

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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CT(FN) HENRIQUE FARIA DA SILVA

**ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA
DE DEFESA: PROJETO DO MÍSSIL TÁTICO DE CRUZEIRO PARA O
SISTEMA ASTROS 2020**

PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*

RIO DE JANEIRO, RJ
2022

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO

AUTOR: CT(FN) HENRIQUE FARIA DA SILVA

TÍTULO: ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE DEFESA:
PROJETO DO MÍSSIL TÁTICO DE CRUZEIRO PARA O SISTEMA ASTROS 2020

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, a fim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

TÍTULO: ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE DEFESA: PROJETO DO MÍSSIL TÁTICO DE CRUZEIRO PARA O SISTEMA ASTROS 2020.

AUTOR: CT(FN) HENRIQUE FARIA DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. JORGE TELLO-GAMARRA

RESUMO

O objetivo de este artigo é investigar o processo de acumulação de capacidade tecnológica bem como os processos de aprendizagem tecnológica aplicados no Projeto ASTROS 2020 da empresa de defesa Avibras, sobretudo das capacidades geradas pelo desenvolvimento do projeto de P&D do Míssil Tático de Cruzeiro MTC 300 e do Foguete Guiado SS 40 G.. Para isso o método utilizado foi o estudo de caso. O estudo contribuiu para o entendimento da importância do acúmulo de capacidade tecnológica para o desenvolvimento de produtos estratégicos de defesa, a influência que a aprendizagem tecnológica desempenha sobre esse processo de acúmulo da capacidade tecnológica e a importância do desenvolvimento desses produtos para garantia da soberania nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidades Tecnológicas, Avibras, ASTROS, MTC-300, SS 40 G.

TÍTULO DO TCC: ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE DEFESA: PROJETO DO MÍSSIL TÁTICO DE CRUZEIRO PARA O SISTEMA ASTROS 2020

Henrique Faria da Silva¹,

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 objetivo de este artigo é investigar o processo de acumulação de capacidade tecnológica bem como os processos de aprendizagem tecnológica aplicados no Projeto ASTROS 2020 da empresa de defesa Avibras, sobretudo das capacidades geradas pelo desenvolvimento do projeto de P&D do Míssil Tático de Cruzeiro MTC 300 e do Foguete Guiado SS 40 G. Para isso o Método utilizado foi o estudo de caso. O estudo contribuiu para o entendimento da importância do acúmulo de capacidade tecnológica para o desenvolvimento de produtos estratégicos de defesa, a influência que a aprendizagem tecnológica desempenha sobre esse processo de acúmulo da capacidade tecnológica e a importância do desenvolvimento desses produtos para garantia da soberania nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidades Tecnológicas. Avibras. ASTROS. MTC-300. SS 40 G.

¹ henriquefaria99@icloud.com

1. INTRODUÇÃO

A capacidade reflete o que a empresa pode realizar deliberadamente (DOSI et al. 2020). Já a capacidade tecnológica é um reservatório de recursos interdependentes relacionados ao conhecimento, dentre eles, o capital humano, sistemas tecnofísicos e sistemas organizacionais capazes de realizar atividades tecnológicas (BELL; PAVITT, 1995; LEONARD-BARTON, 1995). Nesse sentido, a capacidade tecnológica baseia-se na capacidade de utilizar eficazmente o conhecimento tecnológico, cuja aplicação pode gerar atividades de produção e atividades inovadoras com níveis crescentes de complexidade e novidade (JACOBIDES; WINTER, 2012; DOSI et al. 2000).

O processo de acúmulo das capacidades tecnológicas se diferencia quando é realizado em países avançados e países emergentes. Empresas pertencentes aos países emergentes, com limitadas capacidades tecnológicas, possuem inicialmente características imitativas. Há inicialmente para essas empresas uma necessidade de se familiarizar com as formas de adquirir conhecimento, aprender a empreender e posteriormente engajar em atividades de inovação (BELL; PAVITT, 1993; KIM, 1997).

Com isso, cresce de importância os esforços específicos que as empresas fazem para criar essas capacidades de inovação. Esforços esses relacionados com a intensidade, persistência e eficácia com que as empresas gerem e investem no processo de aquisição e criação dos recursos humanos e das bases de conhecimento de que necessitam para conceber e implementar as estratégias inovadoras necessárias (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

A implementação das estratégias inovadoras que originam o processo de criação de capacidades para inovar é denominado aprendizagem. Segundo Kim (2001), a aprendizagem tecnológica é definida como o processo de construção e acumulação de capacidade tecnológica ao longo do tempo. Nas empresas, a aprendizagem é operacionalizada a partir de mecanismos de aquisição de conhecimento de fontes externas e internas que servem como insumo para a acumulação de capacidades inovativas (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Nesse contexto, cresce de importância o estudo do acúmulo de capacidade tecnológica, a partir dos processos de aprendizagem, por permitirem analisar a evolução da trajetória tecnológica vivenciada na história, além de influir diretamente

na capacidade de gerar e gerenciar atividades inovadoras em produtos, processos e organização da produção de maneira mais eficiente e eficaz.

Nesse sentido, face ao grande desenvolvimento bélico mundial, a indústria de defesa necessita de grande desenvolvimento tecnológico com a finalidade de proporcionar ao país a garantia de sua soberania e sobrevivência no Sistema Internacional (BRICK, 2019). A tecnologia possibilitou a criação e desenvolvimento de equipamentos e armamentos modernos capazes de influenciar o desempenho de uma nação em um possível conflito e impõe uma contínua e permanente necessidade de inovação dos meios militares para que seja garantida a sua soberania. Para isso, a indústria de defesa mantém estreita ligação com a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e é considerada como geradora de potenciais transbordamentos para outras áreas (LESKE, 2015). A indústria de defesa desempenha assim, importante papel no desenvolvimento da capacidade tecnológica do país, agindo como grande impulsionadora do desenvolvimento, integrando empresas privadas e instituições de ensino para o desenvolvimento de novas pesquisas, projetos e produção de novas tecnologias.

Alinhado à importância desse estudo, foi selecionada para este trabalho uma indústria de defesa, particularmente a AVIBRAS, por possuir uma importância significativa no âmbito de acúmulo de capacidade tecnológica; por estar intimamente ligada à P&D para a fomentação de desenvolvimento e inovação de novas capacidades; e por estimular consequentemente a origem de atividades inovadoras. Portanto, acumula características essenciais para o desenvolvimento de produtos inovadores, desenvolvimento de processos e desenvolvimento da organização da produção.

Para isso, o objetivo de este estudo é investigar o processo de aprendizagem tecnológica e de acúmulo de capacidade tecnológica do Artillery SaTuration ROcket System (Sistema ASTROS), sobretudo das capacidades geradas pelo desenvolvimento do projeto de P&D do Míssil Tático de Cruzeiro MTC 300 e do Foguete Guiado SS 40 G. Os resultados de esta pesquisa podem apontar alguns elementos importantes sobre a geopolítica internacional, caracterizada pela contribuição para a dissuasão extrarregional e para a soberania do Brasil.

Para o cumprimento do objetivo, este artigo está organizado da seguinte maneira: a seção 2 apresenta uma base conceitual sobre capacidade tecnológica; a seção 3 apresenta uma base conceitual sobre aprendizagem tecnológica; a seção 4

traz o método de pesquisa; a seção 5 expõe um panorama do Sistema ASTROS; a seção 6 disserta sobre projetos de desenvolvimento do Míssil Tático de Cruzeiro MTC 300 e do Foguete Guiado SS 40 G; a seção 7 traz a discussão. Por fim o artigo é finalizado com as considerações finais.

2. CAPACIDADE TECNOLÓGICA

Dentre as diversas definições de capacidade tecnológica, Bell e Pavitt (1993) definem como os recursos contidos nos indivíduos – aptidões, conhecimentos e experiências – e nas organizações capazes de gerar e gerir a mudança tecnológica. Pode também ser originada a partir da interação entre o esforço e os recursos direcionados para P&D com o objetivo de comercialização de produtos futuros originados dessa interação (LEE; LIM, 2001).

Segundo Figueiredo (2001), as empresas de países de industrialização tardia acumulam capacidades tecnológicas de modo e velocidade diferentes das empresas de países tecnologicamente e industrialmente avançados. Isso se deve principalmente às características daquelas empresas normalmente possuírem deficiência inicial de recursos ou capacidades tecnológicas. Com isso, para que consigam se tornar competitivas, inicialmente voltam-se para a aquisição de tecnologias previamente existentes a fim de criar e acumular a sua própria capacidade tecnologia através de um processo de aprendizagem tecnológica.

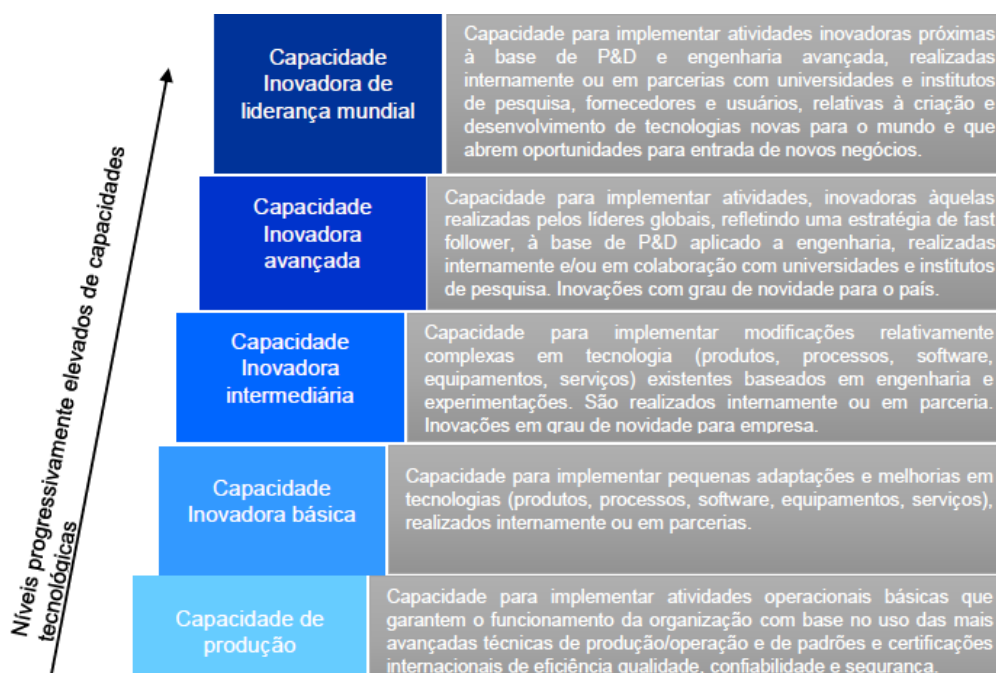
Lacasa et al. (2018) e Radošević et al. (2019) conceituam a atualização ou desenvolvimento tecnológico como uma construção multidimensional, de forma a ter uma compreensão mais ampla de inovação além da P&D e o patenteamento. Apesar da importância da P&D no processo de acúmulo de capacidade tecnológica, o processo de intensificação da atualização tecnológica das indústrias de países emergentes é dependente em grande parte de como essas empresas respondem a certas janelas de oportunidade, engajando-se em estratégias eficazes de aprendizado tecnológico (LEE; MALERBA, 2017; FIGUEIREDO; COHEN, 2019). Bell (2009) alerta ainda a importância da complementariedade entre os insumos de conhecimentos para construção da capacidade de inovação. Insumos esses caracterizados pelas atividades de P&D dentro das empresas e instituições de pesquisa de base científica e o conhecimento gerado por meio de experimentação, design e engenharia dentro das empresas e instituições relacionadas ao sistema de produção.

As empresas brasileiras, por estarem inseridas em um país em desenvolvimento, se enquadram nas características de desenvolvimento defendida por Figueiredo (2001) supracitada, em que o acúmulo de capacidades tecnológicas e a produção de tecnologias inovadoras estão estreitamente ligadas à aquisição de tecnologias de países desenvolvidos, interações essas que possibilitam o desenvolvimento de produtos inovadores capazes de competirem internacionalmente. Pelo fato de serem capazes de desenvolverem produtos com nível de inovação no mercado internacional, cresce de importância o argumento defendido por Lee e Malerba (2017) de que as repostas estratégicas às janelas de oportunidades, sejam elas por demanda, tecnologia ou institucional, influenciam na liderança da indústria.

Como exemplo de produtos inovadores, temos o Programa ASTROS 2020, particularmente os Projetos de P&D do Míssil Tático de Cruzeiro MTC 300 e do Foguete Guiado SS 40, como protagonistas na inserção do Brasil em um restrito grupo de nações a terem o domínio dessas novas munições (BARRETO, 2017).

O desenvolvimento desses produtos foi possível a partir do processo de acumulação das capacidades tecnológicas que ocorre em estágios que avançam entre os níveis básico, intermediário e avançado (BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2001). Segundo Figueiredo et al. (2018) esse acúmulo de capacidades tecnológicas para a inovação desenvolve em estágios durante um processo único escalonados em 5 níveis crescentes: capacidade de produção, capacidade inovadora básica, intermediária e avançada, e por fim uma capacidade inovadora de liderança mundial.

Figura 1. Escala de níveis de capacidade tecnológica



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

Nesse sentido, para que seja possível as empresas acumularem capacidades tecnológicas e serem capazes de desenvolver inovações dentro do processo dos 5 níveis crescentes é necessário o desenvolvimento de um processo constituído por vários fluxos de conhecimento externos e internos que possibilitem que as empresas acumulem suas capacidades tecnológicas, sendo esses processos denominados aprendizagem tecnológica (FIGUEIREDO, 2015).

3. APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA

A aprendizagem tecnológica pode ser entendida como o processo de construção e acumulação de capacidade tecnológica ao longo do tempo (KIM, 1999). Segundo Figueiredo (2021), a aprendizagem tecnológica é definida pelos processos pelos quais os conhecimentos são adquiridos por indivíduos e convertidos em nível organizacional, ou seja, a aprendizagem individual se converte em aprendizagem organizacional.

Segundo Cohen e Levinthal (1990) a aprendizagem tecnológica requer dois elementos importantes para que ocorra de maneira eficaz: a base de conhecimento existente e a intensidade do esforço.

O primeiro é caracterizado pelo conhecimento já existente essencial para o desenvolvimento da aprendizagem tecnológica. O conhecimento acumulado

influencia os processos de aprendizagem e a natureza da aprendizagem para gerar conhecimentos futuros (KIM, 1999), além de proporcionar uma maior capacidade e sensibilidade para assimilar e utilizar novos conhecimentos (KIM, 1999).

O segundo elemento, a intensidade do esforço, também definida como comprometimento, está ligada à intensidade com que os elementos dispendem energia para a solução do problema. A partir da exposição da empresa ao conhecimento externo, os integrantes da organização esforçam-se para internalizá-lo e dispendem tempo e energia consideráveis focados na solução do problema proposto (KIM, 1990). Após superado, busca-se a solução de problemas ainda mais complexos a partir dos conhecimentos acumulados no processo anterior. A intensidade do esforço potencializa a interação entre os membros organizacionais que agem de forma sinérgica na busca para a solução dos problemas, que por sua vez, facilita o aprendizado tecnológico no nível organizacional (KIM, 1999).

Figueiredo (2002) defende que há quatro processos de aprendizagem: Processos externos de aquisição de conhecimento; Processos internos de aquisição de conhecimento; Processos de socialização do conhecimento; e Processos de codificação do conhecimento:

(i) *Processos externos de aquisição de conhecimento:* Forma de aquisição pelos indivíduos de processos e/ou conhecimentos colhidos de fora da empresa. Tais processos e conhecimentos podem ser obtidos através de diversas maneiras, dentre as quais podem ser citadas: trazer experiências de fora, recorrer à assistência técnica, treinamento no exterior, convidar especialistas para palestras, etc.)

(ii) *Processos internos de aquisição de conhecimento:* Processos pelos quais os indivíduos obtêm conhecimento através das atividades realizadas dentro da organização. [...]atividade de pesquisa dentro do setor de Pesquisa e Desenvolvimento da organização (P&D) e laboratórios e experimentações sistemáticas na operação em toda a linha de produção.

(iii) *Processos de assimilação do conhecimento:* Processos pelos quais os indivíduos compartilham seus conhecimentos. Os processos podem ser formais ou informais pelos quais os conhecimentos tácitos são transmitidos de um indivíduo para um grupo de indivíduos da organização.

(iv) *Processos de aplicação do conhecimento*: Processos pelos quais o conhecimento tácito é articulado em conceitos explícitos, ou seja, procedimentos organizados, acessíveis e de fácil entendimento. Consequentemente esses processos proporcionam a disseminação do conhecimento por toda a organização. Como exemplos desses processos temos a padronização de procedimentos de produção, documentação, seminários e elaboração de módulos de treinamento. Dessa forma os processos (iii) e (iv) são fundamentais para a transição do conhecimento individual para o organizacional.

Figueiredo (2002) ainda elenca as principais características dos processos de aprendizagem: variedade, intensidade, funcionamento e interação. A *Variedade* consiste na presença de diferentes processos de aprendizagem dentro da organização. A *Intensidade* caracteriza-se pela repetibilidade ao longo do tempo na criação, atualização, no uso e melhoramento do processo de aprendizagem. Essa característica pode levar a assegurar o fluxo constante de conhecimento da empresa, maior compreensão da tecnologia e dos princípios envolvidos nos processos internos de aquisição de conhecimento e assegura ainda a conversão constante dos conhecimentos individuais em organizacionais (FIGUEIREDO, 2002).

O *Funcionamento* por sua vez é a forma como as empresas organizam os processos de aprendizagem, ou seja, forma como os processos de aprendizagem funcionam ao longo do tempo, característica fundamental para a construção de capacidades (FIGUEIREDO, 2002). Por fim, a *Interação* é definida como a forma como os processos de aprendizagem influenciam em outros processos, podendo ser exemplificada por um programa de treinamento interno (processo interno de aquisição do conhecimento) pode ser influenciado por um treinamento no exterior (processo externo de aquisição do conhecimento) (FIGUEIREDO, 2002).

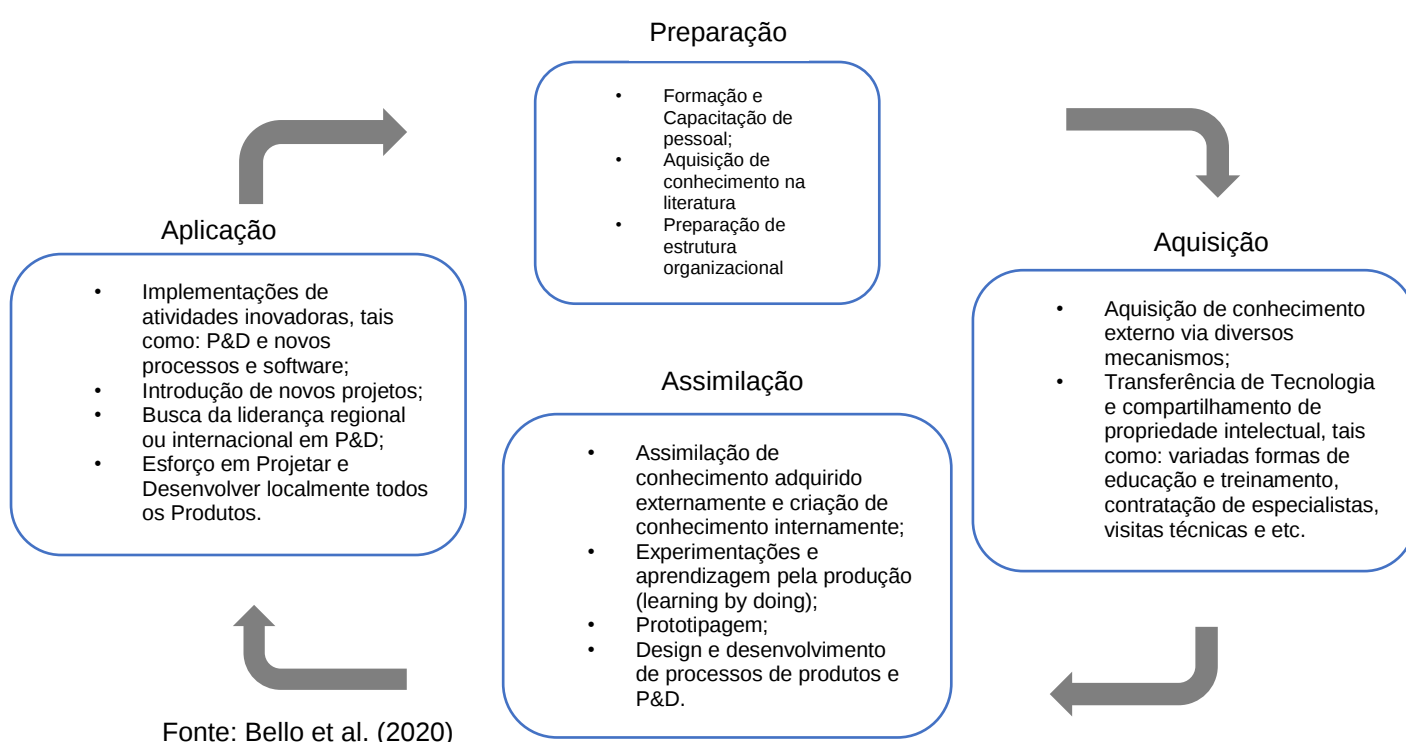
Portanto, as estratégias de inovação tendem a se basear nos processos de aprendizagem, como resposta às janelas de oportunidades, a fim de criar e acumular sua própria capacidade de inovação e engajar e competir em mercados globais (BELL, 2009; LEE; MALERBA, 2017; SCOTT; KEMMIS; CHITRAVAS, 2007).

Essas estratégias refletem um processo de aprendizagem interativa através do qual as empresas podem absorver diferentes tipos de conhecimento de vários parceiros externos (DE BEULE; VAN BEVEREN, 2019) e de dentro de suas próprias

unidades para construir suas capacidades de inovação (ALCÁCER et al. 2016; CHESNAIS, 2010; HALLIN et al. 2011; HEIDENREICH, 2012).

A figura 2 apresenta o modelo elaborado por Bello et al. (2020) adaptado de Bell e Figueiredo (2012) e Kim (1998) do ciclo de aprendizagem tecnológica. Esse modelo esclarece o processo de aprendizagem tecnológica em países em desenvolvimento e será utilizado neste estudo a fim de elucidar o ciclo de aprendizagem tecnológica do sistema ASTROS, particularmente até o seu projeto de Mísseis Táticos de Cruzeiro.

Figura 2. Modelo de Ciclo de aprendizagem tecnológica



4. MÉTODO

O método de este artigo é o estudo de caso. Para tal fim foram utilizadas fontes de dados secundárias de forma a descrever o processo de acumulação de níveis de capacidade tecnológicas alcançados pelo projeto do Míssil Tático de Cruzeiro da AVIBRAS, bem como a influência dos processos de aprendizagem nesse acúmulo de capacidades. Nesse sentido, este artigo busca uma discussão a fim de aprofundar o conhecimento científico sobre o tema, particularmente sobre o nível de capacidade tecnológica acumulada da AVIBRAS alcançada pelo projeto.

4.1 Estudo de caso

O Brasil, com o objetivo de reduzir sua dependência de outras nações, melhorar sua segurança nacional e incentivar o desenvolvimento de sua indústria local, busca a aquisição de capacidades tecnológicas relacionadas à defesa (BITZINGER, 2013). Nesse rumo, a fim de estimular a indústria de defesa do país, foram elencadas, na Estratégia Nacional da Defesa (END), empresas que representam importância estratégica para o fomento da defesa no Brasil (ABIMDE, 2019). Dentre essas Empresas Estratégicas de Defesa (EED), encontra-se a AVIBRAS que, desde 1960, vem desempenhando importante papel no processo de capacitação tecnológica do Brasil, particularmente através do projeto de P&D do Sistema ASTROS.

A partir de um estudo realizado pela Marinha do Brasil para modernização da Artilharia do Corpo de Fuzileiros Navais, foi observada a oportunidade de contribuir para o desenvolvimento do mercado interno e o incentivo à indústria de defesa nacional. Orientado por esse pensamento foi optado em adquirir uma Artilharia de Foguetes (Sistema ASTROS) de fabricação nacional (PEREIRA, 2021).

Ainda na década de 1990 o Exército Brasileiro adquiriu o Sistema ASTROS por necessitar de um armamento que estendesse o alcance que a sua artilharia de tubo possuía. Posteriormente, norteado pela Estratégia Nacional de Defesa, foi desenvolvido o Projeto Estratégico do Exército ASTROS 2020 (PEE ASTROS 2020) que gerou a aquisição da versão mais atualizada do Sistema ASTROS além do desenvolvimento de outras capacidades tecnológicas da empresa.

O Sistema ASTROS em sua trajetória passou por diversas transformações que serão objetos de estudo deste trabalho, permeando desde o desenvolvimento do Projeto do Sistema com a versão MK-1, até os atuais 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).

4.2 Coleta e análise de dados

A pesquisa é baseada em um estudo de caso que usa fontes de dados secundárias. Estas fontes de dados revisadas foram artigos científicos, apresentações, relatórios, publicações de relevância no meio acadêmico-militar, manuais militares do EB e do CFN afins do tema, com o objetivo de aprofundar

conhecimentos sobre o assunto, e elucidar o acúmulo da capacidade tecnológica e a evolução do ciclo de aprendizagem tecnológica oriundas do Sistema ASTROS.

Os procedimentos de coleta dos dados supracitados, foram através de pesquisa bibliográfica e documental, com abordagem qualitativa, com o intuito apresentar os resultados a partir de percepções e análises.

5. O SISTEMA ASTROS

A empresa Estratégica de Defesa AVIBRAS ocupa a posição de uma das grandes representantes do setor de indústrias de defesa brasileiro. É definida por Abimde (2018a) como uma empresa estratégica de Defesa com capacidade de desenvolver tecnologia própria, inovadora e independente em diversas áreas, sendo elas, na área de Aeronáutica, Espaço, Eletrônica, Veicular e Defesa.

Suas atividades iniciaram em 1961, a partir de um grupo de engenheiros, dentre eles João Verdi Carvalho Leite, formados no Instituto Tecnológico Aeroespacial (ITA) localizada em São José dos Campos, no estado de São Paulo. Seu objetivo inicial era a produção de aeronaves, porém veio a se tornar uma empresa de grande relevância no segmento de mísseis e foguetes no Brasil (JUNIOR, 2013).

A empresa inicialmente realizou diversos projetos no ramo aeronáutico como o Falcão, um dos primeiros aviões construídos de material composto do mundo, e o projeto do Saci, fabricado totalmente de madeira (JUNIOR, 2013).

Teve importante participação também no desenvolvimento de propelente sólido para foguetes, sendo a AVIBRAS contratada pelo Ministério da Aeronáutica para o desenvolvimento do propelente sólido composto perclorotado para o SONDA I, primeiro foguete espacial brasileiro, com a finalidade de ser utilizado para estudos atmosféricos e meteorológicos (AVIBRAS, 2016) e, em 1966, para o desenvolvimento do SONDA II, versão mais potente que efetivamente se tornou operacional em 1970 e foi amplamente utilizado em 1974 (JUNIOR, 2013).

Durante a participação do projeto do SONDA II, a AVIBRAS deu início ao desenvolvimento a uma família de foguetes de defesa ar-terra, iniciando assim a produção dos foguetes denominados SBAT (Sistema Brasileiro Ar-Terra) destinados às Forças Armadas e à exportação.

Porém, após a criação da Embraer em 1969, Verdi analisou a inviabilidade de competir com a nova empresa e decidiu nortear as atividades de sua empresa para o ramo de foguetes de defesa (JUNIOR, 2013).

Com o intuito de atuar em um mercado que não fosse muito competitivo, na década de 1970, Verdi avaliou que não havia no mercado internacional um sistema de foguetes de artilharia para saturação de área com a capacidade de utilização de diversos calibres e alcances lançados de um mesmo veículo. Havia-se uma concepção de um novo sistema de armas, porém não havia recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto (JUNIOR, 2013).

Recursos esses que surgiram na década de 1980, momento em que o Iraque estava à procura de um sistema de arma capaz de produzir um desequilíbrio no conflito Irã-Iraque a seu favor. Foi apresentado então a esse país o projeto de lançador de foguetes multi-calibre com prazo e preços satisfatórios para o Iraque. Fruto dessa interação, foi firmado entre as partes em outubro de 1981 a aquisição de nove baterias de lançadores de foguetes de saturação de área. Com o recurso recebido foi possível a construção de novas fábricas, contratação de mão de obra, aquisição de equipamentos e por fim a criação dos ASTROS (Artillery Saturation Rocket System) (JUNIOR, 2013).

A seguir iremos apresentar em linha temporal o desenvolvimento das versões do Sistema ASTROS-II e os principais fatos que impulsionaram o desenvolvimento dos projetos.

5.1 Versões MK1 e MK2

O primeiro protótipo, denominado ASTROS-1, apelidado de “Brucutu” foi produzido a partir da utilização de chassi nacional, que não possuía tração dianteira. O fato de ser uma viatura 6x6 para emprego militar sem a tração dianteira inviabilizava o projeto. Outra dificuldade encontrada no projeto foi em relação ao sistema de enchimento dos pneus, pois os eixos traseiros não possuíam provisão para tal sistema (JUNIOR, 2013).

A fim de solucionar o problema, decidiu-se pela importação do chassi da empresa alemã Mercedes-Benz de veículos que possuíam a tração total, sistema de enchimento dos pneus e suspensão reforçada (JUNIOR, 2013).

Assim, ainda na primeira metade da década de 1980, particularmente em 1983, foram desenvolvidos e produzidos os primeiros veículos ASTROS, montados

sobre o chassi da Mercedes e exportados para o Iraque, passando o sistema a ser denominado Sistema ASTROS-2. A primeira versão, denominada MK-1, possuía uma eletrônica analógica bastante simples. A cabine passou a ser blindada e foram desenvolvidos os foguetes SS-30, SS-40 e SS-60. Foram enviadas três versões desses veículos: veículo lançador, veículo remuniador e a estação diretora de tiro (MELNISKI, 2019).

Em 1986, foi desenvolvido o modelo MK-2, também utilizado pelo Iraque. Neste modelo observou-se sensíveis mudanças na parte eletrônica e mecânica de todas as viaturas. Esta versão passa a incorporar mais dois tipos de viatura: veículos de comando e controle e oficinas móveis também montadas sobre o chassi Mercedes 6x6.

5.2 Versão MK3

A partir de então, ainda na década de 1980, a AVIBRAS fecha contrato com a Arábia Saudita, vendendo dez baterias do Sistema ASTROS-2, e com o Qatar, com a venda de uma bateria do mesmo Sistema. As viaturas fornecidas para esses países já faziam parte da versão MK3, sendo diferenciadas da versão anterior por ter incorporado vários sistemas eletrônicos, por possuir uma maior capacidade de recursos, como o controle e a supervisão eletrônica do tiro, e pela inserção de rádios mais modernos que os utilizados anteriormente. Dessa forma, devido ao estabelecimento de contratos internacionais, foi caracterizado como um período de crescimento para a empresa e que possibilitou investimento em infraestrutura e aumento no quadro de funcionários (MELNISKI, 2019).

Porém, ao final da mesma década, particularmente em 1987, foi caracterizado por uma intensa retração das compras externas de produtos de defesa brasileiros, afetando severamente as indústrias de defesa nacionais. O retraimento das vendas da AVIBRAS foi fruto principalmente da queda do preço do petróleo que afetou os países do Oriente Médio, principais compradores internacionais da empresa, e ainda pelo endividamento do Iraque com a Guerra Irã-Iraque, fato que provocou a rescisão do contrato entre a AVIBRAS e o referido país por deixarem de honrar seus compromissos de pagamentos pelos foguetes do Sistema ASTROS-2 (JUNIOR, 2013).

O cenário desfavorável perdurou até a década de 1990, com o desfecho da guerra do Golfo, o fim da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) e do

Pacto de Varsóvia, fatos que disponibilizaram uma grande quantidade de armamentos nos mercados a preços bem menores que os praticados pela indústria de defesa nacional, potencializados ainda pelas empresas das ex-repúblicas soviéticas capazes de inserirem produtos equivalentes capazes de concorrerem com o Sistema ASTROS-2 (MELNISKI, 2019).

Em contraposição a essa conjuntura desfavorável a AVIBRAS incentivou o desenvolvimento de serviços e produtos para o mercado civil, aproveitando as capacidades adquiridas através das experiências acumuladas durante as três décadas atuando no mercado de defesa. Esse processo de reestruturação tornou-se importante por incorporar novos conceitos e processos na cultura organizacional (JUNIOR, 2013).

A reestruturação dos processos da empresa foi importante no sentido de possibilitar o acúmulo de experiência e aumento de produtividade, mesmo com o número reduzido do efetivo. Segundo Ladeira Júnior (2013) nos anos de 1990 a AVIBRAS era capaz de fabricar os mesmos produtos que eram produzidos na década anterior com cerca de um terço do efetivo.

Ainda nessa década de 1990, o EB adquiriu o Sistema ASTROS-2, versão MK-3. Inicialmente foi incorporada uma bateria de lançadoras de foguetes, constituindo a 1ª Bateria de Lançadores Múltiplos de Foguetes (1ªBiaLMF), localizada em Brasília. Posteriormente em 1997 foram recebidas mais viaturas que constituíram cinco baterias.

5.3 Versão MK4

No ano de 2001, conforme necessidades da Malásia, foi desenvolvida a versão MK-4, cujo modelo agregou grande mudança na parte eletrônica e viveu um grande salto tecnológico em comparação com os modelos anteriores. Passou-se a empregar a eletrônica digital e todos os veículos foram equipados com sistema de navegação GPS e DGPS. Essa versão foi caracterizada ainda pelo *update* do sistema eletrônico e softwares embarcados, pela introdução dos chassis 4x4 como plataforma para a viatura de comando e controle, capaz de executar missões nos níveis Bateria e Grupo (anteriormente todas eram montadas sobre chassis 6x6) e pelo surgimento de um novo foguete, o SS-80 que aumentava substancialmente o alcance do sistema. Por fim, foi adotado um sistema de comunicações digital, o que aumentava significativamente a segurança das transmissões de informações e

foram criadas duas versões de veículos blindados: o posto móvel meteorológico e a viatura de comando e controle no nível de bateria (JÚNIOR, 2013).

5.4 Versão MK5

No ano de 2008 a AVIBRAS assinou contrato novamente com a Malásia, que adquiriu seu segundo grupo ASTROS. Entretanto tiveram que superar algumas dificuldades, sendo uma delas a necessidade de mudança do chassi da viatura. Ladeira Júnior (2013) menciona que a Mercedes, responsável por fornecer o chassi utilizado pela AVIBRAS nos veículos lançadores do sistema Astros-2, recusou a continuação do fornecimento alegando que o novo conselho administrativo não desejava associar a marca Mercedes com produtos militares de aplicação tática.

A alternativa encontrada foi a interação com a empresa Tcheca Tatra para o desenvolvimento de um novo protótipo do chassi que ficaram prontos a tempo de concluir a entrega dos veículos para a Malásia.

A versão contava com significativas mudanças na parte eletrônica que foi totalmente modificada. Houve aquisição de equipamentos mais modernos como o giroscópio, além de mudanças na parte hidráulica. Essa versão possui a capacidade de disparar mísseis (AVIBRAS, 2010).

Na década de 2010, Ladeira Júnior (2013) aponta um aumento nas vendas dos lançadores ASTROS-2. Esse fenômeno foi associado às contratações com o EB, que norteado pelo Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020, demandou novos contratos de aquisição e de P&D cujo produto foi o desenvolvimento da versão MK6, com capacidade de lançar o míssil tático de cruzeiro, com alcance de até 300 km, que está sendo desenvolvido pela AVIBRAS.

5.5 Versões MK6 e MK3-M

Em 2010 foi idealizado o Projeto de Força do Exército Brasileiro (PROFORÇA) com o propósito de estabelecer metas e diretrizes para obtenção da sinergia e convergência dos esforços de nove vetores (Ciência & Tecnologia; Doutrina; Educação & Cultura; Engenharia; Gestão; Recursos Humanos; Logística; Orçamento & Finanças e Preparo & Emprego) responsáveis por impulsionar o processo de transformação do Exército (MELNISKI, 2019).

Melniski (2019) cita ainda que o PROFORÇA elenca onze capacidades no processo de transformação de desenvolvimento do Exército, dentre elas destaca-se a dissuasão extrarregional.

Segundo o PROFORÇA (2010), referente às tendências dos conflitos armados, um dos requisitos para se obter o êxito nos conflitos do futuro exigirá que uma Força disponha da capacidade de letalidade seletiva, caracterizada pela precisão e reduzido efeito colateral.

Diante dessa demanda, o Comandante do Exército determinou a elaboração do Projeto Estratégico do Exército ASTROS 2020 (PEE ASTROS 2020) com o objetivo de equipar a Força Terrestre com um sistema de apoio de fogo de longo alcance e elevada precisão. Com esse objetivo o Programa possui uma importante parcela de contribuição para a dissuasão extrarregional para a defesa do Brasil, sendo o projeto lançado em 2012 com previsão de entrega em 2023.

Destacam-se os seguintes produtos na Estrutura do projeto (MELNISKI, 2019):

- 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 AVIBRAS é a principal empresa contratante e integradora no Pgr EE ASTROS 2020 para o desenvolvimento do Míssil Tático de Cruzeiro MTC-300 e do Foguete Guiado SS-40G e para a aquisição de novas viaturas ASTROS MK-6 (MELNISKI, 2019).

Em relação à nova versão MK-6, ela diferencia-se significativamente das versões anteriores do Sistema ASTROS. Uma de suas principais características é a adoção de mísseis de cruzeiro (MTC-300) e do Foguete Guiado SS-40G, que serão abordados posteriormente nesse estudo. A nova versão utiliza o chassi TATRA, possui eletrônica digital além das seguintes tecnologias desenvolvidas em solo nacional: transmissão digital de dados, voz e mensagens; comunicação digital com criptografia dupla pelo software próprio AVIBRAS e pelo rádio; sistema de navegação com carta digital e imagem de satélite georreferenciada, integradas a um receptor GPS; programa para Gerenciamento do Campo de Batalha (BMS) com a visualização das viaturas em uma carta digital ou em imagem de satélite com informações de status dos veículos em tempo real; veículos de Comando e Controle do tipo C4I (Comando, controle, computadores e inteligência); possibilidade de se lançar foguetes guiados em diversos alcances, o que permitirá um aumento considerável na precisão dessas munições. (AVIBRAS, 2012).

O levantamento topográfico nessa versão é realizado automaticamente na posição de forma precisa, colocando todas as viaturas na mesma trama topográfica graças ao DGPS integrado ao sistema. Referente ao subsistema direção e coordenação de tiro, o trabalho torna-se muito mais ágil graças a entrada de dados meteorológicos e topográficos automaticamente o que torna muito simples e facilitado o cálculo do tiro (RODRIGUES, 2012).

As comunicações passam a ser executadas por meio de transmissões com criptografia e salto de frequência, além de existir o sistema de transmissão de mensagens através de dados (RODRIGUES, 2012).

As viaturas de comando e controle permitem ainda que os planejamentos sejam inseridos nas cartas digitais, possibilitando a inserção de rotas, símbolos militares e medidas de coordenação, o que facilita o trabalho do comandante de Grupo ou do comandante de Bateria (RODRIGUES, 2012).

Nesse sentido, em 2018, no Projeto de Aquisição de Viaturas ASTROS, a AVIBRAS realizou a modernização de 38 veículos do 6º GMF versão MK3 dando origem à versão MK3-M, que passaram a incorporar todas as capacidades das

viaturas MK-6, inclusive a de lançar as munições em desenvolvimento, MTC-300 e SS-40G. Além da modernização das viaturas, foi realizada a entrega de um total de 29 viaturas MK-6 que mobíliam o 16º Grupo de Mísseis e Foguetes (16º GMF) (MELNISKI, 2019).

Figura 8. Sistema ASTROS II, versão MK6, utilizado pelo Corpo de Fuzileiros Navais



Fonte: Sobreira (2014)

No âmbito da Marinha do Brasil, o Sistema Astros foi obtido por meio de aquisição direta com a empresa AVIBRAS, sendo o processo formalizado em 2011. Foram fornecidos no processo uma Bateria de Lançadores Múltiplos de Foguetes (BiaLMF) ASTROS (composta por viaturas MK-6); dois simuladores (PCC e LMU); e suporte logístico (suporte técnico; treinamento de operação e manutenção; e sobressalentes e ferramentas especiais) (PEREIRA, 2021).

5.6 Principais características das versões do Sistema ASTROS

De acordo com a Tabela 1, que lista as principais características das versões do Sistema Astros, podemos observar que o Sistema obteve significativas mudanças, principalmente no desenvolvimento tecnológico do sistema. Conforme a empresa Avibras avançou em seu processo de acúmulo de capacidades tecnológicas, através dos processos de aprendizagem tecnológica aplicados, foi possível o desenvolvimento de um sistema com um valor agregado cada vez mais elevado de forma a atender os requisitos impostos pelo mercado nacional e

internacional. Dessa forma, o Sistema ASTROS-2 ocupa local de destaque internacionalmente por ter obtido o *status* de um dos sistemas de defesa mais flexíveis devido a sua modularidade e capacidade de lançar foguetes balísticos, foguetes guiados e o Míssil Tático de Cruzeiro de um mesmo lançador.

Dentre as mudanças ocorridas no sistema, referente ao seu chassi, inicialmente houve a tentativa de aplicação do chassi nacional. Com a decisão da Avibras de desenhar e produzir os próprios veículos para instalação do sistema, foi criada a subsidiária Tectran para consecução desse objetivo. A produção dos veículos ASTROS tornou-se um desafio para Avibras por não possuir capacitação nesse segmento. Para isso, a empresa buscou mão de obra especializada na indústria automobilística para mobiliar a Tectran, sendo as principais fornecedoras da mão de obra a Volkswagen e a FEI. Foram então construídos os protótipos das viaturas a partir da utilização do chassi nacional, porém os veículos produzidos tornaram-se inviáveis para aplicação militar por serem veículos 6x6 sem tração dianteira, além de apresentarem dificuldades em relação ao sistema de enchimento dos pneus, devido aos eixos traseiros produzidos aqui não possuírem provisão para tal sistema. O sistema montado sobre chassi nacional foi denominado ASTROS-1 (JUNIOR, 2013).

Para solucionar o problema houve negociação com a Mercedes-Benz e foi decidido pela importação de chassis da Alemanha preparados para o sistema de enchimento de pneus, com suspensão reforçada e tração total, dando origem ao Sistema ASTROS-2 e sendo utilizado nas versões MK1 até a versão MK4 (JUNIOR, 2013). Para a versão MK5 houve a necessidade de mudança da fornecedora do chassi, visto que a Mercedes-Benz recusou a continuar o fornecimento do produto, fruto de uma decisão do novo conselho administrativo de não associar a marca Mercedes com produtos militares de aplicação tática (sendo a máxima aplicação permitida para veículos de transporte de tropas) (JUNIOR, 2013).

Para substituir o chassi produzido pela Mercedes, foi realizado acordo com a empresa Tcheca Tatra que passou a produzir o chassi a partir da versão MK5 e continua realizando o fornecimento até a versão atual, MK6. Atualmente o chassi Tatra T 815-7 6x6 e 4x4 possui uma alta capacidade de manobra e transposição de terrenos difíceis, podendo atingir até 110 km/h em estradas pavimentadas. Utiliza o motor Tatra T3C-928-90 Euro 3 na versão 6x6 com 420 cv e o motor Tatra T3C-928-A0 na versão 4x4 com 320 cv, podendo utilizar grande potência e tração (MÜLLER,

2014). Sendo assim, o veículo do Sistema ASTROS II possui uma grande mobilidade tática, podendo se locomover de forma autopropulsada a grandes distâncias, ou pode também ser transportado por avião cargueiro C-130H Hércules, por meios ferroviários em pranchas e por meios hidroviários em balsas, dando a capacidade de ser operado nos ambientes da bacia amazônica e no pantanal (BASTOS, 2016).

Tabela 1. Principais características das versões do Sistema ASTROS

	VERSÕES	CHASSI (TRAÇÃO)	FOGUETES	VIATURAS	ELETRÔNICA E TECNOLOGIA	CABINE	ANO
ASTROS-I	-	Nacional		- Veículo lançador; - Remuniadora; e - Unidade de direção de tiro	Eletrônica analógica	Não Blindada	1981
ASTROS-II	MK-1	Mercedes Benz (6x6)	SS-30 SS-40 SS-60	- Veículo Lançador; - Remuniadora; - Unidade de direção de tiro.	Eletrônica analógica (bastante simples)	Blindada	1983
	MK-2	Mercedes Benz (6x6)	SS-30 SS-40 SS-60	- Veículo Lançador; - Remuniadora; - Unidade de Direção de Tiro; - Veículos de Comando e Controle; - Oficinas Móveis.	Sensíveis mudanças na parte eletrônica e mecânica	Blindada	1986
	MK-3	Mercedes Benz (6x6)	SS-30 SS-40 SS-60	- Veículo Lançador; - Remuniadora ; - Unidade de Direção de Tiro; - Veículos de Comando e Controle; - Oficinas Móveis - AV-MET viatura posto meteorológico	- Novos equipamentos rádio (analógicos)	Blindada	Final da década de 1980
	MK-4	Mercedes Benz (6x6 e 6x4)	SS-30 SS-40 SS-60 SS-80	- Veículo Lançador; - Remuniadora; - Unidade de Direção de Tiro; - Veículos de Comando e Controle (4x4); - Oficinas Móveis - AV-MET viatura posto meteorológico	- Eletrônica digital; - Sistema de navegação GPS e DGPS; e - Comunicações digital	Blindada	2001
	MK-5	TATRA (6x6 e 6x4)	SS-30 SS-40 SS-60 SS-80 -Capacidade de disparar mísseis	- Veículo Lançador; - Remuniadora; - Unidade de Direção de Tiro; - Veículos de Comando e Controle (6x4); - Oficinas Móveis - AV-MET viatura posto meteorológico	- Grandes mudanças na parte eletrônica; e - Aquisição de equipamentos mais modernos (Giroscópio)	Blindada	2009
	MK-6	TATRA	SS-30	- Veículo Lançador;	- DGPS e GPS (mapas digitais ou	Blindada	2011

		(6x6 e 6x4)	SS-40 SS-60 SS-80 SS-40G MTC-300	- Remuniadora; - Unidade de Direção de Tiro; - Veículos de Comando e Controle (6x4); - Oficinas Móveis - AV-MET viatura posto meteorológico	imagens de satélites georreferenciadas) - Comunicação digital de dados e voz com salto de frequência e criptografia - Eletrônica digital		
	MK-3M	Mercedes Benz	SS-30 SS-40 SS-60 SS-80 SS-40G MTC-300	- Veículo Lançador; - Remuniadora; - Unidade de Direção de Tiro; - Veículos de Comando e Controle (6x4); - Oficinas Móveis - AV-MET viatura posto meteorológico	- DGPS e GPS (mapas digitais ou imagens de satélites georreferenciadas) - Comunicação digital de dados e voz com salto de frequência e criptografia - Eletrônica digital	Blindada	2018

Fonte: Elaboração própria.

Referente aos foguetes, a plataforma lançadora do sistema possui a seguinte capacidade de lançamento conforme citado por Müller (2014):

SS-09 TS – Foguete de treinamento com 70mm e alcance máximo de 11km. Seu container é reutilizável.

SS-30 – Foguete Anti-pessoal e Anti-material não blindado, com 127mm e alcance máximo de 44km. Possui um raio de destruição de até 52 metros, cada container comporta 8 foguetes e é descartável.

SS-40 – Foguete Anti-pessoal e Anti-blindagem, com 180mm, possui 20 submunições de 70mm e espoleta com contador eletrônico de tempo. Alcance máximo de 36km, cada container comporta 4 foguetes e é descartável;

SS-60 – Foguete Anti-pessoal e Anti-blindagem, com 300mm, possui 65 submunições de 70mm e espoleta com contador eletrônico de tempo. Alcance máximo de 75km, cada container comporta 1 foguetes e é descartável.

E por fim o **SS-80** – Foguete Anti-pessoal e Anti-blindagem, com 300mm, possui 52 submunições de 70mm e espoleta com contador eletrônico de tempo. Alcance máximo ao nível do mar de 81km, cada container comporta 1 foguetes e é descartável (Grifo nosso).

Tabela 2. Características dos Foguetes do Sistema ASTROS

FOGUETE	CONTÊINER	CALIBRE	CABEÇA-DE-GUERRA	ALCANCE	EMPREGO
Foguete SS-30	oito foguetes solo-solo SS-30	127 mm	alto explosiva (HE).	Máx: 39,2 Km Min: 9,8 Km	emprego antipessoal ou contra material não blindado
Foguete SS-40	quatro foguetes solo-solo SS-40	180 mm	cabeça-de-guerra e sua espoleta de tempo de autoacionamento formam um tipo de cabeça múltipla (20 submunições)	Máx: 33,6 Km Min: 16,6 Km	eficaz contra alvos constituídos por pessoal ou blindados.
Foguete SS-60	um foguete solo-solo SS-60	300 mm	cabeça-de-guerra e sua espoleta de tempo de autoacionamento formam um tipo de cabeça múltipla (65 submunições)	Máx: 70,4 Km Min: 23,2 Km	antipessoal ou blindados
Foguete SS-80	um foguete solo-solo SS-80	300mm	cabeça-de-guerra e sua espoleta de tempo de autoacionamento formam um tipo de cabeça múltipla (65 submunições)	Máx: 87 Km Min: 28,5 Km	antipessoal ou blindados
Foguete SS-09 TS	oito foguetes solo-solo SS-09 TS	70 mm	marcação Refletora / Sinalizadora AVC-70 RS e uma espoleta AVE-70 M9-B	Máx: 10,6 Km Min: 6,3 Km	treinamento

Fonte: Elaboração própria

As plataformas das versões MK6 e MK3-M, devido aos modernos sistemas de bordo de suas viaturas resultantes do acúmulo de capacidade tecnológica da empresa, possuem a capacidade de operar o Míssil Tático de Cruzeiro MTC-300 e o Foguete Guiado SS-40G, cujas características serão abordadas futuramente nesse estudo, que permitirá obter um maior alcance, atingir os alvos com maior precisão, além de enriquecer o know-how de produção de armamento de alta complexidade e tecnologia por serem munições guiadas (MÜLLER, 2014).

O Sistema ASTROS-2 MK6 é composto por 6 tipos de viaturas, sendo elas: LMU (Lançadora Múltipla Universal), RMD (Remuniadora), AV-MET (Meteorológica), PCC (Posto Comando e Controle), UCF (Unidade de Controle de Fogo) e Oficina.

Como características comuns, as viaturas possuem blindagem tanto opaca como transparente com capacidade de resistir a impactos de projéteis 30-06 AP M2, 7,62x51mm e 5,56x45mm M855. Possuem navegação por GPS, DGPS e Sistema Inercial, o que garante maior precisão do posicionamento no terreno, fundamental para o tiro de artilharia. O GPS é integrado apenas à constelação NAVSTAR

americana, sem previsão no momento de integração com outros sistemas como o GALILEO europeu (MÜLLER, 2014).

A viatura UCF possui um sistema de monitoramento por radar do lançamento de um foguete de ajustagem, que a partir dos dados coletados no lançamento e extrapolação da trajetória, define a melhor solução de tiro que será realizada (MÜLLER, 2014).

A viatura AV-MET é uma viatura de observação e análise meteorológica, desenvolvida sobre o chassi Tatra T 815-7 4×4. Abriga em sua parte traseira o sistema VAISALA MARWIN de monitoramento meteorológico de origem finlandesa. Além do minucioso monitoramento da meteorologia, o sistema levanta dados da pressão, temperatura e umidade, fatores que influenciam na trajetória do foguete, enviando todas essas informações para a viatura PCC (MÜLLER, 2014).

A viatura PCC é a viatura de Comando e Controle do sistema, também montada sobre o chassi Tatra T 815-7 4×4. Em seu compartimento traseiro possui dois módulos do rádio DATALINK modelo Elbit Systems VRC950HDR com capacidade de transmissão e recepção de mensagens de texto criptografadas e com salto de frequência, para proteção, de forma instantâneas entre as viaturas. Possui ainda um computador em que se realiza o trabalho de planejamento, comando e controle dos tiros. Nesse computador destaca-se o software ERDAS, programa de mapas e cartas georreferenciadas de origem americana com diversas capacidades para as operações do ASTROS II MK6, sendo também desenvolvido pela Avibras uma versão do ERDAS todo em português. Com esses programas é possível que o operador trace rotas para as viaturas, waypoints durante as rotas, posições de lançamento e posições dos alvos. Em conjunto com os outros softwares embarcados na viatura é possível reunir esses dados com os dados meteorológicos e dados do GPS, reunindo todas as informações necessárias para que o comando planeje o tiro ainda mais preciso (MÜLLER, 2014).

As viaturas LMU, Lançadoras Múltipla Universal, desenvolvida sobre chassi T 815-7 6×6, possuem em sua parte traseira uma plataforma lançadora universal, com sistema de posicionamento da plataforma com redundância para o caso do sistema eletrônico das viaturas estiverem inoperantes, ser possível realizar a pontaria manual da lançadora. Conforme já citado anteriormente, a plataforma é capaz de operar os diversos foguetes desenvolvidos do Sistema ASTROS. (MÜLLER, 2014).

As viaturas RMD, viatura remuniadora, são as mais simples do sistema. Possui uma caçamba para acomodação de 8 containers de foguetes SS da Avibras e capacidade de remuniciar duas viaturas LMU. Possui ainda um Munk da IMAP com capacidade de 2 toneladas. Essa capacidade é suficiente para sustentar os 900 kg do container com foguetes SS e para futuramente suportar o míssil MTC-300, cujo peso do míssil mais do container gira em torno das 2 toneladas (MÜLLER, 2014).

A Viatura Oficina Veicular e Eletrônica (OFVE), montada sobre o chassi T 815-7 6×6, tem a função de executar as atividades de manutenção até o 3º escalão na VBA e em todos os outros equipamentos mecânicos, hidráulicos, elétricos e eletrônicos do Sistema ASTROS II.

Figura 9. Viaturas e foguetes do Sistema ASTROS



Fonte: Asian Defense (2012)

6. PROJETOS DE P&D DO MÍSSIL TÁTICO DE CRUZEIRO MTC-300 E DO FOGUETE GUIADO SS-40G

Em novembro de 2012 foram celebrados contratos do EB com a empresa AVIBRAS para execução dos projetos de P&D do Míssil Tático de Cruzeiro MTC-300 e dos Foguetes Guiados SS-40G. Os respectivos projetos tiveram sua origem a partir do Prg EE ASTROS 2020 cujas finalidades são o desenvolvimento do MTC-300, um míssil tático de cruzeiro com emprego na faixa de 30 até 300 km, e o

Foguete Guiado SS-40G, com alcance superior a 30 km e mais preciso que os outros foguetes do sistema.

Em seu texto está prevista a participação de uma Equipe de oficiais do Quadro de Engenheiros Militares (QEM), do EB, com o objetivo de absorção e transferência de tecnologia referentes aos dois projetos (MELNISKI, 2019).

A partir de junho de 2013 deu-se início aos trabalhos da Comissão da Aquisição de Conhecimento e Transferência de Tecnologia AVIBRAS (CACTTAV), cujos projetos desenvolvidos possibilitaram a atuação de engenheiros militares diretamente dedicados ao projeto, atuando presencialmente nas instalações da AVIBRAS, em tempo integral ao longo da execução do contrato. Esse modelo inovador permitiu que houvesse uma maior fluidez à comunicação e ao acesso às informações durante a realização dos projetos.

Em 2016 pelos projetos terem apresentado falhas críticas em seus ensaios de voos, foi desenvolvido de um estudo com a finalidade de encontrar alternativas técnicas que viabilizassem reduzir as perdas de corpos de prova (MELNISKI, 2019). Uma das alternativas foi a possibilidade de realização de ensaios de voo cativo do projeto do MTC-300, nos quais o corpo do míssil é integrado a uma aeronave F-5 da FAB, ensaios estes que são capazes de reproduzirem a performance de voo real do míssil e permitem o registro dos dados para posterior análise sem a destruição dos artefatos (MELNISKI, 2019).

Essa integração técnica da FAB e do EB nos respectivos projetos através de seus engenheiros permitiu o levantamento de informações que estão sendo avaliadas para um possível emprego do míssil em aeronaves da FAB e ainda fomentou uma apreciação do MD para lançamentos do míssil através de plataformas marítimas.

Por fim, ratifica-se o processo de assimilação do conhecimento (FIGUEUREDO, 2002) em que os engenheiros da Avibras compartilham os conhecimentos com os engenheiros do EB e com os militares da FAB, e possibilita o acúmulo de conhecimentos a partir do trabalho conjunto na pesquisa e desenvolvimento das novas munições, imprescindível para que futuramente haja a materialização do projeto.

6.1. O Míssil Tático de Cruzeiro MTC-300

O Míssil Tático de Cruzeiro MTC-300 é um produto em desenvolvimento pela empresa de defesa brasileira AVIBRAS Aeroespacial, sendo o projeto inserido no

Programa Estratégico do Exército Astros 2020. O míssil integrará a família de munições do Sistema ASTROS, com a proposta de aumentar a capacidade da artilharia de mísseis e foguetes do Exército Brasileiro, com a capacidade de atingir alvos localizados a até 300 km de distância, corroborando como importante meio de dissuasão nacional (RODRIGUES, 2021).

O MTC é um armamento de dissuasão extrarregional, proporcionando ao Brasil ser o sétimo país a dominar a tecnologia, com a finalidade de produzir efeito cinético sobre alvos localizados a grandes distâncias (300 km) e com grande precisão, com um erro circular provável de até 30 metros. Têm como característica de trajetória o voo em cruzeiro por trajetórias predefinidas por pontos de controles (*waypoints*), caracterizados por pontos no globo terrestre precisamente definido por coordenadas geográficas através do sistema GPS. Essas trajetórias poderão ser de direções retilíneas, curvilíneas ou variáveis em função dos obstáculos interpostos até o alvo. Para isso, o MTC utiliza querosene de aviação para impulsionar a turbina que propulsiona o artefato durante seu deslocamento (SERRA, 2020).

Dessa forma, o MTC-300 resume-se por ser uma munição inteligente, solo-solo, subsônico, do tipo *fire and forget*, em que após ser realizado o disparo não há a necessidade de interferência humana para que atinja o alvo, e com cabeça de guerra unitária ou múltipla, tendo como plataforma de guerra a VBLMU-MSR (RODRIGUES, 2021).

Figura 10. Míssil Tático de Cruzeiro (MTC)



Fonte: MTC-300 na Avibras. FOTO: JF DIORIO/ESTADÃO

Tabela 2. Características do MTC-300.

Comprimento	5.480 mm
Diâmetro	450 mm
Alcance	30 a 300 km
Peso total de decolagem	1.100 kgf
Velocidade nominal em cruzeiro	275 m/s
Altura mínima em cruzeiro	200 m
Altura máxima em cruzeiro	800 m
Altitude máxima – fase balística	1000 m
Mísseis por LMU	02
Local de queda do <u>booster</u>	<u>Aprox</u> 4 km do local de lançamento

Fonte: Manual Experimental–Artilharia de Campanha de Longo Alcance, (BRASIL, 2017b, p 2-1)

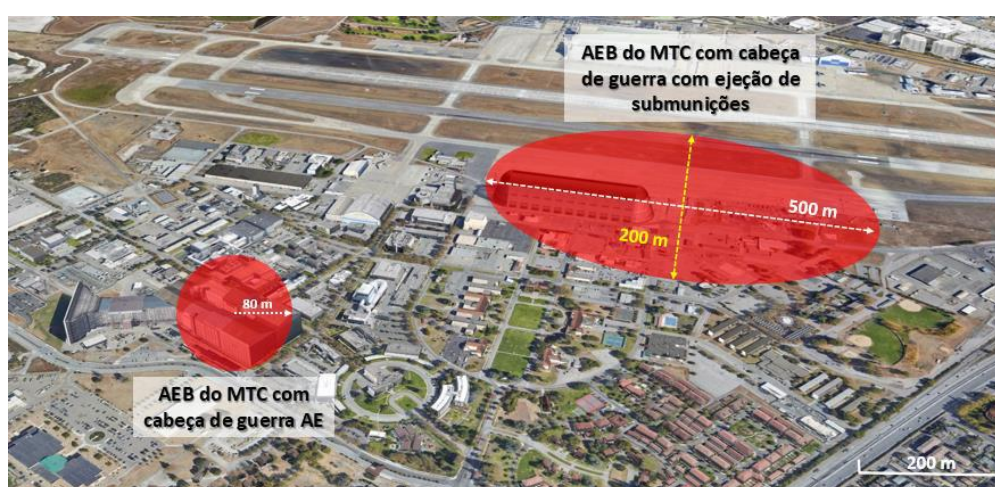
Os Requisitos Operacionais Básicos do Sistema Míssil Tático de Cruzeiro para o Sistema ASTROS 2020 foram aprovados pela Portaria nº 137-EME, de 14 de setembro de 2012. Nela contém as principais características técnicas que o MTC deverá possuir. Dentre as características, a portaria estabelece que seu alcance deva ser limitado a 300 km e a capacidade de carga seja de até 500 kg, cumprindo dessa forma o determinado pelo acordo do Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis, do qual o Brasil é signatário (RODRIGUES, 2021).

No que tange aos requisitos operacionais, a nova munição possuirá faixa de alcance delimitada entre 30 km e 300 km, sendo lançada da VBLMU que possuirá a capacidade de lançamento de até dois mísseis por viatura. O MTC deverá ter a capacidade de transportar uma cabeça de guerra de pelo menos 200kg, que poderá ser do tipo alto explosiva (AE), com a característica de produzir uma área eficazmente batida (AEB) de 80m. E ainda poderá possuir uma cabeça de guerra múltipla (MW), com capacidade de ejetar 66 submunições sobre o alvo aumentando a AEB para uma área elíptica de 500 m por 200 m. Por ser uma munição de precisão, a deverá ter uma precisão compatível com um erro provável circular (CEP) menor ou igual a um raio de trinta metros (BRASIL, 2012). Segundo Rodrigues (2021) a AEB e a CEP podem ser definidas como:

Área Eficazmente Batida (AEB): é a área onde há, no mínimo, 50% de chance de um homem em pé ser transformado em uma baixa, e é formada por 90% a 94% de todos os impactos da série de tiro ou rajada. No Sistema ASTROS, a dimensão de uma AEB normalmente equivale à área cujo raio é o dobro do raio da área do CEP. (grifo nosso).

Erro Provável Circular (CEP): Medida de precisão de um sistema de armas. É definido como um raio de um círculo, centrado na média, cujo limite deverá incluir os pontos de impacto de 50% dos disparos. (grifo nosso).

Figura 10. Efeito das cabeças-de-guerra do MTC-300.



Fonte: RODRIGUES (2021)

Quadro 1. Principais características dos foguetes e do míssil MTC

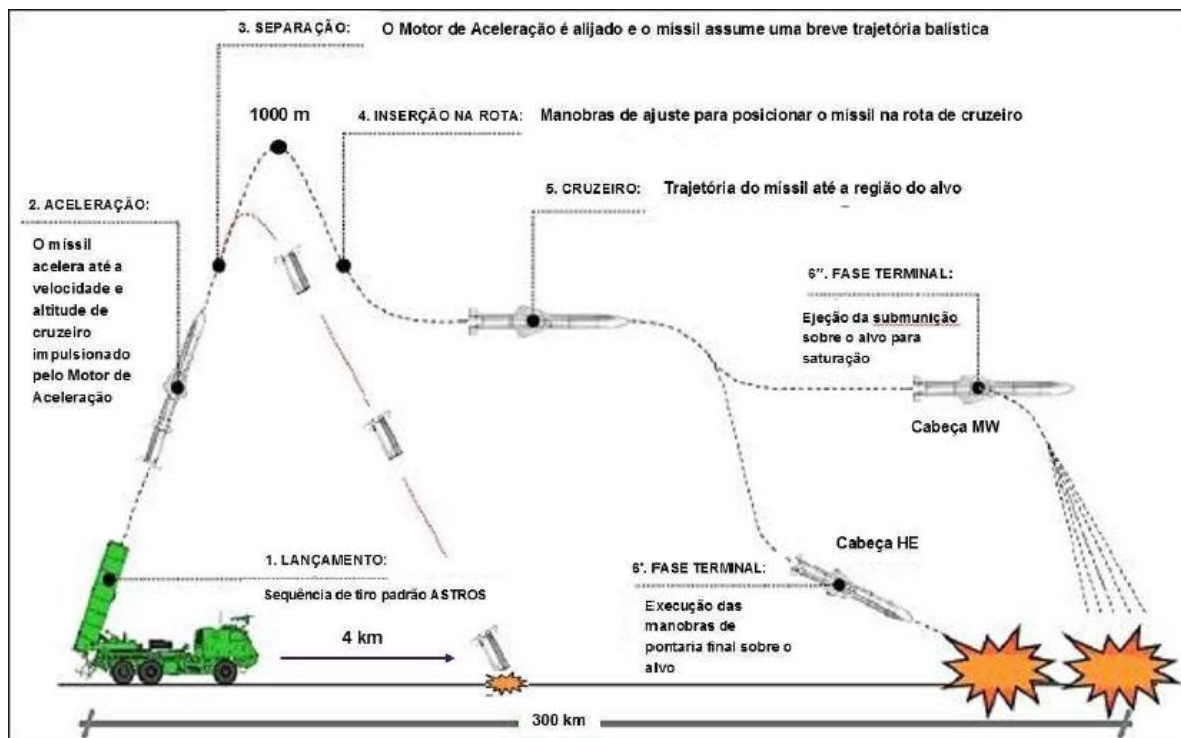
	SS-30	SS-40	SS-40G	SS-60	SS-80	MTC
Alcance Max	39,2km	36,6km	36,6km	70,4km	85km	300km
AEB¹⁶	50m raio	90m raio	90m raio	Elipse de 400m x 520m	Elipse de 400m x 520m	80 m raio
Quantidade de foguetes lançado por uma Bateria de Mísseis e Foguetes a 6 lançadoras	192 foguetes	96 foguetes /1920 submunições	96 foguetes /1920 submunições	24 foguetes/ 1560 submunições	24 foguetes/ 1248 submunições	12 mísseis

Fonte: SERRA (2020)

Após o seu lançamento, o míssil alcançará uma altura de aproximadamente mil metros, sendo impulsionado pela queima do *booster*, durante a sua trajetória balística (fase inicial de voo). Subsequentemente o míssil iniciará a sua fase de voo

de cruzeiro, em que permanecerá em uma altura entre 200 e 800 metros, percorrendo trajetória retilínea ou curvilínea dependendo dos obstáculos interpostos até o alvo. Durante essa fase, sua velocidade será de aproximadamente 1000 km/h e possuirá guiamento por GPS integrado com navegador inercial. (BRASIL, 2017b).

Figura 11. Esboço ilustrativo da trajetória e emprego do MTC.



Fonte: Manual Experimental –Artilharia de Campanha de Longo Alcance, (BRASIL, 2017b, p 2-2)

Ainda como importante característica operacional, está prevista a inserção de equipamento de navegação que possibilite prover proteção contra contramedidas eletrônicas que possam interferir no controle e no funcionamento do míssil durante a sua trajetória (BRASIL, 2017b). Essa característica possibilita uma maior eficácia no emprego dessa munição contra um inimigo que possua capacidades de ataque eletrônico.

Será possível ainda alterar a rota em voo ou executar uma autodestruição da munição em um alcance de pelo menos de 100 km (BRASIL, 2017b). Importante para mudanças ocorridas durante a execução do disparo e a necessidade de emprego do controle da ação em curso necessário durante o conflito.

Em relação ao emprego, visualiza-se uma diferença em relação à utilização dos mísseis e foguetes. O emprego do MTC será prioritariamente nas primeiras fases do conflito, possuindo grande peso na campanha aeroestratégica em que se

buscará atingir estruturas estratégicas, centros de gravidade ou alvos de grandes dimensões e profundos, com o objetivo de desequilibrar as forças e reduzir substancialmente a possibilidade de concentração de meios do inimigo e o seu ímpeto ofensivo. Já os foguetes serão vocacionados, em princípio, para as fases subsequentes da ofensiva, possuindo maior efetividade de emprego contra alvos de grandes dimensões nos níveis tático e operacional (RODRIGUES, 2021).

6.2. O Foguete Guiado SS-40G

Atualmente, o sistema ASTROS em uso pelo EB e pela Marinha do Brasil utiliza os foguetes SS-30, SS-40, SS-60 e SS-80, além do foguete SS-09 TS, utilizado para treinamento das guarnições. As principais características desses foguetes encontram-se relacionadas na Tabela 2 desse estudo.

Como característica comum, os foguetes do Sistema ASTROS são de grande saturação de área, sem a capacidade em seu sistema para realizar a diminuição da área de dispersão de suas submunições. Dessa forma, não há uma precisão exata do impacto das munições dentro do Erro Provável Circular (CEP) ou da Área Eficazmente Abatida (AEB), e sim uma região a ser abatida, o que justifica a dificuldade de utilização do sistema Astros para alvos de pequenas dimensões ou em ambientes urbanos.

O Foguete Guiado SS-40G é uma nova munição em estágio de pesquisa, sendo uma evolução do Foguete SS-40 convencional, com redução de cerca de 75% do valor de sua área de dispersão. Para a correção da trajetória foram acrescentados *canards* (pequenas asas), em sua porção dianteira, além de sensores e sistemas eletrônicos (SERRA, 2020).

O foguete é equiparado a uma munição inteligente, que possui como objetivo reduzir o tamanho da área batida, minimizar o dano colateral e os efeitos indesejados sobre áreas próximos ao alvo (BARRETO, 2017).

Essas características encontram-se alinhadas com o disposto nos Requisitos Operacionais Básicos estabelecidos no Boletim do Exército Nº 30/2012:

No projeto do Foguete Guiado devem ser aproveitados componentes e tecnologias dos foguetes do Sistema ASTROS, e incorporados sistemas e dispositivos de guiamento e controle com a finalidade de reduzir-lhe a dispersão.

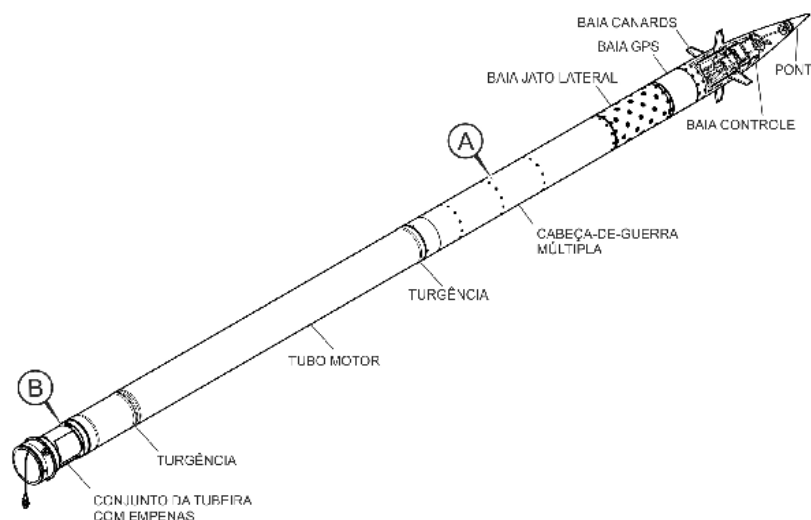
O Foguete Guiado deve possuir guiamento com sistemas redundantes (Global Positioning System – GPS e Navegação Inercial).

O Foguete Guiado SS-40G, de calibre 180mm, possuirá em seu interior 16 submunições com efeito anti-carro e anti-pessoal e Diferenciar-se-á dos foguetes anteriormente mencionados pela seção de guiamento e controle instrumentada (SCGI), composta pela Baia de Atuação dos Propulsores, Baia GPS, Baia de Atuação por Canards e a Baia Controle responsáveis pelo guiamento do foguete (FERREIRA, 2021).

Dentre as possibilidades geradas pela nova munição, destaca-se o melhor desempenho no impacto sobre o alvo, quando comparada ao foguete SS-40, havendo uma diminuição considerável do CEP. Em consequência à menor dispersão das munições, o SS-40G proporcionará um menor consumo de munição, para provocar o efeito desejado em uma determinada área. Dessa forma, a economia de munições possibilitará que mais alvos sejam engajados durante o combate com um menor número de foguetes (FERREIRA, 2021).

A menor dispersão ainda possibilita a diminuição dos efeitos colaterais provocados pelas submunições. Com um menor CEP e AEB é possível reduzir consideravelmente a probabilidade de gerar baixas civis, fratricídio e danos colaterais ao utilizar-se as munições inteligentes. Essa característica tem importante papel em garantir a legitimidade e legalidade nas ações, minimizando a possibilidade de dano colateral (FERREIRA, 2021).

Figura 12. Foguete SS-40G



Fonte: Ferreira (2021)

O AV-SS 40G colocará o Brasil entre as dez nações do globo a terem o domínio dessa nova munição (BARRETO, 2017).

7. DISCUSSÃO

Com base no breve histórico da AVIBRAS percorrido neste estudo, pode-se observar que a empresa teve seu processo de acúmulo de capacidade tecnológica influenciado por diversos fatores, dentre eles destacam-se: os processos de aprendizagem tecnológica; os fatores externos, particularmente, o aproveitamento de janelas de oportunidade para o desenvolvimento de tecnologias necessárias para suprir necessidades do mercado internacional; e o incentivo de programas estratégicos nacionais que impulsionaram o desenvolvimento de tais capacidades tecnológicas.

Com relação aos processos de aprendizagem tecnológica, a base de conhecimento existente na empresa foi obtida e acumulada desde sua criação, inicialmente voltada para a produção de aeronaves, com os projetos Falcão e Saci, e o desenvolvimento de propelente para os foguetes espaciais SONDA I e SONDA II.

Ainda no início da década de 1970, durante o desenvolvimento do foguete Sonda III, a Avibras redireciona sua capacitação para a fabricação de foguetes menores, de emprego de defesa, com vistas a atender às Forças Armadas e à exportação. Essa decisão foi tomada com o intuito de inserir a Avibras no segmento de foguetes ainda não muito valorizado, já que na época os canhões eram armamentos que geravam mais lucro no mercado (JUNIOR, 2013).

Nesse contexto, a empresa iniciou uma aproximação com o Exército, atendendo a requisitos operacionais e programas de pesquisa daquela força. Com essa aproximação foram produzidos foguetes e componentes correlatos, surgindo o Sistema de Foguetes Superfície-Superfície de 70 mm de calibre, com 36 foguetes e 7 km de alcance. Posteriormente a empresa produziu os lançadores de foguetes de 108 mm, adquiridos pelo Exército para reaparelhar sua artilharia. Apesar de ser versátil e eficiente, o lançador 108 R possuía limitações referente ao seu alcance e precisão (JUNIOR, 2013). Para satisfazer então as exigências técnicas do Exército, a empresa trabalhou no desenvolvimento de um novo lançador, o projeto embrionário do Sistema ASTROS (JUNIOR, 2013).

O processo de assimilação do conhecimento (FIGUEIREDO, 2002) foi caracterizado pelo desenvolvimento de um programa conjunto, com a participação do Exército (IME, IPD e Campo de Provas da Marambaia), Força Aérea (CTA) e a iniciativa privada (Avibras e Usimeca) que deu origem ao foguete SS-40 e, posteriormente, um programa semelhante daria origem ao foguete SS-60 (JUNIOR, 2013).

A Avibras foi bem-sucedida na utilização do propelente desenvolvido para os foguetes Sonda em seus foguetes de aplicação militar. Isso possibilitou o início do processo de aplicação do conhecimento (FIGUEIREDO, 2002), caracterizado pelo desenvolvimento de foguetes detentores de uma maior precisão e que alcançassem distâncias superiores aos desenvolvidos pelos seus concorrentes, contribuindo para a venda do produto no interior do país e no exterior, colocando a empresa em destaque internacional (JUNIOR, 2013).

Todo o acúmulo de capacidade tecnológica adquirido no desenvolvimento dos foguetes possibilitou com que a Avibras iniciasse sua trajetória no segmento de mísseis, concretizado a partir de uma parceria com a Marinha em 2010 com o objetivo de desenvolver um novo motor-foguete para a versão do míssil Exocet MM40. O desenvolvimento desse motor faz parte da Pesquisa de Desenvolvimento do Míssil Antinavio Nacional de Superfície (Mansup) com tecnologia exclusivamente brasileira. A origem dessa pesquisa tem a finalidade de acompanhar toda transformação tecnológica vivida no mercado bélico (inserção de sistema de navegação via GPS no míssil MM40 BL3) e dos altos custos que tais mudanças trariam para aquisição desses produtos no mercado externo.

Em aproximadamente dois anos de desenvolvimento, foi concluída a modernização do motor do Exocet e realizados testes de lançamento (JUNIOR, 2013), certificando os mísseis e finalizando uma das fases iniciais para a construção do Mansup. Para desenvolvimento do Mansup foram contratadas as empresas Avibras; Omnisys; Mectron; SIATT (Sistemas Integrados de Alto Teor Tecnológico), responsável pelo sistema de guiagem, navegação, controle e telemetria; e a Fundação Ezute, para realizar o gerenciamento complementar do projeto, tendo seu primeiro teste em 2018. A partir do êxito da Avibras no desenvolvimento do motor, a empresa fechou parceria com a MBDA (empresa fabricante do Exocet) com o objetivo de estabelecer fluxo de conhecimento externo a fim de obter mecanismos para aquisição do conhecimento técnico para realização da motorização dos novos

Exocet-39 do tipo ar-superfície que está sendo adquirido pela Marinha para armar os helicópteros de combate da Força (JUNIOR, 2013).

Nesse contexto, a Avibras conseguiu divulgar sua capacidade na modernização perante as demais forças, permitindo participar de outros projetos nesse segmento, como o desenvolvimento do motor do míssil Piranha (míssil antiaéreo desenvolvido pelo CTA) em conjunto com empresas privadas, dentre elas a Mectron (contratada pela Força Aérea para conclusão do míssil) para o carregamento e a integração do motor de impulsão. A partir do estreitamento dos laços com a Mectron, a Avibras também foi solicitada a realizar o carregamento e integração dos motores propulsores do míssil MAR-1 (outro contrato da Força Aérea e a Mectron) (JUNIOR, 2013).

O desenvolvimento do motor do míssil Piranha proporcionou ainda a proposta da Força Aérea à Avibras em participar do projeto de desenvolvimento do míssil A-Darter (projeto de parceria entre o Brasil e África do Sul) em que toda a parte propulsora, de carregamento e de isolamento do míssil foi desenvolvida pela Avibras.

Por fim, houve a celebração do acordo do desenvolvimento do míssil anti-navio nacional MANSUP, em que a Avibras é a responsável por fabricar o motor e realizar a montagem final do míssil (JUNIOR, 2013).

O acúmulo das capacidades tecnológicas da Avibras a partir dos projetos anteriores permitiu que a empresa alcançasse um avançado estágio de finalização no desenvolvimento do MTC-300, sendo considerado o vetor mais sofisticado do desenvolvimento do Astros 2020, que permitirá a expansão da capacidade de dissuasão do país e possibilitará ao Exército realizar apoio de fogo de longo alcance com elevados níveis de precisão e letalidade, reduzindo substancialmente os danos colaterais (PADILHA, 2018).

O míssil tem a sua propulsão a partir de uma turbina desenvolvida pela Avibras e a sua navegação é feita por uma combinação de caixa inercial e GPS e faz o acompanhamento do terreno com um sensor ótico-eletrônico, responsável por corrigir o curso conforme as coordenadas armazenadas a bordo (PADILHA, 2018), além das características já mencionadas anteriormente nesse estudo.

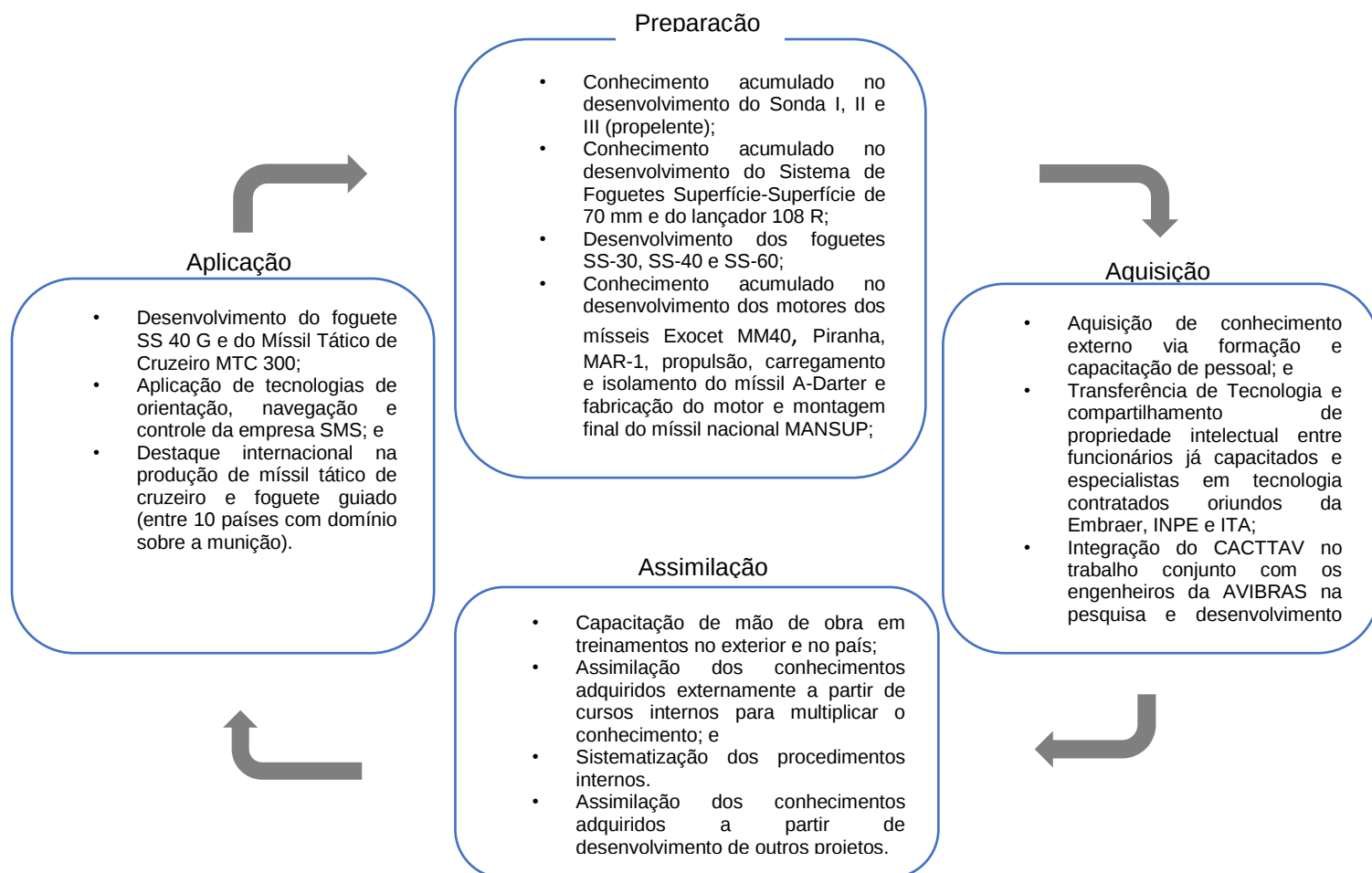
Houve ainda um acordo de colaboração entre a Avibras e a empresa espanhola SMS (ESCRIBANO M&E, GMV, NAVANTIA Sistemas e SENER Aeroespacial) com objetivo de trabalhar no desenvolvimento e promoção de

soluções conjuntas na área de foguetes guiados e sistema de mísseis. O acordo basicamente busca unir as capacidades e experiências acumuladas no segmento do armamento guiado de precisão, sendo a Avibras com o seu portfólio de produtos do Sistema ASTROS, um dos mais flexíveis no mercado devido a sua modularidade e por lançar foguetes balísticos, foguetes guiados e o Míssil Tático de Cruzeiro a partir do mesmo lançador e a SMS, empresa que consolida as principais capacidades da indústria espanhola do sistema de mísseis, dentre elas, as áreas tecnológicas de equipamentos e sistemas de orientação, navegação e controle (GNC) para foguetes e mísseis, sistema de comando, controle e comunicações, sistema de orientação e capacidade de integração em sistemas (WILTGEN, 2021).

Nesse contexto, o acordo visa uma colaboração tecnológica internacional em áreas de propulsão e GNC ou comunicações, de forma a desenvolver propostas de elevado valor agregado e a atender os requisitos dos projetos atualmente definidos, como do MTC para as Forças Armadas do Brasil (WILTGEN, 2021).

É possível inferir que a participação da AVIBRAS nos projetos de produção de motores de propulsão para mísseis e para o desenvolvimento do MTC-300 permitiu que a empresa realizasse um importante acúmulo de capacidade tecnológica no segmento de produção de mísseis, colocando o Brasil em um importante destaque internacional na produção dessa tecnologia, cujo processo de aprendizagem de acúmulo de capacidade encontra-se resumido na figura a seguir:

Figura 15. Modelo de ciclo de aprendizagem tecnológica para desenvolvimento do MTC-300 da Avibrás.



Fonte: Elaboração própria

Para a materialização do Sistema ASTROS, houve o comprometimento da empresa em dispendar suas energias para o desenvolvimento do sistema de foguetes de artilharia para saturação de área com a capacidade de utilização de diversos calibres e alcances lançados de um mesmo veículo. Nesse contexto, os integrantes da empresa se esforçaram para internalizar esse objetivo e dispenderam tempo e energia consideráveis focados na solução do desenvolvimento do sistema, caracterizando assim, a intensidade do esforço (COHEN; LEVINTHAL, 1990) voltada para desenvolvimento do sistema.

A partir de estágios realizados com alemães no CTA, a Avibras adquiriu conhecimento e implantou o Sistema de Gestão por Projetos. Aprendizado esse que facilitava a alta administração quanto a decisão de crescimento ou encolhimento da empresa. Permitia-lhe também segregar o que era necessário para manter sua

estrutura (manutenção), do que era estratégico (investimentos) ou do que se referia aos compromissos com os clientes (contratos).

A Avibras então captou mão de obra especializada de outras empresas de tecnologia, como a Embraer e INPE, além de recrutar engenheiros formados no ITA (JUNIOR, 2013). Com a finalidade de preparar essa equipe, foi realizado um intenso trabalho de institucionalização da cultura organizacional da empresa, além da capacitação de mão de obra em treinamentos no exterior e no país. A partir de então era praticada a multiplicação do conhecimento, em que o pessoal já capacitado ministrava cursos internos para preparar outros, permitindo que todos assimilassem os procedimentos que deveriam ser implantados de forma a alcançar a padronização (JUNIOR, 2013).

Por fim, a empresa procurou sistematizar todos os procedimentos internos, com objetivo de registrar todos os conhecimentos adquiridos para serem disseminados no futuro. Nesse sentido, para todas as atividades executadas havia uma equipe de processos para registrar o que estava sendo realizado visando gerar uma documentação formal com o detalhamento das tarefas.

Inicialmente, houve tentativa de utilização do chassi nacional nos protótipos das viaturas para o lançamento dos foguetes, cujo Sistema foi denominado ASTROS-1, apelidado de “Brucutu”. Porém devido à ausência de tração dianteira e dificuldade em relação ao sistema de enchimento de pneus o Sistema tornou-se inviável. Após negociações com a Mercedes-Benz foi decidido importar o chassi da Alemanha preparado para o sistema de enchimento dos pneus, com suspensão reforçada e tração total, dando origem ao Sistema ASTROS-2.

A partir de então a Avibras teve o seu processo de acúmulo de capacidades tecnológicas ligado principalmente às demandas de outros países que alvejavam adquirir o Sistema ASTROS-2 e, aproveitando as janelas de oportunidade, desenvolviam versões do Sistema cada vez mais tecnológicas a fim de suprir as necessidades demandadas de seus clientes.

Inicialmente, aproveitou-se da falta no mercado de um sistema de foguetes de artilharia para saturação de área que utilizasse diversos calibres e alcances, lançados de um mesmo veículo, alinhado com a necessidade do Iraque em obter um sistema de armas que produzisse um desequilíbrio ao seu favor na guerra Irã-Iraque. Nesse contexto, foram desenvolvidos os primeiros modelos, MK1 e MK2, do

Sistema ASTROS 2, sendo adquiridos principalmente pelo Iraque para serem utilizados na guerra Irã-Iraque.

Para o desenvolvimento das versões, foi utilizado todo o acúmulo das capacidades tecnológicas geradas pelo processo de aprendizagem tecnológica, além da capacitação humana, representada pelos especialistas, que possuíam a base de conhecimento necessária para a atividade inovadora de produção do sistema.

As duas primeiras versões diferem-se basicamente pelo fato da segunda (MK2) ter sido implementada sensíveis mudanças na parte eletrônica, mecânica e, além de possuir os veículos que constam na primeira versão (veículo lançador, veículo remuniador e a estação diretora de tiro), passou a incorporar as viaturas de comando e controle e oficinas móveis, também sobre chassi da Mercedes.

A versão MK3 teve seu desenvolvimento fomentado pelos contratos com a Arábia Saudita e pelo Qatar, e diferenciou-se da versão anterior principalmente pela incorporação de vários sistemas eletrônicos, por adquirir uma maior capacidade de recursos, como o controle e a supervisão eletrônica do tiro, e pela inserção de rádios mais modernos que os utilizados anteriormente. Essa versão foi caracterizada também pela aquisição do Exército Brasileiro de cinco baterias a fim de ser empregada em sua Artilharia de Costa.

A partir da década de 1990 com o retraimento do mercado internacional de defesa, a empresa voltou-se para a criação de produtos civis, considerando os nichos de mercado que poderia atuar. Período foi caracterizado pela importante mudança da interação entre as áreas da empresa. Na década de 1980 o desenvolvimento e a produção ocorriam de forma compartimentada, já na década de 1990 passou-se a incentivar a integração técnica entre o desenvolvimento e produção, com as equipes técnicas participando ativamente do desenvolvimento dos novos produtos.

Nesse contexto e a partir da experiência adquirida pela empresa nesse período, e pela integração entre o desenvolvimento e produção, a empresa se tornou capaz de fabricar os produtos produzidos na década anterior utilizando apenas um terço do efetivo. Ainda foi aplicada a Gestão pela qualidade total, em que a responsabilidade pela qualidade foi transferida dos inspetores para os operadores, permitindo uma redução de 30% do pessoal da produção.

A versão MK4 foi desenvolvida principalmente a partir do contrato com a Malásia em 2001, caracterizando a retomada da empresa nas atividades de defesa. A versão é caracterizada pelas mudanças na parte eletrônica e pelo salto tecnológico comparado aos modelos anteriores. Houve mudanças tecnológicas significativas, como inserção do sistema de navegação GPS e DGPS e emprego de eletrônica digital nas viaturas; e emprego de um sistema de comunicações digital, o que aumentava significativamente a segurança das transmissões de informações. Houve ainda a introdução de chassis 4x4 como plataforma para a viatura de comando e controle, capaz de realizar missões níveis Bateria e Grupo e pelo surgimento do foguete SS-80, importante para aumentar substancialmente o alcance do sistema. Por fim, além da viatura comando e controle no nível de bateria, foi criado o veículo blindado posto móvel meteorológico.

A versão MK5 foi desenvolvida também para cumprir acordo com a Malásia em 2008. Porém, com a recusa da Mercedes na continuação do fornecimento de chassi para os veículos lançadores do sistema ASTROS-2, essa versão foi desenvolvida sobre o chassi da empresa Tcheca Trata. Houve também mudanças na parte eletrônica, hidráulica, aquisição de equipamentos mais modernos, como o giroscópio, além da capacidade dessa versão de disparar mísseis.

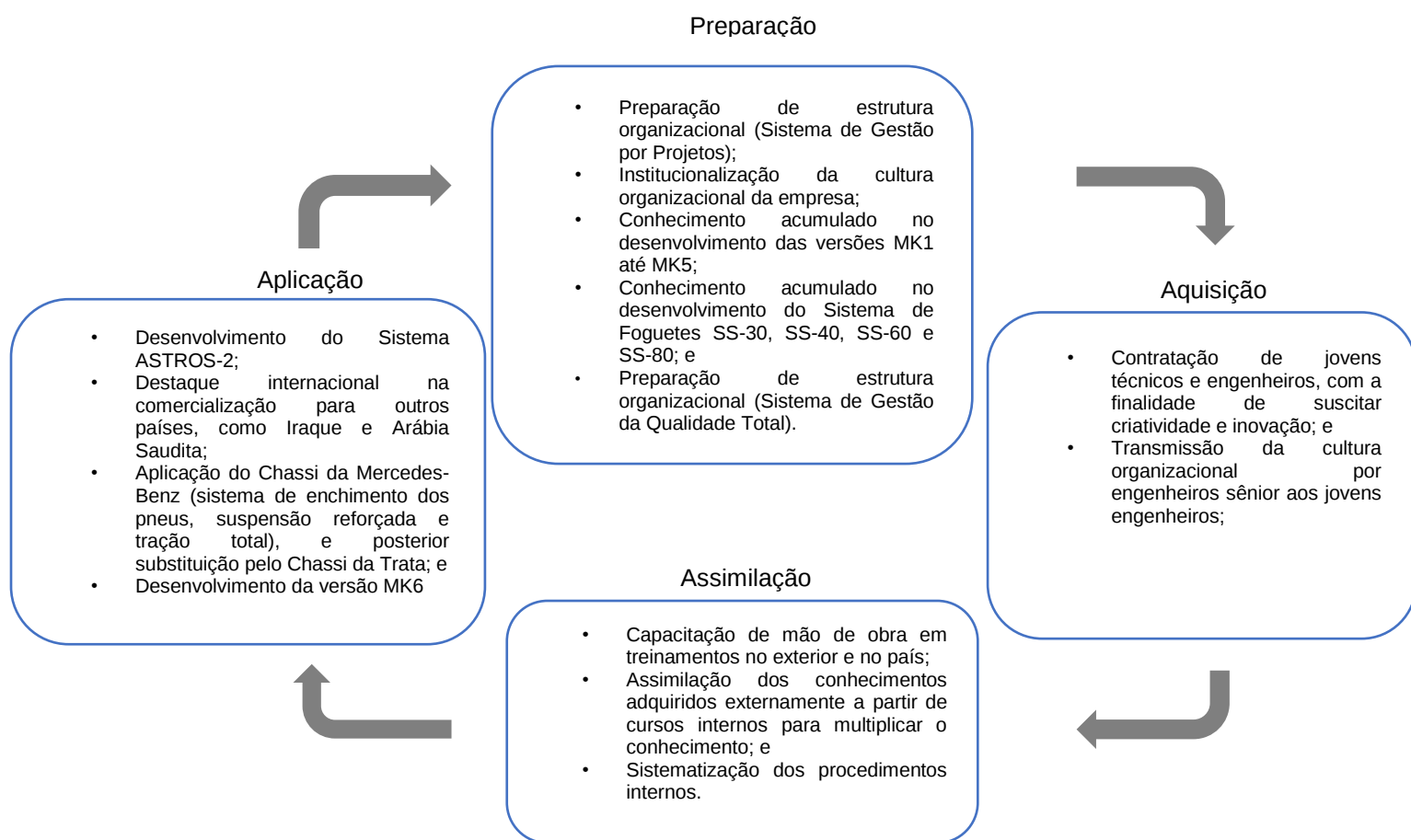
A versão MK6, adquirida em 2011 pela Marinha do Brasil e posteriormente pelo Exército Brasileiro, através do Pgr EE ASTROS 2020, diferencia-se significativamente das versões anteriores do sistema, conforme já citado anteriormente nesse estudo. Destaca-se a capacidade da nova versão de utilizar o míssil de cruzeiro (MTC-300) e o Foguete Guiado SS-40G, eletrônica digital e tecnologias desenvolvidas em solo nacional: transmissão digital de dados, voz e mensagem; comunicação digital com criptografia dupla; sistema de navegação com carta digital e imagem satélite georreferenciada; programa para Gerenciamento do Campo de Batalha com visualização das viaturas em uma carta digital ou em imagem de satélite; veículos de Comando e Controle do tipo C4I (Comando, Controle, computadores e inteligência).

A versão MK3-M é a modernização de veículos do 6º GMF versão MK3 que passaram a incorporar todas as capacidades das viaturas MK-6.

Em aproximadamente 4 décadas do sistema ASTROS, podemos observar uma vasta trajetória de acúmulo de capacidade tecnológica da empresa Avibras através dos processos de aprendizagem tecnológica e influenciada pelo

aproveitamento das janelas de oportunidades visualizadas pela empresa e impulsionada também por programas estratégicos nacionais, como o caso do Programa Estratégico do Exército Astros 2020. Esse processo de aprendizagem que permitiu o acúmulo de capacidade tecnológica da empresa até a versão MK6 segue sintetizado no quadro abaixo:

Figura 14. Modelo de Ciclo de aprendizagem tecnológica para desenvolvimento da Versão MK6.



Fonte: Elaboração própria

A partir da análise de todos os processos de aprendizagem tecnológica, é possível inferir que a Avibras alcançou um elevado nível de capacidade tecnológica.

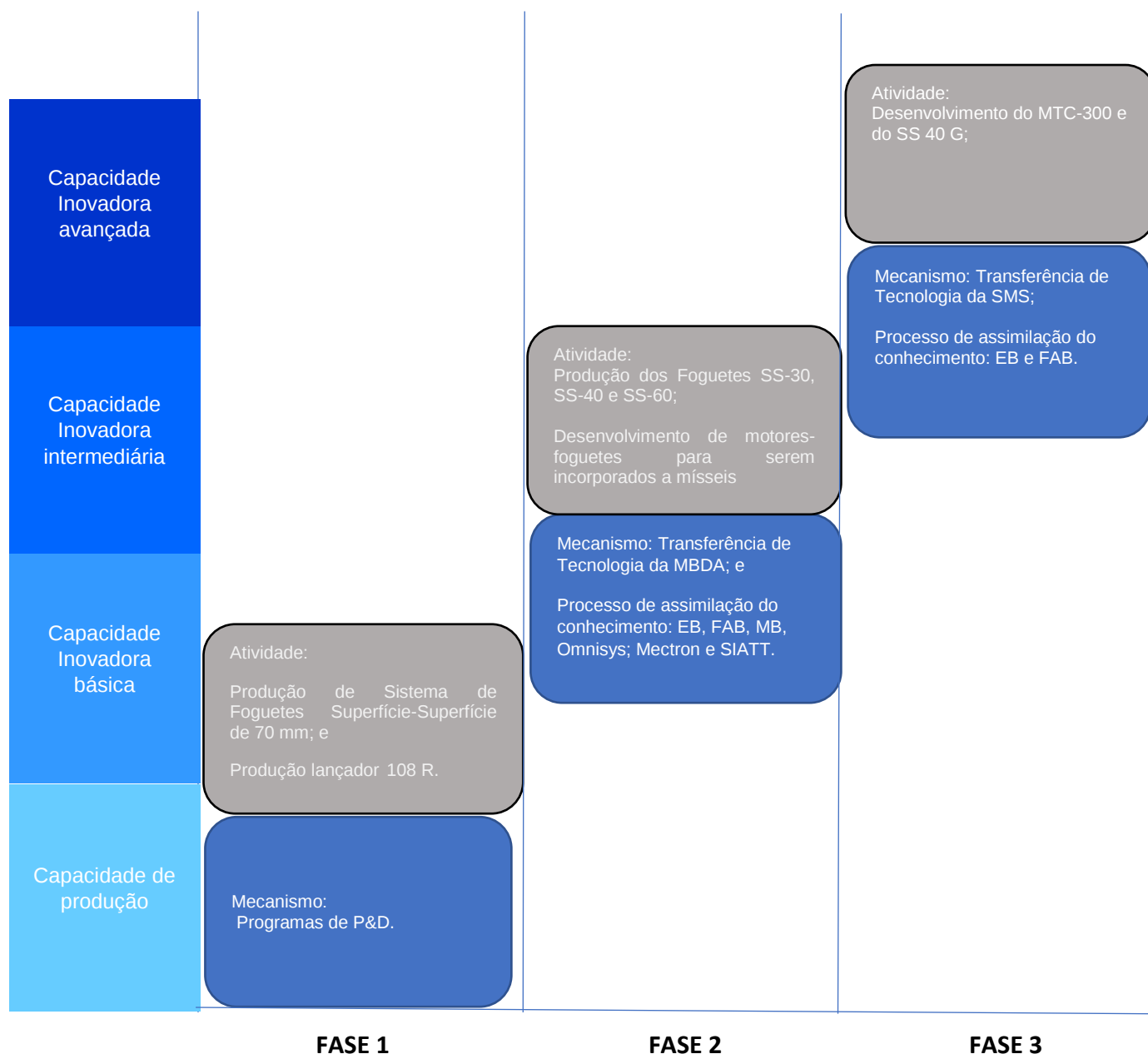
Particularmente no segmento de mísseis, o acúmulo de capacidade iniciou-se: com o desenvolvimento do propelente para os foguetes SONDA I, II e III; com o desenvolvimento de foguetes de emprego de defesa, com vistas a atender às Forças Armadas e à exportação; e com desenvolvimento da capacidade de desenvolver motores-foguetes para serem incorporados a mísseis, como é o caso do

desenvolvimento do motor-foguete para a versão do míssil Exocet MM40, desenvolvimento do motor do míssil Piranha e desenvolvimento do míssil nacional MANSUP, no qual a Avibras é a responsável por fabricar o motor e realizar a montagem final do míssil.

As atividades que foram desenvolvidas nos projetos, permitiram a Avibras a obter recursos humanos (com base em suas aptidões, conhecimentos e experiências) e organizacionais capazes de gerar e gerir o desenvolvimento do MTC-300. Fato esse que permitiu que a empresa obtivesse um importante acúmulo de capacidade tecnológica no segmento de produção de mísseis.

A Figura 15 ilustra uma escala de acúmulo de capacidades tecnológicas para inovação, em que está contida a trajetória percorrida pela Avibras no acúmulo de níveis de tecnologia alcançados. A Figura 15 está subdividida em três fases, sendo elas: a primeira caracterizada pela produção dos primeiros foguetes da Avibras produzidos para emprego de defesa (Sistema de Foguetes Superfície-Superfície de 70 mm e o Lançador 108 R); a segunda fase caracterizada pelo desenvolvimento dos foguetes SS-30, SS-40 e SS-60 e SS-80, detentores de uma maior precisão e de distâncias superiores aos desenvolvidos pelos seus concorrentes, colocando a empresa em destaque internacional. Essa fase ainda é caracterizada pelo desenvolvimento dos motores-foguetes para mísseis citados anteriormente, que deu visibilidade internacional à Avibras no desenvolvimento desses produtos; a terceira fase é caracterizada pelo desenvolvimento do MTC-300 e do Foguete Guiado SS-40G, tecnologia essa que proporcionará ao Brasil estar entre um número restrito de países capazes de dominar e produzir a tecnologia de Mísseis Tático de Cruzeiro e Foguetes Guiados.

Figura 15. Evolução de níveis de capacidades tecnológicas e do processo de aprendizagem tecnológica pela Avibras



Fonte: Elaboração própria

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse estudo foi investigar o processo de acumulação de capacidade tecnológica bem como os processos de aprendizagem tecnológica aplicados no Projeto ASTROS 2020, sobretudo das capacidades geradas pelo desenvolvimento do projeto de P&D do Míssil Tático de Cruzeiro MTC 300 e do Foguete Guiado SS 40 G. Este estudo contribui para o entendimento da importância

do acúmulo de capacidade tecnológica para o desenvolvimento de produtos estratégicos de defesa de considerável tecnologia e valor agregado, alcançando níveis de inovação internacional; a influência que a aprendizagem tecnológica tiveram sobre o processo de acúmulo da capacidade tecnológica; e a importância do desenvolvimento desses produtos para a Indústria Nacional de Defesa e para garantir a soberania e a dissuasão brasileira perante outras nações.

O acúmulo da capacidade tecnológica desenvolvida pela Avibras desde sua origem possibilitou o desenvolvimento dos produtos estratégicos de defesa da empresa, como a versão MK6 do Sistema ASTROS, o Míssil Tático de Cruzeiro e do Foguete Guiado SS-40G. Tal capacidade tecnológica acumulada permitiu que o Brasil ocupasse posição de destaque internacional por possuir a capacidade desenvolver e produzir um dos mais flexíveis sistemas de defesa, versão MK6 do Sistema ASTROS, por permitir lançamento de foguetes, mísseis tático de cruzeiro e foguetes guiados a partir de uma plataforma de lançamento; além de inserir o Brasil em um limitado grupo de países com capacidade de desenvolvimento de míssil tático de cruzeiro e foguetes guiados.

A aprendizagem tecnológica desempenhou papel fundamental para o processo de acúmulo da capacidade tecnológica da Avibras através de fluxos de conhecimentos externos, a fim de obter mecanismos para a aquisição do conhecimento técnico externo e sua posterior assimilação pela organização, e fluxos de conhecimentos internos, responsáveis pela geração de conhecimento interno pela organização. Processos esses importantes também por terem transmitido os conhecimentos para a Marinha do Brasil e o Exército Brasileiro de forma a capacitar essas Forças a operar os armamentos do Sistema ASTROS.

Por fim, o desenvolvimento dos produtos citados nesse artigo contribui para a Indústria Nacional de Defesa no quesito de haver uma significativa diminuição da dependência de produtos estratégicos de defesa produzidos externamente, sendo desenvolvidos e produzidos internamente; ampliação da capacidade de aquisição desses produtos na indústria nacional, nesse caso a Avibras, concretizado pela aquisição do Sistema Astros pelo Exército Brasileiro e pelo Corpo de Fuzileiros Navais; melhoria progressiva da qualidade tecnológica dos produtos estratégicos de defesa, bem exemplificado pelo desenvolvimento do MTC-300 e o SS-40G; um importante aumento na competitividade da Avibras em expandir as exportações, por desenvolver produtos diferenciados e com elevado valor agregado e tecnologia

embarcada; e para garantir a soberania e a dissuasão brasileira perante outras nações por ser detentor da capacidade de desenvolvimento e tecnologia desses produtos estratégicos de defesa.

Como recomendação para a política de defesa nacional, seguir o previsto para a implementação da Política Nacional da Indústria de Defesa, particularmente no quesito das empresas públicas desempenharem suas atividades em complemento às empresas de caráter privado, de forma a evitar concorrência entre ambas e buscarem sinergicamente o desenvolvimento das capacidades tecnológicas do Brasil.

A principal limitação da pesquisa foi a ausência de entrevista de especialistas pertencentes à empresa Avibras, bem como de militares do Exército Brasileiro e do Corpo de Fuzileiros Navais que trabalham diretamente com o material do Sistema ASTROS, tendo sido utilizadas fontes bibliográficas para elaboração do estudo. Portanto, para estudos futuros recomenda-se realizar entrevista em profundidade, por exemplo, com: militares experientes da Marinha do Brasil que já trabalharam diretamente com o material do Sistema ASTROS; o oficial de ligação do Exército junto à Avibras e o pessoal do departamento de inovação da empresa Avibras.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. F.; FIGUEIREDO, P. N. Dinâmica da acumulação de capacidade tecnológica e inovação em subsidiárias de Empresas Transnacionais (ETNS) em economias emergentes: a trajetória da Motorola Brasil. *Revista de Administração e Inovação*, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 73-92, 2008.

BARRETO, J. J. D. Sistema ASTROS aumenta dissuasão estratégica de defesa. *DefesaNet*, 2017. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/bid/noticia/27551/Sistema-ASTROS-aumenta-dissuasao-estrategica-de-defesa>>. Acesso em: 01 de junho de 2022.

BASTOS, C. S. *Astros II O Eficiente Sistema De Artilharia De Foguetes Brasileiro – 2*. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais. 2016.

BELL, M., PAVITT, K., 1995. *The Development of Technological Capabilities. Trade, Technology and International Competitiveness*. The World Bank, Washington.

BELL, M., FIGUEIREDO, P.N., 2012. Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms: some key issues. In: Amann, E., Cantwell, J. (Eds.),

Innovative Firms in Emerging Market Countries. Oxford University Press, Oxford, pp. 24e109.

BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n. 2, p. 157-210, 1993.

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.

BRASIL. EME. Portaria nº 137, de 14 de setembro de 2012. Aprova os Requisitos Operacionais Básicos nº05 / 12, Sistema Míssil Tático de Cruzeiro para o Sistema ASTROS. Brasília, 2012.

COHEN, W, M & LEVINTHAL, D, A. Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152. 1990.

Dosi, G., Hobday, M., Marengo, L., 2000. Problem-solving Behaviours, Organisational Forms and the Complexity of Tasks. Sant'Anna School of Advanced Studies, Pisa.

_____. Estado-Maior. Escritório de Projetos do Exército. Memória de Decisão EPEX. Proposta de transformação do Projeto Estratégico ASTROS 2020 em Programa Estratégico ASTROS 2020. Brasília, DF, 2017.

_____. _____. Estratégia Nacional de Defesa. Brasília, DF, 2016b.

FERREIRA, P. D. S. A. B. Possibilidades e Limitações do Emprego do Foguete Guiado SS-40G Comparado com os demais Foguetes do Sistema Astros. Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes. Formosa – GO 2021

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

FIGUEIREDO, P. N. Learning processes features and technological capability accumulation: explaining inter-firm differences. Brazilian School of Public Administration, Getulio Vargas Foundation (EBAP-FGV), Praia de Botafogo, 190, 4th Floor, Room 426, 22.253-900 Rio de Janeiro, Brazil. 2002.

FIGUEIREDO, P. N., & PIANA, J. (2018). Innovative capability building and learning linkages in knowledgeintensive service SMEs in Brazil's mining industry. *Resource Policy*, 58, 21–33.

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

KIM, L. Building Technological Capability for Industrialization: Analytical Frameworks and Korea's Experience. College of business Administration, Korea University, Seoul. 1999.

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.

LALL, S. Technological capabilities and industrialisation. World Development, Oxford, v. 20, n. 2, p. 165-186, Feb. 1992.

LEE, K.; LIM, C. Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. Research Policy, v. 30, n. 3, p. 459-483, mar. 2001.

LEONARD-BARTON, D. (1995). Wellsprings of knowledge: Building and sustaining the sources of innovation. Boston: Harvard Business Press.

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

_____. _____. Livro Branco de Defesa Nacional. Brasília, DF, 2012.

_____. _____. Livro Branco de Defesa Nacional. Brasília, DF, 2016c.

_____. _____. _____. Manual Experimental – Artilharia de Campanha de Longo Alcance. Brasília, DF, 2017b.

_____. Ministério da Defesa. Estratégia Nacional de Defesa. Brasília, DF, 2008.

Missile Technology Control Regime (M.T.C.R) – Objectives of the MTCR. Disponível em <<https://mtcr.info/deutsch-ziele/>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

Müller, L, J. As novas garras dos Fuzileiros Navais – UPDATE. Portal Defesa. 2014. Disponível em: <<http://portaldefesa.com/3459-as-novas-garras-dos-fuzileiros-navais-update/>> Acesso em 22 de julho de 2022.

PADILHA, L. MTC-300 – Primeiro míssil de cruzeiro brasileiro entra na fase final de desenvolvimento. 2018. Disponível em: <<https://www.defesaaereanaval.com.br/defesa/mtc-300-primeiro-missil-de-cruzeiro-brasileiro-entra-na-fase-final-de-desenvolvimento>>. Acesso em 20 de julho de 2022.

_____. Projeto de Força do Exército Brasileiro (PROFORÇA). Brasília, DF, 2012a.

_____. _____. Política Nacional de Defesa. Brasília, DF, 2016d.

SERRA, L. E. C. R. As possibilidades e limitações do Sistema ASTROS 2020 na contribuição para o incremento da dissuasão militar convencional brasileira, na atualidade, no contexto regional e extrarregional. Escola de Comando e Estado Maior do Exército. Rio de Janeiro/RJ, 2020.

Wiltgen, G. Avibras e a espanhola SMS unem forças para desenvolverem soluções na área de foguetes guiados e sistemas de mísseis. 2021. Disponível em: <<https://www.defesaaereanaval.com.br/defesa/avibras-e-a-espanhola-sms-unem-forcas-para-desenvolverem-solucoes-na-area-de-foguetes-guiados-e-sistemas-de-misseis>>. Acesso em: 19 de julho de 2022.