

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG (IM) MARCELLO NOGUEIRA CANUTO

BASE INDUSTRIAL DE DEFESA

O Desenvolvimento da Base Industrial de Defesa no Setor Nuclear: O caso do  
Programa Nuclear da Marinha (PNM)

Rio de Janeiro

2021

CMG (IM) MARCELLO NOGUEIRA CANUTO

BASE INDUSTRIAL DE DEFESA

O Desenvolvimento da Base Industrial de Defesa no Setor Nuclear: O caso do  
Programa Nuclear da Marinha (PNM)

Monografia apresentado à Escola de Guerra Naval,  
como requisito parcial para a conclusão do Curso de  
Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: Prof. Dr. Thauan dos Santos

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval

2021



*“O desenvolvimento científico e tecnológico está intimamente ligado com a prosperidade do país”*

*(Alte Álvaro Alberto)*

## RESUMO

A Base Industrial de Defesa brasileira teve seu marco inicial na segunda metade do século XVIII. Após a chegada da família real portuguesa, em 1808, foi verificada a sua expansão. A evolução da BID ficou registrada por 3 períodos bem definidos desde o seu início, sendo: expansão dos arsenais militares, as fábricas militares e a incorporação da Ciência, Tecnologia & Inovação. O setor nuclear brasileiro teve seus primórdios na década de 1950, após o fim da II Guerra Mundial, apesar de anteriormente já ter ocorrido algumas pesquisas sobre a área. Neste período também ocorreu a inclusão a CT&I na pauta do governo brasileiro, com a criação de diversos institutos de pesquisa, sendo militares e civis, ficando registrado como a terceira fase da evolução da BID. A Área Nuclear, após a final da II Guerra Mundial, foi objeto de uma série de restrições e de cerceamento tecnológico visando a não proliferação das tecnologias desenvolvidas. Foram criados diversos acordos e controle no âmbito mundial com a finalidade da não disseminação destas tecnologias e da produção de material fissil. A Marinha do Brasil, vislumbrando a necessidade de se obter um submarino com propulsão nuclear, inaugurou o seu Programa Nuclear, em 1979, com o objetivo de dominar o ciclo do combustível nuclear e a construção de um protótipo de um reator nuclear para simular a propulsão de uma plataforma naval. O desenvolvimento do Programa foi de grande contribuição para o país no setor, sendo reconhecido pelo domínio do Ciclo do Combustível Nuclear, bem como no processo de transbordamento de diversas tecnologias desenvolvidas para o Programa Nuclear Brasileiro para outros setores do país. Atualmente, o país é reconhecido como sendo um dos poucos que consegue realizar o enriquecimento de urânio em escala industrial, o que confere autonomia na produção do combustível para uso em suas Usinas Nucleares, reduzindo a dependência externa. Este Programa pode ser considerado um exemplo de “*spin-off*” de tecnologia de um programa estratégico militar para a sociedade brasileira de uma forma geral.

**Palavras-chave:** Base Industrial de Defesa. Setor Nuclear Brasileiro. Programa Nuclear da Marinha. Programa de Desenvolvimentos de Submarinos. Tecnologia Dual. “*Spin-off*”.

## ABSTRACT

The Brazilian Defense Industrial Base had its initial milestone in the second half of the 18th century. The evolution of the IDB has been recorded for 3 well-defined periods since its inception: expansion of military arsenals, military factories and the incorporation of Science, Technology & Innovation. The Brazilian nuclear sector had its beginnings in the 1950s, after the end of World War II, although previously there has been some research on the area. In this period, STI was also included in the Brazilian government's agenda, with the creation of several research institutes, military and civilian, being recorded as the third phase of the IDB's evolution. The Nuclear Area, after the end of World War II, was the subject of a series of restrictions and technological restrictions aimed at the non-proliferation of developed technologies. Several agreements and control have been created worldwide with the purpose of not disseminating these technologies and producing fissile material. The Brazilian Navy, envisioning the need to obtain a submarine with nuclear propulsion, inaugurated its Nuclear Program in 1979, with the aim of mastering the nuclear fuel cycle and building a prototype of a nuclear reactor to simulate the propulsion of a naval platform. The development of this Program was of great contribution to the country in this sector, being recognized by the mastery of the Nuclear Fuel Cycle, as well as in the process of overflowing several technologies developed for the Brazilian Nuclear Program to other sectors of the country. Currently, the country is recognized as one of the few that can perform uranium enrichment on an industrial scale, which confers autonomy in the production of fuel for use in its Nuclear Plants, reducing external dependence. This Program can be considered an example of a technology spin-off of a strategic military program for Brazilian society in general.

**Keywords:** Defense Industrial Base. Brazilian Nuclear Sector. Navy Nuclear Program. Submarine Development Program. Dual Technology. Spin-off.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Vista aérea do Centro Experimental ARAMAR .....	47
Figura 2 –	Vista aérea da Unidade Piloto de Hexafluoreto de Urânio .....	52
Figura 3 –	Vista aérea do Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica.....	53
Figura 4 –	Projeto do Reator Multipropósito Brasileiro.....	56
Figura 5 –	Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM).....	57
Figura 6 –	Vista aérea do Complexo Naval de Itaguaí.....	58
Figura 7 –	Lançamento ao mar do Submarino Riachuelo.....	60
Gráfico 1 –	Exportações brasileiras de armamentos (1960-2020).....	31
Gráfico 2 –	Comparação das exportações globais da BID brasileira com as exportações para o Iraque (1979-1989).....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABACC	Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABIMDE	Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança
AEN	Ação Estratégica Naval
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
AMAZUL	AMAZUL Tecnologias de Defesa S.A.
AMRJ	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
BID	Base Industrial de Defesa
CBTN	Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear
CEA	Centro Experimental ARAMAR
CM	Comandante da Marinha
CN	Congresso Nacional
CNAE	Comissão Nacional de Atividades Espaciais
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
COGESN	Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear
COPESP	Coordenadoria para Projetos Especiais
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
C&T	Ciência e Tecnologia
C,T&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
CTA	Centro Tecnológico da Aeronáutica
CTEx	Centro Tecnológico do Exército
CTMSP	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
DDNM	Diretoria de Desenvolvimento Nuclear da Marinha
DGDNTM	Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha
DGMM	Diretoria-Geral do Material da Marinha
EB	Exército Brasileiro
EMA	Estado-Maior da Armada
EMBRAER	Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.

EMGEPRON	Empresa Gerencial de Projetos Navais
EN	Estratégia Naval
END	Estratégia Nacional de Defesa
ENGESA	Engenheiros Especializados S.A.
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
FCN	Fábrica de Combustível Nuclear
FFAA	Forças Armadas
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GSN	Grupo de Supridores Nucleares
ICN	Itaguaí Construções Navais
ICT	Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação
IMBEL	Indústria de Material Bélico do Brasil
IME	Instituto Militar de Engenharia
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPEN	Instituto de Pesquisas Nucleares
IPqM	Instituto de Pesquisas da Marinha
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ITA	Instituto Tecnológico da Aeronáutica
LABGENE	Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica
LARE	Laboratório Radioecológico
LBDN	Livro Branco da Defesa Nacional
LEI	Laboratório de Enriquecimento Isotópico
MB	Marinha do Brasil
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MD	Ministério da Defesa
NUCLAM	Nuclebrás Auxiliar de Mineração S.A.
NUCLEI	Nuclebrás Enriquecimento Isotópico S.A.
NUCLEN	Nuclebrás Engenharia S.A.
NUCLEMON	Nuclebrás Monazita
NUCLEP	Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.
OBNAV	Objetivos Navais

OM	Organização Militar
OND	Objetivos Nacionais de Defesa
PCTI	Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDN	Política de Defesa Nacional
PED	Produto Estratégico de Defesa
PEM	Plano Estratégico da Marinha
PMN	Política Marítima Nacional
PNB	Programa Nuclear Brasileiro
PND	Política Nacional de Defesa
PNID	Política Nacional da Indústria de Defesa
PNM	Programa Nuclear da Marinha
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
PTCN	Programa Técnico-Científico Nuclear
RMB	Reator Multipropósito Brasileiro
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
SUS	Sistema Único de Saúde
TNP	Tratado de Não Proliferação
UFEM	Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas
UNICAMP	Universidade de Campinas
USEXA	Unidade Piloto de Hexafluoreto de Urânio
USIDE	Unidade de Demonstração Industrial de Enriquecimento
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	Tema e Contextualização.....	12
1.2	Relevância e Justificativa .....	13
1.3	Problema e Objetivos.....	14
1.4	Delimitação do Escopo e Metodologia.....	14
1.5	Estruturação do Trabalho.....	15
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1	Economia de Defesa.....	16
2.2	Indústria de Defesa e Base Industrial de Defesa.....	18
2.3	Tecnologia Dual e Produto de Uso Dual.....	20
2.4	O Processo de “ <i>spin-off</i> ” .....	21
2.5	Tríplice Hélice.....	23
2.6	A Evolução da BID brasileira.....	23
2.6.1	Nascimento e Expansão dos Arsenais de 1763 a 1889.....	24
2.6.2	As Fábricas Militares (1889 a 1940) .....	25
2.6.3	Incorporação da CT&I (Pesquisa e Desenvolvimento) de 1945 a 1990.....	27
2.6.4	A Consolidação da BID de 1990 aos dias atuais.....	30
<b>3</b>	<b>MARCO LEGAL.....</b>	<b>34</b>
3.1	Documentos Condicionantes.....	35
<b>4</b>	<b>O SETOR NUCLEAR E O PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA.....</b>	<b>42</b>
4.1	O Setor Nuclear.....	42
4.2	O Programa Nuclear da Marinha .....	48
4.2.1	Ciclo do Combustível Nuclear.....	50
4.2.2	Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica.....	53

4.2.3	Arraste Tecnológico do PNM.....	54
4.2.4	Programa de Desenvolvimento de Submarinos.....	57
4.2.5	Amazônia Azul Tecnologia de Defesa.....	60
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Tema e Contextualização

O Livro Branco da Defesa Nacional (LBDN) define a Base Industrial de Defesa (BID) como “um conjunto de indústrias e empresas organizadas em conformidade com a legislação brasileira, que participam de uma ou mais das etapas da pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos de defesa” (BRASIL, 2016, p.210). Além da definição, o LBDN também afirma que a consolidação e a competitividade da indústria de defesa produzem empregos qualificados, além de incentivar o desenvolvimento tecnológico para outros setores da indústria (BRASIL, 2016).

É possível afirmar que a BID brasileira teve seu início no período colonial e, desde então, passou por diversos ciclos de desenvolvimento (ANDRADE, 2016).

Na última década, com a aprovação da Política de Defesa Nacional (PDN), do LBDN e da Estratégia Nacional de Defesa (END), o assunto Defesa ganhou um maior debate no cenário político, contribuindo para aumentar a consciência da sociedade brasileira sobre os temas do setor para o país. Foram abordados conceitos que até bem pouco tempo eram desconhecidos, tais como: produtos de uso dual, “*spin-off*” de produtos de defesa e hélice tríplice. Além disso, foram relacionados os projetos estratégicos de Defesa das Forças Armadas (FFAA) e os seus objetivos.

Dentre esses projetos estratégicos, na Marinha do Brasil (MB), podemos citar o Programa Nuclear da Marinha (PNM), que teve seu início em 1979, com objetivo de desenvolver a tecnologia necessária para dotar o país de submarino com propulsão nuclear.

Durante a sua existência, o PNM passou por períodos de restrições orçamentárias, quando o governo federal reduziu significativamente o aporte de recursos, tendo sido mantido quase que exclusivamente por recursos dotados à MB, que ficou conhecido como “estado vegetativo”, em que onde não houve grandes incrementos aos conhecimentos desenvolvidos, apenas a manutenção das tecnologias conquistadas, principalmente no que tangia à capacitação técnica do pessoal (INFONUCLEAR, 2012).

O PNM ganhou destaque em 2007, quando houve a decisão do Governo brasileiro em retomá-lo, com a programação de aporte significativo de recursos orçamentários prometidos pelo Presidente da República, após visita ao Centro Experimental Aramar (CEA) ocorrida em julho daquele ano (TOMAZELA, 2007).

Com o impulsionamento dos projetos atinentes ao PNM, e a ampliação para a construção do Submarino Convencional de Propulsão Nuclear, a MB criou a Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento do Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN) com a finalidade de gerenciar a parceria estratégica assinada junto ao Governo Francês (LANA, 2014). Com a assinatura dessa parceria, em dezembro de 2008, foi iniciado o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), gerenciado pela COGESN, que tem por objetivo a construção de 4 submarinos convencionais, uma base e um estaleiro nuclear e o submarino convencional de propulsão nuclear (LANA, 2014).

Em 2013, foi criada a Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A.(AMAZUL), empresa estatal, que possui como objetivos principais: absorver, promover, desenvolver, transferir e manter atividades sensíveis às atividades do PNM, do PROSUB e do Programa Nuclear Brasileiro (PNB) (BRASIL, 2012).

## **1.2 Relevância e Justificativa**

Desde os primórdios da criação da BID no Brasil, que em seu início possuía a finalidade de produzir e reparar materiais bélicos, bem como reparar e manter os navios da esquadra real, esta passou por diversos ciclos de expansão e retração (ANDRADE, 2016). Um dos períodos mais graves de retração na BID ocorreu na década de 90, com a redução das exportações de material bélico brasileiro. Naquela década, a maioria das empresas que compõem a BID sofreu com a ausência/diminuição das demandas e tiveram as suas atividades muito reduzidas ou encerradas, resultando em prejuízo para elas, com reflexos impactantes para a nossa BID (ANDRADE, 2016).

Com as recentes aprovações e publicações da PDN, LBDN e END, houve um direcionamento para tornar o desenvolvimento e a manutenção da BID de forma sustentável, com definições que incluem Tecnologia de Uso Dual, além da definição de projetos estratégicos de defesa das FFAA, como um norte a ser seguido pelo Estado brasileiro, priorizando-os nos orçamentos federais dos anos de sua execução.

### 1.3 Problema e Objetivos

O PNM foi iniciado, em 1979, com a motivação estratégica de o país possuir submarinos com propulsão nuclear. Durante esses anos, a MB foi reconhecida por criar tecnologias e desenvolvê-las de forma a aumentar a independência tecnológica no setor nuclear, com a implementação de um programa autóctone. Tal programa se confunde com o PNB, tendo em vista o grau de desenvolvimento que a MB propiciou ao PNM e o processo de “*spin-off*” que o PNM levou para o PNB e para outros setores de do país com desenvolvimento de tecnologias aplicadas ao setor nuclear, tais como área de saúde, energia e alimentos. Portanto, o objetivo principal dessa pesquisa é analisar o desenvolvimento da BID no setor nuclear brasileiro, a partir deste estudo de caso.

Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é apresentar o desenvolvimento da BID na área nuclear, por meio do estudo de caso do PNM, demonstrando a relação deste Programa com o desenvolvimento da BID. Será realizado, também, um debate teórico entre os conceitos de economia de defesa, BID, arraste tecnológico (“*spin-off*”) e emprego dual de tecnologia.

### 1.4 Delimitação do Escopo e Metodologia

O estudo iniciará com a revisão bibliográfica e pesquisa documental.

Ao se tratar da temática de BID faz necessária a leitura da END, da PND, do LBDN com o intuito de estudar os aspectos relacionados a mesma, bem como incluindo o setor nuclear, demonstrando o escopo estratégico referente ao assunto.

Também é importante o estudo do Mapeamento da Base Industrial de Defesa, fruto de um trabalho organizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que não somente apresentou a evolução da BID, como a setorizou em diversos segmentos, dos quais o estudo abordará apenas o segmento nuclear.

Serão lidos artigos e publicações referentes a área nuclear, emitidos pelos órgãos que produzem conhecimento e estudos no setor, tais como Eletronuclear, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Indústrias Nucleares do Brasil (INB), dentre outros.

Em relação aos documentos normativos no âmbito da MB serão lidos o EMA-413 – Doutrina de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha, o EMA-415 – Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha e a DGDNTM-1500 – Plano de Ciência, Tecnologia e

Inovação da Marinha (PCT&I), pois abordam a doutrina e indicam as estratégias para a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) na MB, dentre as quais o PNM é parte integrante.

A metodologia a ser utilizada será a pesquisa bibliográfica e documental, revisando os trabalhos e documentos pertinentes sobre os conceitos básicos que serão apresentados no capítulo 2, incluindo nesse capítulo um histórico e a evolução da BID brasileira, além de contar com abordagem qualitativa por meio de um estudo de caso referente ao PNM incluído no capítulo 4.

No capítulo 3 será realizada uma pesquisa a respeito dos acordos e legislações que norteiam o setor nuclear e sua internalização no país, bem como a questão de controle de materiais sensíveis.

No capítulo 4, será analisado o estudo de caso do PNM, mostrando o desenvolvimento da BID no setor nuclear durante a execução do Programa, englobando também, o processo de “*spin-off*” e uso dual das tecnologias desenvolvidas.

## **1.5 Estruturação do Trabalho**

O trabalho será estruturado em 4 capítulos, além desta introdução. O capítulo 2 irá revisar os marcos teóricos referentes a Economia de Defesa, a Indústria de Defesa e a BID, tecnologia dual e produto de uso dual, o processo de “*spin-off*” e a tríplice hélice, as bases analíticas deste trabalho. Estas definições são importantes para compreensão do assunto a ser tratado nos capítulos posteriores. O capítulo 3 abordará o marco legal, apresentando as resoluções e acordos que o país se tornou signatário em relação às questões nucleares e ao controle de material sensível pelos países. O capítulo 4 apresentará como foi criado o setor nuclear brasileiro, com suas primeiras ações e acordos, bem como o pioneirismo da Marinha no setor, abordando o início do PNM, seus projetos e sua implementação no final de década de 1970, até a sua evolução aos dias atuais.

No capítulo 5, concluiremos o trabalho com uma análise sobre os avanços do setor nuclear e da BID do setor, mostrando os principais efeitos de “*spin-off*” decorrentes do PNM para a sociedade brasileira, demonstrando o quanto o país pode se desenvolver por meio da execução de programas estratégicos de Estado.

## 2 MARCO TEÓRICO

A intenção deste Capítulo é apresentar os conceitos e as definições atinentes a Defesa e sua indústria, pois estes serão importantes para a compreensão dos próximos capítulos do trabalho. A abordagem inicial será com as definições de economia de defesa, indústria de defesa, BID, bem como os conceitos de tecnologia de uso dual e “*spin-off*”. Além disso, será apresentada a BID brasileira, desde sua fundação, demonstrando a sua evolução, declínio ocorrido após a década de 1990, e como o setor se encontra organizado nos dias atuais.

Correa Filho *et al.* (2013) cita que o setor de defesa e segurança é caracterizado por sua demanda, não pela lógica normal do mercado que são definidos pela oferta de produtos, sendo os seus principais clientes as FFAA e as Forças de Segurança. Aborda, também, a questão de que o crescimento econômico de um país importa na preocupação deste possuir meios de defesa, a fim de proteger os seus interesses nacionais e a sua soberania.

Correa Filho *et al.* (2013) afirma que os Estados Nacionais e suas respectivas estratégias de defesa cumprem papel importante no desenvolvimento da indústria de defesa do país, pois investem montantes elevados nestas indústrias para desenvolverem produtos de defesa, com o apoio de instituições de pesquisa e desenvolvimento, sendo estas civis ou militares. Cita, também, que após a prontificação desses itens, os Estados garantem a demanda da indústria nacional com aquisições para as FFAA. Esses produtos, também, podem ser direcionados para comercialização junto a outros países, porém com a anuência e direcionamento diplomático do país detentor, sendo verificada a restrição de comercialização de produtos que possuam tecnologias sensíveis a países que não são alinhados política e militarmente aos países detentores dessas tecnologias.

Segundo Correa Filho *et al.* (2013), os principais grupos ou empresas da indústria de defesa estão localizados nos países que tem orçamentos de defesa robustos, sendo importante a comercialização externa, para que a sua indústria ganhe escala e qualidade, sendo fundamental para esta inserção a atualização tecnológica desses produtos.

### 2.1 Economia de Defesa

A Economia de Defesa é considerada uma nova linha de pesquisa, que tem sido influenciada com o desenvolvimento de novas teorias econômicas, como a teoria dos jogos e novas técnicas de análise de dados, apresentando a área de defesa como interdisciplinar

englobando conceitos de Relações Internacionais, de Ciências Sociais e da Engenharia (SANTOS, 2018).

A Economia da Defesa se utiliza das ferramentas da economia para a realização de estudos das questões relacionadas à defesa e seus problemas, dentre os quais o desarmamento e a paz. Para utilização dessas ferramentas, os economistas de defesa devem adequar os seus métodos a questões e políticas de defesa, levando-se em consideração os aspectos institucionais que caracterizam este setor (SANDLER; HARTLEY, 1995).

O estudo da Economia de Defesa investiga como o gasto em defesa gera impactos, tanto no mercado interno quanto no mercado externo, levando-se em consideração as variáveis macroeconômicas, tais como: emprego, produção e crescimento (SANDLER; HARTLEY, 1995).

Santos (2018) considera que a defesa deve ser encarada como um bem público, sendo importante para sua diferenciação em relação aos demais bens ou serviços de mercado. Devido a essa caracterização, é importante que haja transparência em relação à relevância de uma defesa nacional eficiente, englobando os seus efeitos de “*spillover*” e “*spin-off*”, o que confere uma maior legitimidade no setor.

Santos (2018) aborda, também, que existe um dilema na alocação de recursos, o qual muitas vezes pode ser representado pela teoria dos jogos.

Tal dilema fica bem representado em uma declaração do, então Presidente dos Estados Unidos da América, Dwight D. Eisenhower<sup>1</sup>, em 16 de abril de 1953, perante a Sociedade Americana de Editores de Jornais:

Cada arma que é feita, cada navio de guerra lançado, cada foguete disparado significa, no sentido final, um roubo daqueles que têm fome e não são alimentados, aqueles que estão com frio e não estão vestidos. Este mundo de armas não está gastando dinheiro sozinho. Está gastando o suor de seus trabalhadores, a genialidade de seus cientistas, as esperanças de seus filhos. Este não é um modo de vida em qualquer sentido. Sob a nuvem de guerra ameaçadora, é a humanidade pendurada em uma cruz de ferro<sup>2</sup>.

Neste dilema, fica explícito o peso na alocação de recursos destinados à defesa em detrimento das demais necessidades da sociedade, tais como: moradias, alimentação, educação e saúde, ampliando o debate do “*guns x butter*”, o que impacta mais ainda transparência na utilização destes recursos, além um acompanhamento maior da sociedade que sustenta estes programas por meio do pagamento de seus impostos.

---

<sup>1</sup> Foi General cinco estrelas do Exército Estadunidense e foi o 34º presidente dos Estados Unidos da América, no período de 20 janeiro de 1953 a 20 de janeiro de 1961.

<sup>2</sup> Disponível em <<https://www.nps.gov/features/eise/jranger/quotes2.htm>>. Acesso em 06 Jun.2021.

Segundo Santos (2018), a parcela alocada para a área de defesa é compreendida pela sociedade como uma transferência da alocação de recursos da área social, cuja interpretação gera o “*trade-off*” “*guns x butter*”, além disto, ainda é identificada outra questão nas restrições orçamentárias que são impostas aos governos, o que amplifica esta discussão.

Moreira e Medeiros (2018) abordam que a área de defesa, embora exista a regra de oferta e demanda de produtos, esses processos são condicionados pelos governos, como o principal, sendo algumas vezes o único comprador, o que torna este mercado um monopólio<sup>3</sup>. Existe, ainda, a questão da limitação da demanda, pois o governo pode impedir que os produtos desenvolvidos sejam fornecidos a outros países, em função da segurança nacional e ou política externa, o que afetaria as regras de oferta e demanda do mercado.

Por outro lado, Moreira e Medeiros (2018) citam que apesar do mercado de defesa ser restrito, pode ser um facilitador para uma modelagem de gestão de eficácia adaptativa e criativa que pode induzir a inovação, com transbordamentos tipo “*spillover effects*” e “*spin-off*” para as demais áreas.

Em relação ao dilema da alocação de recursos, Moreira e Medeiros (2018) também afirmam que não somente as grandes potências sofrem com este dilema, pois os investimentos em defesa demandam a assunção de riscos de longo prazo.

Apesar de esse mercado ser considerado um monopólio, o Estado pode intervir para promover setores estratégicos, podendo ser utilizadas algumas ferramentas para esta finalidade: facilitação a financiamentos, incentivos fiscais e não fiscais, formulação de políticas públicas, garantias de encomendas, dentre outras, sendo que o impacto esperado pode ser o desenvolvimento nacional, beneficiando não só a economia, mas também como a reputação do país (MOREIRA; MEDEIROS, 2018).

No caso específico deste trabalho, poderão ser vislumbrados os impactos do investimento no setor nuclear brasileiro pelo PNM e os seus benefícios produzidos para o país, como um exemplo da questão abordada no parágrafo anterior.

## **2.2 Indústria de Defesa e Base Industrial de Defesa**

De acordo com o relatório da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2010), a primeira dificuldade citada para se estudar a BID é a sua própria definição, pois o que determina que uma empresa integre a BID de um país, não é o que ela produz, e sim se o seu

---

<sup>3</sup> É um tipo de mercado descrito pela presença de um único comprador para produtos e/ou serviços oferecidos por vários vendedores.

produto/tecnologia possui utilização para a Defesa Nacional. Define, também, que o critério mais amplo para sua classificação seria o da “lista de compras”, na qual a BID compreende a lista de empresas que produzem itens para as FFAA. Também, cita que a BID possui influência direta no exercício da função de Defesa Nacional, sendo por este motivo, as políticas voltadas para o desenvolvimento da BID devem ser alinhadas à estratégia nacional de defesa do país.

A BID pode ser definida como sendo um grupo de empresas, estatais e privadas, civis e militares, que realizem ou conduzam, no país, pesquisas, projetos, desenvolvimento, industrialização, produção, reparo, conservação, revisão, conversão, modernização ou manutenção de produtos de defesa (BRASIL, 2020c).

Leske (2013) define que as empresas de defesa são as que criaram competências e capacidades para trabalhar com produtos bélicos, sendo que a sua evolução a faz se tornar especializada e com atuação em um mercado restrito, pois os seus principais clientes são agências ou organizações militares.

Leske (2013) considera, também, que quando comparado o mercado da indústria de defesa com os demais, ele é considerado ineficiente, pois o mercado competitivo pode conter diversos clientes e concorrentes, em que pode ser seguida a regra da demanda e oferta para uma definição de preços, enquanto no mercado de materiais de defesa existem sistemas com graus de desenvolvimento diferentes e com diferença entre os seus produtos.

Rangel *et al.* (2019) afirmam que o setor da base tecnológica e industrial de defesa tem a responsabilidade de atender as demandas dos governos por produtos de defesa, e possui como núcleo central a BID. Também acrescentam que tais empresas, em cooperação com Institutos de Pesquisa e Desenvolvimento, sejam militares ou civis, e com o investimento do Estado nas empresas do ramo de defesa, são os responsáveis pela fabricação de itens necessários para a defesa da soberania nacional contra as ameaças internas e externas.

O LBDN (BRASIL, 2020a) aborda que o setor produtivo de defesa possui algumas características que englobam a necessidade de uma grande escala produtiva, altos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), prazo longo de maturação dos projetos, um ciclo de vida curto dos itens materiais, e a existência de um mercado monopsônico, influenciado fortemente pelas compras governamentais.

Amarante (2012) considera que para uma empresa poder se situar no setor da Indústria de Defesa, ela necessita de algumas características em relação as atividades funcionais produtivas e funcionais básicas, dentre as quais:

Produtivas:

- 1) Produção: é a atividade de fabricação de produtos ou componentes com a tecnologia de base da indústria, a que caracteriza o seu setor industrial, no caso voltado a fins militares.
- 2) Integração: é a atividade necessária à indústria que almeja trabalhar com sistemas de armas. Sua competência atinge o patamar de projeto e fabricação de meios de integração de armas e de sistemas.
- 3) Logística: é a atividade de *procurement* (aquisição), de fornecimento e de manutenção de sistemas de armas, meios militares e componentes.
- 4) Pós-venda: é a atividade realizada após a venda do meio militar, com o objetivo de mantê-lo operacional, incluindo a reengenharia, a revisão dos processos produtivos, dentre outros.
- 5) Domínio da tecnologia: é a constante e permanente atividade com a tecnologia de base de sistemas e meios militares, demonstrando que a empresa domina essa tecnologia.

Básicas:

- 1) Avaliação técnica e operacional: é o trabalho sistemático realizado para verificar a conformidade técnica e operacional de um produto ou serviço militar com os requisitos técnicos e operacionais emitidos pelo cliente (Exército, Marinha ou Aeronáutica).
- 2) Desenvolvimento experimental: é o trabalho sistemático delineado a partir do conhecimento existente, adquirido por intermédio da pesquisa ou da prática, visando tanto à produção de novos materiais e produtos quanto ao estabelecimento de novos processos, sistemas e serviços.
- 3) Projeto: é a concepção do equipamento ou serviço militar que procura atender aos requisitos técnicos e operacionais emitidos pelo cliente (Exército, Marinha ou Aeronáutica).
- 4) Pesquisa aplicada: é a busca de novos conhecimentos científicos ou técnicos que ofereçam soluções a problemas objetivos, previamente definidos.
- 5) Pesquisa básica: é a busca generalizada de novos conhecimentos científicos sem objetivar aplicações práticas predeterminadas (em outras palavras, a chamada “ciência pela ciência”).
- 6) Formação e/ou treinamento de recursos humanos: é a preparação dos recursos humanos para trabalhar com proficiência num setor específico de trabalho técnico. (AMARANTE, 2012).

### 2.3 Tecnologia Dual e Produto de Uso Dual

Amarante (2012) aborda que a capacitação tecnológica de defesa deve ser acoplada a capacitação tecnológica de âmbito nacional, pois ambas possuem interesses convergentes, além do que algumas tecnologias de defesa possuem elevada capacidade de aplicação civil, oferecendo à nação uma oportunidade para unir os esforços na perseguição de um objetivo comum de capacitação nacional.

Segundo Correa *et al.* (2013), as atividades de P&D para a geração de novos produtos

ou inovação na área de defesa são desempenhadas pelo governo em parceria com o setor privado, sendo que o governo suporta a maior parte dos investimentos, face às incertezas associadas a este processo. Ainda cita que estes elevados investimentos são suportados pelo governo face a justificativa de utilização destas tecnologias em empregos de uso civil pela tecnologia desenvolvida e, também, pelo salto tecnológico proporcionado às empresas envolvidas.

Em complemento, Amarante (2012) afirma que o governo deve criar condições favoráveis para o desenvolvimento de soluções tecnológicas duais, assegurando aquisições de longo prazo com a finalidade de justificar os investimentos nestas tecnologias, que possuam perspectivas promissoras de aplicação simultânea para as áreas civil e militar.

Leske (2013) aborda que a busca por aplicações duais deve fazer parte da estratégia das empresas de defesa, evitando-se ficar restrito ao mercado monopsônico que atua, bem como, também, diversificando o portfólio dos produtos desenvolvidos pela empresa. Ainda, complementa, que a dualidade deve ser uma possível consequência e não causa motivadora dos investimentos em tecnologias militares.

## **2.4 O processo de “*spin-off*”**

Para entendimento deste trabalho, consideramos o efeito “*spin-off*”, transbordamento de tecnologia ou arraste tecnológico como sendo todo produto ou subproduto, sendo um processo ou material, que foi desenvolvido ou aprimorado, para se atingir um objetivo ou conhecimento de um produto de maior complexidade.

O termo “*spin-off*”, segundo o dicionário Cambridge, é traduzido como subproduto, sendo um produto que é desenvolvido decorrente da produção de outro produto mais importante.

O termo “*spin-off*” foi um fato observado, inicialmente, durante a segunda guerra mundial, pois os investimentos vultosos de recursos materiais e humanos voltados para a pesquisa e desenvolvimento para a produção de material de defesa originaram importantes inovações que, a partir década de 1950, criaram várias oportunidades de negócios para as empresas que tiveram a sua demanda alterada para compor o esforço da produção de material de guerra (DAGNINO, 2008).

Essa ideia é fundamentada na suposição que a tecnologia desenvolvida para aplicação militar, em produtos de defesa, pode ter aplicações para produtos de utilização civil (DAGNINO, 2008).

Guimarães (2005) define o “efeito de arraste” ou “*spin-off*” como sendo uma mudança deliberada de missão para além das atividades inseridas num contexto inicial de um desenvolvimento de P&D, e no caso específico do desenvolvimento nuclear, ele cita que houve a aplicação dos resultados da P&D nuclear em outros setores científicos, tecnológicos e industriais. Aborda, também, que o efeito de arraste, mesmo com sua relevância, é tratado com uma prioridade secundária durante o processo de desenvolvimento.

Segundo Guimarães (2005), um projeto de arraste tecnológico requer:

- uma “massa crítica” de cérebros humanos, reunidos num ambiente que estimule o pleno desenvolvimento de suas potencialidade;
- a motivação, gerada por um objetivo colimador de esforços e sobre o qual não parem dúvidas sobre os benefícios estratégicos e sociais que dele virão a ser derivados;
- um planejamento de metas intermediárias coerente e consistente com este objetivo, que seja de conhecimento de todos os envolvidos e sobre qual haja um convencimento geral sobre sua adequação; e
- uma abordagem gerencial que otimize a alocação de recursos (que serão sempre insuficientes ...), de forma a aproveitar da melhor forma possível o esforço a ser dispendido.

Segundo Dagnino (2008), o termo deixou de ser apenas um fato observado após a 2ª Guerra Mundial para relacionar-se a um processo, caso não natural, sendo possível o seu estímulo por meio de políticas públicas orientadas para aplicação civil a partir de desenvolvimentos de tecnologias de uso militares.

Leske (2018) cita que os principais impactos, do período pós Segunda Guerra Mundial e da Guerra Fria, foram observados nas indústrias aeronáutica e espacial e de semicondutores, e através dos desenvolvimentos da internet, computadores e energia nuclear. Ainda, acrescenta que o efeito de “*spin-off*” se tornou um aliado para a justificativa de aumento de investimentos na área de defesa, incluindo a manutenção de sua indústria.

Decorrente disso, a indústria começou a pesquisar meios de desenvolvimento de produtos que possuíam aplicação dual – isto é militar e civil – que poderiam garantir um maior retorno aos investimentos realizados em sua concepção e desenvolvimento (LESKE, 2018 apud RUTAN, 2006; DUNNE and BRADDON, 2008; SEMPERE, 2015).

Dagnino (2008) aborda que a transferência de tecnologia, resultante desta interação, ocorreu de forma rápida e com facilidade, gerando uma substituição de diversos produtos e tecnologia de uso civil, exploradas pela economia de escala decorrentes, citando como exemplos: Turbinas e cabines pressurizadas de aviões, dispositivos de comunicação e detecção, semicondutores, computadores etc.

Atualmente, após o fim da Guerra Fria, e com o desenvolvimento e aumento da

velocidade da mudança tecnológica da indústria civil, principalmente na área de produtos duráveis, iniciou-se a ocorrência do efeito ao contrário, isto é, a avaliação dos produtos civis que poderiam ser utilizados na área militar, sendo conhecido por efeito “spin-in” (DAGNINO, 2008).

Dagnino e Campos Filho (2007) afirmam que algumas pesquisas tem apresentado uma tendência atual de crescimento do efeito “spin-in” nos países desenvolvidos, isto é, inovações que foram desenvolvidas no setor civil, após testadas, foram aplicadas com sucesso no setor militar.

## **2.5 Tríplice Hélice**

A definição de tríplice hélice foi desenvolvida por Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff, que abordavam a premissa de que a inovação é dinâmica e sustentável a partir da interação entre três atores: a universidade, a iniciativa privada e o poder público. Pela teoria da tríplice hélice, a universidade assume o papel da indústria e do governo, por meio da geração de novas indústrias e empresas (LANDGRAF, 2019).

Essa teoria considera, também, que as universidades e os Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) são os produtores de inovação, que congregam a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, enquanto as empresas induzem o processo com suas demandas, e o governo atua como facilitador dessa interação entre a universidade e a indústria, com ações de programas de incentivo à pesquisa e redução de burocracia que podem atrasar os processos de desenvolvimento das inovações (LANDGRAF, 2019).

A Marinha do Brasil, em seu PCT&I, considera que a escolha adequada de parcerias pode ser uma das ações mais eficazes na execução conjunta de pesquisas, apoio de infraestrutura tecnológica, intercâmbio de conhecimentos, dentre outras, consistindo em uma relação duradoura e confiável, com o objetivo de realizar a atualização tecnológica e inovação sustentável utilizando o conceito da tríplice hélice, sendo essas parcerias realizadas com outras Forças ou Órgãos extra-MB, com a Indústria e a Academia (BRASIL, 2017a).

## **2.6 A Evolução da BID brasileira**

A indústria de defesa do Brasil pode ser interpretada como o resultado das condições econômicas e geopolíticas que o país vivenciou ao longo de sua história (DRUMOND, 2014).

Podendo ser visualizada em três fases, que corresponderam a contextos econômicos e geopolíticos que ficaram bem caracterizados (AMARANTE, 2004). Sendo assim, este capítulo apresenta a divisão destes períodos de modo a auxiliar a compreensão do trabalho em relação ao processo de desenvolvimento da BID brasileira, particularmente no que concerne ao setor nuclear.

### **2.6.1 Nascimento e Expansão (Arsenais) de 1763 a 1889**

A transferência da Corte para o Brasil já havia sido planejada anteriormente, porém devido à frequência de conflitos no Sul do Brasil, foi cogitada a sua transferência para se localizar o mais próximo possível do teatro de guerra. Essa decisão foi reforçada com a descoberta de ouro em Minas Gerais, sendo que o Rio de Janeiro passou a sediar o governo central a partir de janeiro de 1763 (DRUMOND, 2014).

A BID teve seu início na segunda metade do século XVIII (ANDRADE, 2016), com a construção da Casa do Trem<sup>4</sup>, em 1762, segundo a decisão do vice-rei Gomes Freire de Andrade (ANDRADE, 2016), que possuía a finalidade de realizar pequenos reparos em armamentos, bem como armazená-los e suas munições, que era localizado junto ao Forte de Santiago, onde atualmente está inserido o conjunto de edificações do Museu Histórico Nacional na cidade do Rio de Janeiro (ARSENAL DE GUERRA DO RIO, 2021).

Naquele período, por decisão do D. Antônio Alvarez da Cunha, o Conde de Cunha, que assumiu o governo da Capitania Geral do Rio de Janeiro em 1763, houve a fundação de um estaleiro, localizado ao sopé do Mosteiro de São Bento, chamado de Arsenal Real da Marinha, hoje conhecido como Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), e que teve como sua primeira missão a construção de uma nau chamada de “São Sebastião”, lançada ao mar em 1767. Após a construção desta nau, o estaleiro teve como atividade principal o reparo e manutenção dos navios da esquadra real e outros que aportavam no Rio de Janeiro (ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO, 2021).

Os dois acontecimentos descritos podem ser considerados como o marco inicial da BID brasileira (ANDRADE, 2016).

---

<sup>4</sup> Trem significa o conjunto de petrechos necessários à atividade bélica (texto Arsenal de guerra- Internet).

Com a transferência da corte portuguesa para o Brasil, ocorrida em 1808, houve uma reorganização das forças militares com a criação de escolas militares, arsenais, fábricas e oficinas, ensejando em uma profunda reorganização das Forças Armadas (FÁBRICA DE POLVORA, 2021).

Nesse período, as bases da indústria de material bélico do reino foram lançadas, sendo feito o aparelhando a Casa do Trem, a Casa das Armas e criando a Inspetoria-Geral de Artilharia, Arsenais, Fábricas e Munições (DRUMOND, 2014).

Em 1808, ocorreu a inauguração da Real Fábrica de Pólvora, com a finalidade de produzir armas e munições, estando localizada às margens da Lagoa Rodrigo de Freitas. Em 1824, com a ocorrência de explosões, foi transferida para o distrito de Estrela, em Petrópolis, onde permanece até os dias atuais, funcionando como unidade da Indústria Brasileira de Material Bélico (IMBEL) (DRUMOND, 2014).

Foi criada, também, Real Fábrica de Ferro São João de Ipanema, na área de Sorocaba, que inicialmente produzia ferros e armas brancas, e passou a produzir canhões a partir do recebimento de novos fornos e forjas. A fábrica foi reinaugurada em 1810, sendo que, também, foram produzidos na área comercial utensílios civis, tais como panelas, escadas, pregos, arames, entre outros, demonstrando que esta linha de produtos comerciais, apesar de estar numa fábrica de produtos militares, tem a capacidade de beneficiar outros setores da economia com seus processos de manufatura. Esses produtos comerciais, na época, conquistaram diversos prêmios em feiras internacionais devido ao elevado padrão qualidade apresentado (DRUMOND, 2014).

Silva (2018) cita que quase um século após sua criação, o Arsenal Real da Marinha era considerado a maior planta fabril da Capital do Império, acumulando experiência na construção e reparo de navios. Em 1867, ele acabara de projetar e construir 3 navios de guerra, os Monitores Pará, Rio Grande e Alagoas, novos em relação a sua forma e métodos de construção, com costados completamente recobertos por chapas de ferro, artilharia montada em torres giratórias e movidos por máquinas a vapor. Ainda, segundo Silva (2018), esses navios foram postos à prova na Guerra da Tríplice Aliança contra o Paraguai (1864-1870), enfrentando a Fortaleza de Humaitá, bem como os navios paraguaios durante a Batalha Naval do Riachuelo, logrando êxito em suas batalhas.

## 2.6.2 Fábricas Militares (1889 – 1940)

Neste período, as aquisições de defesa basicamente foram priorizadas consistindo na importação de itens provenientes em sua grande maioria de países da Europa, havendo dificuldades de recursos financeiros para as suas aquisições por causa da crise financeira instalada no país após a Guerra do Paraguai (1864-1870), e muitas dessas aquisições ocorreram por financiamentos decorrentes de empréstimos externos que possuíam como condições impostas ao Brasil a produção e exportação apenas de produtos agrícolas, vetando a venda pelo Brasil de produtos manufaturados. A indústria Têxtil no Brasil teve um incremento de suas atividades e sua produção chegava a atender a cerca de 80% do consumo interno do país (DRUMOND, 2014).

Ainda de acordo com o mesmo autor, com as aquisições de material bélico provenientes do exterior, o país carecia de mão de obra qualificada para operar e manter os equipamentos militares adquiridos, esta deficiência facilitava a degradação desses itens, tornando-os indisponíveis mais rapidamente.

Ocorreu a inauguração da fábrica de pólvora de Piquete (SP), em 1902, que produzia propelentes – dinamite e pólvora de base simples e dupla de uso militar e civil, com a finalidade de produzir munições e explosivos para a MB, o Exército Brasileiro (EB) e mercado civil, sendo que esta fábrica ingressou no conglomerado da IMBEL na década de 70 (DRUMOND, 2014).

Houve, também, o início da indústria aeronáutica do país, com os seus primórdios no EB, com uso de balões, e na MB, com a aquisição de hidroaviões (DRUMOND, 2014).

Ocorreram diversas criações de protótipos e de aviões nacionais, dos quais se destaca como o primeiro voo de um avião construído no país, o “São Paulo”, em 7 de janeiro de 1909, sendo projetado e construído por Dimitri Sensaud de Lavaud, realizado na cidade de Osasco, com suas partes de aço todas importadas e montado no país (MIWA, 2012).

A MB criou a primeira escola de aviação militar do país, em 23 de agosto de 1916, com as suas instalações na carreira do antigo Arsenal de Marinha, sendo que foi transferida para a Ilha das Enxadas, e finalmente para a ponta do Galeão, até o ano de 1941, quando houve a criação da Força Aérea Brasileira (FAB) (COMANDO DA FORÇA AERONAVAL, 2021).

Contudo, apesar das ações acima empreendidas, a indústria aeronáutica brasileira não conseguia se desenvolver, tendo como um fator que dificultou este desenvolvimento a quantidade, disponibilidade e facilidade de aquisições de aeronaves militares usadas por

preços muito acessíveis no mercado internacional, pois existia uma grande quantidade destas aeronaves disponíveis após o final da Primeira Guerra Mundial, o que desestimulou o investimento na infraestrutura da indústria aeronáutica brasileira, somando-se a esse fato, também, a ausência de profissionais qualificados (DRUMOND, 2014).

Apesar de ter personalidades como Santos Dumont e Dimitri Sensaud de Lavaud, como precursores da aviação mundial, o Brasil pode ter o seu atraso no desenvolvimento da indústria aeronáutica explicado por dois fatores principais: falta de capacidade industrial e de interesse político (MIWA, 2012).

Houve, também, a expansão da atividade industrial com o incremento da produção da Siderúrgica Belgo-Mineira, inaugurada em 1924, localizada em Minas Gerais e com Companhia de Cimento Portland, em 1926, localizada em São Paulo (DRUMOND, 2014).

Segundo Amarante (2004), as turbulências, ocorridas internamente, fizeram com que após a Primeira Guerra Mundial, as importações de equipamentos militares fossem suspensas. Essa tendência somente seria revertida após a chegada de Getúlio Vargas ao poder, a partir da Revolução de 1930.

Amarante (2004) ainda argumenta que a política inicial do Governo de Vargas (1930-1945) seria a expansão e modernização do parque industrial, produzindo uma maior autonomia em relação aos itens importados, descrevendo que, no transcorrer daquela década, foram criadas fábricas para a produção de diversos bens militares, porém naquele momento o parque industrial ainda era pautado em tecnologias estrangeiras adquiridas ou produzidas sob licença, bem como a BID não conseguia produzir equipamento militar pesado, tais como canhões e veículos blindados, pois o país não possuía uma indústria siderúrgica pesada. Essa conjuntura viria a ser alterada após a instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) pelo seu governo em 1945.

### **2.6.3 Incorporação da CT&I (Pesquisa e Desenvolvimento) de 1945 a 1990**

Segundo Andrade (2016), a década de 1940 representa uma transição na indústria nacional em termos de crescimento, o que foi potencializado com a inauguração da CSN, em 1945.

Após a Segunda Guerra Mundial, os militares vislumbraram a importância da Ciência e Tecnologia (C&T) para a composição da capacidade estratégica do país, mas a nível de Estado somente a partir da década de 60 que se esboçou uma maior ênfase em sua adoção, porém apesar dos estímulos do Estado, ainda que parcos, não havia uma continuidade, por

falta de apoio político e econômico (CAVAGNARI FILHO, 1993).

Diante desse cenário, os militares passaram a considerar que os seus esforços constituiriam o principal vetor no desenvolvimento da C&T do estado, tanto para o avanço da capacidade estratégica quanto para o desenvolvimento do país, mantendo uma modernização contínua das Forças Armadas, o que contribuía para um robustecimento da BID (CAVAGNARI FILHO, 1993).

Amarante (2004) cita que apesar dos custos reduzidos para se importar equipamentos, a guerra, também, serviu para mostrar a importância do desenvolvimento tecnológico no setor militar, tornando as atividades de P&D relevantes para as FFAA, resultando no incremento de sua prioridade e na decisão de fomentar estas atividades no âmbito das próprias Forças Armadas.

Resultante desse aumento de prioridade, foram instituídas iniciativas que resultariam em grandes centros tecnológicos, tais como: o Centro Tecnológico do Exército<sup>5</sup> (CTEx), criado em 1946, o Centro Técnico Aeroespacial<sup>6</sup> (CTA), criado em 1953 e o Instituto de Pesquisas da Marinha<sup>7</sup> (IPqM), criado em 1959. Estes Centros possuíam como objetivo básico o desenvolvimento de tecnologias militares e incentivo à produção industrial no Brasil, promovendo a produção autônoma de equipamentos para as Forças Armadas, com a participação de empresas nacionais (ANDRADE, 2016).

Na década de 50, ainda foram criadas instituições de nível superior, subordinadas as Forças Armadas, com a finalidade de formar engenheiros em áreas consideradas fundamentais às Forças e para a BID, que foram: o Instituto Tecnológico da Aeronáutica<sup>8</sup> (ITA),

---

<sup>5</sup> Possui como missão realizar a Pesquisa Aplicada, o Desenvolvimento Experimental e a Prestação de Serviços Científicos e Tecnológicos, na área de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) de interesse do Exército (<http://www.ctex.eb.mil.br/missao>).

<sup>6</sup> Atualmente é designado por Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) e possui como missão desenvolver soluções científico-tecnológicas no campo do Poder Aeroespacial, a fim de contribuir para a manutenção da soberania do espaço aéreo e a integração nacional. Possui como Organização Militares subordinadas : Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA); Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC); Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE); Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI); Instituto de Estudos Avançados (IEAv); Grupamento de Apoio de São José dos Campos (GAP- SJ); Centro de Lançamento de Alcântara (CLA); Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI); Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV); Centro de Preparação de Oficiais da Reserva da Aeronáutica de São José dos Campos (CPORAER-SJ); e Prefeitura de Aeronáutica de São José dos Campos(PASJ).(<https://www.cta.br/index.php/historico>).

<sup>7</sup> Possui como missão realizar atividades de pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços tecnológicos, associados a sistemas, equipamentos, componentes, materiais e técnicas, nas áreas de: Sistemas de Armas, Sensores, Guerra Eletrônica, Guerra Acústica, Sistemas Digitais e Tecnologia de Materiais, a fim de contribuir para a independência tecnológica do Brasil, o desenvolvimento da Base Industrial de Defesa e o fortalecimento do Poder Naval ( <https://www.marinha.mil.br/ipqm/missao>).

<sup>8</sup> Possui como missão:- ministrar o ensino e a educação necessários à formação de profissionais de nível superior, nas especializações de interesse do campo Aeroespacial, em geral, e do Comando da Aeronáutica, em particular; - manter atividades de graduação, de pós-graduação stricto sensu, de pós-graduação lato sensu e de

subordinado à FAB, em 1950 e o Instituto Militar de Engenharia<sup>9</sup> (IME), subordinado ao EB, em 1959.

Desde a Segunda Guerra Mundial, a MB havia ampliado o contato com comunidade científica e universitária de São Paulo, seja com os trabalhos na área de sonares com o Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), seja com a ampliação do convênio junto ao Instituto de Pesquisas Técnicas (IPT). A MB, também, tomou a decisão de formar a maior parte dos seus engenheiros na Escola Politécnica da USP (GUIMARÃES, 2005), o que pode corroborar com a escolha da MB não investir em uma unidade própria da força para a formação de engenheiros, utilizando os cursos e estruturas da USP, bem como do IME.

A partir desse acordo firmado, a USP passou a representar a instituição de ensino superior da MB, assemelhando-se ao IME e ao ITA. Atualmente, o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) é localizado nas instalações do campus dessa instituição (BRASIL, 2007).

As instituições listadas merecem destaque na produção de desenvolvimento de tecnologias estratégicas militares, que foram responsáveis pelo impulsionamento da BID brasileira:

- a. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) em 1956;
- b. Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE) em 1963;
- c. Engenheiros Especializados S.A.(ENGESA), em 1965, que inicialmente fabricava tratores agrícolas e florestais, passando a compor a BID brasileira na década de 70 com a produção de blindados sobre rodas;
- d. Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), em 1967. A partir de 1971 tornou-se a Secretaria Executiva do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) que tinha o objetivo de expandir o sistema de C&T no Brasil;
- e. Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN) em 1971;
- f. Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (EMBRAER) em 1969. Uma das maiores empresas da atualidade da BID brasileira oriunda do Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), com o intuito de se consolidar como fabricante de aeronaves tanto de aplicações civil, quanto militar;
- g. IMBEL em meados da década de 70. Empresa destacada na fabricação de armamentos e aparelhos de comunicação portáteis, munições e explosivos;
- h. Empresas Nucleares Brasileiras S.A. (NUCLEBRÁS), em 1974. Empresa destacada na produção de grandes estruturas metálicas, chapas e similares;
- i. Helibras ao final dos anos 70. Joint venture 21 destacada na fabricação do helicóptero Esquilo;
- j. Empresa Gerencial de Projetos Navais (EMGEPRON), em 1982. Sua

---

extensão; e promover, por meio da educação, do ensino e da pesquisa, o progresso das ciências e das tecnologias relacionadas com as atividades aeroespaciais (<http://www.ita.br/info>).

<sup>9</sup> Foi criado proveniente da fusão da Escola Técnica do Exército, criada em 1920, com o nome de Escola de Engenharia Militar, que em 1933, teve a sua denominação alterada para Escola Técnica do Exército, com o Instituto Militar de Tecnologia, que foi criado em 1949. Possui como missão Formar, especializar e aperfeiçoar pessoal em nível superior no campo científico-tecnológico e cooperar, pelo ensino e pela pesquisa, para o progresso do Exército Brasileiro e do país. (<http://www.ime.eb.mil.br/pt/filosofia.html>)

finalidade precípua era gerenciar projetos e impulsionar a construção naval militar, bem como, fabricar munições de aplicação militar-naval. Deste momento, até os anos noventa, as iniciativas quanto ao incentivo à BID eram isoladas dentro de cada força armada sem uma coordenação unificada, tanto no aspecto da produção quanto no aspecto do P&D (GUIMARÃES, 2016).

Segundo Cavagnari Filho (1993), os Estados Unidos da América (EUA) foram os primeiros a perceberem a importância da tríplice hélice, isto é, a articulação entre as forças armadas, com o setor produtivo e as universidades (governo-empresa-academia), criando um modelo que foi adotado por outros países, que viria a consolidar a P&D militar como setor mais dinâmico de C&T.

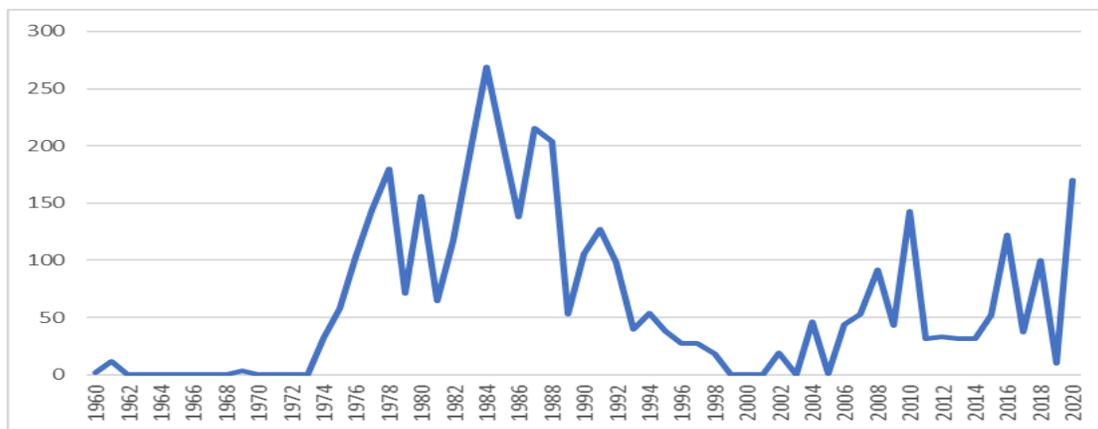
Rangel *et al.* (2019) citam que a ascensão do grupo político-militar ao poder na década de 1960 no Brasil, aumentou a conscientização dos governantes em relação a necessidade de uma maior autossuficiência de equipamentos militares, o que foi responsável pela implementação de uma política de fomento à P&D, em meados da década de 1970, o que fortaleceu e consolidou a BID. Ressalta, também, que os governos posteriores a década de 1960 organizaram uma diversificação na área industrial de defesa, com o objetivo da redução da dependência dos produtos externos, elevando a influência do país no cenário internacional.

#### **2.6.4 Consolidação da BID de 1990 aos dias atuais**

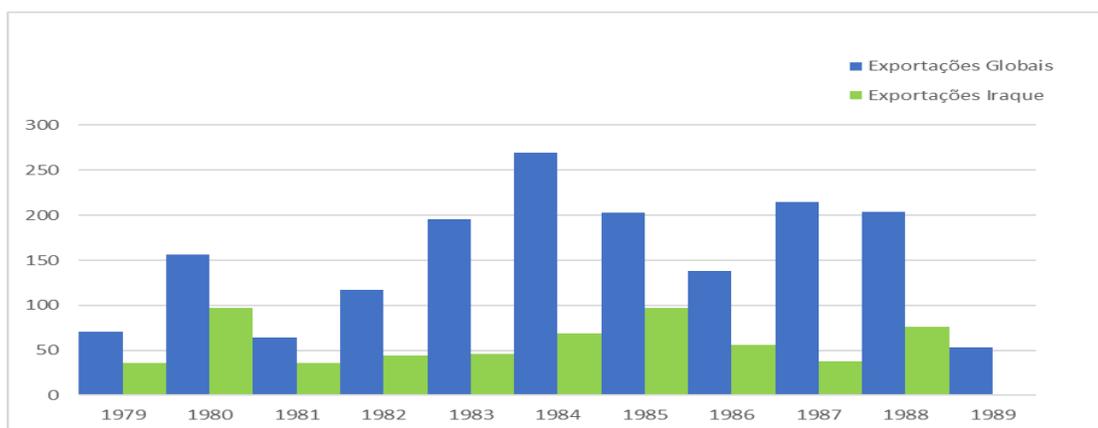
Uma grave crise marcou a BID brasileira na década de 90, sendo que das três maiores empresas do setor militar brasileiro (EMBRAER, ENGESA e Avibras<sup>10</sup>), por exemplo, somente a EMBRAER conseguiu se manter bem-sucedida, após a superação de crises e reestruturações. A ENGESA, que na época, era considerada a maior empresa exportadora de produtos militares foi à falência em 1993 e a Avibras, que era considerada a 3ª maior exportadora da BID, manteve-se sem vendas de produtos para exportação no período de 1993 a 1999 (ANDRADE, 2016).

---

<sup>10</sup> A empresa foi fundada em 1961 por um grupo de engenheiros do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), sendo pioneira na construção de aeronaves, na participação em programas de pesquisa espacial, no desenvolvimento e na fabricação de veículos especiais para fins civis e militares. Na década de 60, desenvolveu foguetes para o Ministério da Aeronáutica e do Exército, além de sistemas de foguetes e armamentos para FAB e a MB. Na década de 80, desenvolveu o sistema de foguetes de artilharia para saturação de área (ASTROS). Atualmente, produz sistemas de defesa ar-terra e terra-terra, aeronaves remotamente pilotadas (ARP) e mísseis, com todo o projeto, desenvolvimento e integração de software e hardware realizados pela própria empresa. (<https://www.avibras.com.br/site/institucional/nossa-historia.html>)



**GRÁFICO 1 – Exportações brasileiras de armamentos (1960-2020) – Valores em US\$ milhão**  
 Fonte: Elaboração própria com base no SIPRI Arms Transfer Database. Disponível em <<https://www.sipri.org/databases/armstransfers>>. Acesso em: 08.apr.2021.



**GRÁFICO 2 – Comparação das exportações globais da BID brasileira com as exportações para o Iraque (1979-1989) – Valores em US\$ milhão**  
 Fonte: Elaboração própria com base no SIPRI Arms Transfer Database. Disponível em <<https://www.sipri.org/databases/armstransfers>>. Acesso em: 08.apr.2021.

O Gráfico 1 apresenta os valores globais de exportações brasileiras no período de 1960 a 2020, demonstrando a expansão da BID brasileira ocorrida a partir do ano de 1973, e com uma queda expressiva a partir de 1989. Alguns autores citam que esta queda ocorreu devido ao término guerra Irã-Iraque (1980-1988). O gráfico 2 apresenta os totais das exportações globais e para o Iraque da BID brasileira, entre 1979 e 1989. Outros autores citam que o enxugamento da demanda da BID brasileira foi motivado pelo fim da guerra fria, com a queda do muro de Berlim (1989).

Drumond (2014) considera que, apesar da produção de um carro de combate, submarino ou um caça não possuem aplicação civil, a engenharia, o conhecimento e os processos industriais incorporados para o desenvolvimento e produção desses equipamentos

militares trazem diversos benefícios aos setores produtivos, e ainda afirma que o setor aeronáutico foi o que teve maior visibilidade nesta contribuição, ressaltando que a crise na década de 90 havia impactado fortemente a indústria de defesa, porém as demandas do setor militar brasileiro não haviam cessado, as quais foram sendo supridas pontualmente.

No período de 2000 a 2010, a maior parcela dos produtos militares exportados pela BID brasileira foram de baixa e médias tecnologias, enquanto as importações eram produtos de alta tecnologia, o que tornava, também, a balança deste setor deficitária (DRUMOND, 2014).

As publicações de documentos, tais como: a Política Nacional de Indústria de Defesa (PNID) de 2005, a PND de 2005, a END em 2008 e o LBDN em 2012, foram considerados relevantes para a inserção do tema defesa nacional nas políticas públicas do país (RANGEL *et al.*, 2019).

Aliado as publicações desses documentos, um processo de reorganização e modernização da BID pode ser vislumbrado, com alterações jurídicas e políticas de defesa a favor da implementação de um programa institucional, com a inclusão do desenvolvimento de grandes projetos que iniciariam a reconstrução e o fortalecimento da BID. Foram adotados programas centrais de interesses por parte das três FFAA: FX-2 e KC-390, da FAB; PROSUB (incluindo o PNM) e Corvetas Classe Tamandaré, da MB; e Blindado Guarani e ASTROS 2020 (RANGEL *et al.*, 2019).

Outra questão importante foi a definição como um dos eixos estruturantes da END à reorganização da indústria nacional de material de defesa com a finalidade de atender às necessidades de equipamento das FFAA, apoiando-se em tecnologias sob domínio nacional (BRASIL, 2020c). Além disso, a END ainda relacionou os setores de importância estratégica e as FFAA responsáveis por cada um, sendo o espacial, da FAB, o cibernético, do EB e o nuclear, da MB (BRASIL, 2020c).

Essas divisões de responsabilidade definem a força armada que empreenderá os esforços para atingimento dos objetivos estratégicos de cada setor, evitando que sejam desperdiçados recursos, sejam humanos e orçamentários, em projetos que possuem mesma finalidade em forças armadas diferentes, ocasionando uma economia de recursos e incentivando a integração das FFAA.

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (ABIMDE), que, em 2020, completou 35 anos de existência, atualmente a BID possui mais de 200 empresas associadas, que são responsáveis por mais de 60 mil empregos diretos e outros 240 mil empregos indiretos, tendo apresentado, nos dois últimos anos, um

acréscimo do número de seus associados na ordem de 30% (ABIMDE, 2021).

Como abordado neste capítulo, o mercado de produtos de defesa é monopsônico, dependendo do Estado para o seu investimento, compras e sua manutenção. Outro fator determinante é que os seus produtos são restritos à utilização e venda por governos, pois estes são essenciais a defesa nacional e são vendidos a outros governos com o uso de restrições diplomáticas.

Para o desenvolvimento deste mercado é primordial a atuação do governo, o que incorre no dilema do “*guns x butter*”, que restringe a aplicação de recursos em áreas importantes e necessárias da sociedade para a aplicação no mercado de defesa, incrementando a defesa do território. Em países que as necessidades da população são maiores, a tendência é que esta questão seja mais crítica ainda, pois estes vultosos investimentos serão alvo de mais questionamentos pela população.

Apesar desse dilema, o investimento nesse mercado, proporciona alguns produtos que possuem aplicações na área civil, por transbordamento das tecnologias que foram desenvolvidas para aplicação militar, o que é conhecido por “*spin-off*” ou arraste tecnológico (no caso específico do PNM).

Atualmente, alguns autores já abordam que existe o processo inverso, que seria o “*spin-in*”, isto é, o desenvolvimento de produtos de utilização civil, que após testados e validados, podem ter aplicação no uso militar. Porém, esse efeito ocorre em ambientes que estão mais desenvolvidos em termos de inovação, mostrando que o desenvolvimento de produtos com utilização civil é avaliado pelo setor militar para verificar a viabilidade de aplicação em áreas específicas nesse setor.

### 3 MARCO LEGAL

O Objetivo deste capítulo será o de abordar como é constituída a questão legal da organização dos programas estratégicos das FFAA, apresentando os documentos que a nível macro norteiam o assunto, bem como impactam a manutenção e desenvolvimento da BID.

Relativamente à BID, é necessário, primeiramente, apresentar a definição de soberania. Este conceito é importante para nortear o estudo desta, pois, para garantirmos a nossa soberania, que é um dos objetivos principais da END<sup>11</sup>, é mister que tenhamos uma maior independência de produtos externos, priorizando o desenvolvimento de nossas próprias tecnologias (BRASIL, 2020c).

Conforme definição do Glossário das Forças Armadas, a soberania de um país é :

o poder supremo de que se acha revestida a autoridade de um Estado, poder de auto-determinar-se, de auto-governar-se, sem interferência de nenhum outro poder governando e disciplinando juridicamente a população que se encontra no seu território e mantendo relações com outros estados (BRASIL, 2015, p.260).

Segundo a Política Nacional de Defesa<sup>12</sup> (PND) (BRASIL, 2020c), a garantia da soberania, é relacionada como um dos Objetivos Nacionais de Defesa (OND), e é tratada como a condição inalienável de se fazer valer os interesses nacionais e de se exercer a última instância da autoridade do Estado, sendo importante uma maior conscientização da sociedade brasileira em relação a sua responsabilidade no que tange a sua preservação.

Para o atingimento desse objetivo, o Estado possui a responsabilidade de coordenar as ações relacionadas à Segurança e Defesa Nacionais, sendo que a Segurança Nacional é focada na preservação da soberania, da integridade territorial e da realização dos interesses nacionais, independente de pressões e ameaças de qualquer natureza, bem como na preservação da garantia aos cidadãos do exercício dos direitos e deveres constitucionais, enquanto a Defesa Nacional possui a ênfase na expressão militar com a finalidade de defender o Território Nacional, sua soberania e de seus interesses nacionais contra ameaças preponderantemente externas, potenciais ou manifestas (BRASIL, 2020c).

---

<sup>11</sup> A END é considerada como documento que orienta os segmentos do Estado brasileiro quanto às medidas que devem ser implementadas para a consecução dos Objetivos Nacionais de Defesa (OND), definidos pela Política Nacional de Defesa (PND).

<sup>12</sup> A PND é considerada como documento condicionante de mais alto nível para o planejamento de ações voltadas à defesa do país, relacionando 8 Objetivos Nacionais de Defesa (OND) que devem ser interpretados como as condições a serem alcançadas e mantidas permanentemente pela nação brasileira no âmbito de Defesa.

### 3.1 Documentos Condicionantes

A PND e a END são considerados os dois documentos de mais alto nível relacionados à Defesa, pois eles enfatizam a necessidade de se estruturar os meios de defesa em torno de suas capacidades e o desenvolvimento das potencialidades do país. (BRASIL, 2017a)

A Política de Defesa Nacional (PDN) foi aprovada em 1996, durante o Governo de Fernando Henrique Cardoso (1995-2003), tendo uma de suas finalidades equacionar as políticas de defesa das três forças armadas, colocando uma base comum no processo e criando um vínculo institucional entre as Forças Armadas e a diplomacia (ALSINA Jr., 2003).

Ainda de acordo com o autor:

Pela primeira vez, formulou-se conjuntamente um documento declaratório sobre defesa em que o vínculo institucional entre a diplomacia e as Forças Armadas é claramente articulado a partir de uma base comum de entendimentos. A embasar a redação da PDN, estava a percepção de FHC de que se deveria romper definitivamente com as perspectivas que fundamentaram o preparo militar (especialmente do Exército) no passado, atribuindo prioridade ao papel castrense no respaldo às iniciativas de política externa do País (2003, p. 75).

O Ministério da Defesa (MD) foi criado em 09 de junho de 1999, por meio da Lei Complementar nº 97, que dispôs sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o empregos das Forças Armadas, subordinando as três forças armadas ao novo ministério (BRASIL, 1999).

A PDN foi atualizada em 2005, com alteração do nome para PND, por meio do decreto Nº 5.484, de 30 de junho de 2005 (BRASIL, 2005).

A PND, além de relacionar os OND, apresenta o conceito de Poder Nacional, que pode ser compreendido como a capacidade que a Nação tem para alcançar e manter os Objetivos Nacionais, possuindo cinco expressões: política, econômica, psicossocial, militar e científico-tecnológica. Cita, também, que as medidas a serem implementadas pelo Setor de Defesa para a consecução do OND, deverão atender, no que for cabível, às interações com as políticas setoriais dos demais órgãos da Administração Pública Federal (BRASIL, 2020a).

No mesmo ano, o MD aprovou a Política Nacional da Indústria de Defesa (PNID), por meio da Portaria Normativa Nº 899/MD, de 19 de julho de 2005, na qual agregava duas definições importantes: BID e Produto Estratégico de Defesa (PED), possuindo como objetivo

geral o fortalecimento da BID e dentre os seus objetivos específicos citava a redução de carga tributária incidente sobre a BID, a diminuição progressiva da dependência externa de produtos estratégico de defesa, desenvolvendo-os e produzindo-os internamente e o aumento da competitividade da BID brasileira para a expansão das exportações (BRASIL, 2005).

Em 2008, foi aprovada a END, por meio do Decreto Nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008, sendo considerado um fato inédito por incluir os assuntos de defesa na agenda nacional e a formulação de um planejamento de longo prazo para a defesa do País. Serviu, também, para reafirmar a importância da soberania, da integridade do patrimônio e do território e da unidade nacionais (BRASIL, 2008).

A END, além de orientar os segmentos do Estado brasileiro quanto às medidas para o alcance dos OND, define as estratégias que vão orientar a sociedade brasileira nas ações de defesa da pátria, resumindo-se no preparo e na aplicação do Poder Nacional, levando em consideração os meios, os óbices e os fins a atingir, para a conquista e manutenção dos objetivos da PND (BRASIL, 2020a).

A END relaciona três setores estratégicos, considerados essenciais para a Defesa Nacional, a saber: o nuclear, cuja responsabilidade foi atribuída à MB, o cibernético, atribuído ao EB e o Espacial, atribuído à FAB. O documento realça, ainda, que o Brasil é um dos países mais atuantes na causa da não proliferação de armas atômicas, optando por seu emprego para fins pacíficos. Também, cita como objetivos atinentes ao setor nuclear, as seguintes iniciativas: o aprimoramento da tecnologia para fins pacíficos; a completa nacionalização e desenvolvimento da escala industrial do ciclo do combustível nuclear e da tecnologia de construção dos seus reatores, no que tange ao programa do submarino convencional de propulsão nuclear; o aprimoramento das tecnologias e capacitações nacionais com vistas a qualificar o País a projetar e construir reatores de pesquisa, reatores de teste e termelétricas nucleares, entre outras (BRASIL, 2020c).

Com a aprovação da Lei Complementar nº 136, em 25 de agosto de 2010, que alterou a LC Nº 97/99, foi criado o LBDN<sup>13</sup> e determinado o envio de suas atualizações para

---

<sup>13</sup> O LBDN é o documento de caráter público pelo qual se tem o acesso ao amplo contexto da Estratégia de Defesa Nacional, em perspectivas de médio e longo prazos, o qual viabiliza o acompanhamento do orçamento e do planejamento plurianual, contendo dados estratégicos, orçamentários, institucionais e materiais detalhados sobre as Forças Armadas.

apreciação pelo Congresso Nacional (CN), a partir de 2012, de 4 em 4 anos, da PDN, da END e do próprio LBDN (BRASIL, 2010).

O Planejamento de Alto Nível da Marinha do Brasil é consolidado no Planejamento Estratégico da Marinha (PEM), sendo condicionado pelos documentos de alto nível da Defesa, tais como a PND, a END, o LBDN e a Política Marítima Nacional (PMN). O PEM tem como propósito a orientação do planejamento de médio e longo prazo, por meio de Objetivos Navais<sup>14</sup> (OBNAV) que são organizados em uma cadeia de valores, orientados pela visão de futuro da MB. Das análises desses objetivos são elaboradas as Estratégias Navais<sup>15</sup>(EN) e as Ações Estratégicas Navais<sup>16</sup> (AEN) (BRASIL, 2020b).

O PNM é relacionado como um dos sete programas estratégicos da MB, sendo considerado de grande relevância estratégica para o Poder Naval, tendo em vista que os seus dois projetos principais – Ciclo do Combustível Nuclear e Planta Nuclear Embarcada – são fundamentais para o projeto e construção do submarino convencional com propulsão nuclear. Além dessa relevância, o PNM representa um efeito multiplicador no esforço tecnológico da MB, com o projeto e fabricação de diversos equipamentos, componentes e materiais no País, bem como o projeto do ciclo de combustível nuclear possui tecnologia de uso dual em prol de setores de saúde, agricultura e energético (BRASIL, 2020b).

A Organização Militar (OM) responsável pela coordenação das atividades relativas ao PNM e ao PROSUB é a Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM). A MB, em seu PCT&I, define 7 Áreas Temáticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), nas quais este trabalho se identifica com a área específica Nuclear e Energia, que possui como Instituição Científica, Tecnológica e Inovação (ICT) responsável o CTMSP e como ICT líder a Diretoria de Desenvolvimento Nuclear da Marinha (DDNM) (BRASIL, 2017b).

Em sua Estratégia de CT&I (BRASIL, 2017c), a MB detalha as Subáreas e Linhas de Pesquisa Abrangidas pelas Áreas Temáticas de CT&I, das quais, a área Nuclear e Energia possui:

---

<sup>14</sup> Objetivo Naval (OBNAV) representa “o que” deve ser feito para alcançar a Visão de Futuro da MB.

<sup>15</sup> Estratégia Naval (EN) estabelece “como” devem ser executados os OBNAV.

<sup>16</sup> Ações Estratégicas Navais (AEN) são as ações concretas e adequadas à realidade do País, em diversos aspectos, com destaque para o orçamentário, tecnológico, de disponibilidade de matéria-prima e capacitação. São os caminhos que deverão ser seguidos pela MB, no mais alto nível, para que sejam atingidos os OBNAV.

Como objetivos:

- Geração de energia núcleo-elétrica a ser empregada em meios navais e em usinas termoelétricas nucleares;
- Emprego da energia nuclear em áreas ligadas à agricultura e saúde;
- Energias alternativas; e
- Segurança Nuclear.

Como subáreas e linhas de pesquisa:

- Combustíveis e Materiais Nucleares Avançados: - Reator nuclear integrado; - Reator nuclear com sistemas passivos de segurança; - Sistemas e processos de gerenciamento de rejeitos radioativos; - Instrumentação nuclear; e - Dispositivo de inspeção remota de soldas em processos de fabricação e manutenção de reatores nucleares.

Segurança Alimentar (Irradiação de Alimentos): - Técnicas e processos para prolongar a validade para consumo de carnes, frutas verduras e legumes por intermédio da irradiação de alimentos.

Radiações Ionizantes na Saúde, Biologia e Agricultura: - Utilização da radiação ionizante para o desenvolvimento de vacinas, biorremediadores, probióticos, moléculas radioativas para diagnóstico e terapia e biossegurança alimentar; e - Banco de Tecidos Biológicos, Biofotônica e Laser, Braquiterapia, Dosimetria das Radiações Pré-Clínica e Clínica, Farmacologia, Hidrogel, Imagem Molecular, Imagem Pré-Clínica, Medicina Nuclear, Pesquisa Clínica, Radiofarmácia, e Toxicologia.

Energias Sustentáveis/Alternativas: - Eletroquímica e Catálise, Energia da Biomassa, Energia Solar Fotovoltaica, Estudos de Confiabilidade, Hidrogênio e Células a Combustível. (BRASIL, 2017c)

Com a finalidade de se evitar interpretações errôneas, é importante salientar que o CTMSP desenvolvia o PNM e seus projetos relacionados até março de 2017, quando o Comandante da Marinha (CM) criou, por meio da Portaria Nº 77, de 20 de março de 2017, a DDNM, OM subordinada ao CTMSP, com o propósito de “desenvolver e aperfeiçoar instalações, sistemas, equipamentos, componentes, instrumentos, materiais, processos de fabricação, montagem e manutenção nas áreas de geração de energia nuclear e tecnologias associadas...”(BRASIL, 2017a).

Na área específica do setor nuclear, existem esforços internacionais com a finalidade de controlar as tecnologias e bens sensíveis. Esses esforços de controle originaram diversos acordos internacionais, arranjos multilaterais e unilaterais, como também criaram agências

específicas para a verificação do cumprimento destes acordos e arranjos (LONGO; MOREIRA, 2018).

Desses acordos e arranjos, destacam-se os seguintes marcos importantes para facilitar a compreensão das pesquisas na área nuclear pelo Brasil, ordenados pela cronologia de suas ocorrências:

- 1946 - Lei de Energia Atômica (Atomic Energy Act) - aprovada pelo Congresso dos EUA, em 01 de agosto de 1946, que além de criar a Comissão de Energia Atômica dos EUA, estabeleceu uma política para controle e gestão das pesquisas relacionadas à energia atômica, controle governamental sobre a produção, propriedade e uso de material físsil, além de um programa de assistência e fomento à pesquisa (EUA, 1946);

- 1957 - Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) - criada em 29 de julho de 1957, sendo uma agência autônoma internacional, sediada na cidade de Viena, Áustria. Nasceu como organização mundial “Átomos pela Paz” dentro da família das Nações Unidas, possuindo como objetivos acelerar e ampliar a contribuição da energia atômica para a paz, a saúde e a prosperidade em todo mundo, assegurando, na medida do possível, que a assistência prestada não seja utilizada de forma a promover qualquer finalidade militar (AIEA, 2021);

- 1967 - Tratado para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe (Tratado de Tlatelolco) - concluído na Cidade do México, em 14 de fevereiro de 1967, que os países integrantes se comprometeram a utilizar o material e as instalações nucleares submetidos à sua jurisdição, exclusivamente com fins pacíficos, e a abstenção de qualquer ação, seja direta ou indiretamente, para posse ou produção de qualquer arma nuclear. O referido tratado foi internalizado por meio do Decreto Nº 1.246 de 16 de setembro de 1994 (BRASIL, 1994b);

- 1968 - Tratado sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP) - aberto para assinatura em 1968, sendo que o mesmo entrou em vigor no dia 05 de março de 1970, possuindo como objetivo o impedimento da disseminação de armas nucleares e tecnologias de armas, a promoção da cooperação nos usos pacíficos da energia nuclear, visando o desarmamento nuclear. O Tratado representa o único compromisso vinculativo com o objetivo de desarmamento de armas nucleares pelos Estados, sendo que atualmente 191 Estados já aderiram, incluindo-se os cinco Estados que possuem armas nucleares (ONU –

TNP). O Tratado foi internalizado no Brasil por meio do Decreto Nº 2.864, de 07 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998b);

- 1974 - Grupo de Supridores Nucleares (Nuclear Suppliers Group - GSN) - criado em 1974, englobando os países fornecedores nucleares, com a finalidade de contribuir para a não proliferação de armas nucleares. Suas diretrizes são consistentes e complementam os diversos instrumentos internacionais no campo da não proliferação nuclear, incluindo o TNP e Tratado de Tlatelolco, em nosso caso específico (GRUPO DE SUPRIDORES NUCLEARES, 2021). O Brasil aderiu ao GSN e internalizou as suas diretrizes por meio do Decreto Nº 1.861, de 12 de abril de 1996 (BRASIL, 1996), que regulamentou a exportação de bens sensíveis e serviços diretamente vinculados a Lei Nº 9.112, de 10 de outubro de 1995 (BRASIL, 1995).

- 1991 - Acordo entre a República Federativa do Brasil, a República Argentina, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) e a AIEA para Aplicação de Salvaguardas, conhecido como “Acordo Quadripartite” - foi assinado de 13 de dezembro de 1991, no qual os Estados participantes acordaram a aplicação de salvaguardas a todos os materiais nucleares em todas as atividades nucleares desenvolvidas em seu território, com objetivo de assegurar que tais materiais não sejam desviados para aplicação em armas nucleares ou outros dispositivos nucleares explosivos. O referido acordo foi promulgado por meio do Decreto Nº 1.065, de 24 de fevereiro de 1994 (BRASIL, 1994a); e

- 1996 - Tratado de Proibição Completa de Testes Nucleares (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT)) - criado em 1996, com o objetivo de proibir e impedir qualquer explosão experimental de armas nucleares ou explosão nuclear em qualquer lugar sob sua jurisdição ou controle. Este Tratado foi internalizado pelo Decreto Legislativo Nº 64, de 02 de julho de 1998 (BRASIL, 1998a).

Além desses acordos e tratados dos quais o País participa e aos quais ratificou, cabe ressaltar, ainda, a determinação lançada no art. 21 da Constituição Federal: “- toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional” (BRASIL, 1988).

Este capítulo abordou de forma sintética, a organização do Governo Brasileiro e da Marinha do Brasil, em relação aos documentos normativos sobre os programas estratégicos do País. No nível do Governo Brasileiro foram citados a END, a PND e o LBDN, bem como a

parte específica da CF de 1988 sobre a questão da adoção da energia nuclear com fins pacíficos pelo Brasil.

A construção e aprovação da END, do PND e do LBDN demonstraram uma preocupação com a transparência e uma forma de se organizar e planejar o que se espera do País em relação aos seus programas estratégicos e em relação à capacidade e objetivos e suas Forças Armadas.

Com a adoção desses documentos, houve um incremento na importância do desenvolvimento e manutenção da BID brasileira, apresentando a responsabilidade desta para o avanço tecnológico do País, bem como na manutenção de sua soberania.

No nível da MB foram apresentados os documentos que norteiam como a força se organiza internamente para a priorização e formulação de seus projetos considerados estratégicos, bem como os seus projetos de P&D.

Neste trecho foi abordado, especificamente por ser o tema deste trabalho, o PNM, a sua constituição e como a MB se organizou para a condução deste Programa, bem como os seu programa correlato, o PROSUB. Além da apresentação destas organizações a nível de governo e de força armada, este capítulo também apresentou os principais acordos e organizações que o País se tornou signatário em relação ao controle de material sensível e material físsil, os quais se relacionam com a execução do PNM.

## 4 O SETOR NUCLEAR E O PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA

### 4.1 O Setor Nuclear

Nesta Seção, aborda-se como foi originado e desenvolvido o setor nuclear brasileiro, desde os seus primórdios até a aprovação da END, que definiu que o setor estratégico nuclear seria atribuição da MB.

Para o melhor entendimento deste tópico, deverá ser levado em consideração a distinção entre o Programa Nuclear Brasileiro (PNB) e o PNM, e que a MB adota como motivação estratégica a nacionalização completa e o desenvolvimento em escala industrial do ciclo do combustível e da tecnologia da construção de reatores, para uso exclusivo do Brasil, possuindo, também, como ação estratégica não só as ações necessárias para produzir a propulsão nuclear do submarino, bem como contribuir com o equilíbrio e a versatilidade da matriz energética brasileira e desenvolver áreas como as de agricultura e saúde (BRASIL, 2017c), sendo aparente que essa interação entre o PNM e o PNB é um clássico exemplo do efeito de “*spin-off*”.

Segundo Kuramoto e Appoloni (2000), apesar das diversas possibilidades de aplicação na área civil, a tecnologia nuclear nasceu ligada aos militares, sendo que as primeiras pesquisas realizadas no Brasil ocorreram na década de 30, mas somente após o ataque à cidade de Hiroshima (1945) que houve o aumento em seu interesse, em que se destacou o Almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva<sup>17</sup>.

O primeiro acordo nuclear do Brasil foi assinado junto aos EUA, em 1945, prevendo que o País forneceria materiais radioativos para os EUA e, em troca, esperava receber reatores nucleares (CORRÊA, 2010).

Durante o seu período de presidência no CNPq<sup>18</sup>, entre 1951 e 1955, o Alte Álvaro Alberto propôs um controle maior sobre as exportações de areia monazítica, extraídas

---

<sup>17</sup> O Alte Álvaro Alberto se formou na Escola Naval (EN), e graduou-se Físico e Engenheiro Geográfico pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Passou a lecionar a matéria de “Química dos Explosivos” na EN em 1916, onde, em 1939, introduziu o estudo da Física Nuclear. Dedicou-se mais de 30 anos ao magistério, sem abandonar suas pesquisas, sendo considerado o pioneiro no estudo da energia nuclear no Brasil. Foi idealizador e primeiro presidente do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), atualmente chamado de Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico, tendo sido, também, representante brasileiro na Comissão de Energia Atômica (CEA) da Organização das Nações Unidas (ONU), Presidente da Academia Brasileira de Ciências (ABC) e Presidente da Liga Nacional de Defesa. Participou, ativamente, da criação do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), do Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação e da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)(<https://www.marinha.mil.br/dgdntm/node/71>).

<sup>18</sup> Foi criado em 1951, com a finalidade promover e estimular o desenvolvimento da investigação científica e tecnológica em qualquer domínio do conhecimento.

principalmente do Estado do Espírito Santo, e, também, exigia uma transferência de tecnologia nuclear em troca destas exportações junto aos EUA, o que não logrou sucesso (KURAMOTO; APPOLONI, 2000).

No período, o CNPq pautou sua política incentivando a autonomia, apesar de encontrar uma forte oposição de uma ala pró-estadunidense existente nos meios científicos e governamentais (FGV-CPDOC, 2021).

Corrêa (2010) cita que a matéria-prima (areia monazítica) havia sido enviada para os EUA, porém as ultracentrífugas não chegavam ao Brasil, dessa forma, as autoridades brasileiras perceberam que as intenções estadunidenses não se alinhavam às aspirações brasileiras. Devido a este fato, em 1953, o Alte Álvaro Alberto acertou, secretamente, com a Alemanha a construção de 3 ultracentrífugas, com tecnologia alemã, as quais serviriam para o desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento de urânio brasileira (KURAMOTO; APPOLONI, 2000).

Além desse acordo, em relação ao enriquecimento por ultracentrífugas, o Alte Álvaro Alberto ainda tentou negociar uma aquisição de uma usina de Yellow Cake<sup>19</sup> junto ao Governo Francês. As ultracentrífugas negociadas com a Alemanha foram apreendidas em Gottingen e Hamburgo, não tendo chegado ao Brasil, fazendo com que o Alte Álvaro Alberto regressasse de sua missão sem êxito, ensejando sua exoneração do CNPq (BARBOSA, 2009).

A fim de escapar do cerceamento tecnológico imposto pelos EUA, o Presidente Ernesto Geisel (1974-1979)<sup>20</sup> optou por buscar parcerias e contratos estratégicos com a Inglaterra, a França e a Alemanha, países que já dominavam a tecnologia nuclear (CORRÊA, 2010), sendo que a Alemanha foi o único país que se mostrou favorável para realizar essa transferência (CORRÊA, 2010).

As negociações com a Alemanha foram realizadas no maior sigilo possível, a fim de evitar as interferências, tais como ocorridas na década de 1950, que impediram o desenvolvimento do setor nuclear, consequentemente afetando a soberania do Brasil (BARBOSA, 2009).

Em 1971, havia realizada a aquisição de um reator de água pressurizada, fruto de um acordo assinado junto aos EUA, que foi fabricado pela empresa Westinghouse, sob a forma de contrato conhecida por *turn key*, ou seja, como um pacote fechado, que não previa

---

<sup>19</sup> Yellow Cake é o concentrado de urânio, sendo produzido após a mineração, com a retirada do capeamento do solo, a trituração desta rocha contendo o urânio, sendo após submetido a um processo químico que separa o urânio de outros materiais associados a ele na natureza.

<sup>20</sup> Foi presidente do Brasil no período de março de 1974 a março de 1979.

transferência de tecnologia por parte dos fornecedores americanos (KURAMOTO; APPOLONI, 2000). O reator, que atualmente integra a Usina de Angra I, entrou em operação comercial, em 1985, com capacidade para gerar energia suficiente para atender a necessidade de uma cidade de 1 milhão de habitantes (IPEA, 2010).

Houve, também, a criação da Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN), por meio da Lei nº 5.740, de 1 de dezembro de 1971, que possuía por objetivo: a realização de pesquisas e lavras de jazidas de minérios nucleares e associados; a promoção do desenvolvimento da tecnologia nuclear mediante a realização de pesquisas, estudos e projetos; promover a gradual assimilação da tecnologia nuclear pela indústria provada nacional; dar apoio técnico e administrativo à CNEN; entre outros (BRASIL, 1971).

Em 18 de dezembro de 1974, por meio da Lei Nº 6.189, a CBTN passa a ser denominada por Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima – Nuclebrás S.A, com o objetivo de executar o PNB, em cooperação com a Alemanha (BRASIL, 1974).

Em junho de 1975, foi assinado o acordo nuclear Brasil-Alemanha, havendo a necessidade da criação de empresas estatais binacionais, subsidiárias da Nuclebrás, para executar as atividades do acordo pelo lado brasileiro, recebendo as diversas tecnologias advindas do país alemão (KURAMOTO; APPOLONI, 2000), sendo:

- Nuclebrás Engenharia S.A. (NUCLEN)
- Nuclebrás Auxiliar de Mineração (NUCLAM)
- Nuclebrás Monazita (NUCLEMON): pesquisa de tório de areias monazíticas
- Nuclebrás Enriquecimento Isotópico S.A (NUCLEI)
- Nuclebrás – STEAG: para desenvolvimento de jato centrífugo (tecnologia que iria ser transferida pela Alemanha para o enriquecimento isotópico de urânio)
- Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (NUCLEP) (NUCLEP, 2021)

Para que ocorresse a legalização deste acordo, era necessário que o governo brasileiro assinasse um termo de compromisso junto à AIEA e à Alemanha, no qual seria proibida a utilização da energia nuclear para fins bélicos, em que foram estabelecidas salvaguardas mais restritas que o próprio TNP (FGV-CPDOC, 2021).

A assinatura desse acordo junto à Alemanha ensejou a quebra do anteriormente assinado junto aos EUA (KURAMOTO; APPOLONI, 2000).

Como decorrência do acordo nuclear com a Alemanha, foi originada a construção e

operação da Usina Nuclear de Angra 2, que ocorreram junto à transferência de tecnologia para o Brasil, levando a um desenvolvimento tecnológico próprio, que resultou no domínio sobre todas as etapas de fabricação do combustível nuclear (FGV-CPDOC, 2021).

Diversos setores eram atraídos pelo desenvolvimento da energia nuclear, de um lado as Forças Armadas por questões estratégicas, do outro lado, as indústrias, os empreiteiros e os técnicos do governo que desejavam a nova fonte de energia para solucionar os problemas de racionamento de energia elétrica existentes, e ainda existiam os cientistas que queriam garantir recursos para futuros projetos de pesquisa (DEFESATV, 2021).

Silva e Marques (2006, p.4) afirmam que :

Com a negativa de importação da tecnologia de ultracentrifugação e com a transferência alemã de um método não eficaz em escala industrial, decidiu-se pelo desenvolvimento nacional do enriquecimento de urânio por ultracentrifugação pela Marinha e por laser pela FAB, também no final dos anos 70. É importante mencionar que dentre as atividades do ciclo do combustível, o enriquecimento de urânio é a que reúne a maior complexidade tecnológica, por lidar com exigências técnicas muito estritas, em termos de seleção e desenvolvimento de materiais, em controle de qualidade dimensional, diversos métodos e etapas de fabricação eletromecânica, entre outros aspectos.

Cavagnari Filho (1996) cita que entre as Forças Armadas havia uma distribuição de tarefas na área da pesquisa e desenvolvimento nuclear: a MB ficou com o enriquecimento de urânio por ultracentrifugação e com a construção do reator para submarinos nucleares; o EB, através do CTEEx, deu início à construção de um reator de urânio e grafite, que poderia servir à produção de plutônio; e a FAB incumbiu-se do enriquecimento de urânio a laser e do desenvolvimento do reator rápido regenerador. Esses três programas nucleares paralelos foram originados da percepção que o Acordo Nuclear com a Alemanha não realizaria transferência de tecnologia nuclear, conforme demandado pelo País, sendo que a designação de "paralelo" foi decorrente de as iniciativas terem sido desenvolvidas à margem da fiscalização da AIEA, que controlava a produção e a disseminação de materiais nucleares no mundo (CAVAGNARI FILHO, 1996).

José Israel Vargas (2010) comenta que o ponto decisivo do programa “paralelo” ocorreu devido ao bloqueio estadunidense ao fornecimento do urânio enriquecido, pois esse era necessário para a manutenção do funcionamento dos reatores da Usina Nuclear de Angra I, revelando uma grande vulnerabilidade para o País. Este fato gerou um programa nuclear paralelo, não considerado como sendo exclusivamente militar, por duas razões principais: primeiro a garantia do funcionamento do reator de Angra I e, segundo pois o mesmo teve

início antes da assinatura do acordo com a Alemanha (PATTI, 2014).

Segundo Corrêa (2010), depois do regresso dos EUA, o então Capitão de Fragata Othon Luiz Pinheiro da Silva<sup>21</sup> elaborou um relatório que propôs o projeto para desenvolvimento e construção de um submarino de propulsão nuclear usando esforço nacional, sendo inicialmente o esforço concentrado no ciclo do combustível nuclear, e após, no sistema de propulsão nuclear para o submarino, sendo que o seu relatório foi aprovado pelo Estado-Maior da Armada (EMA) em 1978.

O então Capitão de Fragata Othon foi transferido para o CTA, em um acordo entre a MB e a FAB, com a finalidade de participar e avaliar o programa de enriquecimento isotópico por laser, que estava sendo desenvolvido pela FAB naquela época, sendo que o seu relatório concluiu que não seria viável a produção de urânio enriquecido em grandes quantidades num prazo de dez anos, e que o enriquecimento por ultracentrifugação seria a melhor solução, o que foi, posteriormente, aprovado pelo EMA (CORRÊA, 2010).

Silva e Marques (2006) citam que após terem sido identificados os principais aspectos técnicos relacionados ao desenvolvimento da ultracentrifugação, a MB construiu todos os meios laboratoriais e industriais necessários ao desenvolvimento do PNM, e foram mobilizados alguns dos melhores talentos e meios que existiam no Brasil naquela época, oriundos de diversos setores: engenharia mecânica, mecatrônica, engenharia eletrônica, engenharia de processos, engenharia de materiais, entre outros. Também afirma que para a condução e gerência destes recursos, a MB criou a Coordenadoria para Projetos Especiais (COPESP), em 1986, posteriormente renomeada como CTMSP, com sede no campus da USP e o Centro Experimental ARAMAR (CEA) (figura 1), na região do município de Iperó/SP, sendo que a escolha recaiu no estado de São Paulo, pois este dispunha do melhor parque industrial, e que contava, também, com escolas de engenharia e centros de pesquisa de primeira grandeza.

---

<sup>21</sup> É engenheiro naval formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com mestrado na área nuclear no Massachusetts Institute of Technology (MIT). De 1982 a 1984, acumulou com suas funções na Marinha do Brasil o cargo de diretor de Pesquisas de Reatores do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), foi presidente da Eletronuclear. É Vice-Almirante Reformado do Corpo de Engenheiros da Marinha.



FIGURA 1 – Vista área do Centro Experimental ARAMAR (CEA)  
 Fonte: Google Maps (<https://www.google.com.br/maps>)

No CEA, atualmente, estão instalados os principais laboratórios, oficinas, usinas e protótipos desenvolvidos pelo CTMSP, destacando-se o Laboratório Radioecológico (LARE), responsável pelo controle ambiental ao redor do Centro, incluindo os efluentes e o controle radiológico, e o Laboratório de Geração de Energia Núcleo-Elétrica (LABGENE), que será o protótipo em terra de uma planta de propulsão nuclear (CTMSP, 2021).

Como o projeto era considerado um empreendimento sigiloso tanto para o Brasil quanto para a comunidade internacional, a MB realizou o desenvolvimento da tecnologia de ultracentrifugação com um pequeno número de engenheiros de diversas instituições (CÔRREA, 2010), incluindo-se o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares<sup>22</sup> (IPEN), a

<sup>22</sup> Foi criado em 1956, no “campus” da USP, e é uma autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE) do Governo do Estado de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), do Governo Federal, que tem hoje uma destacada atuação em vários setores da atividade nuclear entre elas, nas aplicações das radiações e radioisótopos, em reatores nucleares, em materiais e no ciclo do combustível, em radioproteção e dosimetria, cujos resultados vêm proporcionando avanços significativos no domínio de tecnologias, na produção de materiais e na prestação de serviços de valor econômico e estratégico para o país,

USP, o IPT, o CTA, a Universidade de Campinas (UNICAMP) e empresas nacionais (MATTOS; GUIMARÃES, 2008).

Em setembro de 1982, após dois anos e meio do início deste desenvolvimento, foi realizada a primeira experiência laboratorial de enriquecimento isotópico de urânio, que foi bem sucedida e que utilizou ultracentrífuga inteiramente concebida, projetada e fabricada no Brasil, o que ficou marcado como uma das maiores conquistas tecnológicas do País (MATTOS; GUIMARÃES, 2008).

Em 1988, ocorreu uma reorganização executada na Nuclebrás que passou a ser denominada com Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB), com o objetivo de concentrar todo o ciclo de produção de combustível nuclear do Brasil, impulsionando a produção de energia nuclear para o País (INB, 2021).

#### 4.2 O Programa Nuclear da Marinha

Esta seção abordará desde a criação do PNM, com a descaracterização do nome “paralelo”, à assinatura do acordo do PROSUB até a criação da AMAZUL, englobando 40 anos da execução deste Programa. Ele estará estruturado da seguinte maneira: um histórico que como foi iniciado o programa, os principais projetos em execução do programa, no caso, o Ciclo do Combustível Nuclear e o Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica, a sua relação com o PROSUB e a criação da AMAZUL, além dos transbordamentos ocorridos (efeito “*spin-off*”) da execução do Programa até os dias atuais.

Guimarães (2005) afirma que o desenvolvimento isolado da capacitação nuclear da Marinha além de ser inviável, faria que houvesse uma duplicação de recursos gerando ineficácia. A MB decidiu, então, por uma abordagem cooperativa, aproveitando-se da capacidade técnico-científico-industrial já instalada no País, escolher o estado de São Paulo para implementar o seu programa.

Cavagnari Filho (1993) cita que inicialmente tanto a CNEN quanto o IPEN se recusaram em participar do PNM, porém mais tarde a CNEN e a Secretaria-Geral do Conselho de Segurança Nacional passaram a ser financiadores do Programa. Houve, ainda, a incorporação de empresas privadas nacionais como a Metal Leve, Elebra e Eletrometal entre outras.

Ocorreu uma aproximação entre a MB e o IPEN, que se tornaram parceiros no

---

possibilitando estender os benefícios da energia nuclear à segmentos maiores de nossa população. ([https://www.ipen.br/portal\\_por/portal/interna.php?secao\\_id=6](https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=6))

empreendimento, sendo que tal parceria foi institucionalizada com a assinatura de um convênio entre a Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM) e o referido instituto (GUIMARÃES, 2005).

Uma particularidade importante para a celebração deste convênio é que, como o IPEN era o único instituto brasileiro na área nuclear não subordinado à Nuclebrás, ele não estava sujeito às salvaguardas internacionais, como as demais atividades contempladas no acordo Brasil-Alemanha (IPEN, 2021), o que garantia uma maior autonomia e a não interferência dos estudos que seriam realizados em conjunto com a MB.

Guimarães (2005) cita como uma das vantagens do engajamento do IPEN seria na constituição de um vínculo civil, isto é extra-militar, para a disseminação dos conhecimentos acumulados, que poderiam vir a colaborar na solução futura dos problemas associados à composição da matriz energética do País.

O Presidente João Baptista Figueiredo (1979-1985) acreditava que o desenvolvimento e a construção de um reator nuclear possuíam como finalidade principal a produção de energia elétrica, porém após o fim da Guerra das Malvinas, considerou a construção do reator nuclear com relevância a fim de se dotar o País com um submarino de propulsão nuclear (LANA, 2014).

A participação da MB e dos Institutos de Pesquisa levaram em conta as suas capacidades e características, fazendo que a MB gerenciasse os esforços dos projetos, a construção e operação das instalações, desempenhando as atividades de engenharia, enquanto o pessoal técnico dos institutos participava ativamente das atividades científicas, concepção de sistemas e operação a nível laboratorial (GUIMARÃES, 2005).

O PNM teve seu financiamento inicial, em 1979, com fonte de recursos exclusivos da Marinha. Durante o período de 1980 a 1989, o programa recebeu a alocação de recursos significativos provenientes do Conselho de Segurança Nacional, atual Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE). Na década de 1990, os recursos de fonte extra-Marinha sofreram um sensível declínio o que perdurou até 2007. Após a extinção da SAE e a transferência das atividades nucleares para o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), houve um financiamento, pouco expressivo, pelo Programa Técnico-Científico Nuclear (PTCN) (INFONUCLEAR, 2012).

Em relação aos financiamentos extra-Marinha do PNM, Sérgio Rezende (2010)<sup>23</sup> afirma que o programa só não esteve paralisado completamente porque a MB nunca deixou de

---

<sup>23</sup> Sérgio Machado Rezende é físico e político, foi Ministro da Ciência e Tecnologia entre 2005 e 2010.

trabalhar nesta área, citando a importância da Marinha em obter não só o domínio da tecnologia de enriquecimento de urânio, mas como também o aperfeiçoamento do processo de ultracentrifugação, apresentando o Brasil como desenvolvedor de uma tecnologia avançada para o enriquecimento isotópico de urânio (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021).

O AE Moura Neto<sup>24</sup> cita que o CEA esteve a ponto de ser desativado em 2002, devido à escassez de recursos durante o Governo de Fernando Henrique Cardoso<sup>25</sup>, o que acarretou uma perda de físicos e engenheiros que constituíam o cérebro do programa, com uma redução de cerca de 50% dos funcionários. Acrescenta, ainda, que, devido às dificuldades apresentadas, houve um atraso de 10 anos na execução do programa (TOMAZELA, 2007), sendo este período conhecido como “estado vegetativo” do PNM (INFONUCLEAR, 2012).

Ferreira (2018) ressalta que o PNM não recebe nenhum apoio externo para sua execução, sendo que todo o esforço e pesquisas realizadas são provenientes exclusivamente de técnicos e engenheiros nacionais.

O PNM possui dois projetos principais: o Ciclo do Combustível Nuclear (anteriormente chamado de Ciclone) e o Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (LABGENE) (anteriormente chamado de Remo), possuindo como principal objetivo o estabelecimento de “competência técnica autóctone para projetar, construir, comissionar, operar e manter reatores do tipo Reator de Água Pressurizada – “Pressurized Water Reactor (PWR) e produzir seu combustível” (MB, 2021).

Os investimentos realizados no PNM pela MB, desde sua criação, em 1979, até o final do exercício de 2019, montavam o total de R\$ 3.198.345.006,36 (MB, 2019).

#### **4.2.1 Ciclo do Combustível Nuclear**

Em relação ao Ciclo do Combustível Nuclear, os primeiros resultados foram obtidos em 1982, quando da construção primeira ultracentrífuga com tecnologia própria que foi capaz de realizar a separação isotópica. Outro aspecto positivo ocorreu seis anos depois desta experiência quando foi inaugurada a primeira cascata de ultracentrífugas para a produção de urânio enriquecido (MB, 2021).

Diversos laboratórios foram construídos no CTMSP para se desenvolver a tecnologia de ultracentrifugação de urânio, os quais se integraram com diversos institutos de pesquisa,

---

<sup>24</sup> Julio Soares de Moura Neto é Almirante de Esquadra e foi Comandante da Marinha de 2007 a 2015.

<sup>25</sup> Foi Presidente da República entre 1995 e 2003.

empresas e universidades (SILVA; MARQUES, 2006), esta interação foi apoiada na concepção de trílice hélice.

Esse esforço nacional teve como produto as duas instalações de enriquecimento de urânio no CEA: o Laboratório de Enriquecimento de Urânio (LEI) e na Usina de Demonstração Industrial de Enriquecimento (USIDE), que operam desde a década de 90 de forma contínua. Por meio destas conquistas, a MB assinou contrato com a INB a fim de fornecer e instalar as cascatas de enriquecimento de urânio, na unidade de Resende, a qual é responsável pela produção do combustível nuclear para as usinas de Angra I e II (SILVA; MARQUES, 2006).

Atualmente, a INB consegue produzir 60% da demanda de urânio enriquecido para o funcionamento anual do reator da Usina Angra I. Existe a previsão que, até 2033, a Usina de Enriquecimento da Fábrica de Combustível Nuclear (FCN), localizada em Resende-RJ, seja capaz de atender a demanda das Usinas de Angra I, II e III com produção totalmente nacional, decorrente do fornecimento das ultracentrífugas de urânio enriquecido por meio do contrato celebrado junto à MB (INB, 2021).

Tal contrato é um bom exemplo do efeito de “*spin-off*” do PNM para o PNB, demonstrando que o desenvolvimento de programas e investimentos militares podem transbordar para aplicações e programas civis, que, nesse caso, pode ser resumido como a tecnologia incorporada para se produzir o combustível nuclear para atendimento do futuro submarino de propulsão nuclear transbordou para a atender a FCN, que produz elementos combustíveis para atendimento às Usinas Nucleares, que geram energia para a região sudeste do País.

Outro aspecto interessante é a questão da autonomia e independência que a MB criou com o desenvolvimento desta tecnologia, pois poucos países possuem o conhecimento de todo o ciclo de combustível nuclear.

Atualmente apenas China, Estados Unidos, França, Japão, Rússia, Alemanha, Inglaterra, Holanda, Brasil, Índia, Paquistão e Irã são reconhecidos pela Comunidade Internacional como detentores de escala de produção industrial de urânio enriquecido (INB, 2021), o que denota a importância para o País o desenvolvimento do PNM.

Segundo Albuquerque (2018), o domínio do ciclo do combustível nuclear, principalmente no que se refere ao enriquecimento isotópico, pode ser considerado como um dos marcos do PNM, tendo em vista que é a etapa mais complexa desse ciclo.

Silva e Marques (2006) consideram que a escolha pelo método de ultracentrifugação para enriquecimento de urânio foi acertada, pois além de ser muito mais eficiente, em termos

de consumo de energia, também permite o trabalho em módulos, seja montada em série, cujo objetivo é a produção de grande quantidade de massa, porém com baixo teor de enriquecimento, ou em paralelo, cujo objetivo é a produção de pequena quantidade de massa, porém com alto teor de enriquecimento, garantindo uma boa flexibilidade operacional. Acrescenta, também, que os países, tais como os EUA e a França, que usavam a difusão gasosa para enriquecimento, alteraram para o processo de ultracentrifugação.

Guimarães (2005) ressalta que o enriquecimento de urânio por ultracentrifugação é caracterizado pela utilização de uma grande quantidade de máquinas idênticas que são ligadas em cascatas, contendo uma grande quantidade de válvulas, medidores, sensores e demais equipamentos periféricos, sendo que todas estas características viabilizam a utilização de indústria privada nacional no desenvolvimento e produção tendo em vista a economia de escala existente.

A Unidade Piloto de Hexafluoreto de Urânio (USEXA) (figura 2), uma das unidades laboratoriais do CEA e integrante do Ciclo do Combustível Nuclear, é a instalação responsável pela conversão do concentrado de urânio em hexafluoreto de urânio, possuindo várias unidades de processo, utilidades e de apoio, cada uma com objetivo de realizar determinadas etapas da fabricação de Hexafluoreto de Urânio, que atenderá às necessidades do PNM (MATTIOLO, 2012).



FIGURA 2 – Vista da Unidade Piloto de Hexafluoreto de Urânio (USEXA) – CEA  
Fonte: Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (<https://firjan.com.br>)

#### 4.2.2 Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (LABGENE)

O LABGENE (figura 3) é o outro projeto do PNM, sendo executado paralelamente ao do ciclo de combustível nuclear, e tem por finalidade o desenvolvimento e a construção de uma planta nuclear de geração de energia elétrica, com o seu projeto e construção no País, incluindo o seu reator. Esse laboratório, além de ser o protótipo em terra do sistema de propulsão naval, servirá também como laboratório de testes para o desenvolvimento de outros projetos de reator nuclear a serem construídos no País, o que demonstra a importância da dualidade desse projeto (INFONUCLEAR, 2012).

O LABGENE será a primeira planta com um reator nuclear de alta potência totalmente construída no Brasil, com uma capacidade de geração de 48MW térmicos ou 11 megawatts elétricos (MWe), representando menos de 10% da capacidade da Usina Nuclear de Angra I (PODER NAVAL, 2021), tendo a capacidade de gerar energia suficiente para iluminar uma cidade com aproximadamente 20.000 habitantes (INFONUCLEAR, 2012).



FIGURA 3 – Vista área do LABGENE

Fonte: Site Poder Naval (<https://www.naval.com.br/blog/2018/02/20/o-prosub-e-o-submarino-nuclear-brasileiro-sn-br/>)

Segundo Cotta (2017), o LABGENE além de ser considerado como peça-chave na validação da planta de propulsão nuclear do submarino, ainda terá como efeito de arraste

tecnológico na pesquisa de construção de novos reatores nucleares menores tipo PWR, que poderão ser usados no processo de dessalinização de água do mar, como cogeneradores de energia. Ele ainda cita que além da construção do reator do LABGENE, ainda existem em construção mais dois reatores, a saber: Usina Nuclear de Angra III (tipo PWR – Siemens), em Angra dos Reis/RJ e o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)(tipo MTR/Piscina CTMSP) em Iperó/SP.

O início do comissionamento do LABGENE está previsto para ocorrer em 2023 (MB, 2021)

Cabe ressaltar que o LABGENE é um protótipo de reator, sendo considerado um reator de testes, não sendo prevista a sua utilização de forma ininterrupta para a geração de energia, e sim, para os testes de validação do reator para utilização em uma planta nuclear de uma plataforma de submarino.

#### **4.2.3 Arraste Tecnológico do PNM (efeito “*Spin-off*”)**

Como já abordado no capítulo 2, o arraste tecnológico apresenta uma característica de multidisciplinaridade, com o envolvimento de diversas instituições, em muitas vezes, focando na tríplice hélice.

Mattos e Guimarães (2008) abordam o efeito de arraste tecnológico, demonstrando que o efeito multiplicador pode ser gerado pela implementação de programas, tais como o PNM, referenciando-o da seguinte forma:

A extensa gama de materiais, componentes, equipamentos e sistemas, com alto grau de tecnologia agregado, que anteriormente necessitavam ser adquiridos no exterior, e passaram a ser projetados e fabricados no Brasil, por empresas nacionais, é um indicativo dos efeitos de arraste e efeito multiplicador gerados a partir deste programa (MATTOS; GUIMARÃES, 2008, p.6)

Durante a execução dos projetos do PNM, algumas tecnologias e produtos foram desenvolvidos com aplicação de uso dual, demonstrando assim a importância tanto da dualidade de uso, bem como do efeito de “*spin-off*” de projetos estratégicos militares. Pode-se citar os seguintes desenvolvimentos como arraste tecnológico provenientes do PNM:

- produção de aços de alta resistência - Maraging (utilizado na indústria espacial) (SILVA; MARQUES, 2006);

- produção de fibra de carbono de alto desempenho, com desenvolvimento junto à FAB, universidades e institutos de pesquisa (SILVA; MARQUES, 2006);

- produção de válvulas especiais para operar substâncias corrosivas (SILVA; MARQUES, 2006);
- produção de vários componentes de satélites e mísseis, com fabricação e testes sendo utilizados os recursos laboratoriais e industriais do CEA (SILVA; MARQUES, 2006);
- motor de comutação eletrônica de ímãs permanentes (GUIMARÃES, 2005);
- aço para cutelaria utilizada nas áreas médica e odontológica (LANA, 2014);
- bombas hidráulicas de alta pressão empregadas nas plataformas petrolíferas (LANA, 2014);
- válvulas de micro-ondas de potência do tipo “travelingwave tube” (TWT), que são empregadas nos radares dos navios operativos da MB e, também, em radares já produzidos pela BID do País (FERREIRA, 2018b);
- Blindagem física, baseada em compostos de Boro (INFONUCLEAR, 2012);
- Processos de análise de risco, que é uma atividade técnica obrigatória para o licenciamento de instalações nucleares, possuindo aplicação nos projetos e licenciamento de plataformas de petróleo (INFONUCLEAR, 2012); e
- Motor mancal eletromagnético, utilizando a mesma tecnologia empregada nas ultracentrífugas, instalado no projeto de uma bomba centrífuga implantável, que servirá como um dispositivo de assistência ventricular, também conhecido como coração artificial (“Coração de Jatene”) (AMAZUL, 2021).

Cabe salientar que esses desenvolvimentos são realizados devido à necessidade de se projetar, construir e implantar sistemas necessários à consecução do PNM, aliado à questão da restrição da exportação de tecnologia por parte dos países detentores, assunto já abordado neste trabalho, em relação ao cerceamento tecnológico existente, o que demanda o impulsionamento do investimento em P&D.

Como exemplo a ser citado o desenvolvimento próprio de ultracentrífugas para enriquecimento isotópico, no caso do PNM, que foram fruto do investimento da MB e, como já abordado neste trabalho, são responsáveis pela produção de grande quantidade do combustível consumido nas Usinas Nucleares de Angra I e II, hoje no percentual de 60% da necessidade de enriquecimento.

Um outro arraste tecnológico, ainda não contabilizado, é a construção do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)(figura 4), que é um projeto sob a responsabilidade da CNEN, apoiado e executado pela FINEP e pela AMAZUL (ANDRADE, 2019), com custo estimado em US\$ 500 milhões (AMAZUL, 2021), que será resultado da tecnologia

desenvolvida pela MB para a construção do reator do submarino (IPEN,2021), e que terá como objetivos:

produção de radioisótopos para uso na medicina e na indústria; teste de materiais e combustíveis nucleares para reatores de potência; utilização de feixe de nêutrons para pesquisa científica e tecnológica em diferentes campos da ciência; análise por ativação neutrônica; produção de traçadores para aplicação em pesquisas na agricultura e meio ambiente; formação na área nuclear; e treinamento de pessoal para operação e manutenção de reatores de potência (CNEN, 2021, p.2).

Com a construção do RMB, são esperados os seguintes benefícios para o País: autossuficiência na produção de radiofármacos, ampliação a capacidade da utilização de exames com medicina nuclear no Sistema Único de Saúde (SUS), desenvolvimento de novos radiofármacos por pesquisadores brasileiros, incremento da mão de obra especializada na área nuclear e aumento da captação de investimentos nas áreas de saúde, ensino e pesquisa relacionados ao setor nuclear (CNEN, 2021).

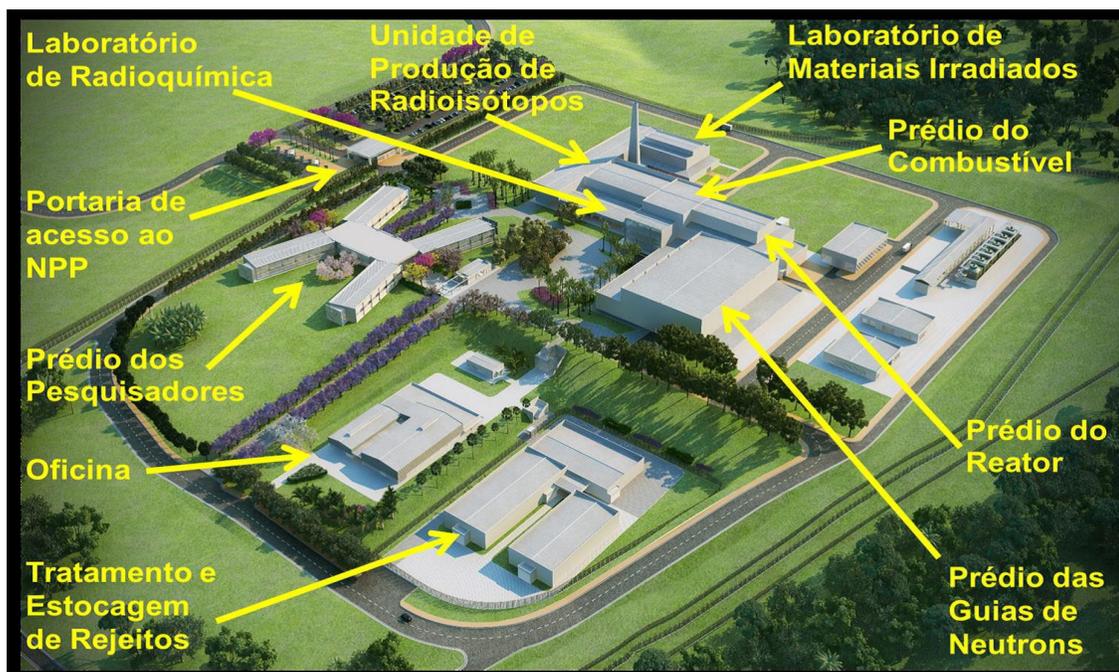


FIGURA 4 – Projeto do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Fonte: Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais (SBPMat) (<https://www.sbpmat.org.br/pt/reator-multiproposito-brasileiro-um-laboratorio-nacional-de-neutrons-para-a-comunidade-de-pesquisa-em-materiais/>)

#### 4.2.4 Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB)

O PROSUB é um Programa, criado em 2008, contando com uma parceria estratégica assinada junto ao governo da República da França, que tem por objetivos: a construção de um complexo industrial e de apoio à operação dos submarinos, compostos por estaleiros, Base Naval e a Unidade de Fabricação de Estruturas (UFEM) (figura 5), além da construção de quatro submarinos convencionais e o primeiro submarino com propulsão nuclear (MB, 2021), sendo considerado o maior programa de capacitação industrial e tecnológica da história da indústria da defesa brasileira, face ao investimento de cerca de R\$ 23 bilhões (LANA, 2014).



FIGURA 5 – Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM)

Fonte: Marinha do Brasil (<https://www.marinha.mil.br/prosub/sites/www.marinha.mil.br/prosub/files/UFEM.png>)

Com a finalidade da execução desta parceria, foram firmados setes contratos comerciais com as empresas participantes. Os contratos, além de englobarem a construção da Base, estaleiros, UFEM e os submarinos, tratam também, da aquisição de 30 torpedos, da transferência de tecnologia de projeto e da construção dos 4 Submarinos convencionais, 1 submarino com propulsão nuclear e do fornecimento de informações técnicas para os projetos do Estaleiro, da Base Naval e da UFEM, além do contrato referente ao “offset”<sup>26</sup> do Programa (MOURA NETO, 2012).

---

<sup>26</sup> Segundo LASOTA (2011), *offset* é uma prática comercial de objetivos amplos e variados, sendo descrita como compensações, que normalmente envolvem produtos de alto valor ou elevada sofisticação tecnológica, incluindo a transferência de tecnologia e de know-how, bem como a promoção de investimentos e facilitação de acesso a um determinado mercado. Cita, também, que as políticas de *offset* são apresentadas como instrumento de política pública para o desenvolvimento econômico do Estado, sendo bastante complexa e podendo se estender por diversos anos. Considera que a ênfase das políticas de *offset* se restringe à área militar, pois a tecnologia empregada na produção de equipamentos militares é de ponta, sendo que são desenvolvidas técnicas muito utilizadas no ramo civil industrial (uso dual das tecnologias).

Para a construção dos submarinos foi estabelecida a prioridade de nacionalização de equipamentos e sistemas, com alto teor tecnológico, e com aplicação em outros setores industriais. Para atendimento da transferência de tecnologia e da nacionalização, em 2012, já haviam sido visitadas mais de 180 empresas, sendo destas 110 haviam sido pré-qualificadas, tendo em vista o alto valor agregado tecnológico no País (MOURA NETO, 2012).

O arraste tecnológico proveniente do PROSUB, garantirá ao País, em função dos contratos de transferência de tecnologia, a capacidade de projetar, construir, operar e manter seus próprios submarinos, fortalecendo ainda, diversos setores industriais nacionais, de importância estratégica, fomentando a BID nacional, englobando os setores de eletrônica, mecânica, eletromecânica, química e da Indústria Naval Brasileira (MB, 2021).

O PNM possui grande importância e impacto no PROSUB, pois o desenvolvimento do sistema de propulsão nuclear, que é um dos produtos finais do PNM, é primordial para o projeto do submarino convencional de propulsão nuclear, tendo em vista que a tecnologia a ser transferida no caso do submarino convencional de propulsão nuclear será restrita ao casco resistente e demais sistemas (ANDRADE, 2019).

O AE Leal Ferreira<sup>27</sup> cita que a execução do PNM e do PROSUB, além do arraste tecnológico proporcionado, ainda contribuem com cerca de 3.600 empregos diretos e 12.600 empregos indiretos, contando com a participação de 320 empresas, além de 18 universidades e institutos de pesquisa (FERREIRA, 2018a).



FIGURA 6 – Vista área do Complexo Naval de Itaguai

Fonte: Site Poder Naval (<https://www.naval.com.br/blog/2020/07/17/marinha-inaugura-base-de-submarinos-na-ilha-da-madeira-em-itaguai/>)

<sup>27</sup> AE Eduardo Bacellar Leal Ferreira foi Comandante da Marinha no período de Janeiro de 2015 a Janeiro de 2019.

Abaixo é apresentada uma linha do tempo da execução do PROSUB, demonstrando os principais marcos atingidos desde sua implementação:

2010 – Realizado o corte da primeira chapa de aço de casco resistente para as seções S3 e S4 que compõe a parte de vante do S-BR1 (Submarino “Riachuelo”), nas instalações da DCNS, na França; foram iniciados os treinamentos em Toulon, na França, para os engenheiros da MB;

2011 – Entrega, à Itaguaí Construções Navais (ICN), do primeiro lote de materiais necessários à fabricação da “Seção de Qualificação”, que seriam utilizados nas etapas de qualificação do corpo técnico da Marinha nas instalações da NUCLEP; corte da primeira chapa de aço para a “Seção de Qualificação” na NUCLEP, representando o início da construção dos submarinos convencionais;

2012 – Criação da AMAZUL Tecnologias de Defesa S.A, início da fabricação das demais seções do Submarino “Riachuelo” nas instalações da NUCLEP, com o corte da primeira chapa;

2013 – Chegada na UFEM das seções S3 e S4 do Submarino “Riachuelo”, que foram fabricadas na França;

2015 – Término das fabricações das demais seções do Submarino “Riachuelo” na NUCLEP;

2017 – Realizado o embarque da plataforma de vante do Submarino “Riachuelo”;

2018 – Transporte de todas as seções do Submarino “Riachuelo” para o Estaleiro de Construção, onde foram unidas e integradas; movimentação do Submarino “Riachuelo” no Complexo Naval de Itaguaí para o shiplift; e realizado, em 14 de dezembro, o lançamento ao mar do Submarino “Riachuelo” (figura 6), sendo o primeiro da série de 4 submarinos convencionais;

2019 – Foi realizada a transferência da primeira e da segunda seção do Submarino “Humaitá” (2º Submarino dos 4 convencionais); e o Submarino “Riachuelo” foi submetido ao teste de imersão estática;

2020 – Foram realizados os testes de desempenho da propulsão do Submarino “Riachuelo”; Foram realizados os embarques das plataformas de ré e auxiliar para montagem no interior do Submarino “Tonelero”(3º submarino dos 4 convencionais) nas instalações da UFEM; realizada a ativação da Base de Submarinos da Ilha da Madeira, no Complexo Naval de Itaguaí (figura 5); e realizada a primeira navegação independente do Submarino “Riachuelo”, sem uso de rebocadores, para testes dos sistemas de comunicação, navegação e propulsão, lemes e para cargas das baterias no mar; Realizada a transferência da Seção de ré

do Submarino “Tonelero” da UFEM ao Estaleiro de Construção, iniciando a montagem e integração definitiva das seções de seu casco; e no dia 11 de dezembro, foram realizados o batismo e lançamento ao mar do Submarino “Humaitá”, a integração das seções do Submarino “Tonelero”, e a preparação do Submarino “Riachuelo” para entrega ao setor operativo da MB (MB, 2021).

O lançamento ao mar do Submarino “Alte Álvaro Alberto”, o primeiro submarino convencional com propulsão nuclear, produzido no País, está previsto para ocorrer no ano de 2029 (MB, 2021).



FIGURA 7 – Lançamento ao mar do Submarino “Riachuelo”, em 14/12/2018.

Fonte: Site Defesanet ([https://www.defesanet.com.br/prosub\\_s40/noticia/31511/S40-Riachuelo---Primeiro-submarino-de-classe-Riachuelo-da-MB-e-lancado-ao-mar/](https://www.defesanet.com.br/prosub_s40/noticia/31511/S40-Riachuelo---Primeiro-submarino-de-classe-Riachuelo-da-MB-e-lancado-ao-mar/))

#### 4.2.5 Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A.(AMAZUL)

Com a retomada do PNM, ocorrida em 2008, foi sugerida a criação de uma empresa pública para abrigar as atividades inerentes ao PNB, como também as necessárias para o desenvolvimento dos projetos dos submarinos, inclusive o de propulsão nuclear, pois o PNM era conduzido por militares, servidores civis e empregados celetistas contratados pela EMGEPRON<sup>28</sup>, mediante a realização de concurso público, que trabalhavam no CTMSP, por contrato de prestação de serviços (BRASIL, 2012).

A EMGEPRON, em seu início, era composta basicamente por empregados dedicados ao PNM, porém com o passar do tempo, ela foi incorporando outros empregados em diversas

<sup>28</sup> É uma empresa pública, criada pela Lei N° 7.000, de 09 de junho de 1982, com a finalidade de promover a indústria naval brasileira e atividades correlatas, abrangendo, inclusive, a pesquisa e o desenvolvimento.

funções necessárias à MB, tais como fabricação de munição, reparos e construção naval, os quais eram submetidos a um único Plano de Cargos e Salários(PCS), independente de sua especificidade, o que gerou discrepâncias salariais que levaram à redução da força de trabalho, alocada ao setor nuclear, por demissão voluntária, ocasionando a perda de capacitação e a impossibilidade de reposição dessa mão de obra, tendo em vista a defasagem salarial entre a tabela da EMGEPRON e as outras instituições do setor nuclear (BRASIL, 2012).

Com o intuito de mitigar os problemas decorrentes desta perda de capacitação e conhecimento, devido à evasão de mão de obra qualificada, e possibilitar a contratação de novos empregados especializados no setor nuclear, e abrigar os recursos humanos já alocados ao desenvolvimento do PNM e do PROSUB, foi aprovada pelo Congresso Nacional e sancionada pela presidente da república a Lei Nº 12.706, em 08 de agosto de 2012, que autorizava a criação da empresa AMAZUL, vinculada ao Ministério da Defesa, mediante a cisão parcial da EMGEPRON (MOURA NETO, 2012).

Com a criação da AMAZUL, as atividades relacionadas ao PNM e PROSUB foram transferidas da EMGEPRON e passaram a ser realizadas pela nova empresa, evitando a perda do pessoal especializado que já realizava as atividades no PNM (BRASIL, 2012).

A AMAZUL possui como missão:

Desenvolver, transferir e manter as tecnologias necessárias ao Programa Nuclear da Marinha, ao Programa de Desenvolvimento de Submarinos e ao Programa Nuclear Brasileiro, mediante a gestão de pessoas e do conhecimento, a fim de contribuir com a independência tecnológica do País, em benefício de nossa sociedade (AMAZUL, 2021).

Em setembro de 2019, a AMAZUL possuía 1852 empregados, alocados nos programas estratégicos da seguinte forma: 1.508 ao PNM, 206 ao PROSUB e 138 ao PNB, sendo 1.756 no estado de São Paulo e 96 no estado do Rio de Janeiro (AMAZUL, 2020), e possuía, em fase de Execução, 11 Projetos relacionados aos programas estratégicos, a seguir: Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) (PNB); Plano de Negócios do RMB (PNB); Sistema de Gerenciamento da Plataforma do SN-BR e Sistema Nuclear de Geração de Vapor do SN-BR (PROSUB); Motor-Mancal do Coração de Jatene – Dispositivo de Assistência Ventricular (PNB); Central de Geração Núcleo-Elétrica de Angra 1 (PNB); Centro de Radiofarmácia do IPEN (PNB); Participação na Obtenção do Bloco 40 do LABGENE (PNM); Usina Comercial de Enriquecimento de Urânio (PNB), Instrumentação e Controle do LABGENE (PNM); Implantação Interna da Gestão do Conhecimento (PNB-PNM-PROSUB); Unidade de Testes e Preparação de Equipamentos e Treinamentos (PNB) (AMAZUL, 2020).

Além dos projetos em fase de execução acima relacionados, ainda existiam outros 5 em fase de negociação e 3 projetos em fase de prospecção (AMAZUL, 2020).

Neste capítulo foram abordados os principais aspectos e características do setor nuclear brasileiro, englobando a sua história e o desenvolvimento do PNM e do PNB, esse intimamente relacionado ao primeiro.

O País tentou ter acesso a tecnologia nuclear por meio de acordos com outros países, desde a década de 1950, realizando contatos os EUA, França, Alemanha, dentre outros. Em tais tentativas, foram assinados dois acordos com os EUA, que previam a transferência de tecnologias, um que previa a exportação de areia monazítica e outro posterior com a aquisição de uma usina nuclear fornecida pela Westinghouse. As demandas do País não foram atendidas e ensejaram que outros países fossem consultados, a fim de o País ter acesso a estas tecnologias.

Em outro acordo, assinado à revelia do governo estadunidense, o Brasil conseguiu o alicerce para a montagem de sua base do setor nuclear com a implementação de diversas empresas estatais dedicadas ao setor.

Paralelamente a essas negociações, a MB vislumbrando a necessidade de se obter um submarino com propulsão nuclear, foi iniciada a execução do PNM com esta motivação. O nascimento deste programa contou com a participação de órgãos extra-militares, tais como o IPEN e a USP, o que contribuiu para disseminação dos conhecimentos adquiridos na área e que não estavam sobre a fiscalização do acordo assinado junto à Alemanha.

Esse projeto, que teve início no final da década de 1970, impulsionou o desenvolvimento das tecnologias associadas ao ciclo de combustível nuclear e do laboratório de geração núcleo-elétrica.

O domínio do primeiro projeto já propiciou ao País um grande processo de “*spin-off*” na implementação do enriquecimento de urânio na FCN, em Resende, para atender as demandas de combustível das Usinas Nucleares de Angra I e II, o que tornou a manutenção do funcionamento dos reatores sem a dependência, ou a redução dessa dependência, do enriquecimento de urânio no exterior. Cabe registrar a importância desta autonomia, pois no passado já houve a ocorrência da ameaça ao fornecimento de urânio enriquecido no exterior, o ocasionaria a necessidade de desligamento destas usinas nucleares, impactando de maneira

substancial a geração de energia elétrica, comprometendo a distribuição de energia no principal eixo industrial do País.

O segundo projeto, o do LABGENE, continua com a sua implementação, com diversos itens já construídos e em montagem final. Nesse projeto, alguns efeitos de “*spin-off*” também já foram verificados, sendo os mais importantes responsáveis para implementação do PNB, tal como o RMB, que propiciará entre as suas diversas finalidades, a autonomia de produção de radiofármacos, o que ampliará a utilização da medicina nuclear no SUS.

Com a retomada do PNM, ocorrida em 2008, a MB verificou a necessidade da criação da AMAZUL para apoiar com pessoal especializado e implementar as atividades que seriam comuns aos PNM e PNB.

## 5 CONCLUSÃO

Para a manutenção da soberania de um país é importante que se tenha uma maior independência e autonomia de produtos de defesa externos, priorizando o desenvolvimento de tecnologias próprias.

A garantia da soberania é um dos objetivos principais da END, sendo considerada uma condição inalienável de se fazer valer os interesses nacionais e de se exercer a última instância da autoridade do Estado.

Neste ponto é de grande importância a função da Base Industrial de Defesa, uma vez que ela garante uma maior autonomia e independência de produtos externos. A BID congrega as empresas estatais ou privadas, civis ou militares, que realizam ou conduzam pesquisas, projetos, desenvolvimento, dentre outros processos relacionados a produtos de defesa, sendo sua constituição e organização entendidas como o resultado das condições econômicas e geopolíticas que o país vivenciou ao longo de sua história.

O mercado de produtos de defesa é considerado monopsônico, já que depende do Estado para o seu investimento, compras e sua manutenção. Outro fator determinante é que os seus produtos são restritos à utilização e venda por governos, estes sendo essenciais à defesa nacional e vendidos a outros governos com o uso de restrições geopolíticas.

Para o desenvolvimento deste mercado é primordial a atuação do governo, acarretando o dilema do “*guns x butter*”, que restringe a aplicação de recursos em áreas importantes e necessárias da sociedade para a aplicação no mercado de defesa, afim de incrementar a defesa do território. Em países mais pobres, onde as necessidades da população são maiores, a tendência é que esta questão seja mais crítica ainda, pois esses vultosos investimentos serão alvo de mais questionamentos por sua sociedade.

Apesar desse dilema, o investimento neste mercado proporciona além de avanço tecnológico, alguns produtos que possuem aplicações na área civil, por transbordamento das tecnologias que foram desenvolvidas para aplicação militar, o que é conhecido por “*spin-off*”.

Tais efeitos de transbordamento ou “*spin-off*” foram amplamente difundidos devido a utilização de diversas tecnologias que foram implementadas durante a II Guerra Mundial e passaram a ser utilizadas no uso civil após este período.

Atualmente, alguns autores já abordam que existe o processo inverso conhecido como “*spin-in*”. Isto é, o desenvolvimento de produtos de utilização civil, que após testados e

validados, podem ter aplicação no uso militar. Porém, este efeito ocorre em ambientes que estão mais desenvolvidos em termos de inovação, mostrando que o desenvolvimento de produtos com utilização civil é avaliado pelo setor militar para verificar a viabilidade de aplicação em áreas específicas no setor.

O Brasil, em seus últimos vinte anos, reeditou diversos documentos realizando uma nova organização em relação aos documentos normativos sobre os seus programas estratégicos. Foram criados a END, PDN e o LBDN. Todos estes documentos foram apresentados ao CN para sua ratificação e divulgação, demonstrando uma preocupação com a transparência e a forma de se organizar e planejar o que já seria esperado do País em razão da magnitude dos seus programas estratégicos e da capacidade e objetivos de suas Forças Armadas.

Esses documentos incrementaram a importância do desenvolvimento e manutenção da BID brasileira, demonstrando a contribuição desta para o avanço tecnológico do País, bem como para a manutenção de sua soberania.

De acordo com alguns autores, a BID pode ser dividida em três fases distintas: do seu nascimento e expansão dos Arsenais (1763 a 1889), a das fábricas militares (1889 a 1940), e a da incorporação da CT&I (1945 a 1990).

Na primeira fase, foi quando ocorreu o seu início, na segunda metade do século XVIII, com a construção da Casa do Trem, em 1762, e do Arsenal Real da Marinha, em 1763. Neste período, o foco era a realização de pequenos reparos em armamentos e a guarda de armamentos e munições pela Casa do Trem, e de reparo e manutenção de navios da Esquadra Real pelo Arsenal Real, sendo a sua expansão verificada após a transferência da corte portuguesa para o Brasil em 1808.

Na segunda fase, houve a preferência para a aquisição de produtos externos, em sua maioria provenientes de países da Europa. O pagamento das importações era realizado por meio de exportações de produtos agrícolas, e muitas vezes sendo vedada a comercialização de produtos manufaturados. Nesta fase, ainda case ressaltar que parte do desenvolvimento da BID foi afetado. Isso se deve uma vez que o País carecia de uma indústria de siderurgia pesada, impedindo a produção de material bélico pesado, o que veio a ser alterado após a inauguração da CSN, em 1945. Além da siderurgia pesada, nesta fase houve o início da indústria aeronáutica. Apesar de termos duas referências de precursores nesta área: Santos Dumont e Dimitri Sensaud de Lavaud, esta indústria também não se desenvolveu.

Na terceira fase, após a II Guerra Mundial, foi verificada a importância da C&T para o aumento da capacidade estratégica do País, bem como para o seu desenvolvimento. Os militares tornaram as atividades de P&D relevantes, por meio da sua priorização e com o fomento destas atividades no âmbito das FFAA. Neste período, praticamente, foram fundadas as principais instituições de pesquisas do País, sendo civis e militares, bem como realizada a organização do setor de C&T.

Nesta fase também foram incrementados os estudos e os interesses pelas atividades nucleares do País, apesar de algumas experiências nesta área terem sido realizadas na década de 1930.

O País tentou obter a tecnologia nuclear por meio de diversos acordos, com nações distintas, desde a década de 1950, porém foi constatado que apenas havia o interesse da venda de equipamentos por parte dos detentores de tecnologia, sem a transferência da tecnologia em si. Inclusive, foram assinados dois acordos com os EUA. O primeiro acordo previa a exportação de areia monazítica e outro, posterior, abordava a aquisição de uma usina nuclear fornecida pela Westinghouse. As demandas do País não foram atendidas e ensejaram consultas a outros países, a fim de o País ter acesso a tais tecnologias.

Nesta área também foi verificado um alto grau de cerceamento tecnológico pelos países detentores destas tecnologias, o que ia de encontro, mais uma vez, com as expectativas do País.

Em 1975, foi assinado um acordo com a Alemanha, no qual este país se dispunha a transferir tecnologia ao Brasil. No entender deste autor, este acordo foi o responsável pelo marco inicial do setor nuclear brasileiro e pela organização deste setor no País, o qual viria a ser considerado estratégico pela END anos mais tarde.

Foram criadas diversas empresas estatais binacionais para executar as atividades do acordo pelo lado brasileiro. Elas abrangiam empresas de engenharia, mineração, enriquecimento isotópico e de equipamentos pesados entre outras.

Foi em 1979 que a MB iniciou o seu programa nuclear, o qual viria a ser considerado como “paralelo” (pois não era integrante do acordo Brasil-Alemanha). O programa tinha por finalidade o domínio do ciclo de combustível nuclear e a construção de uma planta propulsora nuclear com o objetivo de equipar o seu futuro submarino com propulsão nuclear, atendendo a uma aspiração da Força na obtenção desse meio.

O nascimento deste programa contou com a participação de órgãos extra-militares, tais

como o IPEN e a USP, contribuindo para disseminação dos conhecimentos adquiridos na área junto a Academia e com as empresas que atendiam as demandas provenientes do Programa, ensejando um exemplo típico de tríplice hélice. O Programa foi responsável pelo impulsionamento de diversas tecnologias que foram desenvolvidas associadas ao ciclo do combustível nuclear e do laboratório de geração núcleo-elétrica. É importante ressaltar que a FAB e o EB, também, possuíam seus programas nucleares paralelos, com outras finalidades da abordada pela MB.

Em 1982, foi realizada, com sucesso, a primeira experiência laboratorial de enriquecimento isotópico de urânio. Ele utilizou as ultracentrífugas inteiramente concebidas, projetadas e fabricadas no País, o que ficou registrado como uma das maiores conquistas do tecnológicas no setor.

O domínio do Ciclo do Combustível Nuclear foi responsável por propiciar ao País um grande processo de “*spin-off*” na implementação do enriquecimento de urânio na FCN, em Resende. Com a implementação industrial de cascatas de ultracentrífugas, produzidas pela MB, atualmente 60% da demanda de combustível das Usinas Nucleares de Angra I e II é enriquecida no País, acarretando a redução na dependência da quantidade de importação de urânio enriquecido. Existe a previsão de autonomia da produção de urânio enriquecido para atendimento das demandas das Usinas de Angra I, II e III a partir do ano de 2033.

A interação entre a MB e FCN pode ser considerada um bom exemplo do efeito de “*spin-off*” do PNM para o PNB. A influência mútua de ambos demonstra que o desenvolvimento de programas e investimentos militares podem transbordar para aplicações e programas civis. Tal interação fica registrada na própria organização interna da MB quando a Força relaciona como ação estratégica, não somente a produção da propulsão nuclear do submarino, mas a contribuição do equilíbrio e a versatilidade da matriz energética brasileira, bem como o desenvolvimento do setor nuclear nas áreas de agricultura e saúde. É relevante salientar que o domínio completo do ciclo de combustível nuclear é do conhecimento de poucos países, e atualmente, apenas China, Estados Unidos, França, Japão, Rússia, Alemanha, Inglaterra, Holanda, Brasil, Índia, Paquistão e Irã são reconhecidos pela Comunidade Internacional como detentores de escala de produção industrial de urânio enriquecido.

Cabe registrar também a importância dessa autonomia e independência no enriquecimento isotópico de urânio, visto que no passado já houve a ameaça de interrupção à exportação de urânio enriquecido ao Brasil, o que possivelmente ocasionaria a necessidade de desligamento das usinas nucleares de Angra I e II. Tal evento impactaria de maneira substancial a geração de energia elétrica, com comprometimento da distribuição dela no

principal eixo industrial do País.

Em relação ao Projeto do LABGENE existe a previsão de início de comissionamento no ano de 2023, sendo que o mesmo continua em implementação.

Durante a execução do PNM foram observados diversos óbices, alguns provenientes da negação da disponibilização de tecnologias por outros países, bem como a proteção da disseminação destas tecnologias pelos países detentores; Dessa forma fazendo que fossemos sempre dependentes, inviabilizando o nosso progresso e autonomia no setor.

As tecnologias sensíveis, das quais a questão nuclear é parte componente, são alvo de cerceamento tecnológico por países que detêm este conhecimento, muitas vezes impossibilitando o acesso ou negando a utilização destas tecnologias. Em contraponto a essa questão, é importante que tais tecnologias sejam dominadas pelo País.

O PNM e o PROSUB possuem uma relação de grande dependência, dado que o produto final do projeto do LABGENE, do PNM, é o insumo para a construção do Submarino convencional de propulsão nuclear. Isso é verdadeiro tendo em vista que a transferência de tecnologia francesa refere-se apenas ao casco e demais equipamentos, não sendo incluída a questão do reator nuclear e seus subsistemas.

Com a retomada do PNM ocorrida em 2007 e a assinatura dos contratos do PROSUB com o Governo Francês em 2008, houve a necessidade de se criar a AMAZUL. Tal empresa pública tem por finalidade apoiar com pessoal especializado e implementar as atividades que seriam comuns ao PNM e PNB. Diversos projetos atualmente são executados pela AMAZUL, nas seguintes áreas: saúde, alimentos e energia nuclear com o objetivo de aplicar as tecnologias obtidas pelo PNM na sociedade. Dentre eles, o autor gostaria de salientar a importância de três: o do RMB, que proporcionará a autonomia de produção de radiofármacos pelo País, ampliando a capacidade instalada de exames de medicina nuclear pelo SUS, bem como reduzindo os valores atualmente desembolsados nestes insumos, o do coração artificial, que utilizará um motor de mancal eletromagnético, proveniente de tecnologia desenvolvida pela PNM e aplicada nas ultracentrífugas, e o combustível nuclear, que possibilitará a ampliação da utilização de reatores nucleares no País.

Os exemplos mencionados acima, aliados a outros itens desenvolvidos, mostram a importância do desenvolvimento de projetos estratégicos com a finalidade de transbordar

tecnologias aplicadas ao uso civil, até mesmo com tecnologias de uso dual. Desde a criação do PNM, em 1979, até o dezembro de 2019, a MB investiu cerca de R\$ 3,19 bilhões no programa. Sendo que o PNM e o PROSUB, além do arraste tecnológico já proporcionado, ainda contribuem com cerca de 3.600 empregos diretos, 12.600 empregos indiretos, contando com a participação de 320 empresas, além de 18 universidades e institutos de pesquisa, o que demonstra a contribuição para o desenvolvimento e fortalecimento da BID brasileira neste setor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI).** Relatório Setorial: Determinantes da acumulação de conhecimento para inovação tecnológica nos setores industriais do Brasil. Base Industrial de Defesa. Brasília, 2010. Disponível em: <[https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/549/1/Estudo\\_Setorial\\_Inovacao\\_Defesa.pdf](https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/549/1/Estudo_Setorial_Inovacao_Defesa.pdf)>. Acesso em 16 Jun.2021.

**AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA (AIEA).** Disponível em: <<https://www.iaea.org/about/overview/history>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

ALBUQUERQUE Jr., Bento Costa Lima Leite. A propulsão nuclear de submarinos é uma tecnologia dominada por poucos. **Revista Brasil Nuclear**. ano 25, n.49, p. 8-11, 2018. Disponível em: <<http://www.aben.com.br/revista-brasil-nuclear/edicao-n-49>>. Acesso em: 13 fev. 2021

ALSINA Jr., João Paulo Soares. A síntese imperfeita: articulação entre política externa e política de defesa na era Cardoso. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v.46, n.2, p. 53-86, 2003.

AMARANTE, J.C.A. Indústria de defesa. **A defesa nacional**, Rio de Janeiro, ano XC, n. 800, set./dez. 2004

AMARANTE, J.C.A. A Base Industrial de Defesa Brasileira. **Texto para discussão 1758**. IPEA. 2012

**AMAZÔNIA AZUL TECNOLOGIAS DE DEFESA S.A (AMAZUL).** Disponível em: <<https://www.amazul.mar.mil.br/>>. Acesso em: 13 fev. 2021a.

AMAZÔNIA AZUL TECNOLOGIAS DE DEFESA S.A (AMAZUL). **Plano de Negócios da AMAZUL 2020**. Disponível em: <<https://www.amazul.mar.mil.br/sites/www.marinha.mil.br/amazul/files/PNA-2021%20Publicação.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

ANDRADE, Israel de Oliveira. Base Industrial de Defesa: contextualização histórica, conjuntura atual e perspectivas futuras. In: **Mapeamento da Base Industrial de Defesa**. IPEA-ABDI. Brasília, 2016

ANDRADE, I.O.; CARPES, M.M.; FRANCO, L.G.A.; HILLEBRAND, G.R.L. Ciência, Tecnologia e Inovação nos programas estratégicos da Marinha do Brasil. **Texto para discussão: 2471**, IPEA. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:<[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9214/1/TD\\_2471.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9214/1/TD_2471.pdf)>. Acesso em 02 abr. 2021

**ARSENAL DE GUERRA DO RIO.** Disponível em: <<http://www.agr.eb.mil.br/index.php/historico>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

**ARSENAL DE MARINHA NO RIO DE JANEIRO.** Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/amrj/historico>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MATERIAIS DE DEFESA E SEGURANÇA (ABIMDE).** Disponível em: <<https://abimde.org.br/pt-br/>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

BARBOSA, José Alberto Maia. **Contribuição à Legislação Brasileira no Setor de Energia Nuclear**. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES, São Paulo, 2009.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 05 out. 1988. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 1.065, de 24 de fevereiro de 1994**. Promulga o Acordo entre a República Federativa do Brasil a República Argentina a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para a Aplicação de Salvaguardas. Brasília, 24 fev. 1994a. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D1065.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1065.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 1.246, de 16 de setembro de 1994**. Promulga o Tratado para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe (Tratado de Tlatelolco), concluído na Cidade do México, em 14 de fevereiro de 1967, e as Resoluções números 267 (E-V), de 3 de julho de 1990, 268 (XII), de 10 de maio de 1991, e 290 (VII), de 26 de agosto de 1992, as três adotadas pela Conferência Geral do Organismo para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe (OPANAL), na Cidade do México. Brasília, 16 set. 1994b. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D1246.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1246.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 1.861, de 12 de abril de 1996**. Regulamenta a exportação de bens sensíveis e serviços diretamente vinculados, de que trata a Lei nº 9.112, de 10 de outubro de 1995. Brasília, 12 abr. 1996. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1996/d1861.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1861.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto Legislativo nº 64, de 03 de março de 1998**. Aprova o texto(\*) do Tratado de Proibição Completa de Testes Nucleares - CTBT, concluído em Nova Iorque, em 24 de setembro de 1996. Brasília, 03 mar. 1998a. Disponível em <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/1998/decretolegislativo-64-2-julho-1998-361727-norma-pl.html>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 2.864, de 07 de dezembro de 1998**. Promulga o Tratado sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares, assinado em Londres, Moscou e Washington, em 1º de julho de 1968. Brasília, 07 dez. 1998b. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d2864.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2864.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005**. Aprova a política de defesa nacional, e dá outras providências. Brasília, 30 jun. 2005. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5484.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5484.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Exposição de Motivos Interministerial nº 00437/MD/SAE-PR**. Brasília, 17 de dezembro de 2008. Disponível em < <https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/605/2/Estrategia-Nacional-de-Defesa.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Exposição de Motivos Interministerial nº 00097/MD/MP/MF.** Brasília, 20 de março de 2012. Disponível em < [https://www.amazul.mar.mil.br/sites/www.marinha.mil.br/amazul/files/Justificativa%20criacao%20Amazul\\_0.pdf](https://www.amazul.mar.mil.br/sites/www.marinha.mil.br/amazul/files/Justificativa%20criacao%20Amazul_0.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 5.740, de 1 de dezembro de 1971.** Autoriza a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) a constituir a sociedade por ações Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - C.B.T.N., e dá outras providências. Brasília, em 1 de dezembro de 1971. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1970-1979/15740.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/15740.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974.** Altera a Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, e a Lei nº 5.740, de 1 de dezembro de 1971, que criaram, respectivamente, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN e a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - CBTN, que passa a denominar-se Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima - NUCLEBRÁS, e dá outras providências. Brasília, em 16 de dezembro de 1974. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16189.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16189.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.112, de 10 de outubro de 1995.** Dispõe sobre a exportação de bens sensíveis e serviços diretamente vinculados. Brasília, em 10 de outubro de 1995. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19112.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19112.htm)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.706, de 8 de agosto de 2012.** Autoriza a criação da empresa pública Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A – AMAZUL e dá outras providências. Brasília, em 8 de agosto de 2012. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12706.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12706.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999.** Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. Brasília, em 9 de junho de 1999. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp97compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp97compilado.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 136, de 25 de agosto de 2010.** Altera a Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999, que “dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas”, para criar o Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas e disciplinar as atribuições do Ministro de Estado da Defesa. Brasília, em 25 de agosto de 2010. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp136.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp136.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Livro Branco de Defesa Nacional.** Brasil: 2020a. Disponível em <[https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy\\_of\\_estado-e-defesa/pnd\\_end\\_congresso\\_.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Cinquentenário do convênio entre a Marinha do Brasil e a Universidade de São Paulo:** a criação do curso de engenharia naval na Escola Politécnica. São Paulo: Editora Narrativa Um, 2007.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. DGDNTM-1500.** Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha. Rio de Janeiro, 2017a.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. EMA-322.** O Posicionamento da Marinha do Brasil nos Principais Assuntos de Interesses Navais. Rio de Janeiro, 2017b.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. EMA-413.** Doutrina de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. EMA-415.** Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil. Rio de Janeiro, 2017c.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. Marinha do Brasil.** Planejamento Estratégico da Marinha PEM2040. Brasília-DF, 2020b. Disponível em <<http://www.marinha.mil.br/pem2040>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. MD35-G-01.** Glossário das Forças Armadas. 5ª edição. Brasília, 2015. Disponível em <<http://www.defesa.gov.br>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº899/MD, de 19 de julho de 2005.** Aprova a Política Nacional da Indústria de Defesa - PNID. Glossário das Forças Armadas. 5ª edição. Brasília, 2015. Disponível em <[https://www2.defesa.gov.br/arquivos/File/legislacao/emcfa/publicacoes/pnid\\_politica\\_nacional\\_da\\_industria\\_de\\_defesa.pdf](https://www2.defesa.gov.br/arquivos/File/legislacao/emcfa/publicacoes/pnid_politica_nacional_da_industria_de_defesa.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. **Política de Defesa Nacional.** Brasil: 2020c. Disponível em <[https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy\\_of\\_estado-e-defesa/pnd\\_end\\_congresso\\_.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

**CÂMARA DOS DEPUTADOS.** Programa Nuclear Brasileiro: Perspectivas para o Futuro. Disponível em <<https://www.camara.leg.br/radio/programas/329657-programa-nuclear-brasileiro-perspectivas-para-o-futuro0359/>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

CAVAGNARI FILHO, Geraldo Lesbat. **P & D MILITAR: SITUAÇÃO, AVALIAÇÃO E PERSPECTIVAS.** São Paulo: Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas, 1993. (Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma Nova Política para um Mundo Global). Disponível em <<http://www.schwartzman.org.br/simon/scipol/pdf/militar.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

CAVAGNARI FILHO, Geraldo Lesbat. Pesquisa e Tecnologia Militar. In: **Ciência e Tecnologia no Brasil: a Capacitação Brasileira para a Pesquisa Científica e Tecnológica.** v.3, p. 321-357, 1996.

**CENTRO TECNOLÓGICO DA MARINHA EM SÃO PAULO (CTMSP).** Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/ctmsp/principal>>. Acesso em: 02 abr. 2021

**COMANDO DA FORÇA AERONAVAL.** Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/comforaernav/historico>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR(CNEN).** Disponível em: <<https://www.gov.br/cnen/pt-br>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

CORRÊA, Fernanda das Graças. **O projeto do submarino nuclear brasileiro: uma**

**história de ciência, tecnologia e soberania.** Rio de Janeiro: Capax Dei, 2010.

CORREA FILHO, S.L.S.; BARROS, D.C.; CASTRO; B.H.R.; FONSECA,P.V.R.; GORNSZTEJN, J. **Panorama sobre a indústria de defesa e segurança no Brasil.** BNDES Setorial, n.38, p.373-408, 2013

COTTA, R.M. LABGENE E DESSAL: perspectivas e oportunidades. In: I Simpósio de Tecnologias Nucleares – Desenvolvimento Sustentável para o Brasil. Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 04 de setembro de 2017. Disponível em: < [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/50/009/50009481.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/50/009/50009481.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2021.

DAGNINO, R.P.; CAMPOS FILHO, L.A.N. **Análise sobre a viabilidade de Revitalização da Indústria de Defesa Brasileira.** Brazilian Business Review, v.4, n.3, p.191-207, 2007.

DAGNINO, R. **Em que a Economia de Defesa pode ajudar nas decisões sobre a revitalização da Indústria de Defesa brasileira.** Revista Oikos – Revista de Economia Política Internacional, n.9, ano VII, p.113-137, 2008.

**DEFESATV.** Programa Nuclear Brasileiro: Uma história repleta de polêmicas e controvérsias. Disponível em: < <https://www.defesa.tv.br/programa-nuclear-brasileiro-uma-historia-repleta-de-polemicas-e-controversias/>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

DRUMOND, Cosme Denegar. **A Indústria de Defesa do Brasil: História - Desenvolvimento - Desafios.** Guarulhos: Ed. ZLC – Comunicação e Marketing, 2014

ESTADOS UNIDOS. **Atomic Energy Act of 1946.** Washington D.C., 01 ago. 1946. Disponível em: <https://www.atomicarchive.com/resources/documents/deterrence/atomic-energy-act.html>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

ETZKOWITZ, Henry. **Hélice Tríplice: Universidade-Indústria-Governo: Inovação em Movimento.** 1.Reimpressão. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2013.

**FÁBRICA DE PÓLVORA.** Disponível em: <<http://mapa.an.gov.br/index.php/menu-de-categorias-2/319-fabrica-de-polvora-1822-1889>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

FERREIRA, Eduardo Bacellar Leal. **A Marinha do Brasil e a Indústria Nacional de Defesa.** Yearbook 2018 – Anuário da Base Industrial de Defesa. Disponível em: < <https://abimde.org.br/pt-br/>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

FRANÇA, Júnia Lessa. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas.** 8. ed. rev. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2009.

\_\_\_\_\_. A capacitação adquirida com o SN-BR será uma vitória que vai além do setor militar. **Revista Brasil Nuclear.** ano 25, n.49, p. 4-7, 2018b. Disponível em: < <http://www.aben.com.br/revista-brasil-nuclear/edicao-n-49> >. Acesso em: 13 fev. 2021

**FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO**

**DE HISTÓRIA CONTEMPORÂNEA DO BRASIL (FGV-CPDOC).** Fatos & Imagens > Acordo Nuclear Brasil-Alemanha. Disponível em: <<https://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/FatosImagens/AcordoNuclear>>. Acesso em: 13 fev. 2021

**GRUPO DE SUPRIDORES NUCLEARES.** Disponível em: < <https://www.nuclearsuppliersgroup.org/en/>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Estratégias de Implementação e Efeitos de Arraste dos Grandes Programas de Desenvolvimento Tecnológicos Nacionais: Experiências do Programa Nuclear da Marinha do Brasil. In: 2005 International Nuclear Atlantic Conference – INAC2005, Santos, São Paulo. ISBN - 85-99141-01-5. Publicado em CD-ROM, 2005. Disponível em: < <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2005/full/1779.pdf>>. Acesso em 09 mar. 2021

GUIMARÃES, Rodrigo Cordeiro. **Interesses da Marinha do Brasil na Base Industrial de Defesa (BID).** Revista PAGMAR, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 53 - 63, jan./dez. 2016.

**INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL (INB).** Disponível em: < <https://www.inb.gov.br/>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

INFONUCLEAR. **Progressos no programa nuclear.** São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.ifsc.usp.br/~eletronuclear/wordpress34/>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN).** Disponível em: < [https://www.ipen.br/portal\\_por/portal/default.php](https://www.ipen.br/portal_por/portal/default.php) >. Acesso em: 02 abr. 2021.

IPEA-ABDI. **Mapeamento da Base Industrial de Defesa.** Brasília, 2016

KURAMOTO, R.Y.R.; APPOLONI, C.R. Uma Breve História da Política Nuclear Brasileira. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, p. 379-392, 2002.

LANA, Luciana. **Submarinos: defesa e desenvolvimento para o Brasil.** Rio de Janeiro: Versal Editores, 2014. Disponível em < [www.marinha.mil.br/prosub/files/livro\\_submarino.pdf](http://www.marinha.mil.br/prosub/files/livro_submarino.pdf)>. Acesso em 09 mar. 2021.

LANDGRAF, S.F. A hélice tríplice na indústria de defesa: as possibilidades e limitações para o exército brasileiro, empresas e universidades. **Revista Brasileira de Estudos Estratégicos.** Rio de Janeiro, RJ, v.11, n.22, Jul-Dez 2019. Disponível em: < <http://inest.uff.br/revista-brasileira-de-estudos-estrategicos/>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

LESKE, ARIELA D. C.. **Inovação e políticas na indústria de defesa brasileira.** 2013.197 f. Tese (Doutorado em Economia, com concentração em Indústria e Inovação) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, 2013.

LESKE, ARIELA D. C.. **Uma revisão sobre a inovação em defesa: do spin-off ao spin-in.** *Brazil. J. Polit. Econ.* [online]. 2018, vol.38, n.2, pp.377-391. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0101-31572018v38n02a09>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

LONGO, W.P.; MOREIRA, W.S. O acesso a “tecnologias sensíveis”. **Revista Tensões Mundiais.** Ed.UECE: Fortaleza, Ceará, v.9, n.5, p. 73-122, 2009. Disponível em: <

<https://revistas.uece.br/index.php/tensoesmundiais/issue/view/72>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

**MARINHA DO BRASIL (MB)**. Disponível em: < <https://www.marinha.mil.br>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

MARINHA DO BRASIL (MB). **Relatório de Gestão de 2019**. Disponível em: < <https://www.marinha.mil.br/transparencia-e-prestacao-de-contas/relatorio-de-gestao>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

MATTIOLO, Sandra Regina. **Diretrizes para Implantação de um Sistema de Gestão Ambiental no Ciclo do Combustível Nuclear: Estudo de Caso da USEXA-CEA**. 2012. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES, São Paulo, 2012.

MATTOS, J.R.L.; GUIMARÃES, L.S. **Programa da Propulsão Nuclear da Marinha do Brasil: Catalisador do Desenvolvimento Tecnológico Nacional**. Disponível em: < [https://www.academia.edu/24634320/PROGRAMA\\_DA\\_PROPULSAO\\_NUCLEAR\\_DA\\_MARINHA\\_DO\\_BRASIL\\_CATALISADOR\\_DO\\_DESENVOLVIMENTO\\_TECNOLÓGICO\\_NACIONAL](https://www.academia.edu/24634320/PROGRAMA_DA_PROPULSAO_NUCLEAR_DA_MARINHA_DO_BRASIL_CATALISADOR_DO_DESENVOLVIMENTO_TECNOLÓGICO_NACIONAL)>. Acesso em 09 mar. 2021

MIWA, Luiz Carlos Fumiaki. Aviação Militar no Brasil: uma análise político estratégica do início do século XX até a criação do Ministério da Aeronáutica em 1941. **Revista da UNIFA – Uma Visão Multidisciplinar do Poder Aeroespacial**, v.25, n.31, p. 11-21, 2012.

MOREIRA, W.S.; MEDEIROS, S.E. Economia de Defesa e reputação em perspectiva Institucionalista. **Forças Armadas e Sociedade Civil: Atores e Agendas da Defesa Nacional no Século XXI**. IX ENABED. p.494-516. São Cristóvão, SE. Ed. UFS, 2018.

MOURA NETO, Julio Soares de. A construção do submarino de propulsão nuclear no Brasil. **Techno News**, Ano III, n. 13, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/MB527b>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

**NUCLEBRÁS EQUIPAMENTOS PESADOS S.A.** Disponível em: < <https://nuclep.gov.br>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

PATTI, Carlo (Org.). **O Programa Nuclear Brasileiro: uma história oral**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2014.

PODER NAVAL. **Como está o projeto do Submarino Nuclear Brasileiro?** . Disponível em: < <https://www.naval.com.br/blog/2020/08/27/como-esta-o-projeto-do-submarino-nuclear-brasileiro/>> . Acesso em: 02 abr. 2021.

RANGEL, A.N.; FERREIRA, K.B.; QUEIROZ, K.R.S.M.; BARRETO, P.L.R.; AMORIM, S.B.; RAMOS, V.R. **Desafios ao Desenvolvimento da Base Industrial de Defesa: A Busca Pela Soberania Nacional**. Disponível em: < [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ensino\\_e\\_pesquisa/defesa\\_academia/cadn/artigos/xvi\\_cadn/desafiosa\\_ao\\_desenvolvimento\\_da\\_base\\_industrial\\_a\\_defesa\\_aa\\_busca\\_pela\\_soberania\\_nacional.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/artigos/xvi_cadn/desafiosa_ao_desenvolvimento_da_base_industrial_a_defesa_aa_busca_pela_soberania_nacional.pdf)>. Acesso em 09 mar. 2021

SANDLER, T.; HARTLEY, K. **The economics of defense**. New York: Cambridge, 1995.

SANTOS, T. Economia de Defesa como uma Categoria Geral de Análise nas Ciências Econômicas. **Revista da Escola de Guerra Naval**, v.24, n.3, p.543-565, 2018.

SILVA, Carlos André Lopes da. Aspectos no desenvolvimento dos monitores na Guerra da Tríplice Aliança: um diálogo entre a História Naval e a História da Tecnologia. **Revista Navigator**, Rio de Janeiro, v.14, n.27, p. 19-30, jun. 2018.

SILVA, O.L.P.; MARQUES, A.L.F. Enriquecimento de urânio no Brasil: Desenvolvimento da tecnologia por ultracentrifugação. **Revista Economia e Energia**, Rio de Janeiro, n. 54, p. 3 a 9, fev./mar. 2006.

TOMAZELA, José Maria. **Governo vai dar R\$ 1 bi para o programa nuclear da Marinha**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 11 Jul. 2007. Economia, p. B4.