 8 de maio de 1945 foram comissionadas 1.113 unidades; (3) do total de 1.170 *U-boats*, 863 tornaram-se operacionais. Ainda de acordo com Doenitz, entre os 863 submarinos operacionais, (1) 630 foram perdidos no mar, sendo 603 pela ação do inimigo, 20

por causas desconhecidas e 7 por motivo de acidente e (2) 123 foram perdidos no porto, com 81 vitimados por ataques aéreos ou minas e 42 por outras causas (DOENITZ, 2012, p. 489).

As perdas de *U-boats* concentraram-se entre 1942 e 1945, onde a Alemanha e a Itália perderam juntas cerca de 22 submarinos por mês (POLMAR; WHITMAN, 2015, p. 36). No mesmo período as perdas de navios mercantes diminuíram. Os méritos de tamanho sucesso foram, em boa parte, decorrentes da associação entre inovações tecnológicas e inovações doutrinárias entre as forças antissubmarino dos Aliados. Polmar e Whitman (2015, p. 72) relacionam os seguintes aprimoramentos, que orientariam a evolução da guerra submarina no período do pós-guerra: (1) o desenvolvimento do sonar ASDIC (*short-range active sonar*), utilizado pelos contratorpedeiros para localizar submarinos mergulhados; (2) a quebra dos códigos de comunicação usados no controle operativo de submarinos, permitindo a acesso às ordens por eles recebidas, seus relatórios de ação, e a localização das suas zonas de patrulha; (3) equipamentos de radiogoniometria, capazes de detectar e determinar a direção das transmissões de rádio realizadas pelos submarinos no mar; (4) equipamentos de Radar, tanto em navios, como em aeronaves, capazes de detectar os submarinos na superfície, além do alcance visual e (6) o emprego de um maior número de navios, aeronaves e pessoal especializado.

O enfrentamento dessas inovações requereu a construção de plataformas capazes de transitar e combater em imersão, dotadas de um nível de ocultação sem precedentes - os Tipo XXI e XXIII. O Tipo XXI foi desenvolvido a partir do aprendizado decorrente da primeira geração de submarinos movidos a peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), desenvolvida pelo cientista e engenheiro alemão Helmut Walter (1900-1980). Tratava-se de um complexo sistema de propulsão independente do ar, que utilizava peróxido de hidrogênio para inflamar óleo diesel, produzindo uma mistura de gás e vapor d'água capaz de mover turbinas (POLMAR; MOORE, 2003). Em 1940, o primeiro protótipo tornou-se operacional, alcançando a impressionante velocidade de 28,5 nós em imersão (FRIEDMAN, 2021, P. 52). Apesar do entusiasmo que animou a Marinha alemã, problemas mecânicos e de manutenção limitaram o desenvolvimento dos chamados *Walter Boats* nos anos seguintes (POLMAR; MOORE, 2003).

Em Paris, numa conferência realizada em novembro de 1942, Doenitz foi informado por Walter e sua equipe de que os *Walter U-boat* não estavam nem perto de serem concluídos; como alternativa eles sugeriam a construção de submarinos de mesma silhueta hidrodinâmica, com bancadas massivas de baterias no lugar dos tanques de  $H_2O_2$  e equipados com um mastro

tubular para admissão de ar e descarga de gases dos motores a diesel (DOENITZ, 2012). O Almirante considerou a sugestão "extremamente valiosa" concedendo permissão imediata para a construção de protótipos e para que "experimentos práticos fossem iniciados com a entrada de ar e o aparelho de expulsão do Professor Walter, que de forma prática e modificada, mais tarde recebeu o nome de "esnórquel" (DOENITZ, 2012, p. 354, tradução nossa). Também foi autorizado o desenvolvimento de unidades menores para combate em águas rasas e litorâneas, projeto que se materializaria no Tipo XXIII (DOENITZ, 2012).

Comparado ao Tipo VII, a classe de *U-boats* mais numerosa da história, o desempenho do Tipo XXI era notável: (1) velocidade máxima na superfície de 15,6 nós e velocidade máxima em imersão de 17,2 nós, por 1 hora (FRIEDMAN, 2021, p. 47) e (2) na velocidade de 12 nós a autonomia em imersão era de 5 horas e a 6 nós o submarino poderia permanecer mergulhado por 46 horas (POLMAR; MOORE, 2003, p. 4). O Tipo VIIC, desenvolvia (1) velocidade máxima na superfície de 17,7 nós, máxima em imersão de 7,6 nós e a 4 nós poderia permanecer mergulhado por 20 horas (SHOWELL, 2020, p. 246); e (2) acima de 6 nós a autonomia em imersão das classes mais comuns de *U-boat* (Tipo VII e IX) não ultrapassava 45 minutos (DOENITZ, 2012, p. 354).

Showell (2020) fornece ainda algumas informações esclarecedoras a respeito da evolução dos submarinos durante a guerra: (1) o esnórquel fora experimentado de forma pioneira pelos holandeses em 1939, e em 1940 os alemães tiveram contato com o invento durante a invasão da Holanda, ocasião em que apresaram o submarino O-26; (2) em contato com a mesma classe de submarino a Marinha Real não expressou interesse e durante o reparo do O-19 na Escócia, entre 1943 e 1944, o mastro do esnórquel foi retirado; e (3) a maior parte das tecnologias necessárias aos desenvolvimento de submarinos similares ao Tipo XXI já existiam antes de 1935, mas não havia interesse em submarinos capazes de alcançar velocidades altas em imersão. O Tipo XXI é, portanto, um exemplo de inovação militar que dependeu não da disponibilidade de novas tecnologias, mas de uma inovação doutrinária motivada por falhas recorrentes em combate (veja hipótese 2 do Quadro 3).

Adotadas inicialmente como recurso defensivo, para fazer frente às duras e crescentes perdas de submarinos a partir de 1943, as inovações tecnológicas provaram-se disruptivas no plano doutrinário. Além da maior capacidade de sobrevivência apresentada pelos *U-boat* durante os usuais ataques a comboios, a RN observou o retorno impune dos submarinos alemães ao litoral britânico para operações ofensivas. Cabe, contudo, uma nota de esclarecimento. Uma parcela significativa da literatura aponta os Tipo XXI e XXIII como

precursores do submarino moderno, sem considerações adicionais. Embora o benefício combinado das principais inovações tenha se materializado de forma icônica nestas classes, sua entrada em operação foi tardia. Os primeiros Tipo XXIII só estariam prontos para combate em fevereiro de 1945 e o primeiro Tipo XXI somente em abril do mesmo ano, um mês antes da rendição alemã (DOENITZ, 2012).

Apenas um Tipo XXI (U-2511) iria experimentar ação no mar. Após chegar a Noruega ocupada em 23 de março, o U-2511 exigiu reparos no esnórquel, periscópio e motores diesel, o que atrasou o início da patrulha programada para o Caribe (POLMAR; WHITMAN, 2015). Seu Comandante veterano, Capitão de Corveta Scheee, narra ações da sua curta viagem, iniciada em 30 de abril de 1945:

O primeiro contato com o inimigo foi no Mar do Norte com um grupo de escoltas de comboio. Era óbvio que, com sua alta velocidade em imersão, o submarino não poderia sofrer nenhum dano pelas mãos desses grupos de escolta. Com uma pequena alteração de rumo de 30°, procedendo submerso, evitei o grupo com a maior facilidade. Ao receber a ordem de cessar fogo em 4 de maio, iniciei o retorno para Bergen; algumas horas depois, detectei um cruzador britânico e vários contratorpedeiros. Eu fiz um ataque simulado e em total segurança cheguei a 500 metros do cruzador. Como descobri mais tarde, durante uma conversa quando estava sendo interrogado pelos britânicos em Bergen, minha ação passou completamente despercebida. Por experiência própria, o submarino era de primeira classe no ataque e na defesa; era algo completamente novo para qualquer submarinista (DOENITZ, 2012, p. 428, tradução nossa).

Os Tipo XXIII contabilizariam um número um pouco maior de operações, mormente missões arriscadas no litoral leste da Grã-Bretanha, sem que nenhuma unidade fosse perdida (Doenitz, 2012). O primeiro de seis submarinos, o U-2324, partiria da Noruega em 29 de janeiro, e o último, o U-2336, em 1º de maio (POLMAR; WHITMAN, 2015, p. 33). Doenitz (2012) destaca em suas memórias as impressões registradas sobre o desempenho do U-2321 e do 2336: os submarinos eram rápidos, fáceis de manobrar, difíceis de serem detectados por radar e quando detectados davam pouca chance para confirmação do contato, deixando os defensores em dúvida; além disso, a autonomia era bem maior do que a esperada, chegando a operar por trinta e três dias, ao contrário das patrulhas de duas semanas que pautaram a sua concepção. A despeito de serem armados com apenas dois torpedos, os poucos Tipo XXIII afundaram cinco cargueiros pequenos e danificaram dois navios de guerra ao longo de nove patrulhas; o U-2336 tornar-se-ia o último *U-boat* a afundar um navio na Batalha do Atlântico, ao torpedear os cargueiros *Sneland* e *Avondale Park* no estuário do rio Forth

(POLMAR; WHITMAN, 2015, p. 33) a pouco mais de 6 quilômetros da cidade de Edinburgo, na Escócia.

Assim, até março de 1945, a ofensiva reportada pela RN teve, na verdade, outros protagonistas: calejados Tipo VIIC e IX equipados com modelos experimentais de esnórquel. Em junho de 1943, o Almirante Doenitz (agora Comandante em Chefe) aprovaria o projeto final do Tipo XXI convicto de que o esnórquel fora testado e aprimorado adequadamente e, portanto, seria a tripulação certa para que o Tipo XXI recarregasse as baterias sem retornar à superfície (DOENITZ, 2012).

Como notam Hennessy e Jinks (2015), Creasy reconheceu que submarinos britânicos do futuro, assim como *U-boats* alemães na 2ª GM, enfrentariam forças A/S tão competentes como as forças aliadas, o que faria do esnórquel um "mal necessário". E por que um mal necessário? Porque sua adoção, segundo Creasy, citado por Hennessy e Jinks (2015, p. 47) "tem o efeito direto de encorajar os submarinos a permanecerem submersos, mesmo quando isso é desnecessário para eles, e assim, ao diminuir sua mobilidade, diminuem seu espírito ofensivo e o poder de infligir danos".

Ainda em 1944, após tomar conhecimento da fabricação dos Tipo XXI, o Almirantado autorizou a modificação experimental de uma classe S (*HMS Seraph*), para que ele servisse como um Tipo XXI simulado no treinamento de forças A/S (Friedman, 2021). Os classe "S" foram comissionados entre 1931 a 1944 e deslocavam entre 640 e 715 tons, dependendo da variante construída (WARLOW; COLLEDGE; BUSH, 2020, p. 22). Após a modernização dos seus motores elétricos, instalação de baterias de maior capacidade e redesenho das suas linhas hidrodinâmicas, o submarino tornou-se capaz de alcançar pouco mais de 12,5 nós em imersão, 3,7 nós acima da sua velocidade na configuração original (POLMAR; MOORE, 2003, p. 14).

A época, o Almirante Creasy acomodaria suas convicções propondo um novo conceito de operação para os futuros submarinos, em que altas velocidades e grande autonomia na superfície seriam aliadas ao melhor desempenho possível em imersão (HENNESSY; JINKS, 2015). As coisas mudariam em maio de 1945, quando a inteligência britânica capturaria Helmut Walter e sua equipe na cidade de Kiel (POLMAR; MOORE, 2003). Tendo despendido tantos anos liderando o desenvolvimento dos novos *U-boat*, Walter expressou para os seus interrogadores uma concepção bastante distinta do futuro da arma. Para Walter os submarinos do futuro (1) deveriam operar apenas em imersão, (2) sua concepção deveria subordinar o desempenho na superfície ao máximo desempenho em imersão, contando com

um convés sem apêndices e com uma superestrutura suficiente apenas para acomodar os periscópios, o radar e indicadores de rumo; (3) submarinos deveriam ser capazes de alcançar velocidades de 25 nós, para superar os navios de escolta e (4) os tubos de torpedo deveriam ser instalados apenas na proa, pois submarinos velozes poderiam guinar rapidamente para alinhar os tubos à direção desejada de lançamento (HENNESSY; JINKS, 2015).

Com o fim da guerra, tendo realizado testes iniciais com suas próprias unidades, a RN optou por explorar as capacidades dos *U-boats* recebidos via tratado de Postdam, uma parcela de 10 unidades do total de 30 capturadas e divididas entre as potências vencedoras (EUA, URSS e Reino Unido) (POLMAR; WHITMAN, 2015, p. 76). Entre as os submarinos sob controle britânico, estava um raro Tipo XVIIIB (U-1407), um dos poucos remanescentes alemães movidos a peróxido de hidrogênio (HENNESSY; JINKS, 2015). Mas essa não foi a única opção considerada. Em fevereiro de 1945 os britânicos tomaram conhecimento da existência de um projeto mais avançado de *U-boat*, o Tipo XXVI (FRIEDMAN, 2021). Encomendado inicialmente pela Marinha Alemã ao estaleiro Bloom & Voss, esperava-se que o Tipo XXVI alcançasse 24 nós em imersão, com uma autonomia de 6 horas e 40 minutos nessa velocidade (POLMAR; MOORE, 2003, p. 34). Após a rendição da Alemanha, tendo ocupado as instalações do Bloom & Voss, os britânicos solicitaram ao estaleiro que construísse uma unidade do submarino, o que não foi possível em decorrência da falta de materiais e das pendências técnicas que o projeto exibia (FRIEDMAN, 2021).

Em maio de 1945, Creasy revisaria a sua proposição inicial, que tomava o submarino do futuro como basicamente um classe "A" modificado, elegendo uma concepção diretamente espelhada no Tipo XXI, com prioridade para o desempenho em imersão (HENNESSY; JINKS, 2015). Com 1.120 ton, os submarinos da classe A foram encomendados entre 1943 e 1944, num total de 46 unidades, mas somente 16 seriam construídas (WARLOW; COLLEDGE; BUSH, 2020, p. 16).

Após ceder às evidências da superioridade do Tipo XXI, Creasy condicionou sua concepção definitiva sobre o submarino do futuro aos resultados da prospecção de tecnologias de propulsão a peróxido de hidrogênio (HENNESSY; JINKS, 2015). Ao contrário dos soviéticos, que construíram um submarino novo, adaptado a partir de equipamentos e plantas recuperadas do Tipo XXVI, os britânicos optariam por explorar inicialmente o potencial do Tipo XVIIIB capturado, o U-1407 (POLMAR; MOORE, 2003). Os principais objetivos do recomissionamento e experimentação com o U-1407 eram (1) investigar problemas de controle e navegação submarina em altas velocidades e (2) familiarizar os engenheiros com os

processos fabris de componentes do sistema Walter (FRIEDMAN, 2021, p. 116). De acordo com os planos iniciais, dois submarinos protótipos se seguiriam - outrossim, considerando que essa primeira classe britânica movida a  $H_2O_2$  só deveria estar pronta na década de 50, havia a necessidade premente de um meio experimental para o desenvolvimento de novas doutrinas de guerra A/S e para a ampliação dos horizontes tecnológicos inicialmente explorados pela conversão do HMS *Seraph* (FRIEDMAN, 2021).

Entre 1945 e 1946, após explorar diversas possibilidades conceituais, decidiu-se pela conversão experimental de mais um submarino da Classe "S", o HMS *Scotsman* (Friedman, 2021). No mesmo ano o HMS *Truant* se tornaria o primeiro submarino da RN equipado com um esnórquel experimental (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 71) - última missão de uma trajetória de fama durante a guerra, incluindo uma viagem de 148 mil quilômetros pelos oceanos Atlântico, Mediterrâneo, Índico e Pacífico, onde o submarino teria afundado ou danificado vinte navios inimigos e sobrevivido a maciços ataques de bombas de profundidade (NYT, 1942). Tendo servido como plataforma experimental de testes do esnórquel, em proveito das pesquisas sobre os efeitos fisiológicos da carga de baterias em imersão (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 71), seu casco descomissionado afundaria em dezembro de 1946, durante a viagem para o desmantelamento (HUTCHINSON, 2005, p. 87).

Tendo privilegiado a concepção do novo HMS *Scotsman* como plataforma de desenvolvimento tecnológico, a Diretoria de Construção Naval da RN (*Director of Naval Construction* - DNC) tornou sua capacidade operativa praticamente nula. Os trabalhos de conversão, iniciados em abril de 1947, incluíram a remoção dos tubos de torpedo e dos motores a diesel originais e a instalação de um único motor de um classe "U" para permitir o trânsito na superfície (FRIEDMAN, 2021, p. 113). Quando pronto, o *Scotsman* precisaria de: (1) de 24 horas para a carga total das baterias com o seu único motor ou 12 horas com apoio de outro submarino atracado e (2) ventilação intensa e frequente para mitigar os riscos de explosão por acúmulo de hidrogênio, um subproduto do funcionamento das baterias chumbo-ácido utilizadas em submarinos até os dias de hoje (FRIEDMAN, 2021, p. 113-114).

Restava, portanto, a necessidade de um submarino minimamente útil para o desenvolvimento de inovações doutrinárias. Em 1947 foram levantadas quatro alternativas para a solução desse problema: (1) recondicionar um tipo XXI capturado; (2) redirecionar um dos protótipos movidos a  $H_2O_2$  para uma concepção de submarino veloz movido a baterias; (3) converter um classe "A" ou "T" existente; ou (4) construir um submarino

totalmente novo, com desempenho similar aos submarinos diesel-elétricos alemães (FRIEDMAN, 2021, p. 117).

De acordo com Friedman (2021), o processo decisório se deu da seguinte forma: (1) a primeira opção foi descartada, porque os Tipo XXI capturados eram considerados inseguros pela ForS, em decorrência de dificuldades de manutenção; (2) a segunda foi descartada porque o Terceiro Lorde do Almirantado (Oficial responsável pelo desenvolvimento e aquisição de meios para a RN) já havia afirmado que não faria modificações no segundo protótipo; (3) restaram a terceira e a quarta opções como viáveis; mas a conversão de classes existentes poderia ser concluída com mais celeridade; (5) como fator crítico era o tempo, decidiu-se pela conversão. Em junho de 1947 o Terceiro Lorde do Almirantado determinou que DNC desenvolvesse a concepção e o projeto de conversão dos classe "T", com a ressalva de que as informações do projeto deveriam estar disponíveis para, se necessário, suportar um programa maciço de conversão antes de 1950 (FRIEDMAN, 2021, p. 118).

Em fevereiro de 1948 foi aprovada a conversão de dois classe "T" (HMS *Taciturn* e HMS *Turpin*) e em julho foi concluída a conversão do *Scotsman*, permitindo ao navio alcançar em imersão 17 nós por 40 min, 14,5 nós por 1 hora, 6,5 nós por 30 horas e 3 nós por 80 horas (FRIEDMAN, 2021, p. 114 e 123). No mesmo ano, após concluir extensos reparos sob a supervisão de Helmut Walter e sua equipe, o U-1407 foi recomissionado como HMS *Meteorite*, alcançando em imersão a velocidade de 5 nós (a bateria) e 20 nós (a turbina) (COCKER, 2008, p. 228). É importante notar que o interesse nos sistemas de propulsão movidos a peróxido não era motivado apenas pelas possibilidades de desenvolvimento de novos submarinos, mas também de novos torpedos, como o Mk 12 britânico (abandonado) e o Mk 16 norte-americano (concluído) (FRIEDMAN, 2021, p. 54). Ao contrário dos torpedos Mk 14 e 15, que contavam com tanques de ar comprimido para alimentar a combustão dos seus motores, o Mk 16 utilizaria o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, tal como os *Walter Boats*, e permaneceria em serviço até a década de 70 (USN, 1971).

Expressando a prioridade dramática atribuída às novas tecnologias, naquele 1948 foram formulados planos de modernização, incluindo a conversão de 12 classe "T" - mesmo ano em que boa parte da esquadra britânica foi paralisada para economizar combustível (Friedman, 2021, p. 533). Ainda em 1948 o Almirantado motivaria uma das maiores inovações doutrinárias da história da RN, ao determinar, como missão primária dos submarinos britânicos, a destruição de submarinos adversários em águas controladas pelo inimigo (FRIEDMAN, 2021, p. 368). A lógica por trás da decisão era simples. Os submarinos

foram percebidos pela RN como um dos poucos meios capazes de enfrentar uma campanha soviética similar a dos U-boats alemães, direcionada contra o tráfego mercante aliado (HENNESSY; JINKS, 2015). De fato, tal como afirmam Polmar e Whitman (2015), os submarinos soviéticos não foram relevantes durante a 2ª GM, mas o interesse da URSS pela arma suscitava grande preocupação:

Esses submarinos realizaram pouco na guerra. No Báltico - a principal área do conflito naval germano-soviético - os campos minados e o gelo restringiram o movimento dos submarinos vermelhos. Ainda assim, enquanto os Oficiais da Marinha dos EUA procuravam identificar um "inimigo" nos anos do pós-guerra imediato, o interesse tradicional do regime soviético por submarinos, juntamente com tecnologias de submarino alemãs obtidas no final da guerra, levaram à preocupação quase imediata da Marinha dos EUA sobre uma futura Força submarina soviética e uma "Terceira Batalha do Atlântico". (POLMAR; WHITMAN, 2015, p. 75, tradução nossa).

Certos de que, para alcançar o Atlântico, os submarinos soviéticos precisariam atravessar porções limitadas do Mar do Norte, a RN considerou que eles poderiam ser atacados em suas rotas de trânsito, especialmente nas águas que separam a Groenlândia, a Islândia e o Reino Unido, região que ficaria conhecida como GIUK *Gap* (FRIEDMAN, 2021). Tratava-se claramente de uma nova *teoria da vitória*. Mas nesse ponto uma pergunta óbvia se impõe: como fazer isso? Embora a RN fosse pioneira no emprego de submarinos contra seus pares inimigos, este tipo de missão nunca ganhou relevância ou maturidade, tendo apenas o HMS *Venturer* registrado um ataque bem-sucedido em fevereiro de 1945 (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 73).

Em 1949, como consequência das lições aprendidas, o Almirantado concluiu que os submarinos britânicos, em sua totalidade, haviam alcançado seus limites de velocidade e autonomia de projeto, requerendo uma concepção nova de submarino para a guerra do futuro (HENNESSY; JINKS, 2015). Naquele mesmo ano a RN realizou no Royal Naval College o exercício "Trident", uma guerra fictícia na região do Ártico e Mar do Norte onde os submarinos britânicos seriam utilizados de três formas: (1) ataques a submarinos inimigos no mar, incluindo a minagem das suas rotas de trânsito; (2) ataques a submarinos inimigos atracados nas bases de origem, eventualmente empregando mini submarinos e (3) ataques ao tráfego mercante inimigo, com prioridade para a destruição das linhas de suprimento (FRIEDMAN, 2021, p. 368). Nesse momento da História vemos uma Força de Submarinos lutando para se adaptar simultaneamente a dois paradigmas conflitantes: (1)

realizar missões de ataque ao tráfego mercante, sob a oposição aprimorada de navios de superfície e aeronaves e (2) realizar missões de guerra A/S contra submarinos inimigos igualmente em processo de aprimoramento, considerando que o antigo aliado também tivera amplo acesso à tecnologia alemã.

Ainda em 1949, dois grandes eventos ditariam o tom da década de 50: (1) sob o patrocínio britânico, foi criada a Organização do Tratado do Atlântico do Norte (OTAN), assegurando a participação dos EUA na segurança da Europa como maior potência militar ocidental e maior fornecedor de equipamentos militares (incluindo o vasto inventário de excedentes da 2ª GM); e (2) a curta hegemonia nuclear norte-americana seria encerrada com o advento da primeira bomba nuclear soviética (FRIEDMAN, 2021, p. 21).

### 3.2.2 De 1950 a 1969

A década de 50 se inicia sob a influência de eventos importantes, que afetariam a ForS. Em primeiro lugar, a eclosão da Guerra da Coreia (1950-1953) teria efeitos contraditórios: (1) dilatação dos programas de construção e modernização de submarinos, em decorrência da necessidade de rearmamento de outros setores da defesa e das consequências negativas da desvalorização da libra (HENNESSY; JINKS, 2015) e (2) a consolidação da OTAN, que passaria a operar sob um Comandante Supremo (o então General Eisenhower) e a requerer compromissos nacionais de disponibilidade de submarinos, movendo os planos em uma direção contrária, de antecipação de prazos (FRIEDMAN, 2021). Em segundo lugar, o programa de reaparelhamento da Marinha soviética ganhara ímpeto evidente, ampliando os temores de uma "Terceira Batalha do Atlântico"; de acordo com a Inteligência Naval dos EUA, em 1950 a URSS contava com aproximadamente 300 submarinos, poucos deles considerados obsoletos, podendo ampliar o inventário para 400 unidades, limitada pela disponibilidade de docas e combustível (POLMAR; WHITMAN, 2015, p. 78). Em terceiro lugar, a Marinha dos EUA havia avançado de forma notável na concepção e projeto de um submarino nuclear, alavancada pelos dividendos do Projeto Manhattan e pelo conhecimento legado dos alemães, incluindo as plantas do Tipo XXVIII e o casco apresado do Tipo XVII U-1406 (POLMAR; MOORE, 2003).

Após operar em caráter experimental por dois anos, o HMS *Meteorite* foi descomissionado em 1950 (COCKER, 2008, p. 228), após contribuir de forma significativa também para a USN, por meio do programa de intercâmbio técnico estabelecido

com a RN (POLMAR; MOORE, 2003). Seu desempenho excepcional, outrossim, foi eclipsado pelos custos e consumo proibitivo do peróxido de hidrogênio (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 56). Desse modo, pressionado adicionalmente pelas mudanças políticas de austeridade engendradas pelos primeiros efeitos da Guerra da Coréia, o Almirantado reconsiderou os seus planos iniciais. Em vez dos 14 submarinos dessa categoria programados, decidiu-se pela construção de apenas duas unidades iniciais - o HMS *Explorer* e o HMS *Excalibur* (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 57). No mesmo ano foi finalizada a concepção e o projeto da primeira classe de submarinos do pós-guerra, a "*Porpoise*", desenvolvida a partir das experiências britânicas na 2ª GM e as provas de mar conduzidas com os *U-boat* capturados e os Classe "T" convertidos (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 129-130).

A integração visceral entre a USN e RN faria com que os avanços norte-americanos na concepção de um submarino movido a energia nuclear (SSN) reverberassem no Almirantado, especialmente considerando que os custos estimados da propulsão nuclear eram mais baixos do que a propulsão a peróxido de hidrogênio (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 34). A USN dispunha de um projeto de pesquisa sobre a propulsão a peróxido de hidrogênio, e concluiu que o ganho projetado de desempenho para a classe alvo (*Tang*) seria pequeno para as operações de ataque a navios, mas relevante para as manobras de evasão contra unidades A/S (POLMAR; MOORE, 2003, p. 37).

Se a comparação entre o *Walter Boat* e um submarino puramente diesel-elétrico era favorável ao primeiro, o mesmo não poderia ser dito na comparação com o futuro submarino nuclear norte-americano (POLMAR; MOORE, 2003). Conforme apontam Hennessy e Jinks (2015), diante das estimativas iniciais de desempenho para a propulsão nuclear, a RN reconheceu claramente a mudança das premissas tecnológicas e o enorme impacto doutrinário decorrente: a alta velocidade em imersão (na ordem de 25 nós) e a grande autonomia (reabastecimento do reator a cada 6 meses para um velocidade média de 10 nós) proporcionariam condições para que o submarino operasse longe de suas bases, atacasse com maior liberdade, se evadisse com facilidade e fosse capaz de se reposicionar para um novo ataque (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 132; Polmar; Moore, 2003, p. 37). A possibilidade de dispor dessa tecnologia, e a certeza de que a URSS iria desenvolvê-la, geraram grande interesse, especialmente diante do prospecto da Marinha tornar-se retardatária em um campo tecnológico tão relevante (HENNESSY; JINKS, 2015). Outrossim, a escassez de material físsil, dada a prioridade para a fabricação de armas nucleares, e o risco de desmobilização da

equipe de P&D dos Walter Boats, fez com o prosseguimento do HMS Explorer e o HMS Excalibur fosse assegurado (HENNESSY; JINKS, 2015).

Dentro desse contexto, a despeito dos sérios problemas financeiros do país, havia um consenso entre os governos britânicos do pós-guerra de que a posse de armas nucleares era um requisito necessário para a manutenção da condição desejada de grande potência político-militar (Friedman, 2021). Todavia, os altos custos associados ao desenvolvimento dessas armas tornariam ainda mais dura a luta das forças não nucleares pela sobrevivência e pela manutenção de um mínimo de modernidade; a Marinha, em particular, seria beneficiada pelo estabelecimento de agências estatais de P&D e regulação da energia nuclear, o que viabilizaria o seu uso como meio de propulsão de um submarino (FRIEDMAN, 2021).

Havia algumas implicações importantes. Se a adoção da energia nuclear é capaz de prover a tão desejada independência da superfície, aliada a altas velocidades em imersão, ela impõe requisitos que repercutem em várias áreas do projeto, tal como ilustra (BURCHER; RYDILL, 1994): (1) a planta nuclear embarcada impõe a necessidade de um maior diâmetro para o casco; (2) considerando os requisitos de desempenho hidrodinâmico, o comprimento ótimo do submarino é proporcional ao diâmetro do casco, numa razão de aproximadamente 6:1 e (3) em submarinos nucleares os sistemas de propulsão e máquinas auxiliares correspondem na média a 35% do peso e 55% do volume do casco, o que explica porque os projetistas, na prática, optam por uma razão maior do que 6, normalmente variando de 8 e 12, para acomodar armas, equipamentos, suprimentos e acomodações necessárias ao cumprimento das missões. Por conseguinte, ao conceber e projetar um submarino dessa categoria, Burcher e Rydill (1994, p. 100) afirmam que o escopo do projeto tende a começar grande e que a lógica de um submarino grande é se beneficiar da alta disponibilidade de energia em favor de patamares elevados de desempenho e capacidade militar.

Neste momento da trajetória de inovação britânica é possível identificar quatro linhas de esforços diferentes, ora antagônicas, ora sinérgicas: (1) conversão dos submarinos existentes para o padrão Tipo XXI; (2) desenvolvimento de um novo submarino diesel-elétrico; (3) desenvolvimento de um novo submarino a peróxido de hidrogênio e (4) desenvolvimento de um submarino nuclear.

Modernizados com esnórquel, bancadas de baterias melhores e perfis livres de apêndices, os Classe "S", "T" e "A" convertidos constituiriam a espinha dorsal da ForS até a entrada em serviço do *Porpoise*, época em que a Força alcançaria o ápice da quantidade de submarinos em operação durante a Guerra Fria - 46 unidades - com 14 em reserva ou em

reparos de longa duração (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 129). Apenas cinco anos após a vitória na Europa, a URSS havia se afastado da condição de aliado circunstancial, passando a ocupar a posição de adversário nos campos político, econômico e militar, o que justificara a decisão de ampliar o escopo de modernização inicialmente limitado aos classe "T", para os classe "S" e "A" (Friedman, 2021). Em 1954, o plano de emprego de submarinos da OTAN estabelecia a mobilização de 25 submarinos britânicos, 23 norte-americanos e 2 holandeses (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 84).

Único classe "A" preservado da Guerra Fria até os dias de hoje, o HMS *Alliance* é um exemplo da estratégia de aproveitamento das classes idealizadas durante a 2ª GM. Lançado em julho de 1945 e comissionado em março de 1947, o *Alliance* foi originalmente concebido para a operação no Pacífico (HNSA, 2014), onde o Reino Unido dispunha de vastas possessões coloniais e aliados importantes, como os EUA e a Austrália, que lutavam contra o Japão. No momento da sua prontificação a guerra havia acabado, o que fez do submarino um perfeito representante da era pré-Tipo XXI; desse modo, diante dos novos desafios da Guerra Fria, foi necessário submetê-lo a uma ampla modernização, o que foi feito somente em 1958 (HNSA, 2014). Até lá o *Alliance* operou com sua configuração original, que já contava com um esnórquel, permitindo que o submarino ostentasse (por um algum tempo) o título de recordista de operação em imersão (três semanas) (MEALING, 2015, p. 4).

A partir da associação das lições aprendidas à nova missão primária (guerra A/S), a classe *Porpoise* e sua versão aprimorada, a classe *Oberon*, percorreram um trajeto de inovação incremental, com foco no desempenho em imersão e na redução do ruído irradiado (SCHANK et al., 2011). Um nível reduzido de ruído tornou-se característica indispensável ao bom rendimento dos sonares passivos, utilizados para detecção e ataque aos submarinos inimigos, em substituição aos ataques orientados pela observação visual com o periscópio, úteis no engajamento de navios de superfície ou de submarinos transitando na superfície (HENNESSY; JINKS, 2015). Apesar dos avanços no campo da acústica submarina e da hidrodinâmica, o *Porpoise* preservou a configuração tradicional de dois hélices para a propulsão, em virtude da preferência por maior confiabilidade e manobrabilidade (FRIEDMAN, 2021).

Entre 1958 e 1967 seriam lançadas 21 unidades da linhagem do *Porpoise* sendo oito *Porpoise* propriamente ditos e treze *Oberon*, distribuídos pelos quatro estaleiros tradicionalmente engajados na construção de submarinos (seis no Vickers-Armstrong, sete no

Cammell Laird, cinco no Scotts, e o quatro no Royal Dockyard em Chatham) (SCHANK et al., 2004, p. 84). Esse montante não inclui as unidades construídas para a exportação.

Embora a encomenda do *Porpoise* tenha sido realizada em 1951, apenas em 1954 teve início a construção do primeiro da classe e sucessivos atrasos seriam experimentados, basicamente por dois motivos (1) interferência da construção concomitante e prioritária do HMS *Explorer* e HMS *Excalibur* (Friedman, 2021); e (2) preocupações do Almirantado com o crescente aumento da complexidade dos submarinos e a decorrente dificuldade de construí-los em grande quantidade em caso de conflito (HENNESSY; JINKS, 2015). Esse é um ponto crucial e menos visível da trajetória de inovação no campo dos submarinos militares. Tal como pontua Friedman (2021, p. 12) no fim da 2ªGM os submarinos eram relativamente baratos e numerosos; já em 1960, eram tão caros quanto um cruzador e havia poucos deles. Com o *Porpoise* nasce, na trajetória de inovação britânica, o primeiro submarino diesel-elétrico genuinamente concebido e projetado para operação otimizada em imersão, fazendo jus a denominação comumente encontrada na literatura - SSK.

Ao longo das décadas de 50 e 60, considerando a prioridade para o desenvolvimento combinado de doutrinas e tecnologias de guerra A/S, o HMS *Scotsman* seguiu sua vida experimental sendo submetido a modificações sucessivas, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas sonar mais sensíveis, maquinário mais silencioso e um inédito controle automático de cota, uma inovação britânica (Friedman, 2021). Em novembro de 1956 foi comissionado o HMS *Explorer*, época em que o primeiro submarino nuclear de ataque (SSN) da história já estava operacional, o USS *Nautilus* (POLMAR; MOORE, 2003, p. 37). Em março de 1958 é prontificado o HMS *Excalibur*, e no ano seguinte a USN comissiona o primeiro submarino nuclear lançador de mísseis balísticos (SSBN) da história, o George Washington (POLMAR; MOORE, 2003, p. 37 e 121). No mesmo ano seria concluído o processo de transição da Força de Submarinos soviética e sua inserção em uma renovada estratégia naval, tal como o cenário para 1957, elaborado em 1945, havia previsto:

Os navios obsoletos foram desmantelados e substituídos por novas classes de navios e submarinos equipados com sistemas de armas avançados, o que melhorou consideravelmente a capacidade ofensiva e defensiva da União Soviética. Embora os soviéticos possuíssem uma poderosa Marinha, sua esquadra de superfície limitava-se a operações dentro do alcance da cobertura da aviação em terra, devido à falta de um porta-aviões. Mas em 1960 a Marinha Soviética começou a mudar sua estratégia da noção tradicional de uma marinha puramente defensiva para uma que fosse capaz de levar a batalha ao inimigo. Os planos foram desenvolvidos para uma campanha de interdição em grande escala contra as linhas de comunicação marítimas em que os

submarinos soviéticos transitariam pelo *Gap* Groenlândia-Islândia-Reino Unido (GIUK) para atacar forças-tarefa nucleadas em porta-aviões da OTAN (principalmente EUA) e comboios no Atlântico Norte encarregados do reabastecimento da Europa (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 271, tradução nossa).

Em 1963, o Reino Unido lança o seu primeiro submarino nuclear, o único da classe, produto de uma concepção híbrida da engenharia britânica e norte-americana (POLMAR; MOORE, 2003). O HMS *Dreadnought* só se tornou possível em virtude da profunda cooperação política e militar entre o Reino Unido e os EUA, que proporcionou condições para o fornecimento de um reator e do sistema de propulsão norte-americano, assim como a transferência de tecnologia para o estaleiro Vickers sob a supervisão do Almirantado (COCKER, 2008, p. 239). Se a tecnologia do reator e da propulsão eram produtos do desenvolvimento do SSN *Nautilus*, os avanços hidrodinâmicos tinham origem nas experiências norte-americanos com o *Albacore*, um submarino diesel-elétrico desenvolvido para alcançar altas velocidades em imersão (BURCHER; RYDILL, 1994, p. 20). Em relação aos submarinos contemporâneos, o *Albacore* fora construído com uma liga de aço mais avançada (HY80), dispunha de um casco mais curto, de desenho mais fluido e livre de apêndices dispensáveis, que se encerrava num único hélice de maior diâmetro, resultando num aspecto geral em forma de gota (BURCHER; RYDILL, 1994, p. 19). Esse formato proporcionaria ganhos significativos na redução do arrasto hidrodinâmico, que seriam aproveitados no projeto do SSN *Skipkack*, sucessor do SSN *Nautilus* e no SSK *Barber*, última classe norte-americana de submarinos a diesel (POLMAR; MOORE, 2003).

No início da década de 50, a ForS britânica havia advogado, sem sucesso, pela adoção das linhas gerais do *Albacore* na concepção das novas gerações de submarinos (FRIEDMAN, 2021, p. 177). Uma nova janela de oportunidade se abriria com o sucessor do *Porpoise*, mas a DNC informou o seguinte: (1) se a nova concepção fosse muito similar a do *Porpoise*, exigindo a revisão de até 5% das plantas de fabricação, a construção poderia ser iniciada em 1956 e os primeiros submarinos estariam prontos em 1959; (2) se a concepção contivesse mudanças nas linhas do casco ou no arranjo interno do submarino, a construção não seria concluída antes do final de 1960 ou início de 1961 (FRIEDMAN, 2021, p. 177).

Após visitar o *Albacore* nos EUA em 1955, o Primeiro Lorde do Almirantado, Almirante Mountbatten, retornou ao país convicto da necessidade de cancelar o programa de construção do *Porpoise*, em proveito de uma concepção alternativa, baseada no novo SSK norte-americano (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 147). Já no Reino Unido, ele foi informado,

em diferentes momentos, de que a engenharia britânica tinha conhecimento sobre os benefícios daquele formato a mais de 60 anos, e que, a despeito da necessidade de alguma experimentação, seria oportuno abandonar o projeto do *Porpoise* em proveito de duas ou três novas concepções de SSK (HENNESSY; JINKS, 2015, p. 148).

Problemas com novas ligas de aço e a necessidade de acomodar requisitos novos ao projeto, repercutiram em prol da perpetuação do desenho de casco do *Porpoise*, a despeito das evidências de que a velocidade e a autonomia dos submarinos seriam prejudicadas (FRIEDMAN, 2021). Nessa época o Almirante Woods, novo ComForS, pleiteava a ampliação das tarefas para os submarinos, incluindo o ataque a alvos em terra utilizando mísseis e desafiando abertamente a especialização em guerra A/S determinada pelo Almirantado em 1948 (HENNESSY; JINKS, 2015). Embora não tenha conseguido implementar a sua agenda, vencido pela resistência dos defensores do poder aéreo e pela convicção da RN em torno da guerra A/S, Woods viu no SSN um caminho a longo prazo para consecução da sua visão de guerra do futuro, convencendo o Almirante Mountbatten do seguinte: (1) concentrar esforços de inovação nos submarinos de propulsão nuclear, incluindo a adoção do perfil do *Albacore*; (2) cancelar a concepção de um novo modelo de submarino convencional e (3) reverter sua decisão de cancelamento do *Porpoise*, em proveito da celeridade de obtenção dos SSK, que assim preencheriam a lacuna entre as classes convertidas da 2a GM e os futuros SSN (HENNESSY; JINKS, 2015).

A posição do Almirante Woods selaria a opção por um "*Porpoise*" aprimorado, alcançando os efeitos almejados: em 1958 seria lançado o primeiro *Porpoise* e logo em 1961 o primeiro *Oberon* (SCHANK et al., 2004, p. 84). Tal como destacam Burcher e Rydill (1994, p. 18), embora não fossem particularmente inovadores nas linhas de casco e na configuração da propulsão, dada a filiação conceitual ao Tipo XXI, essas duas classes irmãs representaram um marco nas tecnologias de redução de ruído irradiado que fazia delas submarinos praticamente "invisíveis" para os sonares passivos.

Ao contrário do *Porpoise*, a construção do HMS *Dreadnought* e do seu sucessor o HMS *Valiant* (primeiro SSN genuinamente britânico) estariam subordinadas às preferências inovadoras de Mountbatten, em perfeita sintonia com as diretrizes estabelecidas pela engenharia norte-americana para o contemporâneo USS *Skipjack* e o USS *Skate* (FRIEDMAN, 2021). Isso produziu uma curiosa dissonância entre submarinos da RN construídos na mesma época: o *Oberon* mais parecia com os submarinos da década de 40 e o *Valiant* exibia casco em forma de gota, linhas elegantes, alongadas e um único hélice.

Entre 1962 e 1969, o Reino Unido iria comissionar mais seis submarinos de propulsão nuclear, de um total de nove meios em construção, incluindo a primeira classe britânica de SSBN, a *Resolution* (SCHANK et al., 2004, p. 86-87). Em 1968, após experimentar uma série de problemas técnicos o HMS *Excalibur* encerraria suas operações (COCKER, 2008, p. 232), pondo fim a um ciclo de duas décadas de P&D sobre a propulsão a diesel de ciclo fechado, campo que só seria retomado no Ocidente com as pesquisas sobre propulsão independente do ar nos anos 80, (protagonizadas por outros países) (POLMAR; MOORE, 2003, p. 38). O SSN, enfim, vencera os *Walter Boats*.

### 3.2.3 De 1970 a 1994

Na visão de Polmar e Whitman (2015), três "revoluções" na tecnologia submarina tiveram impactos dramáticos na guerra A/S: (1) o submarino equipado com esnórquel, de linhas hidrodinâmicas e capaz de alcançar altas velocidades em imersão, (2) o submarino de propulsão nuclear e (3) o submarino lançador de mísseis balísticos. No início da década de 70, todas essas revoluções já tinham se materializado. As décadas seguintes seriam marcadas pela difusão contida dessas inovações, em decorrência das salvaguardas impostas à tecnologia nuclear em geral, e ao seu uso militar em particular.

Na década de 70, diferentes estudos conduzidos pelos britânicos apontaram o valor militar dos submarinos diesel-elétricos para três tarefas: (1) treinamento de forças A/S em tempo de paz, em proveito do enfrentamento dos SSK da URSS, diante da impossibilidade dos SSN simularem adequadamente os SSK; (2) coleta de dados de inteligência, especialmente em águas rasas; (3) guerra A/S em situações de tensão internacional limitada ou conflitos de baixa intensidade, onde não fosse necessário perseguir ou acompanhar os submarinos inimigos e (4) guerra A/S em conflitos de alta intensidade e curta duração, realizando linhas de barragem contra submarinos soviéticos, com o apoio de aeronaves de patrulha marítima como o *Nimrod* (FRIEDMAN, 2021).

Havia uma percepção da Alta Administração da RN de que, num conflito de grandes proporções, os SSN ofereceriam maior flexibilidade do que os SSK, mas que o emprego dos poucos submarinos nucleares disponíveis seria direcionado para tarefas mais importantes do que as barragens A/S. O Almirante britânico John Hervey (1994), ex-comandante de três submarinos diesel-elétricos e um submarino nuclear, considera que a eficácia de qualquer barragem depende da possibilidade de estabelecê-la em pontos focais - trechos de dimensões

limitadas pelo relevo, como canais, estreitos e outras conformações típicas de águas interiores ou regiões arquipelágicas - pois em águas oceânicas as unidades inimigas podem encontrar formas de contornar os limites da barragem. Hervey faz ainda considerações adicionais sobre as possibilidades de emprego de SSKs e SSNs nessas tarefas:

Mesmo uma barragem num ponto focal não é impenetrável. Muito depende dos submarinos serem alocados em áreas de tamanho compatível. Isso, por sua vez, é governado por seus sensores, capacidades das armas e do submarino, assim como das condições de propagação do som que provavelmente prevalecerão na área da barragem. Se as regras de engajamento proibirem ataques, os submarinos só podem relatar unidades que passam pela barreira, assim qualquer um deles equipado com um sonar rebocado pode cobrir uma frente ampla de uma posição razoavelmente estática. No entanto, uma vez que o ataque é permitido, um submarino na linha de barragem deve ter mobilidade o suficiente para colocar o inimigo dentro do alcance das suas armas e realizar o disparo antes que ele passe pela barragem. (HERVEY, 1994, p. 226, tradução nossa).

Dessa forma, SSK equipados com torpedos de menor alcance devem: (1) ser alocados para áreas menores do que aquelas destinadas aos SSNs, de modo a evitar que consumam muita energia das baterias em manobras de aproximação para o fogo; (2) serem alocados para áreas compatíveis com SSNs, caso o espaço aéreo seja controlado por forças amigas e esteja disponível o apoio de aeronaves de patrulha marítima (HERVEY, 1994, p. 226). No que tange ao aproveitamento dos SSK para treinamento de guerra A/S em tempo de paz, duas considerações eram centrais para a RN: (1) não eram realistas as possibilidades tecnológicas de desenvolvimento de um SSK não-tripulado, que servisse como alvo e inimigo simulado em exercícios A/S; (2) para efeito de exercício, os SSN estavam limitados a operar em regiões com profundidades mínimas de 82 metros, enquanto os SSK poderiam alcançar águas de até 53 metros (FRIEDMAN, 2021, p. 353).

Em 1982, o afundamento do ARA Belgrano pelo HMS *Conqueror* tornar-se-ia um exemplo emblemático da concepção britânica de emprego de SSN contra navios de superfície, idealizada na década de 50. Quarto submarino de ataque da primeira geração de SSN britânicos, comissionado em novembro de 1971 (SCHANK et al., 2004), o *Conqueror* participou do estabelecimento de uma zona de exclusão marítima com os submarinos HMS *Spartan* e *Splendid*, inviabilizando o emprego da Armada Argentina e dificultando o abastecimento das tropas argentinas nas Ilhas (WOODWARD; ROBINSON, 1992). O HMS *Onyx*, último submarino da classe *Oberon*, também foi enviado para as Malvinas. Contudo, de acordo com o relato do Almirante Sandy Woodward (1932-2013),

Comandante da Força Tarefa britânica, o submarino não foi de grande valia para o esforço de guerra britânico, tendo contribuído basicamente para o treinamento A/S da FT que se via sob ameaça de submarinos argentinos de origem alemã (IKL-209) (WOODWARD; ROBINSON, 1992).

Assim, o nicho idealizado para os SSK na década de 70, conformado pelas experiências com os SSN, orientaram a concepção da última classe de submarinos diesel-elétricos britânica, a *Upholder*. Visando a substituição progressiva dos submarinos da classe Oberon a partir de 1984, os *Upholder* teriam como missão primária a guerra A/S, considerando as barragens A/S no *GIUK Gap* como as patrulhas típicas (FRIEDMAN, 2021, p. 356). A partir dessa premissa, foram elaboradas as especificações: (1) deslocamento de 1820 tons, comprimento 61 m e diâmetro do casco de 7,3 metros; (2) profundidade de operação de até 250 metros; (3) velocidade máxima em imersão de 21,4 nós por 1 hora e (4) Autonomia em imersão de 70,5 horas a velocidade de 4 nós (FRIEDMAN, 2021, p.356).

Além dos sonares de casco usuais, o submarino seria equipado com um sonar rebocado nacional e um sistema de combate estrangeiros, considerando que os sistemas de combate digitais previamente desenvolvidos para os SSN eram grandes demais (FRIEDMAN, 2021, p. 356). Outrossim, a concepção do *Upholder* não foi somente delineada e circunscrita pela ideia de uma complementariedade dos SSN, mas também beneficiada pelo transbordamento de tecnologias utilizadas nos submarinos nucleares, há muito desejadas e não implementadas, conforme as discussões do item 3.2.2.

Na verdade, as virtudes da forma do *Albacore* se aplicam igualmente aos submarinos convencionais, embora com baterias as velocidades alcançáveis não sejam tão altas quanto com reatores nucleares, nem sustentáveis por muito tempo. Na verdade, a Marinha dos Estados Unidos introduziu uma classe de submarinos elétricos a diesel, a classe *Barbel*/SS580, quase simultaneamente com a classe *Skipjack*. Os *Barbels* foram inteiramente bem-sucedidos por seus próprios méritos, mas, como a Marinha dos Estados Unidos se convenceu de que o caminho certo a seguir no desenvolvimento subsequente era apenas com a reator de propulsão nuclear, não houve mais investimentos americanos em submarinos convencionais após a Classe *Barbel*. Restou à Marinha holandesa assumir o pioneirismo na aplicação da forma do *Albacore* aos submarinos convencionais, com a concepção do *Swordfish*. Então a Marinha Real, quando finalmente teve que substituir os bem-sucedidos submarinos das classes *Porpoise* e *Oberon*, perseguiu a abordagem do *Albacore* na Classe *Upholder*, projetada em sua boa parte pelo estaleiro Vickers (BURCHER; RYDILL, 1994, p. 21, tradução nossa).

As experiências a bordo de um submarino diesel em patrulha A/S se distinguem claramente daquelas vividas em missões de ataque a navios ou de coleta de dados de inteligência. O frenesi das observações pelo periscópio e do lançamento de torpedos, elementos que povoam o imaginário popular sobre a guerra submarina, davam lugar a uma longa rotina de silêncio e vigilância. Tal como afirma Hervey (1994, p. 227, tradução nossa), a partir da sua experiência a bordo, "O uso da capacidade de um sonar de longo alcance geralmente implica em horas despendidas na discriminação de contatos distantes e muito fracos. O submarino deve, o tempo todo, tentar maximizar a vantagem na detecção sonar".

A perspectiva de operação a baixa velocidade na zona de patrulha confere maior peso às discussões sobre o consumo de energia dos sistemas auxiliares de bordo. Num moderno SSK, além de fornecer energia para a propulsão, a bateria alimenta equipamentos como sensores, lançadores de armas, máquinas auxiliares e sistemas de ventilação e ar-condicionado, cujo somatório de consumo é chamado de carga "hotel" (BURCHER; RYDILL, 1994, p. 101). Portanto, grosso modo, o consumo de energia elétrica de um SSK em imersão pode ser modelado pelo somatório de duas parcelas - consumo da propulsão e da carga "hotel" - sendo a carga hotel considerada constante para efeito de projeto, calculada a partir do perfil de consumo dos sistemas de bordo em seus modos de funcionamento cotidianos (BURCHER; RYDILL, 1994, p. 125). Assim, a carga hotel é determinada pelo escopo dos equipamentos embarcados e dos seus patamares de eficiência energética. Alertados de que uma parte significativa dos equipamentos de bordo é utilizada para dar suporte vital e salubridade à tripulação, é possível perceber também que a carga hotel é afetada igualmente pelo número de tripulantes do submarino.

Com essas considerações em mente, será possível entender as contradições e os infortúnios experimentados pelo projeto. Conhecedora dos níveis de desempenho e dos custos dos submarinos nucleares de ataque, a RN não considerava aceitável que um SSK custasse mais do que 1/3 do preço de um SSN, o que resultou num escopo claramente limitado em desempenho para o futuro *Upholder* (FRIEDMAN, 2021; HENNESSY; JINKS, 2015). Dentro da expectativa de obter ganhos de escala por meio de exportações, a RN supôs que o *Upholder* seria um submarino atrativo para os países que haviam adquirido e operavam a antiga classe *Oberon* - Austrália, Brasil, Canadá e Chile - além de outros países em processo de renovação de suas forças navais, tais como a Holanda (FRIEDMAN, 2021). Todavia, a adição de mais equipamentos, para atender as concepções operativas de Marinhas que não possuíam SSN, implicavam num aumento da carga hotel e da autonomia em patrulha, ambos

indesejáveis para a RN, que desejava o máximo de discricção e não precisava de grande autonomia, já que o trânsito para o GIUK Gap era relativamente curto, exigindo pouco consumo de óleo diesel.

Com a queda da URSS em 1989 e o fim da guerra fria, o setor de defesa britânico foi submetido a cortes draconianos e as patrulhas A/S no Atlântico Norte perderam importância, resultando no encerramento das operações de SSK do Reino Unido, a contragosto da RN (HENNESSY; JINKS, 2015). Desse modo, a concepção especialista do *Upholder*, que não atendia aos requisitos dos potenciais compradores, e uma mudança política de peso, que reduziu o seu valor militar para a RN, selariam o insucesso da Classe e a sua baixa prematura com unidades ainda incompletas (FRIEDMAN, 2021). Em 1998, os submarinos foram vendidos para o Canadá, e rebatizados como classe Victoria (COCKER, 2008).

### 3.3 ANÁLISE DO CASO

Como foi possível perceber no caso britânico, as inovações tecnológicas aplicadas aos SSK dependeram muito mais de concepções doutrinárias inovadoras e da capacidade de integração de tecnologias existentes aos submarinos, do que da maturidade das tecnologias propriamente ditas. Ao contrário do que prescreve Adamsky, a análise do caso indica que a cultura não deve ser encarada como fator mediador entre a tecnologia e a inovação doutrinária, mas como um elemento ativo, que orienta a seleção e a priorização dos problemas e a busca ativa por soluções, de acordo com determinadas preferências.

Análise da trajetória de inovação do Reino Unido entre 1943 e 1994 permitiu a identificação da ocorrência de seis das oito hipóteses de inovação relacionadas no capítulo 2. O resultado dessa análise consta do Quadro 7.

Quadro 7 — Hipóteses de Inovação Militar Observadas do Caso Britânico

Hipótese	Descrição	Ocorrência
(1) Falhas do passado	Falhas da Força que demonstram claramente a inadequação de sua doutrina, pondo em dúvida a sua reserva de competência como especialista em assuntos militares da sua área operacional.	Não ocorreu. Embora a RN tivesse experimentado vultosas perdas operacionais de submarinos, na ordem de 40% das unidades, esse patamar foi considerado "normal" pela liderança militar e pela liderança política.

(2) Falhas recorrentes em combate	Falhas da Força que demonstram claramente a inadequação de sua doutrina, motivando o seu próprio pessoal a questionar a validade dos procedimentos operacionais padrão e a modificá-los pelo imperativo da necessidade operacional.	Não ocorreu na RN. Outrossim, podemos observar a ocorrência dessa hipótese na Marinha da Alemanha. Com baixas tão expressivas, a Marinha alemã desenvolveu submarinos que evitavam a detecção visual e radar operando sempre em imersão. A inovação decorrente foi imitada pela RN.
(3) Mudanças políticas	Mudanças políticas que alteram as possibilidades de atuação das forças armadas, abrindo novos nichos operacionais não explorados (inimigos diferentes, novos ambientes operacionais, novos objetivos, novas formas de combater).	Ocorreu. A mudança de inimigo, da Alemanha para a URSS, abriu um nicho não explorado pela RN (o emprego de submarinos na guerra A/S).
(4) Imitação	Mudanças da doutrina militar dentro da área de conhecimento da força, realizadas ou disseminadas por terceiros reconhecidos como atores prestigiados.	Ocorreu. A concepção inovadora e o emprego bem-sucedido dos submarinos tipo XXI e XXIII foram adotados como padrão para os submarinos britânicos na guerra contra alvos de superfície.
(5) Sujeição às estratégias de conformidade externa do poder político	Submissão a reformas impostas pela liderança civil, contra as quais a força se opõe. Normalmente são decorrentes da falta de integração entre os interesses políticos e militares ou encadeadas pelas hipóteses 1 e 2.	Ocorreu parcialmente. A prioridade política conferida à dissuasão nuclear estimulou a RN a desenvolver submarinos de propulsão nuclear, como alternativa aos submarinos de propulsão a peróxido de hidrogênio inicialmente.
(6) Sujeição às estratégias de conformidade externa da base industrial de defesa	Submissão a mudanças impostas pela indústria de defesa, contra as quais a força se opõe. Normalmente são decorrentes da falta de integração entre os interesses econômicos da indústria e os interesses militares da força	Ocorreu. As linhas hidrodinâmicas da classe Upholder e a opção por um único eixo de propulsão foram decorrentes das inovações experimentadas no SSN <i>Dreadnought</i> e internalizadas pelo estaleiro construtor (Vickers) a partir da influência do complexo industrial de defesa norte-americano.
(7) Sujeição às estratégias de conformidade externa de aliados ou das outras	Submissão a mudanças impostas pelas doutrinas de operações conjuntas ou combinadas. Normalmente são decorrentes da falta de integração entre a doutrina combinada ou conjunta e as	Ocorreu, em confluência com a Hipótese 6, em decorrência da profunda integração militar estimulada pela participação britânica na OTAN.

forças singulares	doutrinas da força singular.	
(8) Sujeição às próprias estratégias de conformidade interna	Submissão a mudanças impostas pelas capacidades que a Força deseja ter (visão de futuro), mas que não possui e precisa desenvolver (planejamento estratégico). A visão de futuro, em si, normalmente será produto da liderança militar. A necessidade de mudança, por outro lado, será decorrente da falta de integração entre a doutrina e a organização correntes com a doutrina e organização futura exigidas para implementação da nova capacidade vislumbrada.	Ocorreu. Num primeiro momento a derrota dos alemães na Batalha do Atlântico alertou os britânicos quanto à inadequação dos seus submarinos para enfrentamento de modernas forças A/S, resultando em uma nova concepção de emprego que iria privilegiar o combate em imersão. Num segundo momento, visando uma maior integração com os objetivos políticos, o Almirantado estabeleceu, como visão de futuro, o emprego de submarinos diesel-elétricos na guerra A/S.

Fonte: O autor (2021)

Em síntese, nos aspectos que permeiam os sistemas de geração, armazenamento e uso de energia, a RN percorreu o seguinte percurso de inovação, partindo do paradigma da 2ªGM: (1) inicialmente vinculou seus planos a uma concepção de guerra do futuro em que os submarinos teriam como missão primária o ataque a alvos de superfície, iriam operar o tempo todo mergulhados, utilizariam altas velocidades em imersão (mesmo em esnórquel), e assim seriam capazes de perseguir e acompanhar comboios; (2) essa concepção de guerra contra alvos de superfície deveria ser primariamente atendida pelos submarinos movidos a peróxido de hidrogênio, e de forma contingente pelos submarinos puramente diesel-elétricos, até que o sistema *Walter* fosse aperfeiçoado; (3) a partir de 1948, a visão de futuro passou a privilegiar, como missão primária, a guerra A/S, o que exigia sistemas de propulsão mais silenciosos, um maior intervalo entre cargas de baterias, cargas menos frequentes e velocidades de patrulha baixas, em detrimento das altas velocidades desejadas inicialmente; e (4) a partir da década de 60, o submarino de propulsão nuclear ocuparia o espaço do sistema "Walter", assumindo missões adicionais no âmbito da terceira revolução da guerra A/S, e avançando progressivamente sobre o último bastião do submarino diesel-elétrico, o seu emprego em linhas de barragem A/S.

Cabe acrescentar ainda que, a partir da década de 60, foi observado um aumento progressivo do tempo despendido entre o início da concepção de uma classe e o término das provas de mar do primeiro submarino da série. Em 1960 eram necessários 8 anos; em 2010 a

classe de SSN *Astute* acumularia 16 anos de estrada e herdaria os últimos espólios da P&D dos SSK (a sessão de proa do *Astute* foi derivada do projeto do *Upholder*) (SCHANK et al., 2004, p. 9; SCHANK et al., 2011, p. 13).

### 3.3.1 Iniciativas Contemporâneas

Pesquisas realizadas a respeito do período compreendido entre 1995 e 2021 não indicaram interesse da RN em adquirir submarino diesel-elétricos tripulados. Em 2021, o governo do Reino Unido lançou a iniciativa *Uncrewed Underwater Vehicle Testbed* convidando empresas inovadoras para participar de uma competição cujo objetivo é selecionar sensores e cargas úteis para submarinos autônomos não tripulados (DASA, 2021). A agência responsável, a *Defense and Security Accelerator* (DASA), expressou do seguinte modo as necessidades da RN a serem atendidas com o projeto:

A Marinha Real precisa de sistemas totalmente autônomos com recursos semelhantes, incluindo a capacidade de sentir, compreender e decidir sem intervenção humana. Os sistemas irão complementar as plataformas tripuladas, aumentando a presença no espaço de batalha subaquático e assumindo tarefas monótonas, torpes e perigosas das plataformas tripuladas. (DASA, 2021, p. tradução nossa)

De acordo com a DASA (2021), na competição os participantes terão a oportunidade de experimentar seus dispositivos no *extra-large uncrewed, underwater vehicle* (XLUUV) da RN, um protótipo de submarino autônomo de 8.95 m de comprimento e 8.9 toneladas de peso. A versão de combate do XLUUV será produzida a partir da ampliação das capacidades do S201 da M.Subs (vencedora do contrato) e terá aproximadamente 30 metros de comprimento e autonomia de 5.500 quilômetros (SUTTON, 2020). Segundo dados do fabricante, o S201 tem as seguintes características: 8,8 m de comprimento; 1.64 m de largura; 8.9 toneladas de peso; capacidade para dois tripulantes; velocidade máxima em imersão de 12 nós; autonomia de 48 horas em imersão e 305 metros de cota máxima de operação (MSUBS LTD, 2021).

Para a competição, há expectativa dos participantes demonstrarem a proficiência de seus inventos em três missões distintas: (1) Coleta de Dados de Inteligência; (2) linhas de barragem antissubmarino e (3) Lançamento e Recolhimento de Sensores no fundo marinho (DASA, 2021). A transcrição traduzida dos perfis de missão encontra-se no Quadro 6:

Quadro 8 — Transcrição dos Perfis Experimentais de Missão do XLUUV

Perfil	Descrição
Coleta de Dados de Inteligência	Neste cenário, um XLUUV tem a tarefa de coletar informações secretas do tráfego que está transitando em uma área operacional marítima. O XLUUV sai de seu cais e, de forma autônoma e velada, transita debaixo d'água para a área operacional marítima; posiciona-se na área operacional na cota ou abaixo da cota periscópica e monitora o tráfego por até 3 meses; coleta inteligência eletrônica, acústica submarina e óptica acima da água usando uma variedade de sensores. Ele pode se posicionar no fundo do mar e liberar um sensor que alcance a cota periscópica, que deve ser recolhido antes do XLUUV propriamente dito retornar à cota periscópica. Durante este período, caso ocorra um evento que deva ser reportado, neste caso a passagem de uma embarcação de interesse, o XLUUV deve comunicar o incidente para o centro de controle e continua as atividades de monitoração.
Linhas de barragem antissubmarino	Neste cenário, um XLUUV é encarregado de conduzir uma barragem anti-submarina em um determinado local. O XLUUV sai de seu cais e de forma autônoma e secretamente, transita debaixo d'água até o ponto de controle. Ao chegar ao ponto de controle, o XLUUV passa a patrulhar uma área pré-determinada por até 3 meses. Durante este período, ele encontra (reconhece a assinatura acústica de) um alvo de interesse e o identifica como hostil. Após a identificação, ele secretamente relata o incidente para a central de controle, antes de retornar para a área estabelecida e continuar a patrulha. Alternativamente, ao relatar o incidente para o controle, o XLUUV poderá receber uma nova tarefa.
Lançamento e Recolhimento de Sensores no fundo marinho	Neste cenário, um XLUUV é encarregado de implantar secretamente uma carga útil de sensores no fundo do mar e recuperá-la em uma data posterior. O XLUUV sai do porto e, de forma autônoma e velada, transita para uma região fora da área operacional, subindo até a cota periscópica para aguardar um sinal de comunicação. Um 'código' para prosseguir a missão é transmitido da central de controle; o XLUUV mergulha até a profundidade de operação e transita até a área operacional antes de lançar a carga útil no fundo do mar. O XLUUV sai da área operacional, sobe até a cota periscópica e transmite um "código completo" antes de, de forma autônoma e velada, retornar ao porto ou área de espera. Em uma data posterior, um XLUUV é encarregado de recuperar secretamente a carga útil de sensores do fundo do mar.

Fonte: Adaptado a partir de DASA (2021)

Especulações indicam que o XLUUV terá propulsão diesel elétrica ou bancadas de baterias de lítio (SUTTON, 2020). De acordo com a M.Subs, o S201, é um exemplo da capacidade de prototipação rápida, tendo consumido apenas 14 meses entre o recebimento das especificações gerais e a prontificação do submarino (MSUBS LTD, 2021). As características gerais divulgadas do XLUUV apontam para uma unidade de fabricação simples e rápida, que (conforme as preocupações da RN na década de 50) poderiam ser produzidas em larga escala em caso de mobilização e conflito. Nos EUA, o XLUUV experimental Boeing *Echo Voyager*, utiliza um sistema de propulsão diesel-elétrico com autonomia de 12.000 km, velocidade de cruzeiro entre 2,5 e 3 nós, velocidade máxima de 8 nós, autonomia de aproximadamente 277 km entre cargas de bateria, sendo capaz de transportar uma carga útil de 8 toneladas e alcançar a profundidade máxima de 3.000 metros (BOEING, 2021).

Historicamente a RN guarda interesse por mini submarinos, tendo sido vítima de um ataque bem-sucedido durante a 2ªGM e desenvolvido uma classe experimental durante o conflito - o X-24 (MEALING, 2015). A possibilidade de submarinos autônomos pequenos e com baixo perfil se deslocarem semi submersos revigora também as considerações do Almirante Creasy sobre a pertinência do trânsito na superfície em velocidades mais altas, utilizando motores a diesel, associado à moderada autonomia em imersão, para o alcance de objetivos mais limitados ou operação em ambientes sob menor oposição A/S. O XLUUV operacional deverá ser armado (SUTTON, 2020), o que indica que a "carga útil" especificada nos perfis de missão do programa experimental pode ser eventualmente substituída por uma mina ou um torpedo externo. O analista da revista *Forbes* destaca ainda que "Construí-los é um desafio, desenvolver as táticas e a doutrina é outro. O futuro pode favorecer os pioneiros, como a Marinha Real e a Marinha dos Estados Unidos, que aprenderão como usá-los com eficácia" (Sutton, 2020, p. tradução nossa).

Na Marinha do Canadá, onde os submarinos da classe *Upholder* operam até os dias de hoje como classe *Victoria*, a inovação em energia para sistemas submarinos está sendo experimentada para alimentação de fontes de energia para equipamentos de telecomunicações, sensores remotos e baterias (SALI, 2020). Um contrato com a empresa Waterotors da cidade de Ottawa, prevê o fornecimento de quatro geradores hidrocinéticos para correntes de baixa velocidade, tendo como alvo cursos d'água com velocidades na ordem de 6,5 km/h (3,5 nós) (SALI, 2020). De acordo com o fabricante, esse é um nicho pouco explorado dadas as dificuldades de aproveitamento das correntes de baixa velocidade, problema superado por

meio de um rotor de desenho aprimorado (WATEROTORS, 2021). Segundo Sali (2020), a empresa está em tratativas com empresas de outros países, em particular com a Energisa, do Brasil, e a ENEL da Itália, com perspectiva para operar no mercado a partir do final de 2021.

De acordo com as especificações do fabricante, existem modelos operacionais com capacidade para produzir energia elétrica (corrente alternada, 120V) nas potências de 1 e 10 kW, com a possibilidade de desenvolver sistemas customizados com maior potência (WATEROTORS, 2021). A título de comparação, a concepção inicial dos submarinos da classe *Upholder*, realizada na década de 80, previa uma carga *hotel* de 150 kW (Friedman, 2021, p. 356), enquanto o XLUUV as baterias do *Echo Voyager* proporcionam 18 kW de potência, destinada a alimentar a propulsão e a carga *hotel* do submarino (BOEING, 2021). Desse modo, é pertinente imaginar um XLUUV capaz de recarregar suas baterias pousado no fundo oceânico ou até mesmo um submarino tripulado capaz de suprir as demandas de sua carga *hotel* nessa condição.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o setor de defesa como um arranjo das lideranças políticas civis, da base industrial de defesa e do Ministério da Defesa do Reino Unido, a pesquisa evidencia a consolidação de uma preferência cultural pelos submarinos nucleares, o que dialoga perfeitamente com cenários de emprego futuro análogos ao da Guerra Fria, tanto no Atlântico Norte quanto na região do Indo-Pacífico. Em decorrência, mesmo que tecnologias inovadoras em geração, armazenamento e consumo de energia tornem-se promissoras nos próximos anos, não há evidências que amparem a viabilidade cultural de um projeto de SSK britânico. Assim, levando em conta os tempos observados de desenvolvimento de novos submarinos no século XXI e as preferências culturais do Reino Unido, é possível estimar que até 2040 o país não contará com submarinos de propulsão diesel-elétrica. A monitoração das hipóteses do Quadro 3, amparadas pelos resultados constantes do Quadro 7, podem amparar a detecção de novas tendências, contrárias à "deriva" cultural britânica.

As perspectivas estabelecidas pelo PROSUB apontam que, na década de 30, o Brasil estará operando submarinos de propulsão nuclear e diesel-elétrico. O caso britânico indica que diferentes sistemas de propulsão implicam claramente em diferentes possibilidades e limitações para os submarinos, repercutindo de forma contundente nas suas concepções de emprego. O exemplo da classe *Upholder* ilustra os riscos associados à concepção de um SSK vinculado às preferências nacionais, em proveito de missões muito peculiares à realidade do país, sem considerar a viabilidade no submarino como produto de defesa.

Considerando a redução observada do número de submarinos em serviço ao longo do século XX e por conseguinte da escala de produção, torna-se ainda mais importante assegurar vendas externas como estratégia de sustentação da base industrial de defesa. Assim, julga-se oportuno que a concepção da próxima classe de SSK brasileira leve em consideração não só o papel reservado para os submarinos a diesel dentro de uma doutrina de emprego articulado com o SSN nacional, como também o papel que um SSK deve ter em Marinhas que contam com esse tipo de meio como seu único vetor de guerra submarina.

A pesquisa revela também que a capacidade de inovação mobilizável para a área de submarinos é limitada pelos recursos e pela capacidade intelectual disponível no setor, esteja ela dentro da Marinha, na Base Industrial de Defesa, ou em Marinhas parceiras. Na trajetória de inovação do Reino Unido, quando projetos de SSK e SSN passaram a coexistir, optou-se claramente por dirigir as capacidades inventivas para o desenvolvimento do SSN, o que

reduziu o conteúdo inovador das classes de SSK do pós-guerra, mesmo quando tecnologias maduras e testadas, como as do *Albacore*, estavam disponíveis. A ocorrência do mesmo fenômeno no cenário brasileiro poderia afetar negativamente o conteúdo inovador da próxima classe de SSK, afetando, por conseguinte o seu potencial como produto de defesa.

Tal como foi observado no caso britânico (particularmente no *HMS Scotsman*) uma alternativa para alimentar o ímpeto inovador no desenvolvimento de submarinos, observando custos e prazos mais atraentes, é a prototipação empregando classes existentes em processo de substituição. Os motivos são os seguintes: (1) sistemas existentes são melhor conhecidos, assim as incertezas são reduzidas e a prontificação para prototipação pode ser muito mais simples do que uma modernização completa; (2) nem sempre uma modernização que restabeleça a capacidade plena de combate é economicamente viável ou atraente, especialmente quando os requisitos de desempenho operacional mudaram, muitas vezes esgotando os limites de desempenho de projeto e (3) sistemas mais antigos estão sujeitos a um menor nível de sigilo, especialmente as classes antigas e que contam com um número elevado de unidades construídas e operadas em outras Marinhas.

Dentro do contexto contemporâneo, dois motivos adicionais se apresentam: (1) a prototipação também pode ser uma alternativa para a manutenção da qualificação da força de trabalho especializada no projeto e construção dos submarinos, tanto de nível técnico quanto gerencial, especialmente nos longos intervalos entre projetos de submarinos observados no caso britânico; (2) a prototipação em navios legados, realocados para P&D, pode ter o seu desenvolvimento e operação custeados por recursos de ciência e tecnologia ou fundos de investimento, o que não descarta o seu uso dual em exercícios militares, para o aperfeiçoamento e treinamento de submarinistas e forças A/S, uma tarefa evidenciada no caso britânico. No caso brasileiro, a execução de um projeto dessa natureza, se julgada oportuna, demandaria o desenvolvimento de uma doutrina de prototipação segura, nos moldes das práticas de ensaio de voo aeronáutico, o desenvolvimento de um modelo de negócios e financiamento específico e a seleção de um submarino existente em condições materiais adequadas. A prototipação segura de novas tecnologias em classes existentes poderia prover subsídios para inovações materiais, enquanto a operação dos SBR poderia ser mobilizada em proveito das inovações doutrinárias.

A preocupação da RN em desenvolver submarinos do mesmo nível de desempenho dos Tipo XXI, assim como modelar formas de se contrapor a submarinos inimigos de mesmo desempenho, indica que a prospecção tecnológica é importante não só para a seleção de

tecnologias para os novos sistemas de combate, como também para exploração dos possíveis cenários de operação que afetarão a concepção de novas classes. Se a negligência na incorporação de novas tecnologias aos futuros submarinos pode afetar o seu valor militar, a negligência em monitorar as tecnologias que estão sendo adotadas por terceiros pode ter efeitos ainda mais devastadores, como foi possível observar no caso norte-americano de enfrentamento dos torpedos japoneses Tipo 93. Esse é um ponto de especial preocupação, quando constatamos o aumento dos tempos de desenvolvimento dos submarinos *vis-à-vis* a aceleração das inovações tecnológicas.

Destarte, é possível inferir que o maior ímpeto em volume de inovações na área de submarinos seja observado em submersíveis e minissubmarinos produzidos a partir da militarização de versões civis comercializadas para lazer e pesquisa, mais conectadas a ecossistemas abertos de inovação de mercado, como é o caso da MSubs no Reino Unido. A chamada pública do XLUUV parece confirmar essa perspectiva, sendo necessários estudos complementares para confirmar essa tendência. Tal como o exemplo histórico do Reino Unido aponta, há relações importantes de intercâmbio entre o desenvolvimento de SSK e de torpedos, o que atualmente pode indicar que as competências de fabricantes tradicionais da BID podem ser estendidas também à fabricação de drones submarinos, como é o caso do Echo Voyager da empresa norte-americana Boeing.

Tal como ilustram as reflexões realizadas pela liderança da RN no caso estudado, ainda que as perdas em combate no futuro não sejam tão significativas quanto as experimentadas ao longo do século XX, é irrealista supor que não haverá perdas operacionais. É igualmente irrealista supor que diante dos elevados tempos de obtenção de submarinos no século XXI, seja possível construir e tornar plenamente operacionais submarinos em situação de conflito ou mesmo numa mobilização antecipada diante de uma longa rampa de escalada de crise que aponte para um desfecho conflituoso. Desse modo, impõe-se ajuizar a estratégia de manter submarinos mais antigos, ainda com vida útil, em condições de serem reativados com capacidades essenciais, mesmo com emprego limitado, liberando as unidades mais novas para tarefas mais exigentes. Nesse ínterim, a manutenção de navios em reserva em atividades de prototipação favorecerá uma prontificação mais ligeira em caso de mobilização. A partir do caso estudado é ainda possível inferir que, na excepcionalidade de um conflito armado de grandes proporções, o comportamento de produzir grande quantidade de submarinos de baixa complexidade (observado na década de 40), seja repetida na produção de *drones* submarinos.

Ao discutir os limites da utilidade dos resultados da pesquisa, é oportuno indicar sua continuidade por meio da investigação de casos de outros países fabricantes de submarinos, tais como a Alemanha, a Coreia do Sul e o Japão, com especial interesse para o caso da França, país parceiro no PROSUB, que constrói tanto submarinos diesel-elétricos quanto nucleares. Estudos comparativos com os casos da Rússia e da China podem ser igualmente compensadores, ressalvada a usual indisponibilidade de fontes primárias observada durante a fase exploratória dessa pesquisa. Por fim cabem pesquisas transversais em torno de novas tecnologias de geração, armazenamento e uso de energia, tais como geradores hidrocinéticos, reformadores de etanol, baterias primárias e secundárias, assim como sobre as trajetórias de inovação material e doutrinária da ForS e da comunidade técnico-científica de submarinos do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, Nicola. *Dicionário de filosofia*. Tradução Alfredo Bosi e Ivone Castilho Beneditti. 5 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 1014 p. Tradução de: Dicionario di Filosofia. Disponível em: <[https://ead2.iff.edu.br/pluginfile.php/160169/mod\\_resource/content/1/Dicion%C3%A1rio%20de%20Filosofia%20-%20Nicola%20Abbagnano.pdf](https://ead2.iff.edu.br/pluginfile.php/160169/mod_resource/content/1/Dicion%C3%A1rio%20de%20Filosofia%20-%20Nicola%20Abbagnano.pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2021.
- ADAMSKY, Dima. *The Culture of Military Innovation: : The Impact of Cultural Factors on the Revolution in Military Affairs in Russia, the US, and Israel.*. Stanford University Press, 2010.
- BARTHOLOMEES, J. Boone. Theory of victory. *Parameters*, v. 38, n. 2, p. 25-36, 2008. Disponível em: <<https://press.armywarcollege.edu/parameters/vol38/iss2/7>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- BOEING. *Echo Voyager: Long endurance, host ship independent system delivers capabilities anywhere..* 2021. Disponível em: <<https://www.boeing.com/defense/autonomous-systems/echo-voyager/>>. Acesso em: 9 abr. 2021.
- BRASIL. *Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil*. Ministério da Defesa - Marinha do Brasil, 2017. Disponível em: <[https://www.marinha.mil.br/dgdntm/sites/www.marinha.mil.br.dgdntm/files/arquivos/Estrat%C3%A9gia%20de%20CT%26I\\_PT.pdf](https://www.marinha.mil.br/dgdntm/sites/www.marinha.mil.br.dgdntm/files/arquivos/Estrat%C3%A9gia%20de%20CT%26I_PT.pdf)>. Acesso em: 6 abr. 2021.
- BURCHER, Roy; RYDILL, Louis. *Concepts In Submarine Design*. Cambrigde University Press, 1994. 296 p.
- CASTELLS, Manuel. A Sociedade em Rede: do Conhecimento à Política. *In: CASTELLS, Manuel (Org.); CARDOSO, Gustavo (Org.). A Sociedade em Rede: Do Conhecimento à Acção Política*. Imprensa Nacional, 2005, p. 17-30.
- CHESBROUGH, Henry William. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business Press, 2003. 227 p.
- CHESBROUGH, Henry. Making Sense of Corporate Venture Capital. *Harvard business review*, v. 80, n. 3, p. 90-99, 2002.
- CLARK, Brian. *Pentagon Needs To Go Faster — And Slower —On Unmanned Systems*. Forbes. 2020. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/bryanclark/2020/06/11/dod-needs-to-go-faster-and-slower-on-unmanned-systems/?sh=241477ed5cb8>>. Acesso em: 7 jul. 2021.

COCKER, Maurice. *Royal Naval Submarines 1901 to the Present Day*. Pen and Sword Maritime, 2008. 314 p.

CONTE-RIOS, Augusto; PELEGRIN-GARCIA, Juan Diego. A Revolution in Submarine Propulsion. *Proceedings Magazine*, v. 146, n. 10. 1412 p, out 2020. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2020/october/revolution-submarine-propulsion>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

DASA. *Competition: Uncrewed Underwater Vehicle Testbed*: DASA has launched phase 1 of Uncrewed Underwater Vehicle Testbed – Opportunity to Integrate;. GOV.UK - Defence and Security Accelerator and Defence Science and Technology Laboratory. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/competition-uncrewed-underwater-vehicle-testbed>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

DASA. *Uncrewed Underwater Vehicle Testbed: Competition Document*. UKGOV - Defence and Security Accelerator and Defence Science and Technology Laboratory. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/competition-uncrewed-underwater-vehicle-testbed/uncrewed-underwater-vehicle-testbed-competition-document#annex-a-technical-clarifications>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

DE CASTELLA, Tom. *Arthur Conan Doyle's eerie vision of the future of war*. BBC News Magazine. 2014. Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/magazine-28954510>>. Acesso em: 2 ago. 2021.

DOENITZ, Karl. *Memoirs Ten Years and Twenty Days*. Tradução George Weindenfeld and Nicolson Ltd.. Frontline Books, 2012. 522 p. Tradução de: Zehn Jahre und Zwanzig Tage.

DOYLE, Arthur Conan . *Danger! : Being the Log of Captain John Sirius*. *The Strand Magazine*, v. 48, jul 1914. Disponível em: <<https://www.arthur-conan-doyle.com/index.php?title=Danger!>>. Acesso em: 2 ago. 2021.

EISENHOWER, Dwight. *Military-Industrial Complex Speech*. In: EISENHOWER, Dwight. *Public Papers of the Presidents of the United States: Dwight D. Eisenhower, 1960-1961*. United States of America, v. January 1 to January 20, 1961, 1961, p. 1035- 1040. Disponível em: <<https://www.govinfo.gov/app/details/PPP-1960-book1>>. Acesso em: 5 jul. 2021.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The Triple Helix -- University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, v. 14, n. 1, 1 jan 1995. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=2480085>>. Acesso em: 24 abr. 2021.

EUROPEAN MARITIME SAFETY AGENCY. *Study on Electrical Energy Storage for Ships*. DNV-GL, 2020. 173 p. Disponível em:

<<http://www.emsa.europa.eu/publications/item/3895-study-on-electrical-energy-storage-for-ships.html>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

FARRELL, Theo; RYNNING, Sten; TERRIFF, Terry. *Transforming Military Power since the Cold War: Britain, France, and the United States, 1991–2012*. Cambridge University Press, 2013. 318 p.

FREEDMAN, Lawrence. *The Future of War: A History*. Penguin, 2017. 378 p.

FREEMAN, Jon *et al.* *Innovation Models: Enabling new defence solutions and enhanced benefits from science and technology*. Santa Monica: RAND Corporation, 2015. 131 p.  
Disponível em:

<[https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_reports/RR800/RR840/RAND\\_RR840.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR800/RR840/RAND_RR840.pdf)>. Acesso em: 6 abr. 2021.

FRIEDMAN, Norman. *British Submarines in the Cold War Era*. Barnsley: Seaforth Publishing, 2021. 723 p.

GALLOUJ, Faïz; DJELLAL, Faridah. Open innovation: the different pathways towards openness. In: RICHARDSON, D *et al.* *The International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment, and Technology*. John Wiley and sons, 2017. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01710988/document>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

GRANT, R.G.. *Battle at Sea: 3,000 Years of Naval Warfare*. Londres: Penguin, 2008. 360 p.

GRIFFIN, Stuart. Military Innovation Studies: multidisciplinary or lacking discipline?. *Journal of strategic studies*, v. 40, 2017. Disponível em:

<[https://kclpure.kcl.ac.uk/portal/files/88572586/Military\\_Innovation\\_Studies\\_multidisciplinary\\_GRIFFIN\\_Accepted4May2016\\_GREEN\\_AAM.pdf](https://kclpure.kcl.ac.uk/portal/files/88572586/Military_Innovation_Studies_multidisciplinary_GRIFFIN_Accepted4May2016_GREEN_AAM.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2021.

GRISSOM, Adam. The future of military innovation studies. *Journal of strategic studies*, v. 29, n. 5, p. 905-934, 2006.

HENNESSY, Peter; JINKS, James. *The Silent Deep: The Royal Navy Submarine Service Since 1945*. Penguin UK, 2015. 689 p.

HERVEY, John B.. *Brassey's Sea Power: Naval Vessels, Weapons Systems and Technology Series: Submarines*. London: Brassey, v. 7, 1994. 289 p.

HNSA. *HMS ALLIANCE (P-417, S17, S67)*. Historic Naval Ships Association. 2014.

Disponível em: <<https://www.hnsa.org/hnsa-ships/hms-alliance-p-417-s17-s67/>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

HUGHES, Wayne P.; GIRRIER, Robert. *Fleet Tactics and Naval Operations*. 3 ed. Naval Institute Press, 2018.

HUGHES, Wayne. *Fleet Tactics and Naval Operations: Third Edition*. Naval Institute Press, 2018.

HUTCHINSON, Robert. *Jane's Submarines: War Beneath the Waves from 1776 to the Present Day*. Harper Paperbacks, f. 112, 2005. 224 p.

ILSAACSON, Jeffrey A.; LAYNE, Christopher; ARQUILLA, John. *Predicting military innovation*. Santa Monica: RAND ARROYO CENTER, 1999. 60 p. Disponível em: <[https://www.rand.org/pubs/documented\\_briefings/DB242.html](https://www.rand.org/pubs/documented_briefings/DB242.html)>. Acesso em: 24 jun. 2021.

KRAUSS, Eric. *Soldiers shape the battlefield with next generation of terrain-shaping munitions*. U.S. Army. 2019. Disponível em: <[https://www.army.mil/article/225611/soldiers\\_shape\\_the\\_battlefield\\_with\\_next\\_generation\\_of\\_terrain\\_shaping\\_munitions](https://www.army.mil/article/225611/soldiers_shape_the_battlefield_with_next_generation_of_terrain_shaping_munitions)>. Acesso em: 7 jul. 2021.

LEYDESDORFF, Loet; IVANOVA, Inga. Open Innovation' and 'Triple Helix' Models of Innovation: Can Synergy in Innovation Systems Be Measured?. *SSRN*, 2016. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=2791914>. Acesso em: 5 jul. 2021.

MAHAFFEY, James. *Atomic Awakening: A New Look at the History and Future of Nuclear Power*. Simon and Schuster, v. 2, f. 184, 2010. 368 p.

MARTINS, Leonardo. Neurociência, Cibernética e Outros Impulsos. *Insight Inteligência*, Rio de Janeiro, v. 74, p. 98-113, 2016. Disponível em: <<https://inteligencia.insightnet.com.br/cibernetica-neurociencia-e-outros-impulsos/>>. Acesso em: 4 jul. 2021.

MB. *PROSUB: Histórico*. Marinha do Brasil. 2021. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/programas-estrategicos/prosub>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

MEALING, Bob. *HMS Alliance, Holand 1 and X24*: Submarine museum. Gosport: Royal Navy Submarine Museum, 2015. 42 p.

MERINDOL, Valérie; VERSAILLES, David W.. The (R)Evolution Of Defence Innovation Models: Rationales and Consequences. *Policy Paper - ARES - Armament Industry European Research Group*, jul 2020. Disponível em: <<https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2020/07/ARES-60.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

MINTZBERG, Henry; AHLSTRAND, Bruce; LAMPEL, Joseph. *Safari da estratégia*. Tradução Lenon Belon Ribeiro. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 392 p. Tradução de: Strategy Safari: The complete guide through the wilds of strategic management.

MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Tradução Eliane Lisboa. 4 ed. Porto Alegre: Sulina, 2011. 120 p. Tradução de: Introduction à la pensée complexe.

MORISON, Samuel Eliot. *History of United States Naval Operations in World War II: : Breaking the Bismarcks barrier, 22 July 1942-1 May 1944*. Castle Books, 2001. 463 p. Disponível em: <[https://archive.org/details/isbn\\_9780785813071](https://archive.org/details/isbn_9780785813071)>. Acesso em: 9 ago. 2021.

MSUBS LTD. **S201 Manned Submersible**. Submergence Group MSubs. 2021. Disponível em: <<https://msubs.com/manned-submersibles/s201/>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

NATO. *Science & Technology Trends 2020-2040: exploring the S&T edge*. 2020. Disponível em: <[https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2020/4/pdf/190422-ST\\_Tech\\_Trends\\_Report\\_2020-2040.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/4/pdf/190422-ST_Tech_Trends_Report_2020-2040.pdf)>. Acesso em: 7 mar. 2021.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. *Criação do Conhecimento na Empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997. 357 p.

NYT. British Submarine Blasted 20 Ships: H.M.S. Truant Returns Home After 80,000-Mile Trip Flying Flag of Success WAS REFITTED IN THE U.S. Survived 20 Depth Charges After She Was Surprised in Strait of Malacca. *New York Times*. New York, ano 1942, 16 dez. 1942. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/1942/12/16/archives/british-submarine-blasted-20-ships-hms-truant-returns-home-after.html>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

OHMAE, Toshikazu . The Battle of Savo Island. *Proceedings*, v. 83, n. 12. 658 p, 1957. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/1957/december/battle-savo-island>>. Acesso em: 9 ago. 2021.

POLMAR, Norman; MOORE, Kenneth J.. *Cold War Submarines: The Design and Construction of U.S. and Soviet Submarines*. Potomac Books, Inc., 2003. 407 p.

POLMAR, Norman; WHITMAN, Edward. *Hunters and Killers: Volume 2: Anti-Submarine Warfare from 1943*. Annapolis: Naval institute Press, 2015. 255 p.

POSEN, Barry R.. *The Sources of Military Doctrine: France, Britain, and Germany Between the World Wars*. Cornell University Press, v. 2, f. 144, 2014. 288 p.

RASKA, Michael. *Military Innovation in Small States: Creating a Reverse Asymmetry*. Abingdon: Routledge, 2016. 214 p.

RIBEIRO, António Silva. *Teoria geral da estratégia: o essencial ao processo estratégico*. Coimbra: Almedina, 2008. 258 p.

ROGERS, Everett M.. *Diffusion of Innovations*. 5 ed. Simon and Schuster, 2003. 551 p.

ROSEN, Stephen. New Ways of War: Understanding Military Innovation. *International Security*, v. 13, n. 1. 134–168 p, 1988. Disponível em: <[www.jstor.org/stable/2538898](http://www.jstor.org/stable/2538898)>. Acesso em: 22 jun. 2021.

ROWLAND, Buford ; BOYD, William Bernard. *U.S. Navy, Bureau of Ordnance in World War II*. Washington D.C.: U.S. Navy, 1952. 539 p. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/2027/uc1.b3907811>>. Acesso em: 9 ago. 2021.

SALI, David. Going with the flow: Ottawa firm believes its green energy technology will have powerful impact. *Ottawa Business Journal*. Ottawa, ano 2020, 16 nov. 2020. Disponível em: <<https://www.obj.ca/article/techopia/going-flow-ottawa-firm-believes-its-green-energy-technology-will-have-powerful>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

SCHANK, John F. *et al. Learning from Experience: Volume III: Lessons from the United Kingdom's Astute Submarine Program*. RAND Corporation, 2011. 104 p. Disponível em: <<https://www.rand.org/pubs/monographs/MG1128z3.html>>. Acesso em: 21 ago. 2021.

SCHANK, John F. *et al. Sustaining Design and Production Resources: The United Kingdom's nuclear submarine industrial base*. RAND Corporation, 2004. 98 p. Disponível em: <<https://www.rand.org/pubs/monographs/MG326z1.html>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

SCHUMPETER, Joseph A.. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Routledge, v. 3, f. 230, 2013. 460 p.

SHOWELL, Jak P Mallmann. *Hitler's Attack U-Boats: The Kriegsmarine's WWII Submarine Strike Force*. Frontline Books, 2020. 268 p.

STOWSKY, Jay. *From Spin-off to Spin-on: Redefining the Military's Role in Technology Development*, f. 39. 1990. 78 p.

SUTTON, H. I. . *Royal Navy To Get First Large Autonomous Submarine*. Forbes. 2020. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/hisutton/2020/03/05/royal-navy-to-get-first-large-autonomous-submarine/?sh=7620ffa61f0b>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

TILL, Geoffrey. *Seapower: A Guide for the Twenty-first Century*. 4 ed. Routledge, 2018. 458 p.

U.S. PACIFIC FLEET PUBLIC AFFAIRS. *Wreckage of WWII destroyer USS Strong discovered in Solomon Sea*. Commander, U.S. Pacific Fleet. 2019. Disponível em: <<https://www.cpf.navy.mil/news.aspx/110668>>. Acesso em: 9 ago. 2021.

UNITED STATES OF AMERICA. *Cross-Domain Synergy in Joint Operations: Planner's Guide*. Joint Staff Force Development (J7), 2016. 105 p.

USA. *Cross-Domain Synergy in Joint Operations: Planner's Guide*. Joint Staff Force Development (J7), 2016. 105 p. Disponível em: <[https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/concepts/cross\\_domain\\_planning\\_guide.pdf?ver=2017-12-28-161956-230](https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/concepts/cross_domain_planning_guide.pdf?ver=2017-12-28-161956-230)>. Acesso em: 7 jul. 2021.

USA. *History of USS NAUTILUS (SSN 571)*. Naval History and Heritage Command - Submarine Force Museum. 2019. Disponível em: <<https://www.history.navy.mil/content/history/museums/subforce/about-us/history.html>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

USA. *Joint Concept for Operating in the Information Environment (JCOIE)*. Joint Chiefs of Staff, 2018. Disponível em: <[https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/concepts/joint\\_concepts\\_jcoie.pdf?ver=2018-08-01-142119-830](https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/concepts/joint_concepts_jcoie.pdf?ver=2018-08-01-142119-830)>. Acesso em: 7 jul. 2021.

USN. Chief, Naval Technical Mission to Japan, de 08 de abril de 1946. Target Report - Japanese Torpedoes and Tubes, Article 1 - Ship and Kaiten Torpedoes, 8 abr. 1946. Disponível em: <[http://www.fischer-tropsch.org/primary\\_documents/gvt\\_reports/USNAVY/USNTMJ%20Reports/USNTMJ-200D-0022-0469%20Report%2000-01-1.pdf](http://www.fischer-tropsch.org/primary_documents/gvt_reports/USNAVY/USNTMJ%20Reports/USNTMJ-200D-0022-0469%20Report%2000-01-1.pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2021.

USN. *Principles of Naval Ordnance and Gunnery*. 1971. 551 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=HNetiAmKS9IC&hl=pt-BR&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

USN. *S-44 (SS 155)*. Naval History and Heritage Command. 2017. Disponível em: <<https://www.history.navy.mil/research/library/online-reading-room/title-list-alphabetically/u/united-states-submarine-losses/s-44-ss-155.html>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

VANDENBOS, Gary. Cognitive Style. In: VANDENBOS, Gary R.; ASSOCIATION, American Psychological. *APA Dictionary of Psychology*. American Psychological Association., 2007. Disponível em: <<https://dictionary.apa.org/cognitive-style>>. Acesso em: 5 jul. 2021.

VEGO, Milan. *General Naval Tactics: Theory and Practice*. Naval Institute Press, 2020. 441 p.

VEGO, Milan. *Maritime Strategy and Sea Denial: Theory and Practice*. Routledge, 2018. 328 p.

WARLOW, Ben; COLLEDGE, J.J.; BUSH, Steve. *Ships of The Royal Navy: The Complete Record of all Fighting Ships of the Royal Navy from the 15th Century to the Present*. Seaforth Publishing, 2020. 1037 p.

WATEROTORS. *Waterotors Commercial Ready: Let's Get Technical*. Waterotor Energy Technologies. 2021. Disponível em: <<https://waterotor.com/products/#specsheets>>. Acesso em: 7 fev. 2021.

WOODWARD, Sandy; ROBINSON, Patrick. *One Hundred Days: The Memoirs of the Falklands Battle Group Commander*. Harper Collins, 1992. 497 p.