

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG
CURSO DE GESTÃO EM OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**NOME COMPLETO: CT(FN) MARCOS VINÍCIUS PEREIRA
GUIMARÃES**

**TÍTULO: ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS
INOVADORAS E O PROCESSO DE APRENDIZAGEM
TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE DEFESA: O SISTEMA
ASTROS**

PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*

**RIO DE JANEIRO, RJ
2021**

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO

AUTOR: CT(FN) MARCOS VINÍCIUS PEREIRA GUIMARÃES

TÍTULO: ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS INOVADORAS E O PROCESSO DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE DEFESA: O SISTEMA ASTROS

Autorizo que o presente artigo científico apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* da FURG, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística, e aprovado pelos professores responsáveis pela orientação e sua aprovação, seja utilizado para pesquisas acadêmicas de outros participantes deste ou de outros cursos, afim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

TÍTULO: ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS INOVADORAS E O PROCESSO DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE DEFESA: O SISTEMA ASTROS.

AUTOR: CT(FN) MARCOS VINÍCIUS PEREIRA GUIMARÃES

ORIENTADOR: Prof. JORGE TELLO-GAMARRA

RESUMO

O mundo passa por uma revolução tecnológica. A evolução de um Estado exige a pesquisa, o estudo e o entendimento sobre tecnologia, que está presente em todos os setores de uma sociedade. A indústria de defesa tem por finalidade manter a capacidade militar do Estado e desta forma necessita de altos investimentos em tecnologia para atender a esse objetivo, frente ao desenvolvimento mundial da indústria bélica. Neste contexto, a empresa AVIBRAS (integra a Base Industrial de Defesa do Brasil) desenvolveu o Sistema ASTROS (Artillery SaTuration ROcket System) capaz de lançar uma grande quantidade de munições a elevadas distâncias com o propósito de saturar uma área. Dada a importância que a tecnologia possui nos dias atuais, este estudo tem por objetivo investigar o processo de acumulação de capacidade tecnológica inovadora e os processos subjacentes de aprendizagem tecnológica, como fonte de mecanismos para evolução dos níveis de capacidade tecnológica durante o processo de desenvolvimento das versões MK3, MK6 e MK3-M do Sistema ASTROS. O método utilizado foi a revisão bibliográfica. Os principais resultados constatados foi a importância da aprendizagem tecnológica o qual foi possível verificar quais foram as fontes para a acumulação das capacidades tecnológicas e a elevação de níveis de capacidade tecnológica durante o desenvolvimento do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade Tecnológica. Aprendizagem Tecnológica. Sistema ASTROS.

TÍTULO DO TCC: ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS INOVADORAS E O PROCESSO DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE DEFESA: O SISTEMA ASTROS.

Autor¹, Marcos Vinícius Pereira Guimarães

Declaro que sou autor(a)¹ deste Trabalho de Conclusão de Curso. Declaro também que o mesmo foi por mim elaborado e integralmente redigido, não tendo sido copiado ou extraído, seja parcial ou integralmente, de forma ilícita de nenhuma fonte além daquelas públicas consultadas e corretamente referenciadas ao longo do trabalho ou daqueles cujos dados resultaram de investigações empíricas por mim realizadas para fins de produção deste trabalho.

Assim, declaro, demonstrando minha plena consciência dos seus efeitos civis, penais e administrativos, e assumindo total responsabilidade caso se configure o crime de plágio ou violação aos direitos autorais. (Consulte a 3ª Cláusula, § 4º, do Contrato de Prestação de Serviços).

RESUMO - O mundo passa por uma revolução tecnológica. A evolução de um Estado exige a pesquisa, o estudo e o entendimento sobre tecnologia, que está presente em todos os setores de uma sociedade. A indústria de defesa tem por finalidade manter a capacidade militar do Estado e desta forma necessita de altos investimentos em tecnologia para atender a esse objetivo, frente ao desenvolvimento mundial da indústria bélica. Neste contexto, a empresa AVIBRAS (integra a Base Industrial de Defesa do Brasil) desenvolveu o Sistema ASTROS (Artillery SaTuration ROcket System) capaz de lançar uma grande quantidade de munições a elevadas distâncias com o propósito de saturar uma área. Dada a importância que a tecnologia possui nos dias atuais, este estudo tem por objetivo investigar o processo de acumulação de capacidade tecnológica inovadora e os processos de subjacentes de aprendizagem tecnológica, como fonte de mecanismos para evolução dos níveis de capacidade tecnológica durante o processo de desenvolvimento das versões MK3, MK6 e MK3-M do Sistema ASTROS. O método utilizado foi a revisão bibliográfica. Os principais resultados constatados foi a importância da aprendizagem tecnológica o qual foi possível verificar quais foram as fontes para a acumulação das capacidades tecnológicas e a elevação de níveis de capacidade tecnológica durante o desenvolvimento do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade Tecnológica. Aprendizagem Tecnológica. Sistema ASTROS.

marcosvpgrj@gmail.com

¹ E-mail do autor

1 INTRODUÇÃO

Capacidade tecnológica refere-se à capacidade de fazer uso eficaz do conhecimento tecnológico. É o principal determinante da competitividade industrial (KIM, 1999). Capacidade tecnológica envolve tanto capacidades operacionais (para usar ou operar as tecnologias e sistemas de produção) e capacidades inovadoras (para assimilar, adaptar e mudar as tecnologias atuais, para criar novas tecnologias e desenvolver novos produtos e processos) para alcançar inovação (BELL; FIGUEIREDO, 2012). A distinção é importante porque as empresas retardatárias (ou seja, empresas que operam em economias em desenvolvimento e emergentes), geralmente, começam como usuários de tecnologia, não inovadores. Esta distinção ajuda a determinar se as capacidades do retardatário crescem com o tempo e se tornam mais inovadores. (PEERALLY; FUENTES; FIGUEIREDO, 2019). As empresas de economias emergentes, geralmente, partem de uma condição de ser inicialmente imitativo e com uma capacidade de inovação tecnológica de nível baixo (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Nesse sentido, torna-se indispensável a aquisição de conhecimento para acumular sua própria tecnologia, para concretizar a acumulação deste conhecimento a aprendizagem tecnológica é desempenha um papel central. Entende-se aprendizagem tecnológica como o processo de construção e acumulação de capacidade tecnológica ao longo do tempo (KIM, 2001). É o processo que permite a uma empresa acumular capacidades tecnológicas ao longo do tempo, como o insumo para a acumulação de capacidades tecnológicas (FIGUEIREDO, ANDRADE e BRITO, 2009). De acordo com Figueiredo (2001), a aprendizagem tecnológica refere-se aos vários processos pelos quais os conhecimentos são adquiridos por indivíduos e convertidos em nível organizacional.

A acumulação da capacidade tecnológica, ao longo do tempo, permite uma evolução da trajetória tecnológica. Pode-se aprender sobre essa trajetória concentrando-se nas principais empresas, que, acumulando capacidades de inovação, têm contribuído decisivamente para o desenvolvimento dessa trajetória tecnológica.

O estudo da capacidade tecnológica torna-se importante porque esta é capaz de gerar e gerenciar atividades inovadoras em produtos, processos e organização da produção, aumentando a eficiência e eficácia. A indústria de defesa, por possuir características alinhadas com desenvolvimento e inovação, foi selecionada para este estudo. Desta forma este artigo busca investigar o processo de aprendizagem tecnológica na acumulação de capacidade tecnológica, para inovação do Artillery SaTuration ROcket System ou Sistema de Foguetes de Artilharia para Saturação de Área ou Sistema ASTROS e analisar a evolução de níveis de capacidade tecnológica atingidos durante o desenvolvimento dos projetos do Sistema ASTROS, além de avaliar a sua importância no contexto geopolítico internacional.

O estudo aqui apresentado foi estruturado para responder às seguintes questões : como se deu o acúmulo de capacidade tecnológica no projeto de modernização do Sistema ASTROS? Como a Marinha do Brasil participou e participa do processo de aprendizagem tecnológica, uma vez que o Sistema era somente utilizado pelo Exército Brasileiro? Como a combinação entre Exército Brasileiro e Marinha do Brasil com a empresa desenvolvedora do Sistema permitiu criar uma nova trajetória tecnológica e alcançar uma posição competitiva no mercado global? Para responder estas questões, o objetivo deste estudo é investigar o processo de acumulação de capacidade tecnológica inovadora e os processos subjacentes de aprendizagem tecnológica

Para examinar esta questão de pesquisa, este estudo está organizado da seguinte maneira: a seção 2 apresenta a base conceitual sobre capacidade tecnológica; na seção 3 apresenta a base conceitual sobre aprendizagem tecnológica; na seção 4, um panorama da indústria de defesa no Brasil; a seção 5 traz o método de pesquisa; a seção 6 os resultados obtidos através da coleta de dados; a seção 7 traz a análise dos resultados. O artigo termina com as considerações finais.

2. CAPACIDADE TECNOLÓGICA

Há muitos estudos sobre capacidade tecnológica e diversas definições sobre o termo. Em meados da década de 1970, houve uma série de estudos empíricos pioneiros que adotaram uma perspectiva dinâmica da tecnologia em empresas da América Latina e da Ásia, deixando de lado a questão estática da escolha a partir de determinado conjunto de técnicas (STEWART; JAMES, 1982).

Segundo Miranda (2010), essa série de estudos começou a desenvolver generalizações sobre o direcionamento e a taxa de capacidade de acumulação tecnológica das empresas e, especialmente, o papel dos mecanismos de aprendizagem (principalmente a aquisição de conhecimento advindo de fora da empresa) nas trajetórias das empresas influentes e também nas implicações do desenvolvimento da capacidade nas unidades das empresas.

O mérito dessa série de estudos é ter evidenciado a relevância do comprometimento intraempresarial com o processo de geração de conhecimento tecnológico para criar capacidade tecnológica nas próprias unidades (KATZ, 1987).

Conforme destacado em Tacla e Figueiredo (2006), além dos processos de aprendizagem intraempresa, outros diferentes fatores externos e internos à empresa podem influenciar na sua acumulação de capacidade tecnológica.

A indústria de defesa surge, neste estudo, como principal fator externo. A indústria necessita de grande desenvolvimento tecnológico face o grande desenvolvimento bélico mundial. As Forças Armadas vão agir como grandes impulsionadores integrando, juntamente com as empresas privadas, atividades que realizem ou conduzam pesquisa, projetos, desenvolvimento, industrialização e produção.

A capacidade tecnológica é um importante fator na determinação da eficiência e da eficácia dos processos produtivos e no grau de inovação das empresas. Batalha e Silva (2007) afirmam que a tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante como fator explicativo das estruturas industriais e do comportamento competitivo das firmas. Sua mensuração pode auxiliar as

empresas a avaliarem suas capacidades. Entretanto, como explicitado, podem haver diversos conceitos para a capacidade tecnológica impondo dificuldades a sua mensuração. Segundo Jonker, Romijn e Szirmai (2006), as tentativas de operacionalizar o conceito na empresa consideram apenas parte do espectro, apresentam problemas de escolha de proxies de mensuração e expõem a complexidade da distinção entre esforços, capacidades e desempenho. O Quadro 1 mostra a relação entre diversos autores e as abordagens destes na tentativa de mensurar a capacidade tecnológica.

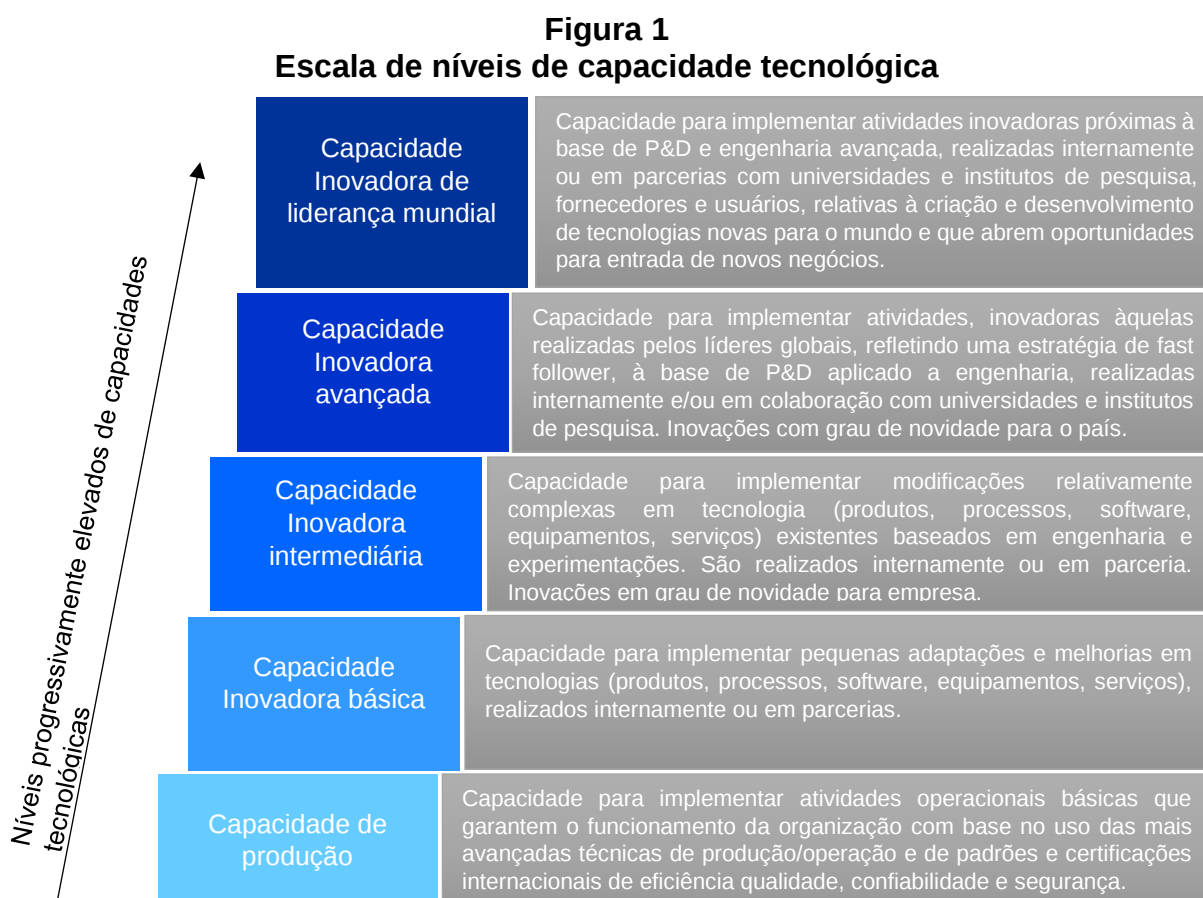
Quadro 1
Principais estudos dinâmicos de mensuração da capacidade tecnológica

Autor	Campo de Estudo
Bell (1984)	Mecanismos de aprendizagem revelam-se em meio à acumulação de capacidades tecnológicas. O autor faz uma distinção entre os mecanismos de aprendizagem baseados na prática e aqueles relacionados às mudanças.
Katz (1987)	Comprometimento intraempresarial com o processo de geração de conhecimento tecnológico para criar capacidades tecnológicas nas próprias unidades.
Bell e Pavitt (1995)	As capacidades tecnológicas eram mensuradas com base nos gastos das empresas na área de Pesquisa e Desenvolvimento. Estes indicadores não captam as atividades inovadoras não relacionadas à área de Pesquisa e Desenvolvimento que são desenvolvidas nas diversas unidades das empresas. Tais medições são utilizadas para agregar análises de desempenho industrial e/ou tecnológico.
Kim (1997)	Estudo da construção de capacidades tecnológicas inovadoras no contexto de países em desenvolvimento e os processos subjacentes de aprendizagem nas empresas de economia emergente através do estudo da trajetória de desenvolvimento de capacidade em algumas empresas do Leste Asiático.
Figueiredo (2001, 2008)	Descobertas relativas à velocidade de acumulação de capacidade tecnológica. Importantes para a empresa em relação ao tempo de construção de capacidade inovadora, que sejam esperados a partir dos seus esforços ao longo do tempo.

Figueiredo (2003)	Análise da evolução da acumulação e da velocidade das capacidades tecnológicas com base na observação da posição da empresa em relação a nível tecnológico estabelecido.
-------------------	--

Fonte: Elaboração própria

Malavski, Lima e Costa (2010) sugerem o emprego de uma lógica de progressão de níveis (de básico para avançado) de atributos e de variedade dos elementos considerados pelo aspecto cumulativo das trajetórias tecnológicas. O caráter de acumulação e os diferentes graus de complexidade existentes em tecnologias disponíveis permitem pressupor a existência de estágios (níveis) pelos quais a firma transita durante o seu ciclo de vida. Entende-se que a acumulação das capacidades tecnológicas ocorre em “estágios” que podem evoluir entre os níveis básico, intermediário e avançado (BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2001). A Figura 1 apresenta os estágios de capacidades tecnológicas utilizadas nesse estudo a fim de elucidar a trajetória da acumulação de capacidades tecnológicas pela firma AVIBRAS desenvolvedora do Sistema ASTROS em conjunto com o Exército Brasileiro e Marinha do Brasil.



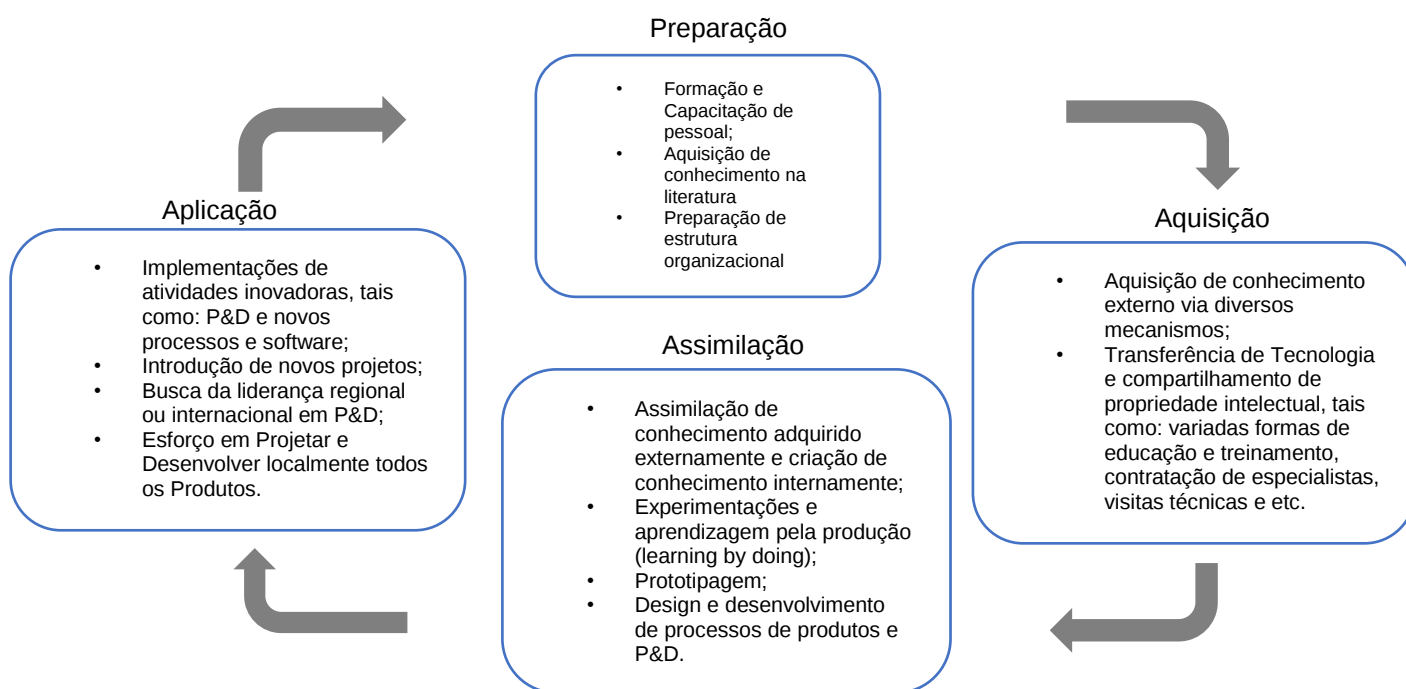
Fonte: Figueiredo, Pinheiro, Cabral et al., (2018)

3. APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA

Segundo Dicio (2021), aprendizagem é a duração do processo de aprender; isto é, o tempo que se leva para aprender; o exercício inicial sobre aquilo que se conseguiu aprender; experiência ou prática. Desta forma entende-se como aprendizagem tecnológica a capacidade de acumular competência tecnológica ao longo do tempo através do conhecimento permitindo o aumento da acumulação de capacidade tecnológica.

De acordo com Figueiredo (2001), a aprendizagem tecnológica pode ser dividida em dois processos distintos: (i) o processo de aquisição de conhecimentos, relacionado à aprendizagem no plano individual, que pode ser decomposto em processos de aquisição de conhecimentos externos e processos de aquisição de conhecimentos internos; e (ii) o processo de conversão do conhecimento, relacionado à aprendizagem no plano organizacional, o qual pode ser desagregado em socialização do saber e codificação do saber. A Figura 2 apresenta um modelo do ciclo de aprendizagem tecnológica elaborado por Bello et al (2020) adaptado de Bell e Figueiredo (2012) e Kim (1998) o qual foi desenvolvido para elucidar o processo de aprendizagem tecnológica em países em desenvolvimento. Este modelo será abordado neste estudo a fim de elaborar o ciclo de aprendizagem tecnológica no desenvolvimento do Sistema Astros.

Figura 2
Modelo de Ciclo de aprendizagem tecnológica



Fonte: Bello et al. (2020).

4. A INDÚSTRIA DE DEFESA NO BRASIL

O mundo passou por diversas mudanças ao longo dos séculos. As Revoluções Industriais possibilitaram o surgimento de novos produtos (desde a máquina a vapor até os computadores modernos), aumento da capacidade produtiva, além de desenvolvimento e inovação.

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico-Científica, surgiu no contexto da Segunda Guerra Mundial, onde as invenções e inovações daquele período foram utilizadas para serem usufruídos durante a Guerra. Compreende o momento de maior avanço tecnológico e impulsionadora de transformações engloba automatização das empresas, aumento da produção e diminuição do tempo de produção (fabricava-se mais produtos em menos tempo).

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como indústria 4.0, engloba algumas tecnologias para automação e troca de dados e utiliza conceitos de Sistemas ciber-físicos, Internet das Coisas e Computação em Nuvem. O foco da Quarta Revolução Industrial é a melhoria da eficiência e produtividade dos processos.

Desta forma, pode-se inferir, a proximidade entre inovação e desenvolvimento tecnológico com a indústria de defesa que segundo Brick (2019) tem como finalidade desenvolver e sustentar a capacidade militar que um país necessita para garantir sua soberania e sobrevivência no Sistema Internacional. A tecnologia possibilitou a criação e desenvolvimento de equipamentos e armamentos ultra modernos, este avanço impõe as Forças Armadas uma contínua e permanente necessidade de inovação dos meios militares a fim de garantir a soberania do Estado.

A indústria de defesa é considerada uma das mais importantes dentro da estrutura produtiva das economias avançadas e também das grandes economias emergentes (particularmente Rússia, China e Índia) (BRASIL, 2016a). Leske (2015) reitera que a indústria de defesa mantém relação estreita com a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e é tida como geradora de potenciais transbordamentos para outras áreas, sendo estimulada em muitos países, principalmente nos Estados Unidos.

Segundo Brasil (2021), a Estratégia Nacional de Defesa (END) estabelece diretrizes para a adequada preparação e capacitação das Forças Armadas, institui ações estratégicas de médio e longo prazo e objetiva a modernização da estrutura nacional de defesa. Também foi desenvolvida para atender às necessidades de equipamento dos Comandos Militares, reorganizando a indústria de defesa para que as tecnologias mais avançadas estejam sob domínio nacional.

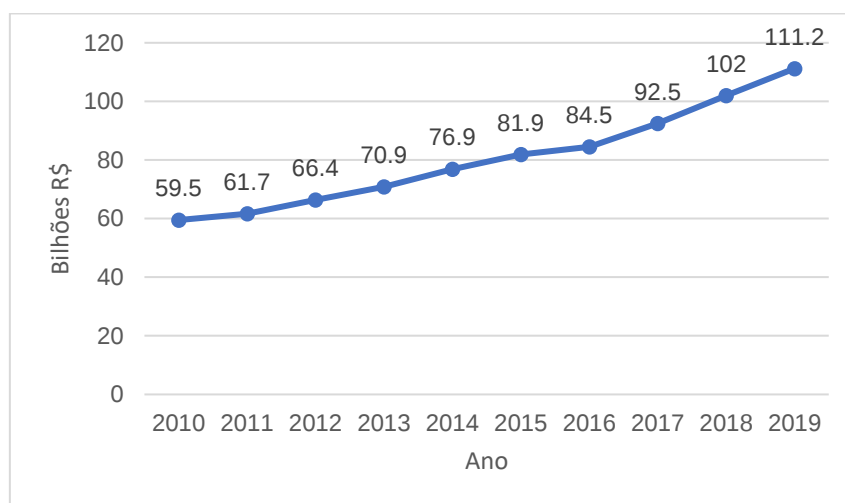
Brasil (2020) elucida que o Ministério da Defesa desenvolve ações que buscam integrar os esforços de ciência e tecnologia das Forças Armadas aos avanços nacionais nesse setor. Muitas dessas iniciativas visam ampliar a interação entre instituições de pesquisa civis e militares, universidades e empresas, no intuito de agregar esforços na criação de polos de alta tecnologia em diversas regiões do país.

Neste sentido, O livro a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2012) denomina Base Industrial de Defesa (BID) o conjunto das empresas estatais ou privadas que participam de uma ou mais etapas de pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos de defesa – bens e serviços que, por suas peculiaridades, possam contribuir para a consecução de objetivos relacionados à segurança ou à defesa do país.

A Lei de fomento à Base Industrial de Defesa é um desdobramento do Plano Brasil Maior, criado para aumentar a competitividade da indústria nacional, a partir do incentivo à inovação tecnológica (BRASIL, 2020).

Pode-se observar o movimento de desenvolvimento da indústria de defesa do Brasil, através de leis e aumento de investimentos. A Figura 3 mostra a evolução orçamentária dos investimentos no Ministério da Defesa do Brasil, entre 2010 e 2019.

Figura 3
Evolução orçamentária do Ministério da Defesa do Brasil (2010-2019)



Fonte: Adaptado de Brasil (2021)

Estabelecendo uma relação com o PIB, em 2010, os investimentos totalizavam R\$59,5 bilhões, representando 1,53% PIB (ver Figura 3). Em 2017 os investimentos foram de R\$92,5 bilhões, representando 1,40% do PIB, em 2018 R\$102 bilhões, representando 1,49% do PIB e em 2019 R\$111,2, bilhões representando 1,53% do PIB. Isto é, ao longo do período estudado os investimentos saltaram de R\$59,5 bilhões para R\$111,2 bilhões, um aumento de 86.8%. Entretanto, o crescimento absoluto dos investimentos não acompanhou o aumento em relação ao PIB permanecendo na média de 1,53% observados em 2010 e em 2019, mostrando que embora o Brasil venha se dedicando no desenvolvimento da indústria de defesa, o país necessita percorrer um longo caminho para alcançar uma posição importante no cenário mundial.

5. MÉTODO DE PESQUISA

O método deste estudo foi o estudo de caso, no qual descreveu-se a evolução da acumulação de níveis de capacidades tecnológicas do EB e MB na implementação da Artilharia de Mísseis e Foguetes. Posteriormente o estudo dedicou-se a verificar a influência do processo de aprendizagem tecnológica na acumulação de capacidades tecnológicas do EB e MB na implementação da Artilharia de Mísseis e Foguetes. Ao final, uma análise dos resultados coletados a fim de identificar quais níveis de capacidade tecnológica o EB e MB conseguiram alcançar.

5.1 Estudo de Caso

O Brasil faz parte do grupo de países de economia emergente que tem buscado incentivar a indústria de defesa nacional (BITZINGER, 2013). Neste contexto, o Sistema ASTROS aparece como um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) desenvolvido com ajuda da Marinha do Brasil e do Exército Brasileiro afim de fornecer conhecimento tecnológico necessário para desenvolver seus próprios projetos na indústria de defesa.

A Marinha do Brasil desenvolvia um estudo para modernização da Artilharia do Corpo de Fuzileiros Navais. O estudo consistia em verificar o melhor armamento a ser adquirido. A aquisição seria entre uma Artilharia de tubo 155mm importado ou uma Artilharia de Foguetes (Sistema ASTROS) de fabricação nacional. A Marinha enxergou a possibilidade de desenvolvimento do mercado interno incentivando a indústria de defesa nacional adquirindo, desta forma, o Sistema ASTROS.

O Exército Brasileiro necessitava de Armamento que tivesse maior alcance que sua Artilharia de Tubo. Na década de 1990, o Exército adquiriu o Sistema ASTROS. Posteriormente, desenvolveu o Projeto Estratégico do Exército ASTROS 2020 (PEE ASTROS 2020) a fim de seguir a Estratégia Nacional de Defesa e adquiriu a versão mais atualizada do Sistema ASTROS.

A AVIBRAS iniciou suas atividades na década de 1960, inicialmente voltados para a produção de aeronaves. Entretanto, devido as dificuldades que este setor apresentava, a empresa decidiu focar em outros projetos.

Assim, como assinala Ladeira Júnior (2013, p 105), ainda na década de 1970, Verdi percebe que “o mercado internacional não dispunha de um sistema de foguetes de artilharia para saturação de área que utilizasse diversos calibres e alcances, lançados a partir de um mesmo veículo.”

Assim começa-se os primeiros trabalhos para desenvolvimento do sistema, da seguinte forma por Ladeira Júnior:

Inicialmente, foram construídos os protótipos das viaturas a partir da utilização de chassis nacionais, que não possuíam tração dianteira; e construir um veículo 6X6, com aplicação militar, sem tração dianteira tornou-se inviável. O sistema montado sobre o chassi nacional foi

denominado ASTROS-1 e apelidado internamente de “Brucutu”. Após negociações com a Mercedes, decidiu-se importar da Alemanha chassis preparados para o sistema de enchimento dos pneus, com suspensão reforçada e tração total. (LADEIRA JÚNIOR, 2013, p. 109)

Portanto têm-se início a produção e desenvolvimento do sistema ASTROS. Segundo MELNISKI (2019).ao longo da primeira metade da década de 1980, foram desenvolvidos e produzidos os primeiros veículos ASTROS, para o Iraque, em três versões do sistema – o veículo lançador, o veículo remuniador e a estação diretora de tiro, todos montados sobre o chassi importado da Mercedes, passando o sistema a ser denominado de ASTROS-2.

O Sistema ASTROS passou por diversas etapas de transformação os quais serão objetos deste estudo: Modernização dos sistemas ASTROS-2, adquiridos nas décadas de 80 e 90 (Versão MK3, adquirida pelo Exército Brasileiro), levando-os aos padrões atuais do Sistema ASTROS (Versão MK6), além de dois projetos de P&D, o Míssil Tático de Cruzeiro (AV-TM 300 – designação dada pela empresa AVIBRAS ou MTC-300 - designação dada pelo EB) e a munição guiada AV-SS 40G (designação dada pela empresa AVIBRAS ou SS-40G – designação dada pelo EB)

Esse sistema possui a capacidade de lançar munições de diferentes calibres, a distâncias que variam entre 9 à 300 km, sendo utilizado para bater alvos de elevada importância, como os estratégicos e os localizados em profundidade no campo de batalha (BRASIL, 2015).

O propósito do sistema é executar um grande volume de fogos, em uma determinada área em um curto espaço de tempo, sendo classificado com um sistema de saturação de área.

5.2 Coleta e Análise de dados

Foram realizadas pesquisas de campo o qual coletou dados secundários por meio da literatura disponível, como artigos científicos, apresentações e relatórios.

A natureza da pesquisa é aplicada pois gera conhecimentos de aplicação prática para problemas específicos, e assim chega-se a soluções práticas para os problemas apresentados, ou seja, o estudo traz uma melhor elucidação sobre

o tema estudado além de possibilitar uma aplicação prática. Quanto à abordagem do problema, foi empregada a modalidade de pesquisa qualitativa, porque apresenta os resultados através de percepções e análises bibliográficas. Desta forma esclarecerá como foi o processo de acúmulo de capacidade tecnológica no processo de criação e modernização do Sistema ASTROS, o processo de aprendizagem tecnológica e a trajetória tecnológica.

Quanto ao objetivo do estudo, foi empregada a modalidade de pesquisa descritiva, tendo em vista o assunto pesquisado já é conhecido, já foi estudado, irá se fazer, um aprofundamento no tema analisando o Sistema ASTROS, obtendo no final do estudo uma escala de capacidades tecnológicas (Figura 1), onde terá a evolução da trajetória de acúmulo de níveis ao longo do tempo, e a evolução do ciclo de aprendizagem tecnológica que permitiu o acúmulo de capacidade tecnológica.

6. RESULTADOS

O propósito desta seção é explicar o processo de acumulação de capacidade tecnológica inovadora e os processos subjacentes de aprendizagem tecnológica, como fonte de mecanismos para evolução dos níveis de capacidade tecnológica durante o processo de desenvolvimento das versões MK3, MK6 e MK3-M do Sistema ASTROS.

6.1 Acumulação de níveis de capacidades tecnológicas do EB e MB na implementação da Artilharia de Mísseis e Foguetes

Este estudo tem como objetivo descrever a evolução da acumulação de níveis de capacidades tecnológicas durante a implementação da Artilharia de Mísseis e Foguetes nas Forças Armadas, sendo o Sistema ASTROS o principal objeto de estudo. Para melhor elucidação do tema, o estudo foi dividido em fases: Versão MK3 (primeira versão utilizada pelo Exército Brasileiro), Versão MK6 (versão mais atual, no momento de elaboração deste estudo, utilizada pela Marinha do Brasil, através do Corpo de Fuzileiros Navais, e Exército Brasileiro) e a modernização da Versão MK3 para a Versão MK3-M para utilização do míssil tático de cruzeiro AV-TM 300.

6.1.1 Primeira Fase: Versão MK3

Como já mencionado, a terceira e quarta revolução industrial trouxeram mudanças significativas para o mundo. Para a indústria de defesa não foi diferente. Devido a constante evolução tecnológica no campo de batalha e maior dinâmica nos conflitos, o Exército Brasileiro e a Marinha do Brasil, alguns anos depois, viram a necessidade de uma artilharia que seja capaz de bater alvos com maior alcance. Segundo Brasil (1999), é preciso bater uma maior quantidade e variedade desses alvos sem que se furtem aos efeitos dos fogos, utilizando-se para isso da saturação de área.

O Exército Brasileiro passou a adquirir o Sistema ASTROS-2 na década 1990. Cabe destacar, no que diz respeito às versões do sistema de lançadores de foguetes, o seguinte:

O sistema ASTROS-2 surgiu nas versões MK1 e MK2, para o Iraque (1981). Para a Arábia Saudita (1985), houve a evolução para a versão MK3, que incorporou vários sistemas eletrônicos. As versões iraquianas não tinham tantos recursos: o comando de tiro era realizado eletronicamente, mas não havia o controle e supervisão eletrônica da versão árabe. Para a Malásia (2001) foi desenvolvida a versão MK4, [...] e criadas duas novas versões de veículos blindados: o posto móvel meteorológico e a viatura de comando e controle no nível de bateria. (LADEIRA JÚNIOR, 2013, p. 139)

Desta forma, o Exército Brasileiro estabelece ligação com a empresa AVIBRAS, detentora de um conhecimento técnico acumulado no desenvolvimento do Sistema ASTROS, e a qual incorporou soluções de mercado necessárias ao projeto, mudança das Versões anteriores (MK1 e MK2), utilizada pelo Iraque (Figura 4) para a Versão MK3 sob acompanhamento de uma equipe de absorção de conhecimentos e de transferência de tecnologia.

Figura 4
Sistema Astros-2 usado pelo Iraque durante a Guerra do Golfo



Fonte: TECH. SGT. H. H. DEFFNER (2007)

Nestes tempos, a Empresa passava por certas dificuldades, o que a fez remodelar seu modelo de negócio. Essa reestruturação segundo Ladeira Júnior (2013, p. 30) apresentou-se da seguinte forma:

O enxugamento da AVIBRAS e a atuação nos negócios civis imprimiram uma interação entre as áreas da empresa. Durante a década de 1980, desenvolvimento e produção eram atividades compartimentadas. Na década de 1990, promoveu-se a integração técnica entre desenvolvimento e produção, com as equipes produtivas participando ativamente do desenvolvimento dos novos produtos.

A empresa também adquiriu experiência e aumentou a sua produtividade. Nos anos de 1990, a AVIBRAS era capaz de fabricar os mesmos produtos da década anterior com cerca de um terço do efetivo. Com a aplicação da gestão pela qualidade total, a responsabilidade pela qualidade foi transferida dos inspetores para os operadores, reduzindo 30% do pessoal da produção.

A Versão MK3 do Sistema ASTROS, a qual foi adquirida pelo Exército Brasileiro, possui Chassi MERCEDES-BENZ, negociado com a Mercedes, originários da Alemanha. Estes chassis eram preparados para o sistema de enchimento dos pneus, com suspensão reforçada e tração total.

Ladeira Júnior (2013), em seus estudos sobre a AVIBRAS, destaca que houve um aumento nas vendas dos lançadores ASTROS-2, no início da década de 2010, associando este fenômeno de crescimento com as contratações do EB, que demandou novos contratos de aquisições e de P&D, no escopo do Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020 (será estudado mais profundamente na

próxima sessão) prevendo uma nova versão para o sistema – a MK6, com capacidade de também lançar o míssil tático de cruzeiro, com alcance de até 300 km, que está sendo desenvolvido pela AVIBRAS.

6.1.2 Segunda fase: Versão MK6

Em 2010, o Exército idealiza o Projeto de Força do Exército Brasileiro (PROFORÇA), a fim de seguir as determinações da Estratégia Nacional de Defesa, elaborando ações para adequação do Estado as novas demandas do cenário Geopolítico.

Segundo MELNISKI (2019) como parte delineadora do Processo de Transformação em pleno desenvolvimento no Exército, elencou onze novas capacidades, dentre as quais se destaca a dissuasão extrarregional, que pode ser definida como:

A capacidade que tem uma Força Armada de dissuadir a concentração de forças hostis junto à fronteira terrestre e às águas jurisdicionais e a intenção de invadir o espaço aéreo nacional, possuindo produtos de defesa e tropas capazes de contribuir para essa dissuasão e, se for o caso, de neutralizar qualquer possível agressão ou ameaça, antes mesmo que elas aconteçam. (BRASIL, 2013, p.44)

Durante o projeto de P&D das Versões anteriores do Sistema, o Exército é motivado a desenvolver o Projeto Estratégico do Exército ASTROS 2020 (PEE ASTROS 2020), Segundo Brasil (2017) o Programa busca a dissuasão extrarregional para a defesa do Brasil, o projeto foi lançado em 2012 com previsão de entrega em 2023.

O projeto possui diversos produtos em sua Estrutura Analítica, dentre os quais, destaca-se:

Projeto Míssil Tático de Cruzeiro – MTC 300: desenvolvimento do MTC-300 para o Sistema ASTROS, atendendo aos conceitos de letalidade seletiva e proteção, entregando produto de defesa (PRODE) de elevado valor tecnológico, conforme condições de contrato específico com a AVIBRAS;

Projeto Foguete Guiado SS-40G: desenvolvimento do foguete guiado para o Sistema ASTROS, atendendo aos conceitos de letalidade seletiva e proteção, entregando PRODE de elevado valor tecnológico, conforme condições de contrato específico com a AVIBRAS;

Projeto Viaturas do Sistema ASTROS: caracteriza-se pela aquisição de viaturas ASTROS versão MK6, para a composição do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes, e pelo conjunto de atividades de modernização das viaturas ASTROS do 6º Grupo de Mísseis e Foguetes, colocando-as no mesmo patamar das novas viaturas ASTROS MK-6, com capacidade de lançar o MTC e toda a família de foguetes ASTROS, conforme condições de contratos específicos celebrados com a

AVIBRAS; a aquisição de novas viaturas no padrão MK6, a modernização de viaturas MK3 para MK3M (com o mesmo nível tecnológico das novas), o desenvolvimento de um sistema de simulação integrado e a construção de instalações no Forte Santa Bárbara, em Formosa (GO). (MELNISKI, 2019)

Uma infraestrutura com laboratórios, equipamentos adaptados e profissionais especializados estava disponível, assim como uma estrutura organizacional favorável à troca de conhecimentos entre os centros de pesquisa do EB e a empresa contratada. Em 2018, o programa ASTROS 2020 entregou duas importantes instalações necessárias para assimilação de conhecimento do Sistema: Instalações do Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes (C I Art Msl Fgt) cuja missão segundo Brasil (2018) é especializar os recursos humanos no emprego e na logística do sistema de mísseis e foguetes, e contribuir para a formulação da doutrina de emprego deste sistema da Artilharia do Exército Brasileiro. Centro de Logística de Mísseis e Foguetes (C Log Msl Fgt) cuja missão é realizar a manutenção do sistema em todos os Escalões.

Em paralelo, a Marinha do Brasil (MB), desenvolvia um estudo para modernização da Artilharia do Corpo de Fuzileiros Navais, que conta com as seguintes armas de Artilharia de Campanha de tubo: Obuseiro 105mm M101A1 AR, Obuseiro 105mm L-118 LIGHT GUN, Obuseiro 155mm M114 AR e o Morteiro 120mm K6A3.

Segundo Xerém (2017) a obtenção do Sistema ASTROS pela MB foi realizada por meio de aquisição direta junto à empresa AVIBRAS. O processo foi formalizado, em 09 de dezembro de 2011, com a assinatura do contrato entre a AVIBRAS Divisão Aérea e Naval S.A. e o CMatFN, para fornecimento de uma Bateria de Lançadores Múltiplos de Foguetes (BiaLMF) ASTROS, além disso o contrato previa também 02 Simuladores (PCC e LMU); e Pacote de Suporte Logístico (suporte técnico; treinamento de operação e manutenção; e sobressalentes e ferramentas especiais)

Em 2016, fruto dos conhecimentos adquiridos, o Corpo de Fuzileiros Navais inaugura o Curso de Operação do Sistema ASTROS, ministrado no Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo e Em 2019, Foi Inaugurado o Galpão de Manutenção da Bateria de Lançadores Múltiplos de Foguetes permitindo a execução das manutenções de primeiro e segundo escalões pelos militares da própria bateria.

A versão de viatura MK6 (Figura 5), adquiridas pelo EB e MB, agora na versão Tatra (chassis, motor e transmissão) da República Tcheca, e possui como vantagem o motor ser refrigerado a ar, o que facilita a manutenção.

Figura 5

Sistema ASTROS na Operação Formosa 2014 do Corpo de Fuzileiros Navais



Fonte: Sobreira (2014)

Além disso essa Versão é capaz de lançar o MTC e o foguete guiado sofrendo poucas adaptações. Após isso a empresa alemã MERCEDES-BENZ cancelou a exportação do chassi que fornecia para a AVIBRAS por não poder fornecer materiais para uso bélico, forçando assim, a empresa brasileira a procurar um novo chassi para o sistema.

A AVIBRAS também é a empresa contratada pelo EB e MB para a pesquisa e desenvolvimento de novas munições para o Sistema ASTROS, já destacadas neste trabalho: o AV-TM 300 (Figura 6), um míssil táctico de cruzeiro com emprego na faixa de 30 até 300 km, e o Foguete Guiado AV SS-40 G (Figura 7), com alcance superior a 30 km e mais preciso que os outros foguetes do sistema.

Figura 6

O AV-TM 300 (alcance de 300 km). Capaz de atingir alvos com precisão da ordem de poucos metros.



Fonte: Caiafa (2017)

Figura 7

AV-SS 40G



Fonte: Padilha (2013)

6.1.3 Terceira fase: Versão MK3-M

A versão da viatura MK3 estava em uso pelo EB desde 1990, porém essa versão não poderia utilizar o MTC ou o foguete guiado SS-40. A capacidade intelectual e experiência acumuladas pelo Exército nos projetos antecessores motivaram a P&D de um projeto o qual a versão MK3 foi modernizada para a

versão MK3-M (Figura 8), para atender as especificações de usos das novas munições (motivação do projeto).

Figura 8

Programa Estratégico do Exército Brasileiro ASTROS 2020: Forte Santa Bárbara recebe 12 viaturas modernizadas MK3-M, similares as do padrão MK6



Fonte: Caifa (2017)

De acordo com During (2014) as principais modificações são a modernização do sistema de Direção de Tiro e Sistemas de Dados Meteorológicos e transmissão de dados via satélite. Para o lançamento do AV-TM-300, inclui também uma estação de planejamento de tiro.

A remodelagem das viaturas da versão MK3 para MK3-M do Sistema ASTROS compreende os trabalhos de engenharia e a execução das atualizações mecânicas, eletromecânicas, eletrônicas e de software de comando e controle, com o objetivo de melhorar o desempenho e a capacidade. O recebimento desses produtos de defesa contribui para a evolução e a consolidação da Artilharia de Mísseis e Foguetes, representando um salto tecnológico de capacidade, de eficiência e de efetividade para o apoio de fogo da Força Terrestre.

Segundo Caiafa (2017), o Míssil Tático de Cruzeiro (AV-TM 300) permitirá ao Brasil ser a sétima nação a ter o domínio dessa tecnologia. O projeto envolve

mais de cem empresas brasileiras, absorvendo mão de obra especializada oriunda dos polos de ciência e tecnologia e o Foguete Guiado (AV-SS 40G) colocará o país entre as dez nações do globo a terem o domínio dessa nova munição e permitirá que empresas nacionais pesquisem e desenvolvam produtos de alta tecnologia.

Além disso, uma equipe de militares do Centro de Logística de Mísseis e Foguetes, em março de 2019, estiveram na AVIBRAS para deliberar sobre aspectos e condicionantes para a efetivação de um contrato de Suporte Logístico Integrado (SLI), para as viaturas ASTROS e para o Míssil Tático de Cruzeiro – MTC 300.

As experiências acumuladas pelo Exército nos projetos antecessores motivaram a P&D Segundo MELNISKI (2019) em uma sinalização que efetivará, em breve, uma unidade vocacionada para a atividade de busca de alvos. Nesse contexto, publicou a portaria de criação e ativação da Bateria de Busca de Alvos do Comando de Artilharia do Exército.

6.2. Processos de aprendizagem tecnológica na Acumulação de capacidades tecnológicas do EB e MB na implementação da Artilharia de Mísseis e Foguetes.

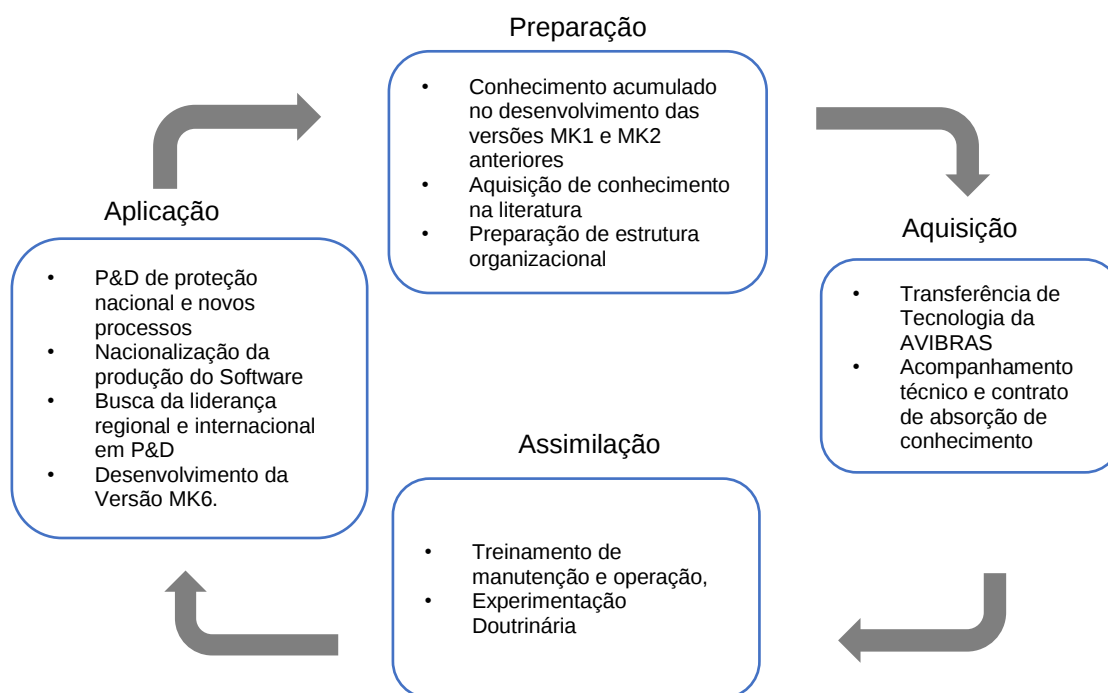
Esta etapa do estudo dedicar-se-á a examinar a influência da aprendizagem tecnológica tendo como objetivo mostrar a importância desse mecanismo durante a implementação da Artilharia de Mísseis e Foguetes. Desta forma, para melhor elucidação do tema, o estudo seguiu a divisão das fases propostas na seção anterior: Primeira fase - Versão MK3, Segunda Fase - Versão MK6 e Terceira fase - Versão MK3-M.

6.2.1 Primeira Fase: Versão MK3

A Figura 9 mostra o Ciclo de aprendizagem tecnológica da Versão MK3, na etapa de preparação, a AVIBRAS procurou retomar o conhecimento acumulado com as versões anteriores, MK1 e MK2, para o desenvolvimento da Versão MK3 do Sistema ASTROS. O Exército buscou retomar o conhecimento

por meio de leituras e associou o novo sistema à Artilharia de Costa, cujo o armamento eram canhões schneider de 150 mm que foram substituídos pelos canhões móveis Vickers Armstrong de 152.4 mm. Desta forma estruturou as cinco baterias de lançadores múltiplos de foguetes adquiridas na década de 1990 pelas seguintes Unidades no território nacional: 1º Bateria LMF em Brasília – DF; 3º Bateria LMF em Cruz Alta – RS; 1º Bateria do 10º GACosM em Macaé – RJ; 6º Grupo de Artilharia de Costa Motorizado – Grupo José Bonifácio – em Praia Grande; e 8º Grupo de Artilharia de Costa Motorizado – Grupo Presidente Ernesto Geisel, localizado em Niterói.

Figura 9
Ciclo de aprendizagem tecnológica da Versão MK3



Fonte: Elaboração própria

Na etapa de assimilação o desenvolvimento do projeto repercutiu em um extenso processo de capacitação de pessoal especializado no EB, para isso foram realizadas diversas integrações, através do envio de militares à empresa AVIBRAS para treinamentos de manutenção, operação e experimentação doutrinária.

Na etapa de aplicação, acumulou experiência e conhecimento na produção das viaturas do Sistema ASTROS. O projeto permitiu a inserção e

desenvolvimento de novas versões mais desenvolvidas, requisitos básicos para a inserção das Forças Armadas na Guerra moderna.

6.2.2 Segunda Fase: Versão MK6

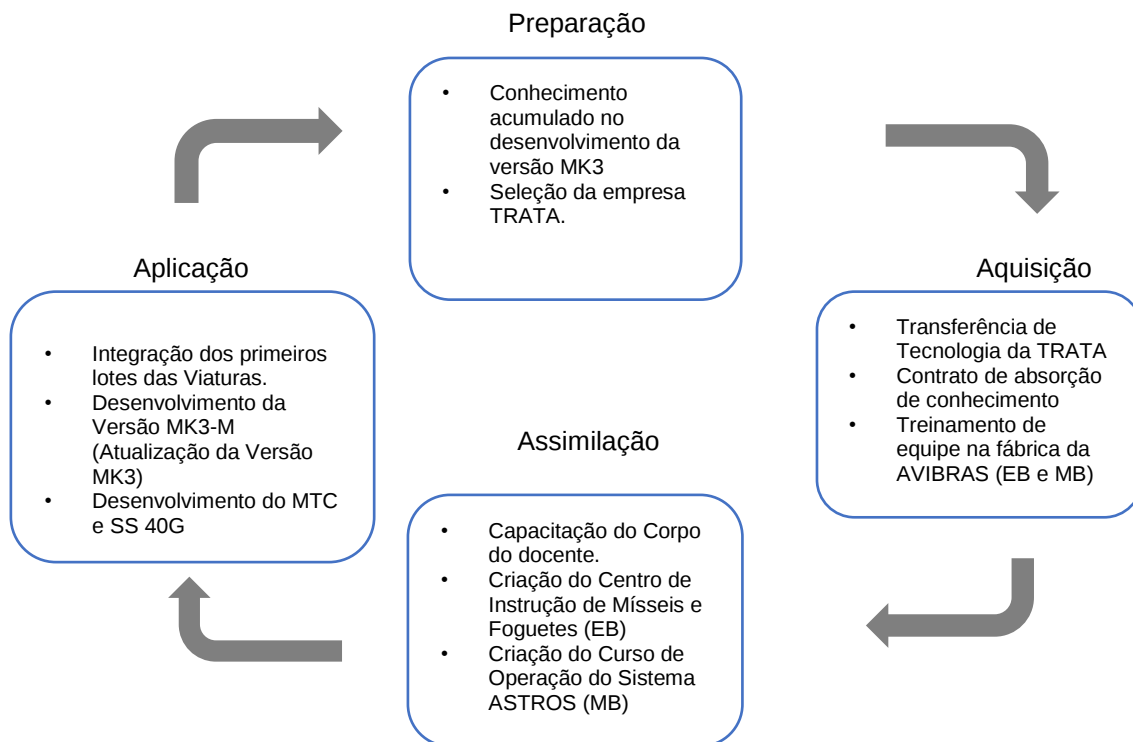
A Figura 10 mostra o ciclo de aprendizagem tecnológica da Versão MK6 do Sistema ASTROS. Na etapa de preparação, o Exército preparou e utilizou as capacidades adquiridas no desenvolvimento da Versão MK3. Além disso buscou-se conhecimento com a Marinha do Brasil que adquiriu a versão MK6 para mobiliar a Artilharia do Corpo de Fuzileiros Navais. Neste contexto a Marinha do Brasil também utilizou o conhecimento obtido pelo Exército Brasileiro.

O Exército vislumbrou a necessidade de centralizar o material ASTROS em local que facilitasse a sua manutenção, preparo e emprego, bem como possuísse amplo campo de tiro. Desta forma todo material foi concentrado em uma Unidade (6º GLMF/CIF antigo 6º GACosM) que foi transferida para a cidade de Formosa, Goiás, no ano de 2004 enquanto a Marinha do Brasil planejava e formulava um empreendimento modular a fim de criar as instalações para o Sistema ASTROS.

Ainda na etapa de preparação, A Alemanha, fabricante do chassi Mercedes-Bens, deixa de fornecer o produto por motivos internos do país (não fornecimento de equipamentos para fins bélicos), então a AVIBRAS, passa a negociar com a empresa TRATA, nova fornecedora de chassis.

Na etapa de aquisição, devido a mudança de chassi, foi realizada a transferência de tecnologia da empresa TRATA. Para tal, tanto o Exército quanto a Marinha do Brasil realizaram treinamentos de equipes na empresa AVIBRAS e assinaturas de contratos que permitiam a transferência de tecnologia colaborando, desta forma, para a implementação da Versão MK6 no EB e MB. Além disso, essa integração TRATA e AVIBRAS permitiu a esta última acumular novos conhecimentos, aumentando seu nível de conhecimento prévio. Na etapa de aquisição, o Exército Brasileiro foi beneficiado com uma transferência de tecnologia da AVIBRAS, as Viaturas do Sistema já eram do Exército a AVIBRAS apenas disponibilizou o que foi modernizado. A infraestrutura laboratorial, adquiriu componentes e equipamentos condizentes com as modificações.

Figura 10
Ciclo de aprendizagem tecnológica da Versão MK6



Fonte: Elaboração própria

Na etapa de assimilação, o conhecimento e a experiência trazidos pelo processo de transferência de tecnologia TRATA para a AVIBRAS tiveram de ser aprendidos, principalmente pelos militares especializados. O EB e MB realizaram atividades de capacitação de seu corpo docente para que pudessem treinar outros militares. Após essa capacitação dos seus profissionais, a Marinha do Brasil criou o Curso de Especialização no Sistema ASTROS realizado pelo Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo (CIASC). Segundo Brasil (2021) o Exército Brasileiro em 2007, implantou o Centro de Instrução de Foguetes (C I Art Fgt), vinculado ao 6º GLMF/CIF, em 2017, foi ativado o Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes (CI Art Msl) tendo iniciado as atividades de cursos e estágios em suas novas instalações no Forte Santa Bárbara em março de 2018, com o Curso de Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes para Oficiais e o Curso de Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes para Sargentos.

Na etapa de aplicação, as etapas do projeto permitiram a AVIBRAS acumular capacidade tecnológica suficiente para exportar o seu Sistema para diversos países, destacando: Iraque, Arábia Saudita, Malásia e Catar. Inclusive segundo Xerém (2017) a empresa participou de licitação internacional para a exportação à Indonésia, da qual também participaram os EUA com o HIMARS, tendo se sagrado a vencedora do certame e, em novembro de 2012. A parceria da AVIBRAS com o EB e MB conferiu ao Brasil ser uma das poucas nações capazes de projetar e desenvolver o Míssil tático de Cruzeiro e estar entre os Dez (10) países capazes de ter domínio sobre a munição guiada permitindo que novas empresas nacionais pesquisem e desenvolvam outros produtos de alta tecnologia dando origem a um novo ciclo de aprendizagem tecnológica.

6.2.3 Terceira Fase: Versão MK3-M

A Figura11 mostra o ciclo de aprendizagem tecnológica da Versão MK3-M do Sistema ASTROS. Na etapa de preparação, O Exército havia acumulado capacidade tecnológica dos projetos anteriores o que possibilitou o desenvolvimento da versão MK3 para a Versão MK3-M. A estrutura organizacional já estava totalmente disponível para dar suporte à maioria das atividades do projeto, além de pessoal capacitado e um sistema de transferência de conhecimento capaz de absorver e internalizar os novos conceitos.

Na etapa de aquisição, o Exército Brasileiro foi beneficiado com uma transferência de tecnologia da AVIBRAS, as Viaturas do Sistema já eram do Exército a AVIBRAS apenas disponibilizou o que foi modernizado. A infraestrutura laboratorial, adquiriu componentes e equipamentos condizentes com as modificações.

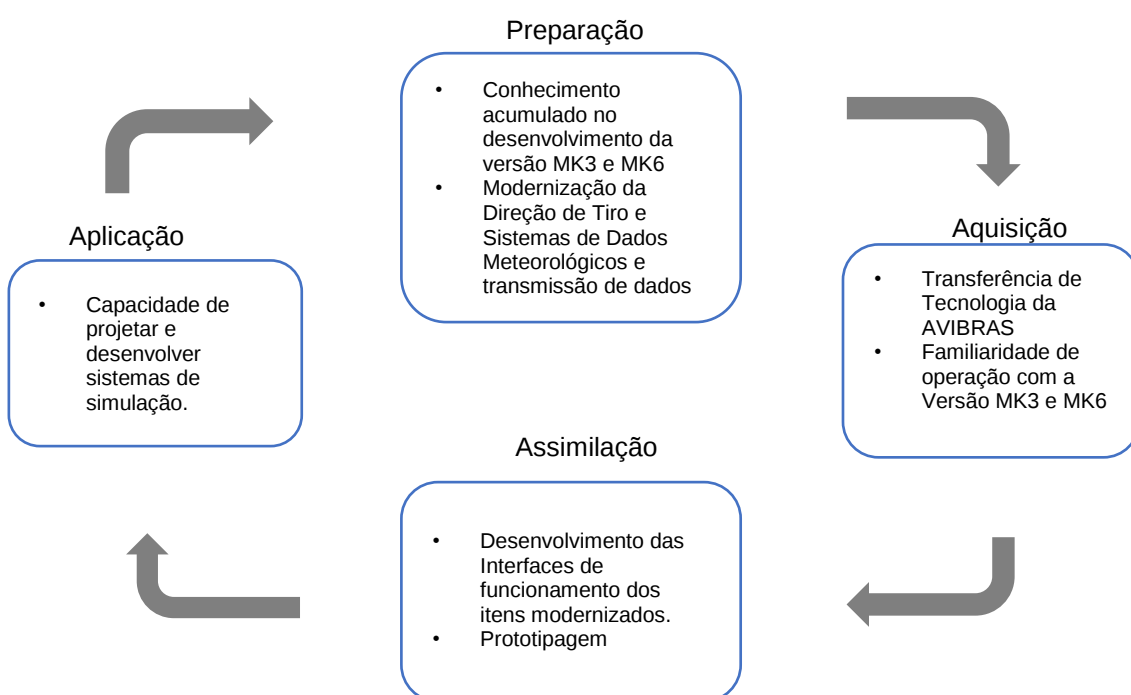
Na etapa de assimilação, a AVIBRAS utilizou o conhecimento acumulado pelos seus engenheiros para desenvolver as interfaces necessárias, para atender a nova demanda do Exército disseminadas no Projeto Estratégico do Exército ASTROS 2020 (PEE ASTROS 2020). Os conhecimentos acumulados pela AVIBRAS e EB foram utilizados e proporcionaram condições de realizar a prototipagem de maneira mais rápida e desenvolver o design dos componentes

e as interfaces necessárias ao funcionamento da Versão MK3-M, com as características semelhantes a versão MK6.

Na etapa de aplicação, a AVIBRAS realizou a qualificação da integração do Sistema de Direção Tiro, Dados Meteorológico e dados de satélite na Versão MK3 dando origem a Versão MK3-M capaz agora de lançar o Míssil Tático de Cruzeiro e Foguete Guiado. Convênios com instituições de ensino e pesquisa possibilitaram a P&D de sistemas de simulação do Sistema ASTROS.

Figura 11

Ciclo de aprendizagem tecnológica da Versão MK3-M



Fonte: Elaboração própria

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A observação dos resultados coletados permite inferir que o Exército Brasileiro, a Marinha do Brasil e a empresa AVIBRAS acumularam capacidades tecnológicas em níveis mais elevados. O Exército e AVIBRAS começando com as versões mais básicas do Sistema ASTROS e terminando com a capacidade de operacionalizar a Versão MK3-M, que possui funcionalidades similares à Versão MK6. A Marinha do Brasil através da aquisição direta da versão MK6.

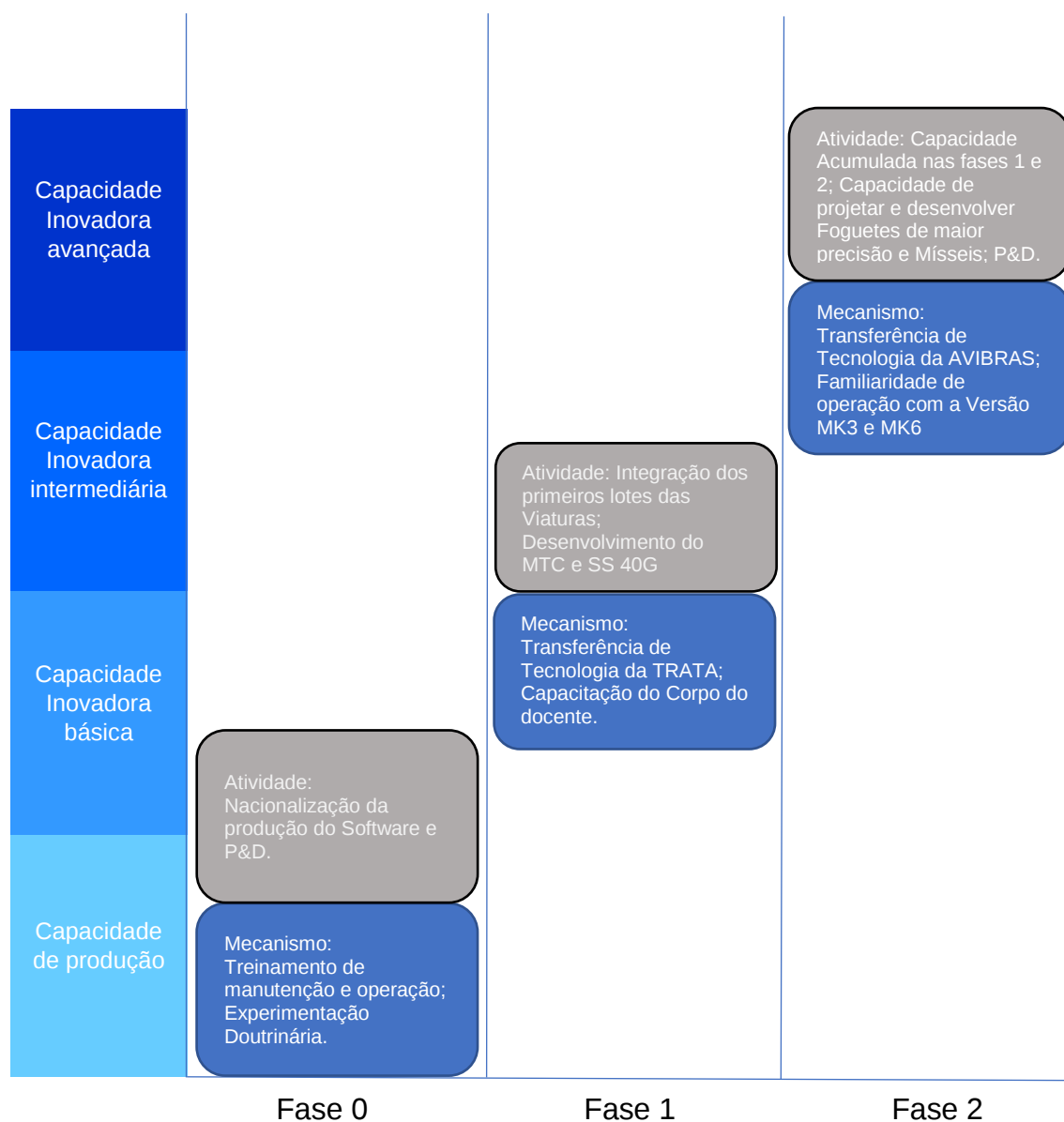
As atividades desenvolvidas nos projetos permitiram identificar as fontes para a acumulação das capacidades tecnológicas, ou seja, o papel dos processos subjacentes de aprendizagem tecnológica com diversas estratégias efetivas durante o processo. Examinando como o EB, a MB e AVIBRAS conseguiram acumular capacidade tecnológica no desenvolvimento das versões escolhidas para este estudo.

A Figura 12 apresenta o objetivo deste estudo, uma escala de capacidades tecnológicas onde terá a evolução da trajetória de acúmulo de níveis ao longo do tempo, e a evolução do ciclo de aprendizagem tecnológica que permitiu o acúmulo de capacidade tecnológica.

A Figura 12 demonstra, no início do projeto da Versão MK3, que o Exército possuía nível de Capacidade de Produção no âmbito das atividades dos projetos da Versão MK6 e MK3-M. Devido ao acúmulo de capacidade tecnológica e utilização de mecanismos de aprendizagem tecnológica permitiu a elevação do nível de capacidade tecnológica, possuindo nível de capacidade tecnológica inovadora básica no desenvolvimento das atividades da Versão MK6 e no final do projeto de modernização da versão MK3 (Versão MK3-M) possuía nível de capacidade tecnológica inovadora avançada. Desta forma segundo Figueiredo (2015) A elevação de níveis de acumulação de capacidades tecnológicas ocorre por meio de diversos esforços no processo de aprendizagem tecnológica.

Figura 12

Evolução de níveis de capacidades tecnológicas e do processo de aprendizagem tecnológica pela Marinha do Brasil e do Exército Brasileiro



Fonte: Elaboração própria

Durante a fase 1 a Marinha do Brasil teve um papel fundamental durante o processo de aprendizagem tecnológica. Embora o Exército Brasileiro já trabalhasse com o sistema ASTROS, a Marinha foi a primeira a adquirir a Versão MK6, possibilitando que a empresa AVIBRAS adquirisse expertise no processo de desenvolvimento do sistema. A AVIBRAS disponibilizou técnicos para a

passagem de conhecimento além de coletar informações sobre o desempenho da nova Versão.

Ainda na fase 1, o Exército acumulou capacidade de inovação básica e intermediária, no âmbito das atividades desenvolvidas, nos projetos da versão MK6 e MK3-M. Algumas atividades foram desenvolvidas para alcançar esses níveis, por exemplo, integração dos primeiros lotes das viaturas do Sistema, por utilizando mecanismos como a leitura de conhecimentos disponibilizados pela empresa TRATA em relação as especificações do chassi e capacitação de militares na AVIBRAS.

Na última fase, no projeto da Versão MK3-M, a Figura 12 mostra que o Exército, a Marinha e AVIBRAS acumularam capacidade de inovação avançada, no âmbito das atividades desenvolvidas nos projetos anteriores. Ambas as Forças e a empresa foram capazes de obter conhecimentos para operacionalizar os Foguetes de maior precisão (Guiado) e Mísseis, capacidade de projetar e desenvolver sistemas de simulação no Exército localizado no Centro de Artilharia de Mísseis e Foguetes e na Marinha localizado no Batalhão de Artilharia de Fuzileiros Navais. Essas atividades tornaram-se possíveis devido a mecanismos de aprendizagem tecnológica como a Transferência de Tecnologia da AVIBRAS; Familiaridade de operação com a Versão MK3 e MK6 no Exército e a Versão MK6 na Marinha. Portanto o EB, a MB e AVIBRAS conseguiram evoluir seus níveis de capacidades tecnológicas, no âmbito das atividades desenvolvidas, até o nível de capacidade tecnológica avançada, que apresenta inovações para o País.

Portanto analisando o estudo pode-se concluir que a versão MK3-M e MK6 beneficiaram-se do acúmulo de capacidade tecnológica da Versão MK3. As atividades desenvolvidas através de mecanismos de aprendizagem tecnológica foram as fontes para a acumulação de capacidade tecnológica. O acúmulo de capacidade tecnológica permitiu o desenvolvimento do Míssil Tático de Cruzeiro e do Foguete Guiado tornando o Brasil, um dos seletos países capazes de projetar e desenvolver esse tipo de Munição.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo passa por uma revolução tecnológica. Os Estados vão desenvolvendo-se com a tecnologia presente em todos os setores da sociedade, educação, transporte, saneamento, saúde, agronegócio, economia e com a defesa do Estado não é diferente.

No contexto geopolítico, os países que possuem maior influência são dotados de grande capacidade econômica, política e, principalmente, instrumentos de dissuasão. Um Estado hegemônico capaz de influenciar as principais decisões mundiais devem ser dotados de inúmeros mecanismos de defesas. A forma que os Estados se organizaram para atingir esse objetivo foi o desenvolvimento da indústria bélica.

A modernização da indústria bélica possibilitou um novo conceito de guerra. Cada vez mais os armamentos vão se modernizando e são capazes de atingir distâncias elevadas. Durante a Guerra Fria já era possível observar a modernização da indústria de defesa e como ela pode atuar na esfera mundial. Os países exerciam o poder pela posse de armamentos term nucleares e pela capacidade de ataques de mísseis balísticos intercontinentais.

A indústria de defesa de países emergentes é basicamente compradora e usuária de tecnologia do exterior. A acumulação de capacidade tecnológica utilizando mecanismos como fontes para essa acumulação fazem com que a indústria destes países alcance níveis maiores de capacidade tecnológica e consequentemente menos dependente de tecnologia externa.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi investigar a evolução da acumulação de níveis de capacidades tecnológicas durante a implementação da Artilharia de Mísseis e Foguetes nas Forças Armadas e a influência da aprendizagem tecnológica durante esse processo. Este objetivo foi concretizado pela elaboração da Figura 12 (Evolução de níveis de capacidades tecnológicas e do processo de aprendizagem tecnológica pela Marinha do Brasil e do Exército Brasileiro), onde foi possível elucidar a evolução de acúmulo de níveis ao longo do tempo, e a evolução do ciclo de aprendizagem tecnológica que permitiu o acúmulo de capacidade tecnológica.

Como contribuições deste artigo pode-se observar: a influência da aprendizagem tecnológica como mecanismo de acumular competência

tecnológica permitindo o aumento da acumulação de capacidade tecnológica; a importância da acumulação de capacidade tecnológica que permitiu o desenvolvimento do projeto, alcançando níveis de capacidade tecnológica superior e como essa acumulação de capacidade tecnológica permitiu o desenvolvimento de outros projetos vinculados ao Sistema, como o Míssil Tático de Cruzeiro e Foguete Guiado, transformando o Brasil de usuário de tecnologia para um dos poucos países do mundo capaz de projetar, desenvolver e operar esse tipo de tecnologia; e a importância da indústria de defesa para o desenvolvimento de vários setores da sociedade.

Ao longo do desenvolvimento das Versões, a empresa estabeleceu acordos e contratos com diversas empresas externas e internas e vínculos com as Forças Armadas, Universidades e instituições de Pesquisa e Desenvolvimento. A indústria de defesa demanda altos investimentos, mas ao integrar diversos setores, com a participação destas instituições fazem que com os recursos que estavam disponibilizados para a defesa prospere para outros setores da sociedade.

Segundo Bello (2020) a acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras gera resultados positivos, no âmbito do EB e na indústria de defesa nacional. Portanto é possível afirmar que o investimento público em projetos de P&D, no âmbito das Forças Armadas, pode contribuir integralmente para o crescimento e fortalecimento da indústria de defesa do Brasil.

A principal limitação deste estudo foi não analisar a trajetória tecnológica que mostraria a capacidade de gerar um fluxo de produtos e mudanças de processos, ou seja, o estudo não é capaz de moldar a direção evolutiva de avanços tecnológicos ao longo do tempo. Também não foram examinados os impactos da acumulação de capacidades tecnológicas para o aprimoramento de indicadores da empresa AVIBRAS. Estudos futuros poderão examinar tais questões.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APRENDIZAGEM. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2021. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/aprendizagem/>>. Acesso em: 13/06/2021.

BATALHA, M. O.; SILVA, A. L. Gerenciamento de sistemas agroindustriais: definições, especificações, especificidades e correntes metodológicas. In: BATALHA, M. O. (Coord.). Gestão Agroindustrial. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 1-62.

BELL, M. Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In: FRANSMAN, M; KING, K. Technological capability in the Third World. London: Macmillan, 1984. p. 187-209.

BELL, M. e PAVITT, K. The development of technological capabilities: technology and international competitiveness. In: HAQUE, I. et al. Trade, technology and international competitiveness. 2. ed. Washington: The World Bank, 1995.

BELL, M. e FIGUEIREDO, P. N. (2012). Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms: Some key issues. In E. Amann & J. Cantwell (Eds.), Innovative firms in emerging market countries (pp. 24–112). New York: Oxford University Press.

BELLO ET AL. Acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras na indústria de defesa em economias emergentes: a experiência dos projetos REMAX e TORC30 no Exército Brasileiro. 2020.

BITZINGER, R. A. Revisiting Armaments Production in Southeast Asia: New Dreams, Same Challenges. Contemporary Southeast Asia, v. 35, n. 3, p. 369-394, 2013.

BRASIL. Estratégia Nacional de Defesa. In: BRASIL, M. DA D. (Ed.). Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa. Brasília, DF: Ministério da Defesa do Brasil, 2012.

BRASIL. Exército. C 6 16 BATERIA DE LANÇADORES MÚLTIPLOS DE FOGUETES. 2. ed. Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Exército. EB-20 MC -10.206-FOGOS. 1. ed. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Agenda Tecnológica Setorial (ATS). Panorama Econômico Setorial - Defesa. 1. ed. Brasília, DF: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), 2016a.

BRASIL. História do astros. 2018. Disponível em: <<http://www.ciartmslfgt.eb.mil.br/index.php/aa/2-uncategorised/104-historia-do-astros>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

BRASIL. Missão do Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes. 2018. Disponível em: <<http://www.ciartmslfgt.eb.mil.br/index.php/5>> Acesso em: 21 jul. 2021.

BRASIL. Ciência e Tecnologia. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ciencia-e-tecnologia/ciencia-e-tecnologia>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

BRASIL. Lei de fomento à Base Industrial de Defesa. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/industria-de-defesa/lei-de-fomento-a-base-industrial-de-defesa>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

BRASIL. Centro de Instrução de Mísseis e Foguetes. 2021. Disponível em: <<http://www.ciartmslfgt.eb.mil.br/index.php/guia-do-aluno>> Acesso em: 24 jul. 2021.

BRASIL. Estratégia Nacional de Defesa. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/estrategia-nacional-de-defesa> Acesso em: 14 jul. 2021.

BRASIL. Orçamento e Finanças. 2021. Disponível em: <<https://www.defesa.gov.br/orcamento>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

BRICK, Eduardo S. O perfil das empresas da Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança – ABIMDE. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção v.14, n. D5, p. 45-90, 2013.

CAIAFA, R. Forte Santa Bárbara recebe 12 viaturas modernizadas Astros 2020 MK3M. 2017. Disponível em: <<https://tecnodefesa.com.br/forte-santa-barbara-recebe-20-viaturas-modernizadas-as-tros-2020-mk3m/>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

DURING, NELSON (18 DE SETEMBRO DE 2014). «"ARGOS", OPS, ASTROS». DEFESANET. Acesso em: 21 jul. 2021.

FIGUEIREDO, P. N. Technological learning and competitive performance. Cheltenham: Edward Elgar, 2001.

FIGUEIREDO, P. N. Learning, capability accumulation and firms differences: evidence from latecomer steel. Industrial and Corporate Change, v. 12, n. 3, p. 607-643, 2003.

FIGUEIREDO, P. N. Industrial policy changes and firm-level technological capability development: evidence from Northern Brazil. World Development, v. 36, n. 1, p. 55-88, 2008.

FIGUEIREDO, P. N. Gestão da Inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

FIGUEIREDO P.N., ANDRADE, F.A, e BRITO K.N. Aprendizagem tecnológica e acumulação de capacidades de inovação: evidências de contract manufacturers no Brasil. 2009.

JONKER, M.; ROMIJN, H.; SZIRMAI, A. Technological effort, technological capabilities and economic performance of the paper manufacturing sector in West. *Technovation*, v. 26, n. 1, p. 121-134, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.002>

KIM, L. Crisis Construction and Organizational Learning: Capability Building in Catching-up at Hyundai Motor. *Organization Science*, v. 9, n. 4. 1998.

KIM, L. Korea's National Innovation System in Transition, in L Kim and R. R. Neson (eds), *Technology, Learning and Innovation*. Cambridge University Press: New York (forthcoming). 1999.

KIM, L. The dynamics of technological learning in industrialisation. *International Social Science Journal*, v. 53, n. 168, p.297-308, 2001.

KATZ, J. Domestic technology generation in LDCs: a review of research findings. In: KATZ, J. (Ed) *Technology generation in Latin American manufacturing industries*. New York: St Martin's Press, 1987.

LADEIRA JÚNIOR, Paulo Cesar. A ascensão e queda, e os desafios ao crescimento das empresas de defesa Avibras e Engesa. Rio de Janeiro, RJ, 2013. 298f. Dissertação (Mestrado em Ciências submetido ao corpo docente do Instituto COPPEAD de Administração). UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

LESKE, A. Interação, Inovação e Incentivos na Indústria de Defesa Brasileira. *Revista Política Hoje*, v. 24, n. 1, p. 33-56. 2015.

MALAVSKI, O. S.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Modelo para a mensuração do capital intelectual: uma abordagem fundamentada em recursos. *Produção*, v. 20, n. 3, p. 439-454, 2010.

MIRANDA, E. C.; FIGUEIREDO, P. N. Dinâmica da Acumulação de Capacidades Inovadoras: Evidências de Empresas de Software no Rio de Janeiro e em São Paulo. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 1, p. 75-93, 2010.

MELNISKI, Alexandre de Almeida. O Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020 e a Empresa Estratégica de Defesa AVIBRAS: análise da evolução e perspectivas. Rio de Janeiro, 2019.

OLIVEIRA, A.M.F. A atuação da capacidade tecnológica na trajetória tecnológica da agroindústria de arroz no Brasil.

PADILHA, L. Assinatura do contrato para o desenvolvimento do Foguete Guiado SS 40 G. 2013. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/divulgacao/assinatura-do-contrato-para-o-desenvolvimento-do-foguete-guiado-ss-40-g>. Acesso em: 15 jul. 2021.

PEERALLY, J. A, FUENTES C, FIGUEIREDO P.N. Inclusive innovation and the role of technological capability building: The social business Grameen Danone Foods Limited in Bangladesh. 2019.

SOBREIRA, T. LMU Astros II MK-6 do Corpo de Fuzileiro Navais do Brasil disparando no Centro de Instrução de Formosa (CIF). 2014. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Astros_II#/media/Ficheiro:Opera%C3%A7%C3%A3o_Formosa_2014_\(15481886779\).jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Astros_II#/media/Ficheiro:Opera%C3%A7%C3%A3o_Formosa_2014_(15481886779).jpg)>. Acesso em: 15 jul. 2021.

STEWART, F; JAMES, J. Introduction. In: STWEART, F; JAMES, J. (Eds) The economics of new technology in developing countries. London: Frances Pinter, 1982.

TACLA, C.L.e FIGUEIREDO, P.N.The dynamics of technological learning inside the latecomer firm: Evidence from the capital goods industry in Brazil, International Journal of Technology Management, 2006, 36(1-3), pp. 62–90

TECH. SGT. H. H. DEFFNER, Public domain, via Wikimedia Commons.2007. Disponível em:< <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DF-ST-92-07428.JPEG>>. Acesso em 15 jul. 2021

XERÉM, M.M. A NACIONALIZAÇÃO DE UM INVENTÁRIO DE MATERIAL MILITAR DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS: o desafio de se manter no estado da arte. Escola de Guerra naval. 2017.

_____. _____. Exército Brasileiro. A Concepção de Transformação do Exército. Brasília, DF, 2013.