ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CL LUIZ MARCELO TERDULINO DE BRITO

MODIFICAÇÃO DO F-39 GRIPEN PARA OPERAÇÃO EM NAVIO AERÓDROMO:
Desafios e Oportunidades para a Base Industrial de Defesa Brasileira

Rio de Janeiro
2024

CL LUIZ MARCELO TERDULINO DE BRITO

MODIFICAÇÃO DO F-39 GRIPEN PARA OPERAÇÃO EM NAVIO AERÓDROMO:

Desafios e Oportunidades para a Base Industrial de Defesa Brasileira

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

Orientador: CMG (RM1) CESAR VIDAL

Rio de Janeiro

Escola de Guerra Naval

2024

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

Documento assinado digitalmente
gov.br
LUIZ MARCELO TERDULINO DE BRITO
Data: 19/11/2024 11:30:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pelo amor incondicional e apoio constante ao longo de toda minha carreira, e a Deus, que sempre guiou meus passos e me resgatou nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

A meu orientador na Escola de Guerra Naval, o CMG-RM1 Cesar Vidal, expresso minha gratidão pela orientação cuidadosa, paciência e pelo conhecimento compartilhado ao longo deste trabalho.

Aos professores, instrutores e todo o corpo de apoio da Escola de Guerra Naval, agradeço pelo comprometimento e pelo ambiente de excelência que tanto contribuiu para meu crescimento acadêmico e profissional.

Um agradecimento especial a meus orientadores e amigos do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, cuja expertise e suporte foram fundamentais para a realização deste estudo. Sem a orientação, paciência e apoio de todos vocês, este trabalho não teria sido possível. Minha sincera gratidão a cada um que, de alguma forma, fez parte dessa jornada.

“Todo problema tem um presente para você em suas mãos. (...) Não acredite no que seus olhos lhe dizem. Tudo o que mostram é a limitação. Enxergue com o seu entendimento. Descubra o que você já sabe ...

... e verá como voar.”

Richard Bach

RESUMO

O trabalho analisou os desafios tecnológicos e oportunidades para a Base Industrial de Defesa brasileira advindos da modificação do caça F-39 Gripen para operação em navios aeródromos. Num primeiro momento, discutiu-se quais seriam as modificações no projeto da aeronave em termos de adaptações necessárias para operação em navio aeródromo. A pesquisa evidenciou desafios significativos para pouso e decolagem do Gripen, dada a complexidade da compatibilização entre navio e aeronave, sendo elencados os seguintes sistemas de nível mais alto como impactados: trem de pouso, projeto estrutural e *software* de controle de voo. Em seguida, com o auxílio do Sistema Integrado de Fomento à Indústria Aeroespacial, foram analisadas as capacidades da indústria de defesa do setor aeroespacial brasileiro, identificando as empresas com competências relacionadas às tecnologias necessárias às modificações do Gripen. As empresas selecionadas foram divididas em três grupos: as com tecnologias existentes, aquelas que precisam de algum tipo de apoio e as que apresentaram lacunas significativas de conhecimento. Por fim, fundamentando-se na teoria da vantagem competitiva das nações, de Michael Porter, foram propostas medidas de potencialização gerais, que são aplicáveis a todas as empresas em maior ou menor grau, bem como medidas específicas para cada grupo de empresas, entre elas: a aquisição com formação de consórcio, incluindo representantes de empresas nacionais para o grupo com competências já existentes; o incentivo do governo para o estabelecimento de parcerias estratégicas formais entre o fabricante da aeronave e as empresas nacionais que precisam de algum apoio; e a formação de *clusters* no modelo da tríplice hélice focados em linhas de pesquisa que gradualmente diminuam as defasagens tecnológicas para aquelas empresas com lacunas significativas de conhecimento.

Palavras-chave: F-39 Gripen. Grande Modificação de Projeto Aeronáutico. Base Industrial de Defesa. Setor Aeroespacial. Vantagem Competitiva. Tríplice Hélice.

ABSTRACT

F-39 GRIPEN MODIFICATION FOR AIRCRAFT CARRIER OPERATION: Challenges and Opportunities for the Brazilian Defense Industrial Base

The study analyzed the technological challenges and opportunities for the Brazilian Defense Industrial Base arising from the modification of the F-39 Gripen fighter jet for operation on aircraft carriers. Initially, the necessary modifications to the aircraft design for operation on an aircraft carrier were discussed. The research highlighted significant challenges for Gripen's landing and takeoff, due to the complexity of making the aircraft and the ship compatible, identifying the following high-level systems as impacted: landing gear, structural design, and flight control software. Subsequently, with the support of the Aerospace Industry Development Integrated System, the capabilities of the Brazilian aerospace defense industry were analyzed, identifying companies with competencies related to the technologies needed for Gripen modifications. The selected companies were divided into three groups: those with existing technologies, those requiring some support, and those with significant knowledge gaps. Finally, based on Michael Porter's theory of competitive advantage of nations, general enhancement measures were proposed, which are applicable to all companies to varying degrees, as well as specific measures for each group of companies, including: acquisition through the formation of a consortium, including representatives of national companies for the group with existing competencies; government incentives for the establishment of formal strategic partnerships between the aircraft manufacturer and national companies that require some support; and the formation of clusters based on the triple helix model focused on research lines that gradually reduce technological gaps for those companies with significant knowledge deficiencies.

Key-words: F-39 Gripen. Major Modification of Aeronautical Design. Defense Industrial Base. Aerospace Sector. Competitive Advantage. Triple Helix.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Níveis de maturidade tecnológica 10
FIGURA 2 - Visão sistêmica sintética do “diamante de Porter” e as influências mútuas 14
FIGURA 3 - Navio aeródromo Vikrant – exemplo de STOBAR 20
FIGURA 4 - Navio aeródromo São Paulo – exemplo de CATOBAR 21
FIGURA 5 - Imagem da tela inicial do CESAER 30
FIGURA 6 - Influências diretas e indiretas da aquisição governamental de produtos tecnológicos 39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Comparação de valores de T/W 24
TABELA 2 - Empresas com capacidades relacionadas a trem de pouso 33
TABELA 3 - Empresas com capacidades relacionadas a projeto estrutural 33
TABELA 4 - Empresas com capacidades relacionadas a *software* do sistema de controle 34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEN	-	Ações Estratégicas Navais
BID	-	Base Industrial de Defesa
CATOBAR	-	*Catapult Assited Take-Off But Arrested Recovery*
CESAER	-	Catálogo de Empresas do Setor Aeroespacial
CNPJ	-	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
COFINS	-	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COMAER	-	Comando da Aeronáutica
CONFAZ	-	Conselho Nacional de Política Fazendária
COPAC	-	Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate
CTA	-	Centro Técnico de Aeronáutica
CT&I	-	Ciência, Tecnologia e Inovação
DCTA	-	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DoD	-	Department of Defense
EED	-	Empresas Estratégicas de Defesa
ELEB		Embraer Liebherr Equipamentos do Brasil S.A.
EMAER	-	Estado-Maior da Aeronáutica
EN	-	Estratégia Naval
END	-	Estratégia Nacional de Defesa
FAB	-	Força Aérea Brasileira
FBW	-	*Fly-by-wire*
GPS	-	*Global Positioning System*
ICA	-	Instrução do Comando da Aeronáutica
ICMS	-	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
ICT	-	Instituições de Ciência e Tecnologia
IFI	-	Instituto de Fomento e Coordenação Industrial
IFLOLS	-	*Improved Fresnel Lens Optical Landing System*
IPI	-	Imposto sobre Produtos Industrializados
LBDN	-	Livro Branco de Defesa Nacional
MB	-	Marinha do Brasil

MD	-	Ministério da Defesa
MRL	-	*Manufacturing Readiness Level*
NAe	-	Navio Aeródromo
NASA	-	National Aeronautics and Space Administration
NCAM	-	Navio de Controle de Área Marítima
OE	-	Objetivo Específico
OBNAV	-	Objetivo Naval
OG	-	Objetivo Geral
OM	-	Organização Militar
PED	-	Produto Estratégico de Defesa
PEM	-	Plano Estratégico da Marinha
PIB	-	Produto Interno Bruto
PIS/Pasep	-	Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PND	-	Política Nacional de Defesa
PRODE	-	Produtos de Defesa
QP	-	Questão de Pesquisa
RETID		Regime Especial de Tributação para a Indústria de Defesa
SIFIAer	-	Sistema Integrado de Fomento à Indústria Aeroespacial
STOBAR	-	*Short Take-Off But Arrested Recovery*
TRL	-	*Technological Readiness Level*
T/W	-	*Thrust-to-Weight*

LISTA DE SÍMBOLOS

g	aceleração da gravidade
kg	quilograma
kN	quilonewton
kt	nó (*knot*)
lb	libra
m	metro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 3

2 ARCABOUÇO TEÓRICO 9

2.1 CAPACIDADE TECNOLÓGICA 9
2.2 VANTAGEM COMPETITIVA DAS NAÇÕES 11

3 ADAPTAÇÃO DO GRIPEN PARA OPERAÇÃO EM NAVIO AERÓDROMO 16

3.1 BREVE HISTÓRICO DO PROGRAMA F-X2 E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA AERONAVE 16
3.2 COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE AERONAVE DE ASA FIXA E NAVIO AERÓDROMO 19

4 A BASE INDUSTRIAL DE DEFESA BRASILEIRA 27

4.1 O SISTEMA INTEGRADO DE FOMENTO À INDÚSTRIA AEROESPACIAL 28
4.2 EMPRESAS COM COMPETÊNCIAS RELACIONADAS 31
4.3 LIMITAÇÕES DAS ANÁLISES 34

5 CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DA VANTAGEM COMPETITIVA 36

5.1 A RELEVÂNCIA DO GOVERNO 36
5.2 PROPOSTAS DE MEDIDAS PARA POTENCIALIZAÇÃO DA RESPOSTA DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA DO BRASIL 39
5.2.1 Medidas Gerais 40
5.2.2 Medidas para o Grupo de Empresas com Tecnologias Existentes 47
5.2.3 Medidas para o Grupo de Empresas que Precisam de Apoio 48
5.2.4 Medidas para o Grupo de Empresas que Apresentam Lacunas Significativas de Conhecimento 49

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 51

REFERÊNCIAS 54

ANEXO A – Relatório de Empresas por Produto de Interesse 57

ANEXO B – Relatório de Empresas por Área Tecnológica 58

ANEXO C – Definição das Áreas Tecnológicas do SIFIAER 59

1 INTRODUÇÃO

O Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)[1] é o documento decorrente da Política Naval que apresenta os elementos conceituais e doutrinários de alto nível com vistas ao planejamento de médio e longo prazos da Marinha do Brasil (MB).

O PEM 2040 discorre sobre a importância e as ameaças dos ambientes marítimo e naval, define o conceito e o mapa estratégico marítimo-naval, bem como estabelece os respectivos Objetivos Navais (OBNAV) da Marinha até o ano de 2040, os quais devem ser cumpridos por meio das Estratégias Navais (EN).

As ações concretas a serem executadas para o cumprimento das EN e que possibilitarão a MB a cumprir sua missão e alcançar sua visão futuro são denominadas Ações Estratégicas Navais (AEN).

Um dos conceitos estratégicos de defesa proativa e reativa para o cumprimento da missão da Marinha versa sobre "[...] um Navio com capacidade de Controle de Área Marítima (NCAM), capaz de operar com aeronaves de asa fixa, rotativa e/ou remotamente pilotadas [...]" (Brasil, 2020b, p. 42), de onde decorrem a AEN - Força Naval-3 (Brasil, 2020b, p. 69), associada à obtenção do NCAM, e a AEN - Força Naval-6 (Brasil, 2020b, p. 70), que diz respeito à obtenção de aeronaves de asa fixa.

Já a visão de futuro contempla, dentre outros, o alto grau de independência tecnológica, que "[...] deve ser vista como um desafio que deve ser superado, visando à redução da dependência do exterior no tocante aos meios, sistemas e equipamentos de Defesa." (Brasil, 2020b, p. 52), de onde decorre a AEN - Força Naval-10 (Brasil, 2020b, p. 72), que inclui, além de outras iniciativas, o desenvolvimento de produtos tecnológicos aplicáveis em aeronaves e que contribuam para o desenvolvimento da Base Industrial de Defesa (BID).

É importante destacar que o PEM 2040 inclui as questões ora sublinhadas, referentes à obtenção de navios aeródromos (NAe) e de aeronaves de asa fixa, além do fortalecimento da BID. Não obstante, esse documento deriva e é condicionado ao Livro Branco de Defesa Nacional (LBDN)[2], à Política Nacional de Defesa (PND) e à Estratégia Nacional de Defesa (END)[3].

---

[1] Disponível em: https://www.marinha.mil.br/pem2040. Acesso em: 17 mar. 2024.
[2] Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf. Acesso em: 17 mar. 2024.
[3] Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_2016. Acesso em: 17 mar. 2024.

Tais documentos reforçam a importância de se promover o fortalecimento e a sustentabilidade da cadeia produtiva da BID, por meio de ações que privilegiem aquisições conjuntas e aumentem o conteúdo local nos produtos, com o intuito se potencializar os investimentos em defesa na economia nacional.

A partir da pressuposição de um cenário hipotético, em que a Marinha do Brasil pretende adquirir aeronaves de asa fixa capazes de operar em porta-aviões e de que a BID deve ser envolvida no desenvolvimento de produtos tecnológicos aplicáveis em aeronaves, é que se desenvolve o tema deste trabalho.

Portanto, naturalmente os objetos da pesquisa recaem sobre a “aeronave” em si e sobre a “indústria de defesa”.

No que diz respeito à “aeronave”, a investigação será delimitada aos principais sistemas, subsistemas e tecnologias necessários ou impactados em uma grande modificação de aeronave de asa fixa para a operação em NAe.

A aquisição de um modelo de aeronave já disponível no mercado certamente teria impacto limitado na BID, além de dificultar questões de interoperabilidade, por se tratar de uma solução pronta. Em outras palavras, uma aquisição *off the shelf*[4] possui um baixo alinhamento com os documentos de defesa nacional, pois representaria oportunidades e desafios muito limitados para a indústria de defesa, além de significar uma dependência quase que total de tecnologias importadas já plenamente desenvolvidas.

Por outro lado, o desenvolvimento do projeto de uma nova aeronave, quer seja 100% nacional ou mesmo em cooperação com outros países, requereria o domínio de diversas tecnologias não presentes na indústria nacional. Assim, essa abordagem se apresenta como um desafio ambicioso, demorado e arriscado, apesar de supostamente ser a alternativa que mais traria autonomia para a BID.

Uma solução intermediária entre uma aquisição *off the shelf* e o desenvolvimento de um projeto a partir do zero, seria considerar uma aeronave em desenvolvimento ou já existente no mercado internacional, mas sem capacidade de pouso e decolagem de porta-aviões, e modificá-la para uma versão naval que atendesse às especificações da Marinha e envolvesse a indústria nacional do setor por meio de algum tipo de cooperação ou parceria.

---

[4] *Off the shelf*: item que pode ser adquirido de imediato e que não requer ser especialmente projetado ou encomendado (extraído de Oxford Learner’s Dictionaries, tradução nossa).

Considerando esse contexto hipotético, adotou-se como referência para o desenvolvimento deste trabalho as aeronaves F-39 E/F Gripen, da empresa sueca Saab, que estão sendo adquiridas pela Força Aérea Brasileira (FAB) por meio Programa F-X2, cujo contrato prevê a aquisição de 36 caças, simuladores, logística, bem como a participação e a transferência de tecnologia para a indústria de defesa nacional.

Por conseguinte, no que diz respeito à "indústria de defesa", a pesquisa será delimitada à análise do nível das capacidades tecnológicas da BID, dentro do escopo dos principais sistemas e tecnologias impactados na modificação[5] do Gripen para sua operação em NAe, uma vez que essa abordagem implica desafios para a indústria de defesa nacional com potencial de reduzir sua dependência do exterior em relação a produtos altamente tecnológicos aplicáveis em aeronaves, em perfeito alinhamento com a AEN - Força Naval-10, anteriormente mencionada.

É nesse contexto hipotético que foi definida a Questão de Pesquisa (QP) a seguir: "Quais os impactos e desafios tecnológicos que se apresentariam para a BID advindos da modificação de uma aeronave com as características do Gripen para uma versão naval?".

O trabalho se justifica na medida em que os seus resultados podem contribuir e agregar valor para subsidiar um processo de tomada de decisão na escolha de uma solução de aeronave de asa fixa que atenda às capacidades requeridas pela MB e aos preceitos de fortalecimento da BID.

O tema é relevante em virtude de a aquisição de uma frota de aeronaves de caça para operação naval, que são produtos de altíssima tecnologia, ser uma decisão com repercussões políticas, estratégicas e econômicas significativas, tornando-se alvo de atenção da sociedade, e que tem impactos orçamentários consideráveis ao longo de anos, o que certamente influencia a economia de defesa nacional, dado o seu vulto.

A título ilustrativo, segundo o "Relatório de Gestão – 2023" dos projetos conduzidos pela Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC), do Comando da Aeronáutica (COMAER), o custo total do contrato do

[5] No contexto desse trabalho, o termo modificação refere-se a "toda e qualquer alteração em equipamento ou em componente, quer na forma ou no material, especificados em suas publicações técnicas originais, incluindo, ainda, as modificações de *software*" (Brasil, 2007, p. 15).

projeto F-X2, que teve início em 2014, supera R$ 20 bilhões e tem expectativa de término para o ano de 2027 (Brasil, 2024, p. 44).

No que diz respeito à indústria de defesa, os documento de alto nível que integram o arcabouço de política e estratégia de defesa nacional, assim como o PEM 2040, evidenciam ideias cuja essência pode ser associada a conceitos teóricos enunciados por Michael E. Porter, em sua obra “A Vantagem Competitiva das Nações”, a qual foi adotada como teoria de apoio para este trabalho.

Porter (1993) relaciona a sofisticação da indústria à sua capacidade de inovação, sendo necessário investimentos constantes no desenvolvimento de tecnologias, tendo o governo forte influência no sistema de fatores que determinam a vantagem competitiva de um país, notadamente quando se trata das aquisições de produtos de alta tecnologia, como é o caso da indústria aeronáutica.

Inovação é a introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo que tenha como resultado novos produtos, serviços, funcionalidades ou processos, mesmo que já existentes, tendo como efeito ganho de qualidade ou desempenho (Brasil, 2020a, p. 14).

O próprio Livro Branco, em seu capítulo 5, trata especificamente da indústria de defesa e de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), destacando que o setor produtivo de defesa é fortemente influenciado pelas compras governamentais, tornando-se uma oportunidade para o desenvolvimento da BID e fortalecimento da cadeia de fornecedores (Brasil, 2020c, p. 135).

Tendo em mente o que já foi apresentado sobre a questão de pesquisa, os seus objetos e a teoria de apoio, foi definido pelo autor o seguinte Objetivo Geral (OG): “Estimar os impactos, em termos de desafios tecnológicos e oportunidades de fortalecimento que se apresentariam para a BID, advindos do desenvolvimento de uma versão naval do Gripen, sob a perspectiva da teoria da vantagem competitiva das nações, de Porter”.

Para que o objetivo geral seja atingido, foram formulados objetivos específicos (OE) para cada fase deste trabalho, de modo se criar um caminho lógico que levasse ao resultado pretendido.

Para a fase investigativa, foram elaborados o OE-1: “Identificar as modificações de nível mais alto, em termos de sistemas e tecnologias, necessárias para que a aeronave Gripen opere a partir de NAe”; e o OE-2: “Analisar as capacidades da BID, em termos de tecnologias existentes, aquelas que precisam de algum tipo de apoio e

as lacunas significativas de conhecimento tecnológico, com respeito às tecnologias necessárias às modificações identificadas na OE-1".

Já para a fase propositiva, foi elaborado o OE-3: "Propor medidas a serem consideradas para potencialização da resposta da BID no cenário investigado, considerando a perspectiva da teoria da vantagem competitiva das nações, de Porter".

A tese está organizada em seis capítulos, sendo que este primeiro, além de introduzir e justificar a relevância do tema, apresenta os demais elementos básicos que desenham a pesquisa científica, sendo o aprofundamento na teoria de apoio feito no segundo capítulo.

O Capítulo 2 explica os conceitos de níveis de maturidade tecnológica e de manufatura, os quais são fundamentais para a compreensão das capacidades tecnológicas da indústria de defesa nacional, e da teoria da vantagem competitiva das nações, de Michael E. Porter, discorrendo sobre os fatores determinantes da vantagem competitiva nacional, a influência governamental e oferecendo um quadro analítico aplicável à BID que, sendo um subconjunto da indústria nacional, também está sujeita a tais fatores. Para se obter e sustentar a vantagem competitiva é preciso traçar estratégias que priorizem aquisições e investimentos CT&I, o que sustentará, do ponto de vista teórico, as propostas de medidas a serem consideradas para potencialização da resposta da BID ao fim da investigação.

O Capítulo 3 apresenta um breve histórico do Programa F-X2, lista as características técnicas básicas do F-39E Gripen e discute a compatibilização entre uma aeronave de asa fixa e um porta-aviões, a fim de serem identificados principais sistemas e tecnologias impactados e que necessitarão de modificações de engenharia para que o Gripen opere a partir de um NAe.

O Capítulo 4 traça um panorama resumido do surgimento da indústria aeronáutica brasileira em São José dos Campos-SP e o papel do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) no impulsionamento do setor. O Sistema Integrado de Fomento à Indústria Aeroespacial (SIFIAer) foi utilizado como ferramenta para as análises e para o fornecimento de informações estratégicas sobre as empresas com capacidades relacionadas aos sistemas que precisam ser modificados no Gripen, possibilitando classificá-las em três grupos: as com tecnologias existentes, aquelas que precisam de algum tipo de apoio e as que apresentam lacunas significativas de conhecimento.

O Capítulo 5 descreve o papel do governo no cenário investigado e analisa seus níveis de influência na indústria, de maneira que, a partir dos resultados dos dois capítulos anteriores, sejam propostas medidas que efetivamente potencializem a resposta de cada grupo de empresas e que agreguem valor em um processo de tomada de decisão para a escolha de uma solução de aeronave de asa fixa que atenda à Marinha do Brasil e, ao mesmo tempo, seja uma oportunidade de fortalecimento para a BID.

Finalmente, dada a natureza do trabalho, que detalha os desafios tecnológicos e as oportunidades de fortalecimento para a Base Industrial de Defesa brasileira advindos da modificação do caça F-39 Gripen para operação em navios aeródromos, no Capítulo 6 são feitas as considerações finais da investigação. Nele, são sintetizadas as principais ideias, resultados e pontos de atenção, evidenciando que o Objetivo Geral foi atingido e a Questão de Pesquisa respondida. Por fim, são feitas reflexões abertas sobre as implicações da pesquisa e são propostas direções para estudos futuros que complementem e aprofundem o entendimento do tema.

2 ARCABOUÇO TEÓRICO

2.1 CAPACIDADE TECNOLÓGICA

O conceito de capacidade tecnológica está intimamente ligado à Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, que procura explicar o processo de acumulação de conhecimento e de habilidades da indústria, servindo de base para o desenvolvimento tecnológico, repercutindo no desempenho econômico e na competitividade de um país.

A capacidade tecnológica de um país está relacionada a sua capacidade científica e de inovação, sendo uma expressão do Poder Nacional e, consequentemente, fator determinante do poder relativo entre as nações, com reflexos na soberania, segurança e defesa (Longo, 2007, p. 130-131).

Um país sem uma base científico-tecnológica sólida é dependente de tecnologia externa, ficando sujeito a cerceamentos, o que justifica investimentos em CT&I e a busca pela elevação do nível de maturidade tecnológica, sendo a inovação uma peça-chave no cenário de defesa (Saraiva; Sconton, 2017).

De um modo geral, as capacidades tecnológicas são divididas em dois grandes grupos: a capacidade de produção, caracterizada pelo uso da tecnologia para industrialização, e a capacidades inovadora, que se refere ao domínio ou habilidade de gerar mudança tecnológica (Bell; Figueiredo, 2012).

Nesse sentido, é importante introduzir os conceitos de nível de maturidade tecnológica (*Technological Readiness Level* - TRL) e de nível de maturidade para manufatura (*Manufacturing Readiness Level* - MRL) que são associados, porém distintos.

O TRL é um conceito amplamente aceito nos meios acadêmicos e industriais[6]. Trata-se de uma escala utilizada para se estimar a maturidade de um tecnologia, variando de TRL 1, que é a pesquisa tecnológica básica, a TRL 9, quando a tecnologia está qualificada e pronta para operação ou integração em um sistema (National Aeronautics and Space Administration – NASA, p. 195, 2007).

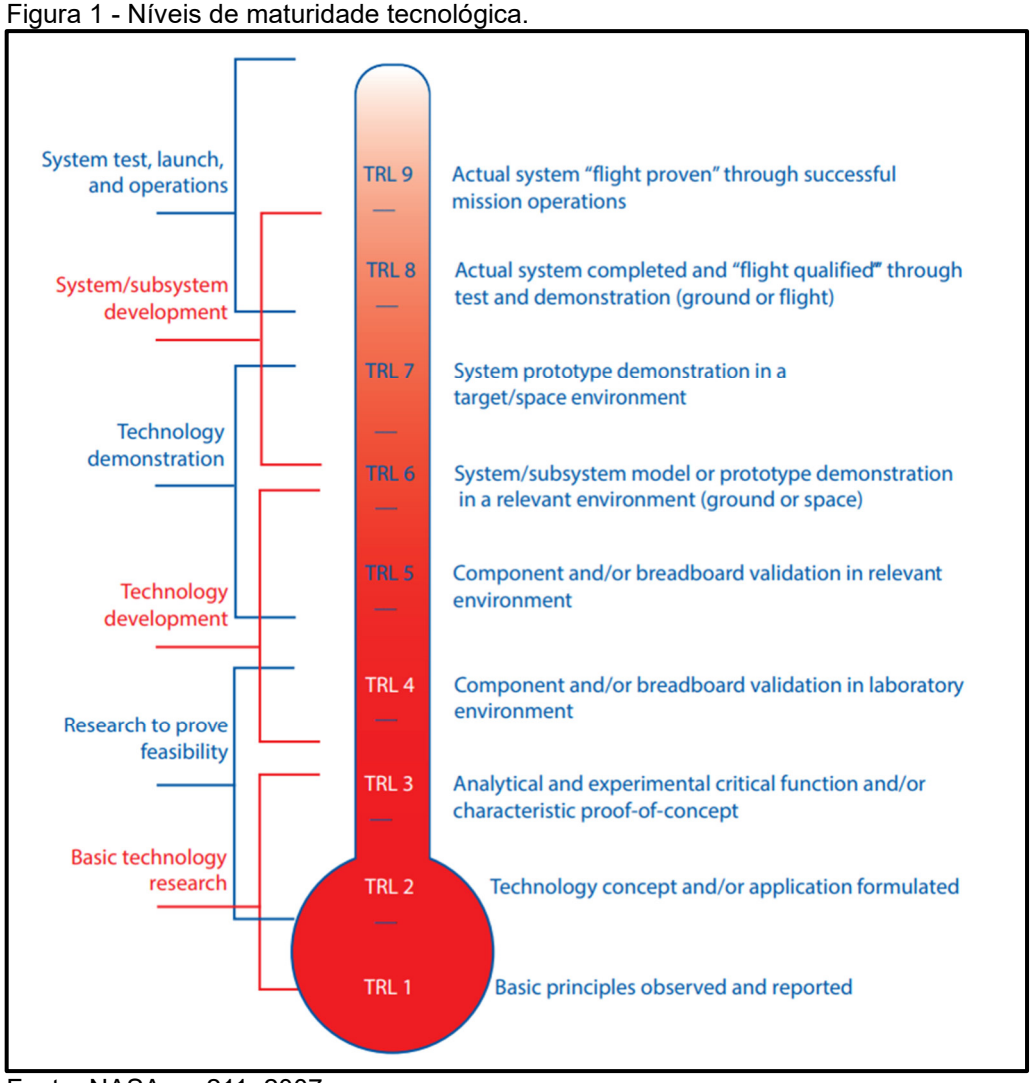
O nível TRL pode ser mensurado por meio de um processo de revisão de

[6] Disponível em: https://www.nasa.gov/aeronautics/technology-readiness-levels-demystified/. Acesso em: 07 jul. 2024.

projeto (*design review*), em que as tecnologias são demonstradas, examinadas e avaliadas segundo seus requisitos de desenvolvimento, sendo seu nível de maturidade estimando por meio de critérios previamente definidos (Department of Defense – DoD, p. 83, 2023).

À medida que o nível de maturidade de uma tecnologia aumenta, é possível avaliar também as suas possíveis aplicações na indústria e, eventualmente, sua comercialização. O TRL também pode ser utilizado como indicador da progressão de um projeto ou de uma encomenda tecnológica, sendo seu entendimento bastante útil no escopo deste trabalho.

Figura 1 - Níveis de maturidade tecnológica.



Fonte: NASA, p. 211, 2007.

Já o MRL diz respeito ao processo de produção de uma dada tecnologia, a partir do ponto de vista de manufatura. Ou seja, refere-se à capacidade de algo ser

produzido em um ambiente industrial, na escala requerida, utilizando processos e materiais disponíveis, com custos aceitáveis e em tempo oportuno.

Essa escala varia entre o MRL 1, que é a identificação inicial das implicações do processo de fabricação básica, e o MRL 10, que indica que um processo de produção consistente foi demonstrado, é eficiente e pode ser produzido em escala (DoD, p. 54, 2023).

Usualmente, o início das primeiras fases do MRL é condicionado pelo avançamento do nível do TRL, pois não é possível que os processos de manufatura amadureçam antes de que a tecnologia e a configuração do produto estejam estabilizadas.

Embora exista uma relação geral entre MRL e TRL, não existe uma correspondência direta entre seus níveis. Por esse motivo, é importante que a indústria monitore o TRL de uma tecnologia de interesse, mantendo uma prontidão para o início do primeiro nível de MRL assim que viável (DoD, p. 52, 2023).

Nesse sentido, os conceitos de TRL e MRL são úteis como critério para o monitoramento dos níveis de desenvolvimento de uma tecnologia e entender como é possível avaliar o quão próxima ela está de ser aplicada em sistemas reais, reduzindo os riscos em uma tomada de decisão.

2.2 A VANTAGEM COMPETITIVA DAS NAÇÕES

Michael Porter (1993), em sua obra “A Vantagem Competitiva das Nações” argumenta que a natureza da competição e as fontes de vantagem competitiva em indústrias que operam em um mercado global são diferentes daquelas presentes em indústrias que atuam em um mercado essencialmente interno, sem a presença de competidores estrangeiros.

Porter observou que um país pode possuir um ambiente mais ou menos favorável à atuação global de uma determinada indústria. Ele procurou entender quais fatores determinam a vantagem competitiva das nações, sua criação e sua manutenção, além de reconhecer o papel essencial da capacidade de melhoria e inovação das empresas na competição internacional (Porter, 1993, p. 86).

Em sua pesquisa, Porter (1993) modelou o ambiente competitivo por meio de quatro amplos atributos, além do acaso e do papel do governo. Tais atributos,

resumidos a seguir, têm o potencial de favorecer ou impedir o êxito internacional de uma determinada indústria do país. São eles (Porter, 1993):

a. Fatores de produção: são insumos e capacidades específicas necessários para competir em qualquer indústria, tais como recursos humanos especializados, recursos científicos, institutos universitários, recursos naturais, capital disponível, logística e infraestrutura sofisticada;
b. Condições de demanda: diz respeito à natureza da demanda interna para produtos ou serviços, em termos dos tipos de necessidades do comprador (segmentação e sofisticação), do tamanho e das tendências de mercado, que impulsionam a inovação e a melhoria contínua dos produtos e serviços de um país;
c. Indústrias correlatas e de apoio: são empresas internacionalmente competitivas e inovadoras, que compartilham atividades na cadeia de valor, são fornecedoras ou oferecem suporte, impulsionando a indústria principal de forma cooperativa e sinérgica; e
d. Estratégia, estrutura e rivalidade: refere-se ao contexto de como as empresas são criadas, organizadas, põe em prática uma estratégia criadora de valor e rivalizam internamente, adaptando-se às circunstâncias nacionais.

Tais fatores interagem como um sistema, onde cada determinante influencia os demais. A vantagem competitiva nacional se dá quando os determinantes interagem no sentido de se autofortalecer, gerando um ambiente de melhoria contínua e inovação que cria dificuldades para os rivais estrangeiros (Porter, p. 175-176, 1993).

Os fatores de produção, por exemplo, são influenciados pela rivalidade interna, pois a competição por recursos mais sofisticados termina impulsionando o desenvolvimento de profissionais especializados, de tecnologias correlatas e de infraestruturas mais eficientes, sendo que “esses efeitos são mais acentuados se os rivais estiverem localizados numa mesma cidade ou região” (Porter, p. 164, 1993). As indústrias correlatas e de apoio influenciam os fatores de produção numa lógica semelhante à da rivalidade, enquanto uma demanda consistente e com alto grau de sofisticação tende a canalizar investimentos a fim de ampliar a oferta desses fatores e atender às necessidades da indústria.

Já as condições de demanda (Porter, p. 166, 1993) são influenciadas pela rivalidade que, num ambiente de disputa do mercado interno, investe no desenvolvimento de mecanismos de comercialização para estimular o consumo. Como efeito, promove inovações no produto, além de tornar os consumidores locais mais exigentes. A presença de indústrias correlatas e de apoio também influencia a demanda, que termina gerando produtos complementares ou derivados da indústria principal, num efeito de *spin-off*[7]. Por fim, os mecanismos que geram fatores de produção ligados a uma determinada indústria atraem o interesse de instituições e empresas estrangeiras que, por conseguinte, aumentam a demanda por bens e serviços no país.

As indústrias correlatas e de apoio (Porter, p. 168, 1993) se beneficiam dos fatores de produção que se estendem da indústria principal, como recursos humanos especializados, recursos científicos, capital, logística e infraestrutura sofisticada, num mecanismo de transferência, ou movimento, natural do mercado. O crescimento da demanda interna e seu tamanho beneficiam as indústrias de apoio, que são fornecedoras da indústria principal, enquanto uma rivalidade interna mais agressiva impulsiona a especialização de seus fornecedores.

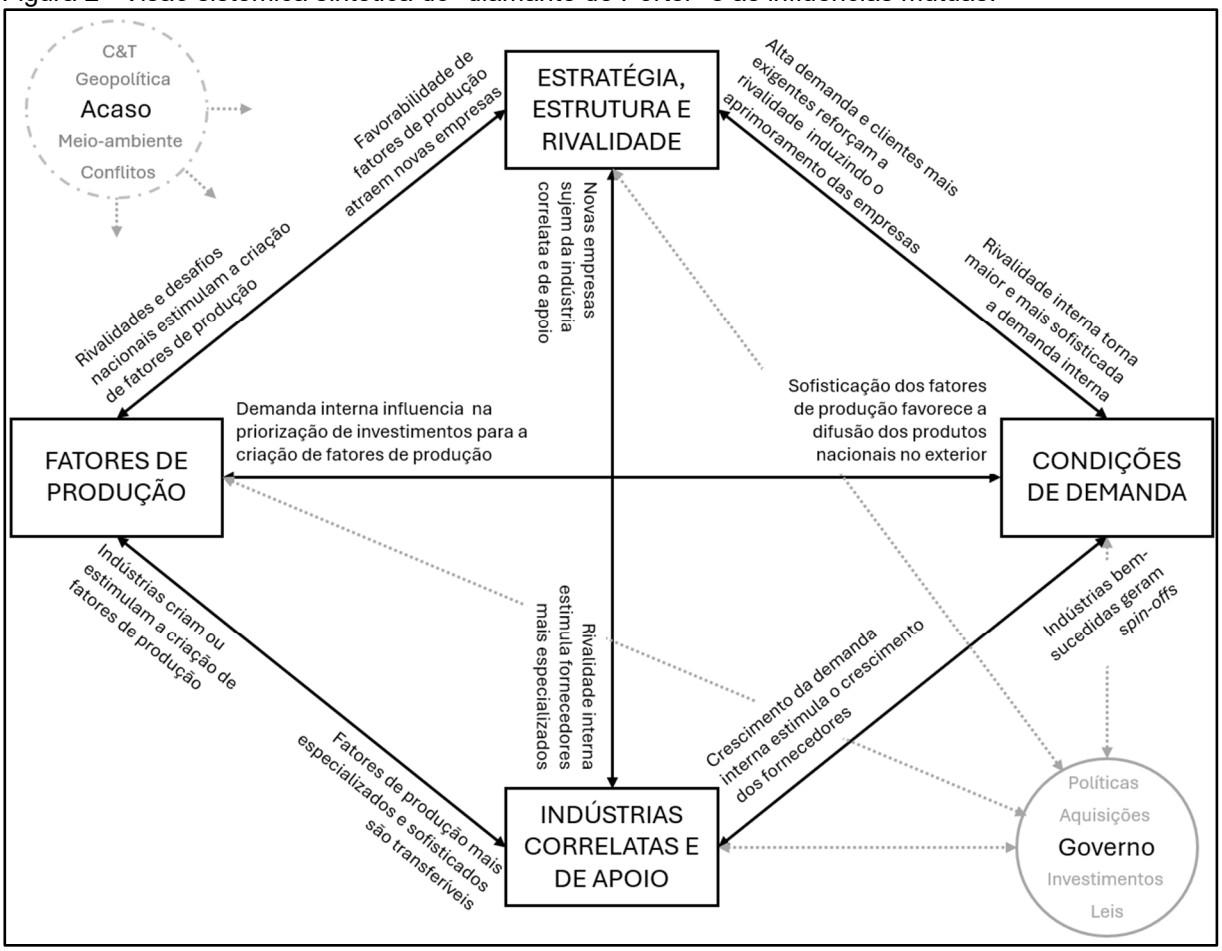
A estrutura e a rivalidade interna das empresas (Porter, p. 171, 1993) também são influenciadas pelos demais determinantes. As condições de demanda, por exemplo, reforçam a rivalidade, induzindo a empresa ao aprimoramento da sua estrutura, à revisão da sua estratégia e à busca de modelos de gestão mais eficientes.

Uma base forte de indústrias correlatas e de apoio, bem como uma condição favorável de fatores de produção, encorajam a entrada de novas empresas, sendo que fornecedores bem-sucedidos internacionalmente podem, inclusive, optar por ingressar como competidores na indústria principal, reforçando a rivalidade interna e, consequentemente, a necessidade de aprimoramento da estrutura interna (Porter, p.172-173, 1993).

O sistema completo ora descrito é ilustrado na figura 2, com os determinantes nos vértices interagindo entre si (conhecido como “diamante de Porter”), sendo indicados os principais efeitos das influências mútuas, além do acaso e do governo, que são as outras duas variáveis da teoria, a serem tradas a seguir.

[7] Produto derivado de outro ou de trabalho ou processo anterior.

Figura 2 - Visão sistêmica sintética do “diamante de Porter” e as influências mútuas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O acaso (Porter, p.143, 1993) refere-se a eventos fortuitos, porém relevantes, que estão além do controle das empresas, como invenções, descobertas em tecnologias fundamentais, descontinuidades de custos de insumos, conflitos bélicos, bem como acontecimentos políticos, mercadológicos ou ambientais, dentre outros. Em casos mais expressivos, o acaso pode transferir a vantagem competitiva de um país para outro.

Finalmente, o governo (Porter, p.146, 1993), em suas diversas esferas, influencia e é influenciado pelos quatro determinantes. Sua influência nesse modelo se manifesta por meio de políticas (econômica, fiscal, educacional, ambiental etc.), de subsídios, das leis e regulamentações, dos investimentos e das aquisições governamentais. Uma política implementada sem a análise cuidadosa de seu impacto nesse sistema de determinantes pode comprometer a vantagem competitiva do país.

Porter (p. 189-202, 1993) discute como a vantagem competitiva de um país pode se deteriorar ao longo do tempo, o que ocorre principalmente por falta de inovação contínua, estagnação tecnológica, complacência das empresas e redução da pressão na rivalidade interna. Além disso, mudanças desfavoráveis nas condições de demanda ou a perda de indústrias correlatas e de apoio também podem enfraquecer a vantagem competitiva de uma nação.

Uma vez que ficou entendida a dinâmica da teoria de Porter, torna-se importante delimitar o setor de interesse da indústria brasileira de defesa que será objeto de análise, a fim de se avaliar oportunidades específicas para a criação e o fortalecimento da vantagem competitiva nacional. Para isso, é necessário que sejam identificadas quais são as tecnologias de interesse deste trabalho.

3 ADAPTAÇÃO DO GRIPEN PARA OPERAÇÃO EM NAVIO AERÓDROMO

O F-39 Gripen adquirido pela FAB é uma aeronave que foi originalmente projetada para operar a partir de aeródromos convencionais e de “rodopistas”, que são trechos de rodovias convenientemente escolhidos para serem utilizados como pista de pouso.

Para avaliar a possibilidade de se adaptar o Gripen para sua operação a partir de NAe, antes é necessário conhecer quais as características básicas da aeronave, bem como os principais aspectos a serem considerados na operação em navio aeródromo, de tal forma que seja possível identificar quais os principais sistemas da aeronave a serem modificados, sem se aprofundar nas variáveis técnicas envolvidas nessa compatibilização.

3.1 BREVE HISTÓRICO DO PROGRAMA F-X2 E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA AERONAVE

O Programa F-X2[8] tem sua origem no Programa F-X (posteriormente conhecido como F-X1), cujos estudos se iniciaram na década de 1990 e tinham a finalidade de adquirir 12 aeronaves para cumprir a missão de defesa área, em substituição aos F-103 Mirage III, adquiridos na década de 1970, e que passaram a enfrentar sérias questões de obsolescência e logística.

O programa foi suspenso e a partir de 2006 a FAB passou a operar 12 aeronaves Mirage 2000-C, fabricadas na década de 1980 e que foram adquiridas usadas da França, como solução temporária em substituição aos F-103.

Em 15 de maio de 2008, o programa de renovação de caças foi retomado e rebatizado como F-X2, agora com a intenção de uma frota padronizada de caças multiemprego (controle do ar, defesa aérea, reconhecimento aéreo, ataques ar-solo e ar-mar)[9], a fim de substituir gradualmente os Mirage 2000, F-5M e A-1M, bem como a inclusão de significativos requisitos de compensação comercial (*offset*), notadamente na forma de transferência de tecnologia e de participação da indústria nacional.

---

[8] Disponível em: https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/3753/Projeto F-X2 - Esclarecimentos. Acesso em: 02 abr. 2024.

[9] Disponível em: https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/17469/NOTA OFICIAL - Governo Federal seleciona novos caças para a FAB. Acesso em: 02 abr. 2024.

A comissão instituída realizou estudos referentes a aspectos operacionais, técnicos, logísticos, industriais e de *offset*. Foram avaliadas as propostas das aeronaves Eurofighter Typhoon, Lockheed Martin F-16 Adv, Sukhoi SU-35, Boeing F-18E/F Super Hornet, Dassault Rafale e Saab Gripen NG, sendo que as três últimas compuseram uma lista para tomada de decisão.

Em 18 de dezembro de 2013, a Presidência da República, via Ministério da Defesa, anunciou que a proposta feita pela empresa sueca Saab, contemplando o fornecimento de 36 caças, logística inicial, treinamento, simuladores, cooperação industrial e transferência de tecnologia, havia sido a vencedora[10].

No final do mesmo ano, os Mirage 2000-C foram desativados e a defesa aérea do país passou a ser executada, em caráter de contingência, por caças F-5E modernizados[11].

A primeira versão do Gripen, um caça multimissão de quinta geração, entrou em serviço na Força Aérea da Suécia em 1997. Uma das características mais marcantes do projeto foi a sua capacidade de operar a partir de estradas ou pistas curtas e estreitas, sem o auxílio de equipamentos externos para pouso e decolagem.

Desde sua concepção original, o Gripen foi pensado para atuar num cenário de guerra centrada em redes por meio do uso de *datalink* criptografado, o que possibilita o compartilhamento de informações táticas entre as aeronaves em uma mesma missão.

O modelo adquirido pela FAB é a evolução do projeto, sendo um caça supersônico multipropósito. Possui radar de varredura eletrônica ativa, sensor passivo de busca de alvos por infravermelho, identificação amigo ou inimigo criptografada, sistema de comandos de voo com tecnologia digital *fly-by-wire*[12] (FBW), diversos sistemas e casulos (*pods*) de guerra eletrônica, sonda de reabastecimento em voo retrátil, capacidade de operar diferentes tipos de mísseis de curto e longo alcances, além de bombas inteligentes.

É uma aeronave equipada com um motor turbojato General Electric F414-GE-39E, de 98kN de empuxo, que, conjugado com sua aerodinâmica, permite realizar voos de cruzeiro em velocidade supersônica (chamado de “supercruzeiro”).

---

[10] Disponível em: https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/17461/PROJETO F-X2 - Gripen é a nova aeronave de caça da FAB. Acesso em: 02 abr. 2024.
[11] Disponível em: https://www.fab.mil.br/noticias/imprime/17473/ OPERACIONAL - FAB realiza cerimônia de desativação dos caças Mirage 2000. Acesso em: 02 abr. 2024.
[12] Disponível em: https://www.aviationhunt.com/fly-by-wire/. Acesso em 25 abr. 2024.

Possui 15,2m de comprimento, asa em delta com envergadura de 8,6m, altura de 4,5m, velocidade máxima de Mach 2.0, 10 pontos de suporte (pontos-duros) para cargas externas, *canards*[13] comandados por sistema digital *fly-by-wire*, peso máximo de decolagem de 16.500kg e limites estruturais de -3g a +9g[14].

Importante mencionar que a fabricante Saab desenvolveu estudos preliminares para uma versão naval do modelo E, denominado “Gripen Maritime”. A empresa destaca que o projeto prevê a operação em NAe do tipo *catapult assited take-off but arrested recovery* (CATOBAR) e *short take-off but arrested recovery* (STOBAR), classificações que serão explicadas mais adiante neste capítulo.

As características necessárias para operação em rodopistas presentes no Gripen são bem convenientes para se desenvolver a operação em NAe, como por exemplo: tamanho compacto da aeronave; necessidade reduzida de peças sobressalentes; manutenção modular feita por poucas pessoas; e *turnaround time*[15] reduzido.

Outro dado importante a se considerar é que a tecnologia *fly-by-wire*, aliada aos *canards*, confere alta manobrabilidade, adaptação a diferentes condições de voo, precisão e estabilidade dos comandos de voo, características que diminuem a carga de trabalho do piloto e são essenciais nas operações de pouso e decolagem de porta-aviões. Essa combinação de tecnologias contribui para uma resposta rápida e eficiente em emergências, aumentando a segurança das operações, como também será visto mais adiante.

Finalmente, o motor F414-GE-39E, de 22.000 libras de empuxo, é uma versão do GE F414-400 que equipa a família F/A-18 Hornet da Marinha Estadunidense[16], porém adaptada para operação monomotor. A robustez e confiabilidade desse motor são notórios em seu desempenho em serviço.

Portanto, é razoável supor que o motor do F-39E é adequado a condições ambientais marítimas severas e para operações embarcadas, cujas cargas de pouso são significativamente mais elevadas em relação à operação em pistas convencionais.

---

[13] *Canard* é uma superfície horizontal montada na fuselagem à frente da asa com a função de melhorar a estabilidade longitudinal e o controle, podendo ser fixa, móvel ou de geometria variável. Disponível em: https://skybrary.aero/articles/canard. Acesso em: 02 jun. 2024.

[14] Disponível em: https://www.saab.com/products/gripen-e-series. Acesso em 23 abr. 2024.

[15] *Turnaround time* é o tempo entre a aeronave estacionar após o pouso, sua preparação para uma nova missão e o reinício do taxi para nova decolagem.

[16] Disponível em: https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2383479/fa-18a-d-hornet-and-fa-18ef-super-hornet-strike-fighter/. Acesso em: 25 abr. 2024.

3.2 COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE AERONAVE DE ASA FIXA E NAVIO AERÓDROMO

Este capítulo não tem a pretensão de detalhar todos os fatores presentes na compatibilização “aeronave *vs* navio” nem quais seus impactos em nível de especificações técnicas. A intenção é fazer uma abordagem de alto nível sobre os aspectos que mais se destacam, permitindo a identificação de sistemas e tecnologias que hipoteticamente deveriam ser modificados numa versão marítima do Gripen.

Considerando uma aeronave de asa fixa que originalmente foi projetada para operar a partir de pistas de pouso situadas em terra firme e sem capacidade de pouso e decolagem verticais, a análise será feita a partir de três perspectivas, a saber:

a. Do navio aeródromo;
b. Do pouso; e
c. Da decolagem.

Do ponto de vista do porta-aviões, podemos destacar algumas diferenças básicas com respeito a um aeródromo convencional, como por exemplo: a pista está em constante movimento, tanto linear quanto angular; o comprimento da pista é extremamente reduzido; o deslocamento do navio gera uma esteira de turbulência que impacta na aproximação final para pouso; e o ambiente marítimo é particularmente severo, notadamente no que diz respeito a salinidade e condições climáticas.

A depender dos equipamentos usados para assistir a aeronave nas manobras de pouso e decolagem, os porta-aviões são classificados em duas categorias principais (Hernando; Martinez-Val, 2012):

a. *Short take-off but arrested recovery* (STOBAR): a decolagem ocorre sem o auxílio de equipamentos externos e geralmente apresentam um curvamento para cima no trecho final do *deck*, também conhecido como *ski-jump*. A desaceleração até a parada da aeronave ocorre com a assistência de cabos transversais ao sentido de pouso; e
b. *Catapult assisted take-off but arrested recovery* (CATOBAR): a decolagem ocorre com o auxílio de uma catapulta (a vapor ou eletromagnética) e a desaceleração até a parada ocorre com a assistência de cabos.

Independente da classificação anterior, é usual que a topologia do convés de voo apresente uma diferença angular (*angled deck*) para que as operações de pouso e decolagem ocorram em segmentos distintos e não conflitantes.

Na figura 3 vê-se o primeiro navio aeródromo autóctone construído pela Índia, designado Vikrant, que foi comissionado em 2022. Trata-se de um exemplo típico de STOBAR de 40.000 toneladas com *ski-jump* e *angled deck*.

Figura 3 - Navio aeródromo Vikrant – exemplo de STOBAR.

Disponível em: https://www.indiatoday.in/india/story/superior-aircraft-carrier-on-hold-indian-navy-looks-at-repeat-order-of-ins-vikrant-2305123-2022-12-04. Acesso em: 30 abr. 2024.

Já na figura 4, vê-se o NAe São Paulo (A-12), comissionado na Marinha do Brasil no ano 2000, após ter sido adquirido usado da França, onde era denominado Foch (R 99). Com cerca de 32.000 toneladas carregado, tratava-se de um típico CATOBAR. Foi desmobilizado definitivamente em 2017, tendo sido afundado intencionalmente em fevereiro de 2023 (Cormack, 2023).

No que se refere ao ponto de vista da aeronave, destacam-se duas perspectivas de interesse: a relacionada ao pouso e a relacionada à decolagem.

Com respeito ao pouso, as manobras para aproximação são independentes do navio, apesar de serem auxiliadas por sistemas a bordo (Hernando; Martinez-Val, 2015). Um dos equipamentos de auxílio visual para pouso presentes em porta-aviões é o *Improved Fresnel Lens Optical Landing System* (IFLOLS).

Figura 4 - Navio aeródromo São Paulo – exemplo de CATOBAR.

Disponível em: https://asassobreosmares.rudnei.cunha.nom.br/2021/07/04/navio-aerodromo-sao-paulo-a-12/. Acesso em: 30 abr. 2024.

O IFLOLS é um sistema óptico que fornece informações de rampa na aproximação final. O piloto observa uma imagem circular que parece se mover para cima ou para baixo em relação a luzes de referência fixas, conforme o movimento vertical da aeronave, e a utiliza para corrigir sua trajetória de planeio[17]. Tal sistema não requer equipamentos ou sensores instalados na aeronave, pois depende da habilidade e do treinamento do piloto para seguir a rampa indicada.

Com respeito à energia cinética total da aeronave, é necessário que ela seja dissipada logo após o toque na pista, o que é feito por meio do trem de pouso, no sentido vertical, e pelos cabos de parada do navio, no sentido horizontal.

Uma parcela importante energia cinética total é dada pela velocidade vertical de descida da aeronave que, na aproximação final para um NAe, é significativamente maior se comparada às tipicamente usadas para pistas convencionais. Isso impacta não apenas o trem de pouso, mas também a estrutura da aeronave e demais sistemas, que devem ser capazes de absorver essa carga adicional regularmente.

[17] Disponível em: https://www.navair.navy.mil/node/4926. Acesso em: 1° mai. 2024.

Além disso, no momento do toque, deve-se considerar as componentes dos movimentos do navio em torno de seu eixo lateral (arfagem) e ao longo de seu eixo vertical (subida e descida), que podem aumentar consideravelmente as cargas verticais a serem absorvidas pela aeronave (Hernando; Martinez-Val, 2015).

Já no sentido horizontal, a dissipação da energia cinética é feita após a aeronave enganchar em um dos cabos de parada instalados transversalmente ao sentido de pouso.

Em virtude de a pista de um porta-aviões ser extremamente curta, logo insuficiente para a parada total da aeronave por meios próprios, imediatamente após o toque é mandatório que o piloto comande potência máxima (*full throttle*), de modo que a aeronave possa arremeter com relativa segurança, caso não ocorra o acoplamento do gancho em algum dos cabos. Consequentemente, a parada completa se dá com o máximo empuxo disponível e toda essa carga adicional tem que ser suportada pelo mecanismo do gancho instalado na estrutura traseira da aeronave.

Portanto, considerando os aspectos de aproximação e pouso, fica evidente que a questão da dissipação da energia cinética da aeronave até sua parada total requer modificações numa hipotética modificação do Gripen para seu uso naval, em especial: o trem de pouso, para absorver as significativas cargas verticais no momento do toque; o sistema de frenagem, requerendo a instalação de um gancho de parada para engajar nos cabos do navio e desacelerar a aeronave no sentido horizontal; e o projeto estrutural, contemplando as adequações e reforços necessários para lidar com as elevadas cargas verticais e horizontais.

Da perspectiva da decolagem, a manobra pode ocorrer com o auxílio de uma catapulta ou por meio do *ski-jump*, que requerem considerações distintas a respeito dos efeitos no nível da aeronave.

Enquanto a catapultagem requer que a aeronave se acople adequadamente ao sistema do navio e esteja preparada para uma abrupta aceleração linear, a decolagem pelo *ski-jump* implica o aumento da reação normal do *deck* sobre a aeronave em virtude do trecho curvado ao final do convés, que naturalmente faz surgir uma aceleração centrípeta na aeronave.

Apesar do vento relativo (usualmente entre 20 e 25kt) ajudar a diminuir a distância de decolagem, a aceleração até que a aeronave adquira sustentação suficiente para prosseguir na subida é uma tarefa complexa e que requer uma

combinação adequada entre velocidade mínima a ser atingida, ângulo de ataque, empuxo e peso.

É admissível o avião sair do convés com a sustentação ligeiramente menor que o peso, o que requer uma margem de segurança em altura até o nível do mar que permita a aeronave acelerar e iniciar a subida (Hernando; Martinez-Val, 2019).

A relação entre o empuxo gerado pelo sistema propulsivo e o peso de decolagem, conhecida como relação *thrust-to-weight* (T/W), é um dos parâmetros essenciais para se entender a capacidade da aeronave de acelerar e ganhar altura durante a decolagem.

Em termos simples, fixado um peso de decolagem, a aeronave acelerará mais rapidamente ao longo da pista quanto maior for o empuxo e, consequentemente, mais rapidamente a sustentação será suficiente para a decolagem.

Por outro lado, dada uma tração fixa, quanto mais leve for a aeronave, menor será a sustentação requerida para decolagem e, como efeito, menor será o tempo para se iniciar a subida.

Portanto, a relação T/W, que é uma característica de desempenho da aeronave, deve ser avaliada criteriosamente com respeito ao comprimento da pista de decolagem do porta-aviões.

A tabela 1 lista seis aeronaves ocidentais com capacidade de pouso e decolagem de porta-aviões em ordem crescente de T/W e posiciona o Gripen para fins meramente comparativos desse parâmetro. O empuxo adotado (variável T) foi o máximo disponível e o peso (variável W) foi o máximo de decolagem. As aeronaves marcadas com asterisco são aquelas que originalmente foram projetadas para operar em pistas convencionais e foram convertidas para operação em porta-aviões[18].

Observando-se a tabela 1, é razoável supor que a relação T/W do Gripen, analisada isoladamente, não é um parâmetro crítico para viabilização de sua operação em porta-aviões, a despeito de eventualmente ser necessário algum ajuste do sistema propulsivo ou do peso máximo para a decolagem e para o pouso.

Assim, é natural e esperado que nem todas as configurações de cargas externas utilizadas em uma operação em terra firme, compreendendo armamentos, tanques de combustível e *pods* de guerra eletrônica, possam não ser possíveis numa operação em porta-aviões.

---

[18] Os dados de tração máxima, peso máximo de decolagem e histórico foram obtidos do site: https://www.militaryfactory.com/. Acesso em 21 mai. 2024.

Tabela 1 – Comparação de valores de T/W

AERONAVE	T [lb]	W [lb]	T / W
McD. Douglas/Boeing T-45 Goshawk*	5.527	14.081	0,39
Dassault Super Etendard*	11.025	26.455	0,42
Douglas A-4M Skyhawk II	11.200	24.550	0,46
Saab F-39 Gripen E	**22.000**	**36.376**	**0,60**
Dassault Rafale M*	34.000	54.013	0,63
Boeing F/A-18 Super Hornet	44.000	65.999	0,67
Grumman F-14 Tomcat	55.600	74.340	0,75
[*Média da amostra*	*26.193*	*42.259*	*0,56*]

Fonte: o autor. As aeronaves marcadas com asterisco (*) foram convertidas para operação em NAe.

O ponto em que a aeronave deixa o *deck* é o momento mais crítico da decolagem, no que se refere ao controle do voo, pois logo após a aeronave deixá-lo, ocorre uma súbita variação no balanço de forças estáticas e aerodinâmicas.

Nesse instante, a reação normal que o *deck* exerce sobre a aeronave deixa de existir e, caso a sustentação ainda não seja suficiente para iniciar a subida, o ângulo de ataque aumenta proporcionalmente à componente vertical referente à ligeira velocidade de afundamento, o que ocorre de forma muito rápida, ao passo que simultaneamente a aeronave tende a compensar o balanço de forças verticais. Esse aumento da sustentação deve ocorrer sem que se atinja o estol aerodinâmico, que é a perda da sustentação em virtude de um ângulo de ataque excessivo.

Para que isso ocorra de maneira segura, a aeronave deve possuir características favoráveis de estabilidade, que significa dizer que a aeronave deve permanecer controlável e tender a voltar ao voo normal quando sujeita a variações de forças ou a repentinas perturbações externas.

Nessa situação, o sistema de controle de voo exerce um papel chave, pois possibilita a programação, via *software*, de leis específicas para essa fase de transição, facilitando os *inputs* iniciais de comando do piloto, bem como estabilizando a aeronave e amortecendo perturbações que podem ocorrer logo após a decolagem, o que diminui a carga de trabalho do tripulante.

No sistema *fly-by-wire* empregado pelo Gripen, os comandos do piloto são convertidos em sinais digitais, os quais são enviados aos computadores de voo. Tais sinais são integrados, via *software*, junto a informações oriundas de diversos outros sensores e, em seguida, os sinais processados são enviados às superfícies de controle da aeronave.

O sistema de controle FBW do Gripen também é integrado a seu controle automático de empuxo (*autothrottle*), possibilitando que a aeronave seja estabilizada em um ângulo de ataque a uma velocidade especificada. Tal nível de integração também permite a operação em velocidades próximas ao estol aerodinâmico dentro de uma margem de segurança (*stall protection*), tanto na decolagem quanto no pouso.

Do visto até o momento, surgem outras questões de ordem técnica derivadas ou dependentes das análises até aqui realizadas, que necessitam de estudos mais detalhados, mas que extrapolam o objetivo deste trabalho.

Um primeiro ponto diz respeito à capacidade de combustível, pois ao se modificar elementos da estrutura da asa para suportar as novas cargas e para acomodar os reforços do trem de pouso, isso poderá interferir no volume disponível para o combustível.

Outro aspecto se refere às configurações de armamento, que devem ser revisadas no sentido de se avaliar o impacto na posição e quantidades dos pontos-duros, bem como de interferência mecânica ao se baixar e recolher o trem de pouso e o gancho de parada.

É justamente nessa região do intradorso da aeronave que se situam vários equipamentos dos sistemas de navegação, comunicação e guerra eletrônica. As modificações nessa região podem impactar na posição e até mesmo desempenho de antenas e sensores instalados nesta área, que possivelmente terão que ser reposicionados.

Às questões anteriormente comentadas a respeito do sistema de controle da aeronave, somam-se às relacionadas ao sistema de combustível e de armamentos, que juntamente com as modificações de ordem estrutural e do trem de pouso, terão impactos no peso e no passeio do centro de gravidade e, consequentemente, implicarão ajustes no *software* da aeronave, que controla integralmente o sistema de voo do Gripen. Tais ajustes são possíveis, porém complexos, exigindo apoio do desenvolvedor.

Quando se chega a este ponto de análise, em que as modificações necessárias começam se desdobrar e apresentar claras interdependências com outros sistemas da aeronave, obrigatoriamente deve-se revisitar e atualizar toda a avaliação de segurança do projeto (*safety assessment*).

Por envolver informações detalhadas da arquitetura dos sistemas, condições e modos de falha, o *safety assessment* requer envolvimento do fabricante, de modo que

seja assegurado um nível de segurança adequado para a operação da aeronave em um navio-aeródromo, que é um ambiente naturalmente mais arriscado e restrito quando comparado à operação sobre o continente, onde usualmente existem diversas opções de pouso em uma emergência.

Posto isso, tendo em mente a operação do Gripen a partir de NAe, considerou-se adequado aos propósitos deste trabalho assumir como de nível mais alto as modificações que, num primeiro momento, motivarão desdobramentos e outras análises mais detalhadas.

Consequentemente, os sistemas e tecnologias selecionados são os seguintes:

a. Sistema de trem de pouso: em virtude da compatibilização geométrica e mecânica necessárias para lidar com cargas e momentos elevados característicos do pouso em NAe e com as acelerações da decolagem catapultada ou do *ski-jump*;
b. Projeto estrutural: em virtude da necessidade de adequação e reforços nas regiões onde se alojam as estruturas do trem de pouso, na fuselagem e nas asas, bem como para a instalação do gancho de parada na parte traseira da aeronave; e
c. *Software* do sistema de controle: em virtude da necessidade de agilidade, estabilidade e manobrabilidade durante pousos, decolagens e arremetidas, contribuindo para a diminuir da carga de trabalho do piloto na manutenção do voo controlado em diferentes valores da relação T/W e em baixas velocidades, bem como para gerenciar os demais impactos das modificações, seus desdobramentos e interdependências.

Apesar de fundamentada em conceitos típicos da engenharia aeronáutica, a presente análise da compatibilização entre uma aeronave de asa fixa e um navio aeródromo foi realizada de forma qualitativa e sumária. Por isso, como já mencionado, os resultados apresentados devem ser encarados como preliminares e limitados aos propósitos deste trabalho.

Finalmente, identificados trem de pouso, estruturas e *software* de controle da aeronave como tecnologias e sistemas de nível mais alto a serem modificados, passou-se a investigar a Base Industrial de Defesa do Setor aeronáutico, a fim de analisar a capacidade das empresas nacionais de serem envolvidas num projeto de adequação do Gripen para operação em porta-aviões.

4 A BASE INDUSTRIAL DE DEFESA BRASILEIRA

A Base Industrial de Defesa brasileira é constituída órgãos governamentais e pessoas jurídicas de direito privado que execute atividades relacionadas a “pesquisas, projetos, desenvolvimento, produção [...] conversão, modernização, manutenção [...] de Produto de Defesa (PRODE) [...] no país” (Brasil, p. 10, 2020a).

Um PRODE é “todo bem, serviço, obra ou informação, tais como armamentos, munições, meios de transporte e de comunicações [...] utilizados nas atividades finalísticas de defesa” (Brasil, p. 17, 2020a).

Tendo em vista o objetos da pesquisa definidos anteriormente, quais sejam, “aeronave” e “indústria de defesa”, fica evidente que o contexto do estudo se trata da conversão de um PRODE com envolvimento do setor aeroespacial da BID.

Uma vez que o capítulo anterior caracterizou o Gripen e as modificações necessárias para convertê-lo para a operação em porta-aviões, torna-se importante também discorrer sobre a indústria do setor.

A história do setor aeroespacial brasileiro remonta e se confunde com a criação do então Centro Técnico de Aeronáutica (CTA), atual Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), vislumbrado na década de 1940 pelo então Tenente-Coronel Casimiro Montenegro Filho e fundado em 26 de novembro de 1953 (Bellintani; Bellintani, 2023).

Além de organizações militares (OM) de apoio e dois centros de lançamentos espaciais[19], a estrutura do DCTA possui cinco institutos de CT&I, com expertises que variam desde modelamentos teóricos e provas conceituais, passando por ensaios laboratoriais e de protótipos, até a certificação por ensaios em voo e a consequente disponibilização do produto no mercado (Yamada, 2023).

É nesse ambiente que em 1969 foi criada a Embraer, atualmente a terceira maior fabricante de jatos comerciais do mundo[20], o que impulsionou a criação de inúmeras indústrias relacionadas e redes de fornecedores ao longo das últimas 5 décadas.

Praticamente na mesma época, em 1971, foi criado o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), que teve como missão inicial homologar a primeira

[19] Disponível em: https://dcta.mil.br/index.php/organograma. Acesso em: 07 mai. 2024.
[20] Disponível em: https://embraer.com/br/pt/sobre-nos. Acesso em: 07 mai. 2024.

aeronave produzida em série pela Embraer, o que viabilizou sua venda para os mercados nacional e internacional.

> “Os resultados dessa iniciativa não demoraram a aparecer [...] (com a) homologação dos primeiros modelos do Bandeirante, o EMB-110 e o EMB-110C, [...] em 20 de dezembro de 1972. Essas homologações foram um marco importante na história do CTA e da Embraer, selando o início de uma relação frutífera que impulsionaria a indústria aeronáutica nacional em São José dos Campos e no Brasil.” (Bellintani; Bellintani, p. 81 e 82, 2023).

Atualmente, o IFI é a OM do DCTA responsável pela certificação de projetos aeroespaciais, pela garantia governamental da qualidade dos produtos adquiridos pelo Comando da Aeronáutica (COMAER) e que colabora para o desenvolvimento da indústria e do complexo científico e tecnológico aeroespacial nacional[21].

A fim de informatizar as atividades de desenvolvimento industrial desempenhadas pelo Instituto, foi criado o Sistema Integrado de Fomento à Indústria Aeroespacial (SIFIAer).

4.1 O SISTEMA INTEGRADO DE FOMENTO À INDÚSTRIA AEROESPACIAL

O SIFIAer foi desenvolvido de forma autóctone pelo IFI com o objetivo de informatizar atividades, tais como: incentivo fiscais; levantamentos e estudos relacionados a empresas do setor aeroespacial e de defesa; catalogação de empresas do setor; assessoria técnica a processos de compensação comercial e tecnológica (*offset*); e o tratamento de informações relacionadas à mobilização aeroespacial[22].

Segundo Lima, Santos e Máximo (2022), trata-se de um sistema de informações gerenciais, desenvolvido inspirado nos conceitos da hélice tríplice e de capacidade tecnológica, com o objetivo de realizar as atividades da área de desenvolvimento industrial de forma integrada e ágil, possibilitando análises complexas e o fornecimento de informações estratégicas sobre a indústria aeroespacial.

Para Etzkowits e Zhou (2017), o conceito da tríplice hélice promove a sinergia e aprimora a relação entre universidade, indústria e governo, estabelecendo um ecossistema que proporciona o desenvolvimento bem-sucedido de inovações tecnológicas.

---

[21] Disponível em: https://ifi.dcta.mil.br/index.php/desenvolvimento-industrial. Acesso em 07 mai. 2024.
[22] Disponível em: https://ifi.dcta.mil.br/index.php/sifiaer. Acesso em: 08 mai. 2024.

Tal modelo acelera a transferência de tecnologias das universidades e instituições governamentais para a indústria, assim como fomenta a participação de parcerias público-privadas no processo de pesquisa acadêmica, aumentando o poder de inovação da sociedade.

Conforme Mori, Batalha e Alfranca (2014), o conceito de capacidade tecnológica está relacionado ao grau de aptidão das empresas em habilidades como absorver, usar, adaptar, desenvolver, produzir, transferir e difundir tecnologias e produtos.

Assim, quanto maior a aptidão da empresa em tais habilidades, mais inovadora e avançada é sua capacidade tecnológica. Segundo Lima, Santos e Máximo (2022):

> "O que diferencia o SIFIAer de outros sistemas e bancos de dados referentes às indústrias de defesa é que o Sistema proposto não se constitui em um banco de cadastro de produtos ou em um banco de cadastro de empresas simplesmente. A estrutura de cadastro do SIFIAer é focada nas Capacidades Tecnológicas das empresas" (grifo nosso).

Pode-se afirmar que o SIFIAer é uma ferramenta integradora da tríplice hélice, pois reúne informações e necessidades tecnológicas da indústria, e as disponibiliza ao governo e universidades, permitindo que sejam criadas políticas, projetos e iniciativas com o objetivo de sanar as lacunas identificadas.

Além disso, ao considerar as capacidades tecnológicas, o sistema fornece informações valiosas que permitem avaliar de forma objetiva as habilidades das empresas e direcionar ações específicas que promovam o desenvolvimento da BID.

Cumpre destacar que o sistema vai ao encontro da PND e da END, pois se trata de uma ferramenta que contribui para promoção da autonomia tecnológica e produtiva na área de defesa, em alinhamento com Objetivo Nacional de Defesa III, bem como tem potencial de contribuir para a promoção da cadeia produtiva da BID, em harmonia com a Estratégia de Defesa 8.

O sistema teve, desde sua preconcepção, uma filosofia de desenvolvimento que deliberadamente levou em consideração o incremento das interações entre os atores da hélice tríplice, conforme seus papeis e suas respectivas capacidades tecnológicas.

Portanto, o SIFIAer se apresenta como uma ferramenta prática e adequada para se investigar empresas da BID aeroespacial com competências relacionadas às tecnologias e aos sistemas do escopo deste trabalho, pois possui mais de 750

empresas do setor cadastradas nacionalmente[23] no Catálogo de Empresas do Setor Aeroespacial (CESAER), sendo possível também serem extraídos diversos relatórios de capacidades tecnológicas e de produção.

Figura 5 - Imagem da tela inicial do CESAER.

Disponível em: https://sifiaer.dcta.mil.br/cesaer/cesaer. Acesso em: 21 jun. 2024.

Com respeito ao CESAER, pode-se observar na figura 5 que esse módulo permite filtrar as empresas por vários atributos, alguns deles discriminados a seguir:

a. Grupos de produtos – aeronaves, armas, munições, componentes, peças, equipamentos, ferramentas, materiais, produtos eletroeletrônicos, produtos espaciais, produtos químicos, *softwares*, serviços etc.;

[23] Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjZlNTUxOGQtM2E4Yi00ZGQ0LWI1NjItZDE4NmViOWM4YjhmIiwidCI6IjAxOTMyZjk5LTk0OGItNDkyYS1iZDZmLTBlNjJiNjcxOGU5MiJ9. Acesso em: 10 mai. 2024.

b. Grupos de área tecnológica – aeronáutica, energia, espacial, inteligência, manufatura, materiais, micro e nanotecnologia, sistemas d'armas, sistemas embarcados, telecomunicações etc.;
c. Área da cadeia de valor (incluindo os níveis de fornecedores em uma cadeia de suprimentos) – integração de sistemas aeronáuticos e de armamentos, produção e fornecimento de subsistemas e conjuntos, projetos aeroespaciais, fornecedores, serviços, treinamento técnico etc.;
d. Área tecnológica – aerodinâmica, dinâmica dos fluidos, criptografia, cibernética, computação, sistemas elétricos e eletrônicos, guiamento, controle & navegação, sistemas propulsivos, sistemas inerciais, tecnologias estruturais, telecomunicações, sistemas mecânicos etc.;
e. Atividade – desenvolvimento, importação/comércio, integração/montagem, manutenção/serviços, montagem, operação e produção; e
f. Outros filtros – Empresa, Estado, Setor de atuação, Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ), Região e Produto.

Assim, tendo em conta os resultados do capítulo 3, que identificou as áreas tecnológicas que são primeiramente impactadas numa hipotética modificação do Gripen para sua operação a partir de NAe, procedeu-se à análise das capacidades da BID por meio da investigação de empresas com competências relacionadas, via CESAER e relatórios de capacidades tecnológicas e de produção do SIFIAer.

4.2 EMPRESAS COM COMPETÊNCIAS RELACIONADAS

Os relatórios de capacidades tecnológicas e de produção disponibilizado pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, que é o desenvolvedor do SIFIAer, listam empresas relacionadas a produtos e áreas tecnológicas associadas ao sistema de trem de pouso, ao projeto estrutural e ao *software* do sistema de controle, que são os campos de interesse deste trabalho.

Segundo Sage e Rouse (2009), produtos são o resultado da aplicação planejada de um conjunto apropriado de tecnologias, métodos e ferramentas de engenharia de sistemas. Ou seja, um produto é o resultado de um processo de desenvolvimento e integração de sistemas e subsistemas.

Um sistema é o agrupamento específico de itens finais, subsistemas, componentes ou elementos projetados e integrados para executar uma função (Department of Defense, 2014).

No contexto deste trabalho, será utilizada a definição de “sistema aéreo”, conforme o *Joint Service Specification Guide* (JSSG-2000B) – *Air System*, em que “um sistema aéreo pode incluir um veículo aéreo mais os sistemas de treinamento e apoio e quaisquer armas a serem empregadas no veículo aéreo” (Department of Defense, p. 38, 2004a, tradução nossa, grifo nosso).

Por sua vez, um veículo aéreo inclui todos os equipamentos e sistemas instalados na sua estrutura, tais como: sistema propulsivo, *softwares*, *hardwares*, sistemas de comunicações e de identificação, sistemas de navegação, guiamento e controle, sistemas de armamentos, equipamentos auxiliares e todos os outros instalados na aeronave (Department of Defense, p. 01, 2004b).

Considerando tais conceitos, que associam a definição de produto a de sistema e subsistemas de uma aeronave, o primeiro relatório de empresas extraído foi por “produtos de interesse” e suas respectivas capacidades para “desenvolvimento”, “integração/montagem” e “produção”, conforme apresentado no anexo A.

Em virtude da ausência literal de um produto denominado “*software* do sistema de controle”, para esse sistema foram associados os produtos de interesse “equipamentos e materiais eletrônicos”, “equipamentos ou sistemas aviônicos” e “sistemas de missão e segurança de voo”.

O segundo relatório de empresas foi extraído por “área tecnológica” e as respectivas capacidades para “engenharia, pesquisa básica ou aplicada” e “manufatura e produção”, conforme anexo B. As definições do SIFIAer para cada área tecnológica mencionadas encontram-se no anexo C.

Para cada capacidade, seja por produto ou área tecnológica, foi atribuída uma pontuação unitária, quando existente, ou zero, quando inexistente, com a finalidade se ordenar as empresas conforme as quantidades de capacidades presentes.

Para as empresas do grupo de capacidades do tipo produto de interesse, o critério de classificação adotado foi o seguinte: empresas com 3 pontos foram classificadas como possuindo “tecnologia existente”; empresas com 2 pontos foram classificadas como “precisam de algum tipo de apoio”; e as empresas com 1 ponto consideradas “com lacunas significativas de conhecimento”.

Já para as empresas do grupo áreas tecnológicas, o critério de classificação adotado foi o seguinte: empresas com 2 pontos foram classificadas como possuindo “tecnologia existente”; as empresas com pontuação 1 em “engenharia, pesquisa básica ou aplicada” foram classificadas como “precisam de algum tipo de apoio”, uma vez que essas competências estão associadas a níveis mais fundamentais de conhecimento; e as empresas com pontuação 1 apenas em “manufatura e produção”, ou seja, sem capacidade de “engenharia, pesquisa básica ou aplicada”, foram classificadas como possuindo “lacunas significativas de conhecimento”.

Algumas empresas apareceram tanto no relatório por “produto de interesse” quanto no relatório por “área tecnológica”, dentro de uma mesma capacidade relacionada. Nesses casos, foi assumida a classificação de nível mais elevado da empresa. As pontuações resultantes são apresentadas na última coluna dos anexos A e B, e os resultados das análises segundo os critérios de classificação encontram-se sintetizados nas tabelas seguintes.

Tabela 2 – Empresas com capacidades relacionadas a trem de pouso

CLASSIFICAÇÃO	EMPRESAS
Tecnologia existente	DEMORE, EMBRAER
Necessitam apoio	MIRAGE
Lacunas de conhecimento	AEROGLOBO, GRAUNA, NOVAER

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 – Empresas com capacidades relacionadas a projeto estrutural

CLASSIFICAÇÃO	EMPRESAS
Tecnologia existente	AERNNOVA, AEROMOB, AKAER, EMBRAER, LATECOERE, SONACA, THRUONE
Necessitam apoio	MAC JEE, MIRAGE, VORTEX
Lacunas de conhecimento	AEROGLOBO, AIR FLYING, ARITEX, CALFER, DEMORE, FIBRAFORTE, HERNANDES, INBRA-AEROSPACE, MONTAGNA, ONDAS DO AR, RALLC, TRIEL-HT, WINNSTAL

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4 – Empresas com capacidades relacionadas a *software* do sistema de controle

CLASSIFICAÇÃO	EMPRESAS
Tecnologia existente	ADVANCED TECHNOLOGIES, AEL, AEROMOB, ALBATROSS, ATECH, AVIONICS, CONCERT TECHNOLOGIES, EMBRAER, IACIT, MAC JEE, OCELLOTT, OMNISYS, ORBITAL, SIATT
Necessitam apoio	ACRUX, BIZU, NCB, SAIPHER, TACOM, VORTEX
Lacunas de conhecimento	ACS, AEROGLOBO, AGRO ALTAVE DEMORE ESSADO HI-MIX, JET AVIONICS, MZN, NSE PARADISE, ROCKWELL COLLINS DO BRASIL, ROMI, SAFRAN ELETRONICA & DEFESA BRASIL, SCODA, SKYDRONES, SPECTRA, SPEEDBIRD, TRIEL-HT

Fonte: Elaborado pelo autor.

As empresas apresentadas nas tabelas anteriores não foram objeto de análises detalhadas, uma vez que foram utilizadas tão somente as informações presentes nos relatórios de capacidades e de produção fornecidos pelo sistema do IFI. Por esse motivo, cumpre discorrer sobre algumas limitações intrínsecas dessa abordagem.

4.3 LIMITAÇÕES DAS ANÁLISES

Os dados utilizados para o processamentos dos relatórios no Sistema Informatizado de Fomento à Indústria Aeroespacial são fornecidos diretamente pelas próprias empresas interessadas e passam por um processo de análise empresarial por especialistas do IFI, que pode validar ou não as informações antes de disponibilizá-las no sistema.

Apesar de ser uma ferramenta integradora, é possível que as capacidades tecnológicas informadas não correspondam exatamente com a realidade. Isso significa que as empresas listadas anteriormente são meras candidatas a algum tipo de medida de potencialização, ou seja, os resultados apresentados são preliminares.

Antes de se prosseguir em algum tipo de iniciativa concreta, são necessárias novas rodadas de análises, incluindo visitas diagnósticas e prospectivas, a fim de se obter informações mais precisas sobre os níveis de capacidades tecnológicas inicialmente inferidos, bem como de se conhecer o ambiente real da empresa, verificar sua predisposição para estabelecer parcerias, além de avaliar seu potencial produtivo e sua capacidade de absorver novas tecnologias.

Além disso, as tecnologias selecionadas, e que foram investigadas nas empresas da BID, são de nível mais alto. Portanto, são naturalmente mais

abrangentes em termos de sistemas, subsistemas, componentes e equipamentos aplicáveis ao setor aeroespacial.

Isso significa que uma empresa listada não necessariamente tem a competência ou a habilidade requeridas para ser envolvida num projeto de altíssima tecnologia, especificamente de um caça supersônico para operações em porta-aviões, como o que se propõe neste trabalho. Da mesma forma que citado no parágrafo anterior, novas rodadas de análises são necessárias para se eliminar aquelas empresas que não possuam competências aderentes ao objeto de estudo.

Por fim, o foco do trabalho são as oportunidades e desafios que se apresentariam para a base industrial de defesa brasileira do setor aeroespacial. Ocorre que no SIFIAer constam empresas que, na realidade, são subsidiárias ou são filiais em território nacional de empresas ou multinacionais estrangeiras. Assim, dependendo do modelo de negócio adotado para as plantas brasileiras, envolver tais empresas pode comprometer o objetivo pretendido.

Finalmente, algumas das empresas identificadas já fazem parte do Programa F-X2, da FAB. No entanto, essa informação não foi considerada na classificação apresentada nas tabelas, lembrando que muitas das empresas mencionadas possuem capacidades tecnológicas em outras áreas além daquelas que orientaram a investigação na BID. Essa informação é relevante, pois é possível que uma medida a ser adotada para um dos grupos de empresas necessite ser ajustado para as empresas que já fazem parte do projeto.

Tendo sido identificadas as empresas da BID com competências relacionadas aos principais sistemas e tecnologias impactados anteriormente e classificas em três grupos conforme os níveis de suas capacidades tecnológicas, o capítulo seguinte discorrerá sobre o papel do governo na manutenção e na criação da vantagem competitiva, além de propor medidas de fortalecimento da resposta da BID no cenário de estudo.

5 CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DA VANTAGEM COMPETITIVA

Neste capítulo será discutido qual a relevância do governo para vantagem competitiva e qual o determinante que deve ser priorizado em um programa para adequar o Gripen para operação em porta-aviões, com a finalidade de sustentar e, até mesmo, aumentar a competitividade do Brasil na indústria de defesa.

Também serão propostas medidas, baseadas na teoria, com o objetivo de agregar valor num processo de tomada de decisão para a escolha de uma solução de aeronave de asa fixa para a MB que atenda aos preceitos de fortalecimento da BID.

5.1 A RELEVÂNCIA DO GOVERNO NA VANTAGEM COMPETITIVA

Porter (1993) enfatizou que a manutenção da vantagem competitiva requer um esforço constante de melhoria e inovação por parte das empresas e do governo. Nesse sentido, Marini (2022) argumenta que a compra e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas a PRODE fomentam a indústria de ponta do setor de defesa e as consequentes inovações tecnológicas transbordam para os demais setores da sociedade.

Santos (2018) esclarece que o setor de defesa se dá numa estrutura de mercado essencialmente monopsônica. Um mercado em monopsônio é aquele em que há apenas um grande comprador, em geral representado pelo Estado. Portanto, Marini (2022) defende que papel do Estado é essencial como agente de fomento dessa indústria, exercendo funções de regulador, financiador e comprador.

Sabendo disso, é possível ao Estado brasileiro atuar de forma consciente no sentido de promover a manutenção e até mesmo o alargamento das bases de vantagem competitiva da BID no cenário internacional.

Como visto, o governo influencia e é influenciado pelos quatro determinantes de vantagem competitiva que, através de seus instrumentos políticos, pode afetar tanto positivamente quanto negativamente a indústria, tornando seu papel monopsônico essencial para a criação e manutenção de vantagem nacional em um setor.

O governo influencia os fatores de produção por meio de políticas educacionais e de fomento à inovação, com investimentos na formação e especialização de

recursos humanos, bem como por meio de financiamentos para a modernização da infraestrutura de transporte, comunicações e energia, beneficiando a toda indústria.

Indústrias relacionadas e de apoio podem ser beneficiadas pelo governo por meio de políticas de incentivo fiscal e de subsídios para setores estratégicos, desenvolvendo um “ecossistema” robusto de fornecedores.

O modelo da tríplice hélice, já explorado no capítulo anterior, se mostra particularmente interessante nesse ecossistema, pois o governo, ao fomentar a inovação nas indústrias relacionadas e de apoio, pode incluir a participação de universidades e institutos de pesquisa, que são fatores de produção.

O governo influencia a rivalidade interna por meio de legislações e políticas que proporcionem um ambiente de competição justa e que impeçam monopólios e outras práticas de mercado nocivas.

Além disso, o arcabouço regulatório de um setor, se mais ou menos burocratizado, influencia tanto a estrutura da empresa quanto sua estratégia competitiva.

Programas de apoio a *startups* e pequenas e médias empresas podem fomentar o empreendedorismo e a inovação, resultando em uma estrutura de mercado mais dinâmica e competitiva.

Silva, Silva e Motta (2012) demonstraram, em estudo pioneiro, que existem fatores mais relevantes que outros para o desempenho das empresas e, consequentemente, para a sustentação da vantagem competitiva. Isso sugere que é possível ao governo priorizar sua influência a determinados fatores, a fim de se potencializar a resposta da BID no cenário em tela.

Considerando as diversas variáveis associadas à competitividade das nações, Silva, Silva e Motta (p. 707, 2012) assumiram a hipótese de que “quanto maior a competitividade dos países, segundo seus indicadores de competitividade, melhor o desempenho sustentável de suas empresas [...]”.

Com base em uma amostra de empresas de diversas indústrias de 49 países presentes nos rankings anuais de competitividade do World Economic Forum e nos índices de desempenho das empresas obtidos na base de dados da Morgan Stanley Capital International, no período de 2003 a 2007, Silva, Silva e Motta (p. 708-712, 2012) conduziram testes estatísticos que confirmaram empiricamente o modelo do Diamante Competitivo de Porter.

Os resultados do modelo testado também indicaram que a sofisticação dos compradores, o Produto Interno Bruto (PIB) e as compras governamentais de produtos com tecnologia avançada são as variáveis críticas que mais influenciam o desempenho das empresas.

Silva, Silva e Motta (2012) argumentam que a variável “compras governamentais de produtos com tecnologia avançada” possui uma forte associação com a variável “sofisticação dos compradores”, uma vez que ambas se relacionam a aquisições que enfatizam o desempenho de produtos e requisitos de garantia da qualidade altamente exigentes, o que é aderente às características de um setor em que o Estado exerce um poder monopsônio.

Por sua vez, a “sofisticação dos compradores” se associa ao determinante de vantagem competitiva nacional “condições de demanda” (Silva, Silva e Motta, p. 712-713, 2012), em conformidade com a teoria de Porter (1993).

Uma compra governamental de produtos altamente tecnológicos, como uma aeronave de caça modificada para operação em NAe, requer padrões elevados de qualidade e estimulam as empresas a inovarem e a melhorar continuamente seus produtos e processos, influenciando diretamente as condições de demanda.

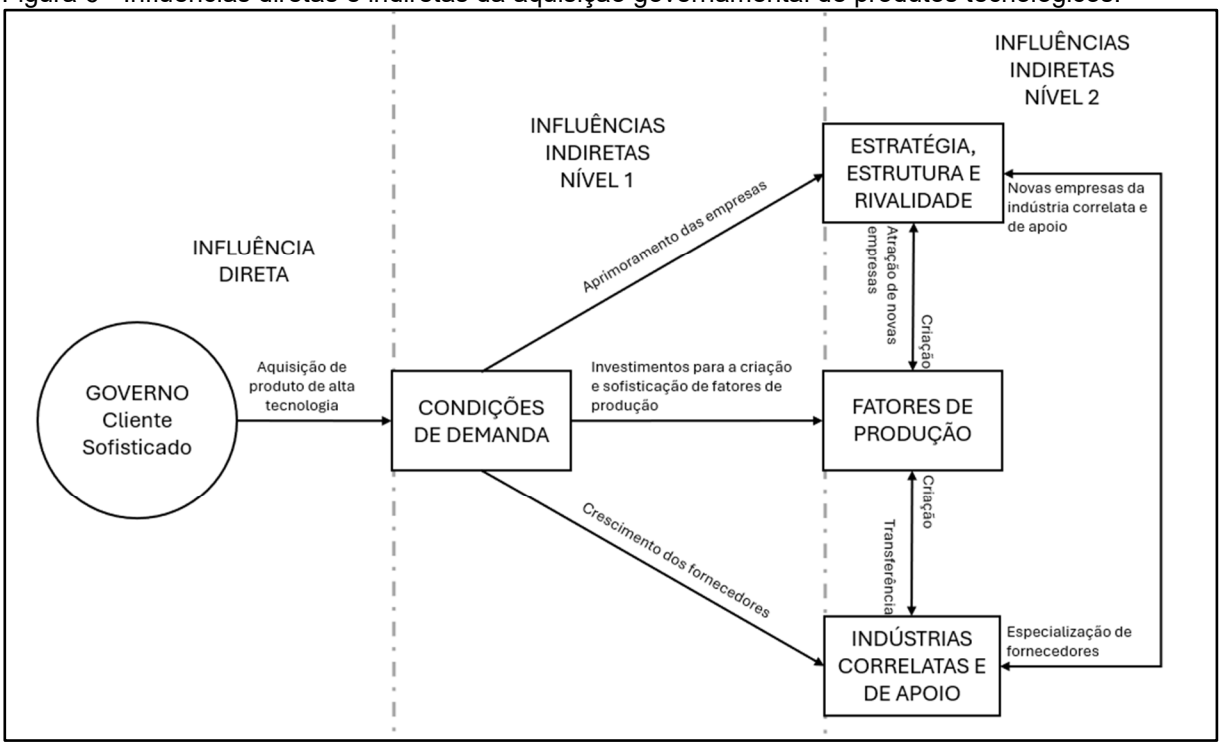
Um ação monopsônica do governo ao adquirir produtos tecnológicos avançados, nos termos demonstrados por Silva, Silva e Motta (2012), desencadeia uma série de efeitos imediatos na economia e na indústria, conforme previsto por Porter (1993), reforçados por Santos (2018) e Marini (2022).

Ao influenciar diretamente as condições de demanda, o governo influencia indiretamente, num primeiro nível, as demais determinantes de vantagem competitiva nacional, induzindo o aprimoramento das estruturas e estratégias das empresas, encorajando investidores para a criação de fatores de produção (e.g.: infraestrutura, conhecimento e capacidades produtivas) e proporcionando o crescimento dos fornecedores, que buscam se beneficiar do ambiente favorável.

Isso repercute num segundo nível de influência indireta, fazendo com que os efeitos da aquisição inicial percorram os demais determinantes do Diamante de Porter, pois a rivalidade e as demandas dos fornecedores estimulam a criação de fatores de produção mais sofisticados, que por sua vez são transferíveis para rivais e fornecedores, que interagem sistemicamente no sentido de manter e ampliar a competitividade nacional.

O diagrama apresentado na figura 6 mostra os desdobramentos das influências advindas de aquisições governamentais de produtos de alta tecnologia, as quais repercutem no mercado e estimulam a criação de um ecossistema tecnológico robusto e competitivo.

Figura 6 - Influências diretas e indiretas da aquisição governamental de produtos tecnológicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme observado nas tabelas 2, 3 e 4, as empresas foram divididas em três grupos de acordo suas respectivas capacidades tecnológicas: as com tecnologias existentes, aquelas que precisam de algum tipo de apoio e as que apresentam lacunas significativas de conhecimento.

A seguir, serão propostas medidas para cada um dos três grupos, priorizando os níveis de influência com expectativa de maior potencialização de resposta da BID, sob a perspectiva da teoria da vantagem competitiva das nações.

5.2 PROPOSTAS DE MEDIDAS PARA POTENCIALIZAÇÃO DA RESPOSTA DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA DO BRASIL

Considerando os níveis de maturidade tecnológica e de manufatura necessários à “navalização” do Gripen e as influências diretas e indiretas decorrentes da aquisição governamental de produtos tecnológicos nos determinantes do diamante

de Porter, foram propostas medidas gerais e específicas para a potencialização da indústria de defesa aeroespacial brasileira.

5.2.1 Medidas Gerais

As medidas gerais são aquelas que podem ser particularizadas e aplicadas, em maior ou menor grau, a todas as classificações de grupos de empresas com capacidades tecnológicas relacionadas a trem de pouso, projeto estrutural e *software* de controle do voo.

Ressalta-se que não se trata de todas as medidas possíveis de caráter mais amplo, uma vez que o estudo não foi exaustivo, mas sim daquelas que se vislumbra serem aplicáveis e viáveis de serem aplicadas no contexto investigado.

a. A adoção de TRL e MRL como indicadores de acompanhamento:

Uma primeira e fundamental medida a ser adotada seria o estabelecimento de indicadores confiáveis que permitam serem estimados os atuais níveis de maturidade tecnológica e de produção da BID, possibilitando que os gestores entendam em que estágio uma tecnologia se encontra e quanto esforço ainda é necessário para sua completa operacionalização.

Tais indicadores também podem servir para acompanhar a evolução de um programa ou projeto específico, permitindo o monitoramento de uma medida de fortalecimento aplicada.

Nesse sentido, os conceitos de TRL e MRL são bastante úteis, pois o TRL possibilita acompanhar e auditar periodicamente a evolução de uma tecnologia de interesse e assim servir de referência para que as primeiras iniciativas que levem à manufatura dos produtos resultantes do projeto em questão sejam introduzidas, momento em que o monitoramento do MRL se inicia e prossegue em paralelo ao TRL até que os processos e tecnologias de fabricação atinjam a escala e eficiência requeridas.

Interessante notar que a Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) que trata de acordo de *offset* (Brasil, 2020a) possui um capítulo específico sobre o levantamento de necessidades futuras para compensação tecnológica do parque

aeroespacial brasileiro, sendo tais informações consolidadas pelo Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER) em uma coletânea de áreas de interesse.

Contudo, essa prospecção de necessidades, que é realizada pelo IFI, não leva em consideração os níveis de TRL ou MRL de uma necessidade rastreada, dificultado algum juízo do decisor a respeito de que tipo de medida de potencialização seria a mais adequada para cada caso.

A adoção de desses indicadores permite uma visão integrada do desenvolvimento tecnológico e manufatureiro, algo essencial para tomada de decisões que permitam potencializar a capacidade tecnológica e competitiva da BID, assegurando que os avanços tecnológicos se traduzam em efetiva capacidade produtiva.

b. Promoção dos incentivos fiscais existentes:

O Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento e as Secretarias de Fazenda, Economia ou Finanças dos Estados e do Distrito Federal-DF, na 65ª Reunião Ordinária do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), realizada em Brasília-DF, no dia 5 de dezembro de 1991, estabeleceram um convênio sobre a concessão de redução de base de cálculo do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) na saída de produtos aeronáuticos especificados na legislação, conhecido convênio ICMS 75/91[24].

Esse convênio prevê a redução do ICMS para 4% sobre o valor de, dentre outros, aeronaves, partes, peças, acessórios, componentes, equipamentos, materiais, gabaritos e ferramental empregados em processos produtivos, incluindo aqueles utilizados para projeto e desenvolvimento, modificação, montagem, integração, testes e funcionamento de produtos aeronáuticos e espaciais, constituindo-se um importante mecanismo de fomento à indústria aeroespacial nacional e a toda sua cadeia produtiva.

Outro incentivo existente possível de ser utilizado pelas empresas do setor é o Regime Especial de Tributação para a Indústria de Defesa (RETID), instituído pela Lei nº 12.598, de 21 de março de 2012, que estabelece normas especiais para as

[24] Disponível em: https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1991/CV075_91. Acesso em: 8 jul. 2024.

compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa, além de dispor sobre regras de incentivo à área estratégica de defesa[25].

O RETID permite o acesso de Empresas Estratégicas de Defesa[26] (EED) a regimes especiais tributários e financiamentos para programas e projetos, além de viabilizar procedimentos licitatórios que assegurem percentuais mínimos de transferência do conhecimento tecnológico ou de participação na cadeia produtiva[27].

Com respeito aos incentivos fiscais, o RETID suspende a exigência da Contribuição para o Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/Pasep), da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e zera a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), nos termos e condições da Lei.

Portanto, os incentivos fiscais como o convênio ICMS 75/91 e o RETID são medidas que podem ser aplicadas às empresas candidatas e que têm o potencial de reduzir o custo operacional, estimular a inovação e atrair investimentos, impelindo o aumento da competência técnica e da competitividade da BID.

c. Aplicação da Lei da Inovação:

A Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, conhecida como Lei da Inovação, estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional do País[28].

Trata-se de uma lei bastante abrangente, que incentiva a constituição de alianças estratégicas e a cooperação tecnológica entre os atores da hélice tríplice, prevendo a possibilidade da celebração de convênios e contratos para gestão administrativa e financeira de projetos entre agências governamentais de financiamento de CT&I[29], ICTs e Universidades, bem como apoia a criação de

---

[25] Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12598.htm. Acesso em: 8 jul. 2024.
[26] Empresa Estratégica de Defesa – EED: toda pessoa jurídica credenciada pelo Ministério da Defesa mediante o atendimento cumulativo das condições previstas no inciso IV da Lei nº 12.598, de 21 mar. 2012.
[27] Art. 3°, § 1º, inciso III da Lei nº 12.598, de 21 de março de 2012.
[28] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm. Acesso em: 8 jul. 2024.
[29] São exemplos de agências governamentais de financiamento de projetos: a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

ambientes promotores da inovação, como parques tecnológicos e incubadoras de empresas.

Além dessas medidas, a Lei promove a cooperação internacional e a internacionalização de empresas brasileiras, induzindo a inovação por meio de aquisições governamentais, contemplando inclusive estímulos especiais a micro e pequenas empresas.

Portanto, a Lei da Inovação encerra em si medidas que podem ser aplicadas à BID a fim de fomentar a CT&I, criar de polos tecnológicos, atrair investimentos e apoiar a internacionalização das empresas brasileiras, se traduzindo num mecanismo poderoso para o fortalecimento do setor.

d. <u>O estabelecimento de parcerias estratégicas</u>:

Uma parceria estratégica é um termo amplo que engloba vários tipos de colaboração e aliança entre empresas, incluindo *joint-ventures*[30] e consórcios, a fim de alcançar objetivos estratégicos comuns, como inovação, expansão de mercado ou melhoria de eficiência, por meio do compartilhamento de recursos e capacidades.

A cooperação ou interação entre empresas para desenvolver novos produtos e entrar em novos mercados permite que os parceiros aprendam novas habilidades e competências um do outro.

> "As alianças estratégicas podem ser entendidas como a colaboração formal entre duas ou mais empresas em que os parceiros esperam aprender e adquirir um do outro tecnologias, produtos, habilidades e conhecimentos que não estão disponíveis para outros concorrentes." (Lei, 1993, p. 32, tradução nossa).

David Lei (1993, p. 33, tradução nossa) vai além ao observar que, embora a cooperação entre empresas possa ajudar os parceiros a dominarem novas tecnologias, as empresas podem utilizar estes mecanismos colaborativos como plataformas para redefinir as suas próprias fontes de vantagem competitiva.

Além disso, as empresas com competências complementares podem gerar inúmeras oportunidades para combinar e misturar tecnologias de diferentes conjuntos

[30] *Joint-venture*: tipo de associação em que duas entidades se juntam para tirar proveito de alguma atividade, por um tempo limitado, sem que cada uma delas perca a identidade própria. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2110:catid=28&Itemid=23. Acesso em: 09 jul. 2024.

de competências e habilidades existentes para criar competências inteiramente novas (Lei, 1993, p. 37, tradução nossa)

Esposito (p. 443, 2004, tradução nossa) destaca que no setor de manufatura de aeronaves, as empresas enfrentam não apenas barreiras tecnológicas elevadas, mas também barreiras financeiras e de mercado significativas. Para mitigar esses desafios, desenvolve-se uma rede complexa de relacionamentos, que abrange tanto empresas do oligopólio mundial quanto aquelas capazes de oferecer tecnologias especializadas ou proporcionar o aceso a novos mercados.

Esposito (2004) também sublinha que ao longo das últimas décadas a indústria de aeronaves vem passando por um processo de reorganização global, caracterizada pela integração entre grupos específicos, refletindo uma tendência de formação de novos modelos de cooperação entre grupos de empresas emergentes, o que poderia servir de modelo para a BID brasileira para a busca e o estabelecimento de parcerias estratégicas internacionais que fortaleçam sua posição no mercado global.

No contexto da BID brasileira, esse panorama mundial do setor reforça a necessidade de alianças internacionais não apenas para a partilha de riscos e custos, mas também como um meio de integrar a indústria brasileira às cadeias de valor globais. Essas alianças podem facilitar o acesso a novos mercados e tecnologias, ampliando a capacidade de inovação e a competitividade internacional das empresas brasileiras. O mecanismo de alianças estratégicas internacionais pode ser um excelente mecanismo para superar barreiras tecnológicas e financeiras.

Um exemplo de parceria estratégica internacional é a que a viabilizou o Programa F-X2, uma vez que, além da transferência de tecnologia e da participação da indústria nacional, foi firmado um “Acordo de Empréstimo de Prazo com Moeda Dual” (*Dual Currency Term Loan Facility Agreement*), tendo como credor a agência estatal sueca de crédito à exportação Swedish Export Credit Corporation AB SEK, sendo o contrato segurado pela agência estatal sueca Swedish Export Credits Guarantee Board EKN (Brasil, p. 41, 2024).

Outro exemplo de aliança estratégica como mecanismo gerador de vantagens competitivas sustentáveis é dado por Netto (2005), ao verificar que essa opção possuiu um papel fundamental para a EMBRAER na superação de problemas financeiros enfrentados no final da década de 80, tendo em vista que várias dessas alianças foram essenciais para a evolução da empresa em áreas como pesquisa e desenvolvimento, integração de sistemas, produção, comercialização e pós-venda.

O consórcio de empresas é um tipo específico de parceria estratégica, formado para a execução de projetos específicos, muitas vezes de grande escala e complexos, como é o caso de contratos de programas governamentais.

Um consórcio é uma parceria estratégica formal, sendo instituído a partir de um contrato entre as empresas consorciadas em que, usualmente, uma empresa líder de mercado é eleita para tomar frente dos assuntos e representar o consórcio.

A constituição de um consórcio está prevista na lei das sociedades por ações (Lei nº 6.404/76), sendo que “as companhias e quaisquer outras sociedades, sob o mesmo controle ou não, podem constituir consórcio para executar determinado empreendimento” [31].

e. Estabelecimento de Acordos de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial (*offset*):

É um tipo de parceria estratégica formal, contando com a intervenção do governo no âmbito de um contrato de aquisição. Trata-se de uma das variedades de contrapartidas (*countertrade*) utilizadas em transações internacionais que envolvam o fornecimento de bens de alto valor agregado ou elevada complexidade tecnológica, abrangendo a transferência de tecnologia e conhecimento, a promoção de investimentos industriais e o acesso a mercados particulares (UNCITRAL, 1993 *apud* Mello, p. 53, 2022).

O *offset* é uma prática compensatória que objetiva melhorar a balança comercial entre os envolvidos, incentiva a indústria e o comércio locais e promove o desenvolvimento de conteúdo e tecnologias domésticas (WTO, 2012 *apud* Mello, p. 53, 2022), podendo ser uma estratégia imposta por força de contrato em aquisições governamentais envolvendo empresas estrangeiras.

Segundo Mello (p. 54, 2022), o *offset* “caracteriza-se pela exigência de um governo comprador de que o fornecedor estrangeiro realize investimentos tecnológicos, industriais e/ou comerciais como condição para a aquisição de um bem ou serviço”.

De acordo com a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial do Ministério da Defesa, toda importação PRODE realizada pelas Forças Singulares

[31] Disponível em: https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-um-consorcio-de-empresas,ff40438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD. Acesso em: 26 jun. 2024.

e pelos órgãos que integram a estrutura do Ministério da Defesa (MD), com valor líquido igual ou superior a US$ 50 milhões ou valor equivalente em outra moeda, deve incluir necessariamente um acordo de compensação vinculado[32].

No âmbito do MD, o *offset* é uma prática compensatória acordada entre as partes, como condição para a importação de bens, serviços ou tecnologia, com a intenção de gerar benefícios[33].

A Instrução do Comando da Aeronáutica, que dispõe sobre os Preceitos para a Negociação de Acordos de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial na Aeronáutica (ICA 360-1) classifica as modalidades de *offset* em três grupos: medidas de compensação tecnológica; medidas de compensação industrial; e medidas de compensação comercial (Brasil, p. 21, 2020a). Essa última não será considerada neste trabalho.

As medidas de compensação tecnológica podem ser:

- Transferência de tecnologia: quando ocorre a cessão de conhecimento tecnológico diretamente relacionado à fabricação ou ao desenvolvimento do produto que permita modificá-lo, desenvolver modificações em sua fabricação ou desenvolver novos produtos; e

- Investimento em capacitação tecnológica: feita por investimento do fornecedor estrangeiro no desenvolvimento de capacitação que permita aprimorar ou desenvolver novos produtos.

As medidas de compensação industrial podem ser:

- Coprodução: é produção acordada entre governos, sob licença ou autorização de empresa estrangeira, em que haja a cessão ou licenciamento das informações e dos conhecimentos técnicos diretamente relacionados à fabricação do produto;

- Produção sob licença: é a produção de produto protegido por direitos de propriedade intelectual sob licença ou autorização de empresa estrangeira;

- Produção subcontratada: produção de componente de produto manufaturado estrangeiro, sob responsabilidade da subcontratada, inclusive a aquisição das licenças, no caso de componente protegido por propriedade intelectual, podendo ser do tipo carga de trabalho;

- Cooperação industrial: tipo de parceria estratégica formal para

---

[32] Portaria Normativa Nº 3.990/GM-MD de 2023. Disponível em: Portaria Normativa Nº 3.990/GM-MD de 2023. Acesso em: 09 jul. 2024.

[33] Disponível em: https://ifi.dcta.mil.br/index.php/offset-2. Acesso em: 09 jul. 2024.

desenvolvimento e produção em parceria de produto, incluindo pesquisa, desenvolvimento e inovação conjuntos, geração de postos de trabalho e aquisição de bens produzidos no Brasil, visando ao completo suporte logístico do produto adquirido durante seu ciclo de vida; e

- Investimento em capacitação industrial: investimento realizado por fornecedor estrangeiro no desenvolvimento da capacitação industrial no Brasil, que permita manter ou modificar o produto, desenvolver modificações em sua fabricação e desenvolver novos produtos.

Como exemplo histórico de *offset*, em 1974, a Força Aérea adquiriu 56 aeronaves F-5E/B junto à empresa Northrop. Como contrapartida, foi transferida para a Embraer a capacidade tecnológica e industrial para fabricar componentes estruturais de materiais compostos, além da tecnologia para tratamento térmico e de usinagens especiais para a fabricação de pilones. “Por efeito de *spin-off*, essas tecnologias foram aplicadas na fabricação das aeronaves EMB- 121 XINGU e EMB-120 BRASÍLIA, que proporcionaram à Embraer vendas no mercado nacional e internacional” (Brasil, 2020a).

5.2.2 Medidas para o Grupo de Empresas com Tecnologias Existentes

Para as empresas do grupo com tecnologias já existentes, conforme já observado nos resultados de Silva, Silva e Motta (2012) com respeito à teoria de Porter (2012), a medida de potencialização da resposta da BID que sugere resultados mais evidentes é um contrato de aquisição de produtos de alta tecnologia.

Segundo Porter (1993), a presença de um comprador sofisticado, que demande produtos de alta qualidade, desempenha um papel crucial na criação de um ambiente que favorece a inovação.

Assim, o governo, no papel de comprador sofisticado, influencia diretamente as condições de demanda, estabelecendo altos padrões de qualidade que exercem pressão sobre as empresas e estimulam a inovação, levando a indústria de defesa do setor a desenvolver capacidades superiores.

Contudo, no caso particular deste trabalho, como a fabricante do Gripen é uma empresa estrangeira, é necessário viabilizar mecanismos contratuais que incluam não apenas a Saab no contrato principal, mas também empresas nacionais com capacidade de se mobilizar prontamente para modificação do projeto.

A medida proposta, nesse caso, é que a aquisição seja feita com a obrigatoriedade da formação de um consórcio de empresas com a participação de representantes da BID com competências já existentes nas tecnologias de interesse.

Como visto, a formação de um consórcio é uma estratégia eficaz para integrar diferentes competências e recursos necessários para o sucesso de projetos complexos e obtenção de vantagem competitiva. As empresas envolvidas podem compartilhar riscos e benefícios, combinar suas capacidades tecnológicas e de inovação, e ter acesso a novos mercados. Isso é particularmente interessante para o grupo de empresas com competências tecnológicas já existentes.

5.2.3 Medidas para o Grupo de Empresas que Precisam de Apoio

Como dito, as empresas que precisam de algum tipo de apoio são aquelas que possuem uma habilidade tecnológica ou produtiva intermediária. Ou seja, atuam em determinado setor específico, mas reconhecidamente não dominam todas as tecnologias e processos.

Nesse caso, a medida proposta é o investimento em capacitação tecnológica ou alguma modalidade de compensação industrial, permitindo o aprimoramento da empresa, o que pode ser feito por meio de *offset* ou acordos bilaterais com países ou instituições que estejam dispostos a ofertar treinamentos e especializações.

No caso específico do *software* do Gripen NG, conforme explicado no capítulo 3.2, este sistema possui altíssimo grau de integração às funções de voo e de combate. A intervenção para os ajustes necessários é complexa em virtude dos inúmeros desdobramentos e interdependências, requerendo conhecimento profundo da arquitetura do *software*, algo que dificilmente poderia ser feito sem o envolvimento do desenvolvedor num prazo aceitável e mantendo-se a segurança do projeto original.

Nesse caso, a simples transferência ou capacitação em tecnologia não seriam eficazes, pois não se trata da falta de habilidade ou competência das empresas para lidar com *software* de controle, mas sim de se entender sua arquitetura e seu funcionamento particulares, o que requer a qualificação de recursos humanos já competentes, a fim de torná-los altamente especializados no sistema da aeronave, para que possam ser envolvidos no projeto. Isso significa que o determinante “fatores de produção” deve necessariamente ser influenciado via empresa contratada, ou seja, indiretamente.

Portando, propõe-se para o subgrupo específico de empresas com “capacidades relacionadas a *software* do sistema de controle” e que “necessitam de apoio” o estabelecimento de um mecanismo em que a empresa ou consórcio do contrato principal tenha que colaborar formalmente e estabelecer parcerias estratégicas com empresas nacionais no sentido de capacitá-las a intervir e desenvolver os ajustes necessários no *software* da aeronave, influenciando dessa maneira os fatores de produção.

A efetividade dessa proposta encontra paralelo nas conclusões de Lima (2022) presentes em seu estudo sobre sustentação das capacidades tecnológicas transferidas por meio de *offset*, ao afirmar que:

> “[...] as parcerias com as empresas matriz e com os grandes clientes eram as mais significativas para a sustentação das capacidades tecnológicas [...], as parcerias com clientes e fornecedores e com as empresas matriz eram, geralmente, diretamente ligadas a uma capacidade tecnológica específica a ser recebida ou incrementada.” (Lima, p. 205, 2022, grifo nosso).

Dada a especificidade do apoio requerido para as empresas desse subgrupo, fica evidente que esta medida, ou seja, o estabelecimento de colaborações formais e o estabelecimento de parcerias estratégicas com empresas nacionais, é a mais favorável para potencialização da BID.

5.2.4 Medidas para o Grupo de Empresas que Apresentam Lacunas Significativas de Conhecimento

Para este grupo, suprir suas lacunas tecnológicas e alavancar as empresas ao ponto de tornarem-se competitivas no mercado global é uma tarefa naturalmente mais complexa, uma vez que envolve a formação de recursos humanos altamente especializados e a sofisticação da capacidade produtiva de empresas que já estão atuando na indústria aeroespacial. Para que isso ocorra, a atuação do governo deve ocorrer em mais de um determinante da vantagem competitiva, ou seja, a influência deve ocorrer tanto na criação de fatores de produção quanto nas indústrias relacionadas e de apoio.

Tendo isso em mente, o modelo da tríplice hélice se mostra particularmente interessante, em virtude de estimular a relação sinérgica entre governo, indústria e universidade, acelerando os processo de desenvolvimento de tecnologias que atendam a necessidades específicas do setor, de formação de recursos humanos

qualificados e de transferência de ambos para as empresas, conforme ponderações de Etzkowits e Zhou (2017) apresentadas anteriormente.

Para a formação de um ecossistema favorável à implementação do modelo da tríplice hélice, vale destacar as considerações presentes na obra de Porter (p. 189-190, 1993) sobre a concentração geográfica de setores da indústria em determinadas cidades ou regiões e sua importância na amplificação dos efeitos sobre os determinantes de vantagem competitiva. Isso ocorre quando regiões específicas estão sujeitas às mesmas considerações existentes no “diamante” e suas influências mútuas.

Por exemplo, uma indústria pode ser atraída por condições favoráveis de demanda e de fatores de produção, que terminam atraindo seus fornecedores, que por sua vez rivalizam entre si, gerando *spin-offs*, estimulando investimentos, aumentando a sofisticação dos clientes e assim sucessivamente, criando um ambiente propício à inovação e à sustentação da vantagem competitiva.

Assim, a medida proposta para potencializar a resposta do grupo de empresas que apresentam lacunas significativas de conhecimento é a formação de *clusters*, no modelo da tríplice hélice, com o governo subsidiando e investindo a transferência de tecnologia e parcerias com a contratada principal, empresas com lacunas em suas capacidades e universidades de uma mesma região, fomentando linhas de pesquisas que gradualmente diminuam as defasagens tecnológicas existentes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto, a modificação de uma aeronave com as características do F-39 Gripen para uma versão naval, com capacidade para pouso e decolagem em porta-aviões, apresenta desafios tecnológicos significativos e que representam oportunidades para o fortalecimento e a sustentabilidade da cadeia produtiva da Base Industrial de Defesa, que é um tema tratado nos diversos documentos de nível estratégico de defesa nacional.

No que se refere aos desafios tecnológicos, a análise dos sistemas e das tecnologias de nível mais alto da aeronave, a fim de adaptá-la para operação em navio-aeródromo, identificou que o trem de pouso, o projeto estrutural e o *software* do sistema de controle são as três áreas que primeiramente são impactadas no Gripen, e que servirão de ponto de partida para análises mais detalhadas e demais desdobramentos em outros sistemas não mencionados neste trabalho, atendendo ao primeiro objetivo específico.

Extrapolando o caso particular deste trabalho, que trata da análise da modificação de uma aeronave numa perspectiva de engenharia de sistemas, a proposição de se identificar previamente “desafios tecnológicos” possibilita orientar, ainda num nível pré-contratual, as áreas que necessitam ser fortalecidas na indústria de defesa para que um programa de aquisição ou de desenvolvimento de sistemas para as FFAA gere oportunidades efetivas para a BID.

Num segundo momento, foi conduzido um diagnóstico da BID do setor aeroespacial a fim de se analisar, ainda que de forma limitada e preliminar, quais as capacidades da indústria aeroespacial nacional para atender às demandas tecnológicas e de produção com respeito aos sistemas impactados no Gripen.

Isso foi feito com auxílio do SIFIAer que, em virtude de sua concepção de desenvolvimento ter sido baseada nos conceitos de capacidades tecnológicas e da tríplice hélice da inovação, permitiu classificar as indústrias em grupos com tecnologia já existente, aquelas que necessitam de algum tipo de apoio e aquelas que possuem lacunas de conhecimento, com respeito a trem de pouso, estruturas aeronáuticas e *software* de controle, atingindo assim o segundo objetivo específico.

O ganho dessa abordagem está em permitir que sejam vislumbradas e selecionadas, ainda numa fase de estudos preliminares de um determinado programa,

as formas mais adequadas para envolvimento das empresas, conforme suas necessidades e reais capacidades.

Além disso, em um mesmo programa, é possível envolver mais de uma empresa em cada uma das tecnologias e sistemas impactados, uma vez que foram identificados representantes em todos os níveis de capacidades relacionadas. A título de exemplo, para a tecnologia “trem de pouso”, foi possível selecionar três empresas distintas, possibilitando adequar, de acordo com os respectivos níveis de maturidade tecnológica e de produção, o que cada uma poderia contribuir neste subsistema.

Em seu penúltimo capítulo, a tese propôs medidas para potencialização da resposta da BID, as quais foram baseadas na teoria da vantagem competitiva das nações, de Michael Porter, e de estudos de outros autores sobre o tema, atingindo o terceiro objetivo específico.

O avanço deste trabalho, com respeito às propostas, foi levar em consideração a relevância do papel do governo como cliente sofisticado e seus níveis de influência nos fatores de vantagem competitiva, bem como associar adequadamente medidas consagradas pela teoria, conforme a necessidade de cada grupo de empresas classificadas em relação às suas capacidades tecnológicas e industriais.

Esse enfoque permitiu uma aproximação mais abrangente para a questão do envolvimento e fortalecimento da BID, pois numa perspectiva qualitativa, proporciona que empresas sejam envolvidas em consonância com suas habilidades e competências, e numa perspectiva quantitativa, permite que mais empresas sejam envolvidas em uma mesma tecnologia de interesse.

Além disso, os estudos anteriores pesquisados geralmente se aprofundam em uma das medidas elencadas neste trabalho – TRL e MRL como indicadores; incentivos fiscais; Lei da Inovação; parcerias estratégicas; *offset*; formação de consórcios; capacitação tecnológica; cooperação industrial; e formação de *clusters*.

Contudo, esta tese evoluiu em uma outra perspectiva, ao associar as medidas de fortalecimento da BID conforme a necessidade diagnosticada das empresas, dentro das tecnologias de interesse de um determinado programa. Em outras palavras, o trabalho sugere quais são as medidas adequadas para cada nível de necessidade ou lacunas tecnológicas identificadas.

Dessa forma, os desafios tecnológicos podem ser mais bem explorados e coordenados entre o governo, a indústria e a academia, gerando mais oportunidades, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, impactando no sentido de

consolidar e de sustentar a BID, uma vez que as medidas propostas foram baseadas em estudos consagrados e analisadas conforme sua adequabilidade às necessidades diagnosticadas na indústria do setor.

Além disso, a aplicação da teoria de Porter forneceu uma base sólida para as propostas de fortalecimento do setor, assegurando que a pesquisa não só identificasse os desafios, mas também oferecesse caminhos viáveis para superá-los e, assim, potencializar a Base Industrial de Defesa.

Finalmente, sugere-se como assuntos ou direções para estudos futuros associados ao tema:

a. A generalização da metodologia utilizada para análise da adaptação da aeronave apresentada no capítulo 3, de modo a permitir a identificação de sistemas e tecnologias impactados na modernização ou na modificação de outros produtos de defesa, como embarcações e carros de combate;
b. A investigação de novas abordagens e critérios para o levantamento de necessidades de *offset* da indústria, levando em consideração não apenas as sugestão das empresas, mas também outros tipos de estudos e indicadores adequados a setores ou aplicações específicas (como, por exemplo: eletrônica naval, acústica, radares, armamentos etc.);
c. A validação das informações apresentadas pelo SIFIAer, por meio de um estudo de campo ou do desenvolvimento de uma metodologia que ratifique as informações prestadas pelas empresas, como resposta às limitações apesentadas no subcapítulo 4.3; e
d. O desenvolvimento de um *roadmap* ou processo que integre os desafios tecnológicos identificados nos programas de desenvolvimento ou aquisição de produtos de defesa, às necessidades concretas da BID e direcione adequadamente as melhores medidas de fortalecimento do setor, potencializando a vantagem competitiva do Brasil no mercado global de defesa.

Portanto, depreende-se que a questão e o objetivo geral da pesquisa foram atingidos, pois a tese ofereceu uma visão clara e detalhada dos impactos, desafios tecnológicos e oportunidades que se apresentam para a BID, decorrentes do desenvolvimento de uma versão naval do Gripen, além de sugerir possíveis linhas de estudo que complementem e aprofundem a compreensão do tema.

REFERÊNCIAS

BELL, Martin.; FIGUEIREDO, Paulo N. Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: recent empirical contributions and implications for research. **Canadian Journal of Development Studies.** Vol. 33, n. 1, p.14-40 (mar. 2012). London: Routledge, 2012.

BELLINTANI, Adriana Iop; BELLINTANI, Mauro. **DCTA: 70 anos de ciência, tecnologia e inovação**. 1. ed. São José dos Campos: ITA/DCTA, 2023. 188 p.

BLANCHARD, Benjamin; FABRYCKY, Wolter. **Systems Engineering and Analysis.** 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

BRASIL. Estado-Maior da Aeronáutica. Comando da Aeronáutica. Portaria n° 129/GC4, de 5 de março de 2007. Aprova a Diretriz que dispõe sobre Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (DCA 400-6). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, n° 047, 09 mar. 2007. Brasília-DF: Comando da Aeronáutica, 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 393/GC4, de 20 de março de 2020. Aprova a reedição da Instrução que dispõe sobre os Preceitos para a Negociação de Acordos de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial na Aeronáutica (ICA 360-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, n° 049, 24 mar. 2020. Brasília-DF: Comando da Aeronáutica, 2020a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Relatório de Dados de Gestão – 2023**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 2024. 112 p. Disponível em: https://www.fab.mil.br/ Download/arquivos/sic/relatoriodegestao2023/Rel_dos_Principais_Projetos_da_FAB. pdf. Acesso em: 03 jul. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)**. Brasília, DF: Marinha do Brasil, 2020b. 88 p. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/pem 2040. Acesso em: 17 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa**. Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília, DF: Ministério da defesa, 2020c. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/ pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_ congresso_nacional.pdf. Acesso em: 17 mar. 2024.

CORMACK, Jorge W.A. **Ex-NAe Foch / São Paulo: Uma História de Amor e Guerra por Detrás dos Bastidores**. 1. ed. Rio de Janeiro: Autografia Edição e Comunicação Ltda, 2023.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Airworthiness Certification Criteria – MIL-HDBK-516C**. Wright-Patterson Air Force Base-OH: DoD, 2014.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Joint Service Specification Guide (JSSG-2000B) – Air System**. Wright-Patterson Air Force Base-OH: DoD, 2004a.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Joint Service Specification Guide (JSSG-2001B) – Air Vehicle**. Wright-Patterson Air Force Base-OH: DoD, 2004b.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Technology Readiness Assessment Guidebook**. Washington, DC: DoD, 2023. Disponível em: https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2023/07/TRA-Guide-Jun2023.pdf. Acesso em: 07 jul. 2024.

ESPOSITO, Emilio. Strategic alliances and internationalisation in the aircraft manufacturing industry. **Technological Forecasting & Social Change**. n. 71, p. 443–468, 2004. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162503000027. Acesso em: 09 jul. 2024.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos avançados.** Vol. 31, p. 23-48, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/4gMzWdcjVXCMp5XyNbGYDMQ/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 08 mai. 2024.

HERNANDO, Jose Luis; MARTINEZ-VAL, Rodrigo. **Carrier suitability of land-based aircraft.** 28º congresso internacional de ciências aeronáuticas (ICAS). Brisbane, Austrália, 23 a 28 de setembro de 2012.

HERNANDO, Jose Luis; MARTINEZ-VAL, Rodrigo. Preliminary suitability analysis of carrier approach guidance and recovery of land-based aircraft**. Journal of Aerospace Engineering**. Institution of Mechanical Engineers, 2015.

HERNANDO, Jose Luis; MARTINEZ-VAL, Rodrigo. Carrier deck lauching of adapted land-based aircraft. **Journal of Aerospace Engineering**. Institution of Mechanical Engineers, 2019.

KOSSIAKOFF, Alexander; SWEET, Willaim; SEYMOUR, Samuel; BIEMER, Steven. **Systems Engineering Principles and Practice.** 2. ed. Nova Jersey: Wiley, 2011.

LEI, David. Offensive and Defensive Uses of Alliances. **Long Range Planning**. Vol. 26, n. 4. Oxford-UK: Pergamon Press, 1993. p. 32-41.

LIMA, Alexander de Mello. **Avaliação da sustentação das Capacidades Tecnológicas transferidas por meio de Compensação e Tecnológica (*Offset*) no Comando da Aeronáutica.** Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2022.

LIMA, Alexander de Mello; SANTOS, Oderlei Ferreira dos; MÁXIMO, Vinícius Rosa. Sistema Integrado de Fomento à Indústria Aeroespacial – SIFIAER. **Revista Fomento Aeroespacial.** Vol.1, n. 1 (ago. 2022). São José dos Campos: Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, 2022. p. 38-53. 94 p.

LONGO, Waldimir Pirró. Tecnologia Militar: conceituação, importância e cerceamento. **Tensões Mundiais**. Vol. 3, n. 5, p. 111-143, 2007.

MARINI, Amanda Neves Leal. **Pensar Defesa para além da política: o papel da Economia de Defesa na Consolidação da Base Industrial de Defesa**. Observatório Militar da Praia Vermelha. Rio de Janeiro: Escola de Comando e

Estado-Maior do Exército, 2022. Disponível em: https://ompv.eceme.eb.mil.br/images/geop/geocapac/defesa-alem-politica-economia-defesa-consolidacao-base-industrial-defesa.pdf. Acesso em: 30 jul. 2024.

MORI, Claudia de; BATALHA, Mário Otávio; ALFRANCA, Oscar. Capacidade tecnológica: proposição de índice e aplicação a empresas do complexo agroindustrial do trigo. **Production**. Vol. 24, n. 4, p. 787-808, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/prod/a/WHtf4HKbBrjJ7fhrjLf8TNK/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 08 mai. 2024.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Systems Engineering Handbook**. Rev. 2. Washington, DC: NASA, 2007. 287 p.

NETTO, Luis Eduardo Santos Coelho. **Alianças estratégicas como fontes geradoras de vantagens competitivas sustentáveis: o caso EMBRAER**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005, 318 p.

PORTER, Michael E. **A Vantagem Competitiva das Nações.** Tradução: Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

PINTO, Ítalo de Melo. **Estruturação de Problemas em Blocos:** como estruturar metodologicamente problemas concretos e problemas acadêmicos. 1. ed. Rio de Janeiro: Letras e Versos, 2023.

SAGE, Andrew P.; ROUSE, Willian B. **Handbook of Systems Engineering and Management**. 2. ed. Nova Jersey: Wiley, 2009.

SANTOS, Thauan. Economia de Defesa como Uma Categoria Geral de Análise nas Ciências Econômicas. **Revista da Escola de Guerra Naval**. Vol. 24, n. 3 (2018). Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 2018. p. 542-564. Disponível em: https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistadaegn/article/view/4355. Acesso em: 30 jul. 2024.

SARAIVA, Clarice; SCOTON, Samira. Capacidade Industrial: o caminho para a prontidão tecnológica? **Revista Brasileira de Estudos Estratégicos**. Vol. 9, n. 18, 2017.

SILVA, Martim Francisco de Oliveira; SILVA, Jorge Ferreira da; MOTTA, Luiz Felipe Jacques da. A vantagem competitiva das nações e a vantagem competitiva das empresas: o que importa na localização? **Revista Administração Pública (RAP)**. Vol. 46, n. 3 (2012). Rio de Janeiro: Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (FGV EBAPE), 2012. p. 701-720. Disponível em: https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/7107/5658. Acesso em: 15 jun. 2024.

YAMADA, Andréa Ferraz Carlos de Sousa. Abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida com foco no amadurecimento tecnológico de projetos do setor aeroespacial. **Revista Fomento Aeroespacial.** Vol.1, n. 2 (nov. 2023). São José dos Campos: Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, 2023. p. 18-25. 136 p.

ANEXO A – Relatório de Empresas por Produto de Interesse

TIPO DE PRODUTO DE INTERESSE	EMPRESA	DESENVOLVIMENTO	INTEGRAÇÃO / MONTAGEM	PRODUÇÃO	SCORE
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	AERNNOVA AEROSPACE DO BRASIL LTDA	■	■	■	3
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	AKAER ENGENHARIA S.A.	■	■	■	3
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	LATECOERE DO BRASIL INDUSTRIA AERONAUTICA LTDA	■	■	■	3
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	MIRAGE INDUSTRIA E COMERCIO DE PECAS LTDA	■		■	2
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	SONACA BRASIL LTDA	■		■	2
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	AEROGLOBO REVENDEDORA DE PRODUTOS AERONAUTICOS LTDA		■		1
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	HERNANDES FIM & CIA LTDA			■	1
COMPONENTES ESTRUTURAIS DA FUSELAGEM	WINNSTAL INDUSTRIA E COMERCIO LTDA			■	1
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	AEL SISTEMAS S.A.	■	■	■	3
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	ALBATROSS INDÚSTRIA AERONÁUTICA LTDA	■	■	■	3
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	OCELLOTT ENGENHARIA LTDA.	■	■	■	3
SISTEMAS DE MISSÃO E SEGURANÇA DE VOO	ATECH – NEGÓCIOS EM TECNOLOGIAS S/A	■	■	■	3
SISTEMAS DE MISSÃO E SEGURANÇA DE VOO	ORBITAL ENGENHARIA S.A.	■	■	■	3
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	A.S. AVIONICS SERVICES S.A.	■	■		2
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	NCB Sistemas Embarcados LTDA	■	■		2
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	AEROGLOBO REVENDEDORA DE PRODUTOS AERONAUTICOS LTDA		■		1
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	HI-MIX ELETRÔNICOS S/A		■		1
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS ELETRÔNICOS	MZN IMPORTACAO, EXPORTACAO E MANUFATURA LTDA		■		1
EQUIPAMENTOS OU SISTEMAS AVIÔNICOS	AEL SISTEMAS S.A.			■	1
EQUIPAMENTOS OU SISTEMAS AVIÔNICOS	JET AVIONICS EQUIPAMENTOS AERONAUTICOS LTDA		■		1
TREM DE POUSO E SEUS COMPONENTES	AÇO PEÇAS DEMORE LTDA	■	■	■	3
TREM DE POUSO E SEUS COMPONENTES	EMBRAER S.A. (ELEB)	■	■	■	3
TREM DE POUSO E SEUS COMPONENTES	MIRAGE INDUSTRIA E COMERCIO DE PECAS LTDA	■		■	2
TREM DE POUSO E SEUS COMPONENTES	AEROGLOBO REVENDEDORA DE PRODUTOS AERONAUTICOS LTDA		■		1
TREM DE POUSO E SEUS COMPONENTES	GRAUNA AEROSPACE LTDA.			■	1
TREM DE POUSO E SEUS COMPONENTES	NOVAER CRAFT EMPREENDIMENTOS AERONAUTICOS LTDA			■	1

Fonte: SIFIAer. Data: junho de 2024.

ANEXO B – Relatório de Empresas por Area Tecnológica

ÁREA TECNOLÓGICA	EMPRESA	ENGENHARIA, PESQUISA BÁSICA OU APLICADA	MANUFATURA E PRODUÇÃO	SOCRE
Análise Avançada de Dados	OMNISYS ENGENHARIA LTDA	■	■	2
Análise Avançada de Dados	SIATT - Engenharia, Industria e Comercio S.A	■	■	2
Análise Avançada de Dados	AEL SISTEMAS S.A.		■	1
Análise Avançada de Dados	AEROMOB EQUIPAMENTOS AERONAUTICOS LTDA	■		1
Análise Avançada de Dados	ESSADO DE MORAIS LTDA		■	1
Análise Avançada de Dados	SAIPHER ATC LTDA	■		1
Análise Avançada de Dados	SKYDRONES TECNOLOGIA AVIÔNICA S.A		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	A.S. AVIONICS SERVICES S.A.	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ADVANCED TECHNOLOGIES COMÉRCIO E INDÚSTRIA STARTUP LTDA	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	AEL SISTEMAS S.A.	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	AEROMOB EQUIPAMENTOS AERONAUTICOS LTDA	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	CONCERT TECHNOLOGIES SA	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	IACIT SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS S.A.	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	OCELLOTT ENGENHARIA LTDA.	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	OMNISYS ENGENHARIA LTDA	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ORBITAL ENGENHARIA S.A.	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	SIATT - Engenharia, Industria e Comercio S.A	■	■	2
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ACRUX LTDA	■		1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ACS - INDUSTRIA AERONAUTICA LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	AGRO AVIATION INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ALBATROSS INDÚSTRIA AERONÁUTICA LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ALTAVE HOLDING S/A		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ALTAVE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO DE AERONAVES S.A.		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	BIZU TECNOLOGIAS AEROESPACIAIS E SERVICOS LTDA	■		1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ESSADO DE MORAIS LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	MAC JEE INDUSTRIA DE DEFESA LTDA.	■		1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	NCB Sistemas Embarcados LTDA			1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	NSE BRASIL AEROESPACIAL LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	PARADISE SERVICOS AERONAUTICOS LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ROCKWELL COLLINS DO BRASIL LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	ROMI S.A		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	SCODA AERONAUTICA, FABRICACAO, COMERCIO, IMPORTACAO E EXPORTACAO DE AERONAVES, SERVICOS DE MANUTENCAO E ESCOLA DE AVIACAO CIVIL LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	SKYDRONES TECNOLOGIA AVIÔNICA S.A		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	SPECTRA TECNOLOGIA INDUSTRIA COMERCIO E SERVIÇOS DE INFORMATICA LTDA		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	SPEEDBIRD VEICULOS AEREOS NAO TRIPULADOS S/A		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	TRIEL-HT INDUSTRIAL E PARTICIPACOES S/A		■	1
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	VORTEX AVIATION ENGENHARIA E MANUTENÇÃO DE AERONAVES LTDA	■		1
Tecnologias da Computação ou Cibernética	AEL SISTEMAS S.A.	■	■	2
Tecnologias da Computação ou Cibernética	CONCERT TECHNOLOGIES SA	■	■	2
Tecnologias da Computação ou Cibernética	EMBRAER S.A.	■	■	2
Tecnologias da Computação ou Cibernética	MAC JEE INDUSTRIA DE DEFESA LTDA.	■	■	2
Tecnologias da Computação ou Cibernética	AÇO PEÇAS DEMORE LTDA		■	1
Tecnologias da Computação ou Cibernética	ESSADO DE MORAIS LTDA		■	1
Tecnologias da Computação ou Cibernética	NSE BRASIL AEROESPACIAL LTDA		■	1
Tecnologias da Computação ou Cibernética	SAFRAN ELETRONICA & DEFESA BRASIL LTDA		■	1
Tecnologias da Computação ou Cibernética	SAIPHER ATC LTDA	■		1
Tecnologias da Computação ou Cibernética	TACOM PROJETOS DE BILHETAGEM INTELIGENTE LTDA	■		1
Tecnologias Estruturais	AEROMOB EQUIPAMENTOS AERONAUTICOS LTDA	■	■	2
Tecnologias Estruturais	EMBRAER S.A	■	■	2
Tecnologias Estruturais	EMBRAER S.A.	■	■	2
Tecnologias Estruturais	SONACA BRASIL LTDA	■	■	2
Tecnologias Estruturais	THRUONE LTDA	■	■	2
Tecnologias Estruturais	ABRASIVOS MONTAGNA LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	AÇO PEÇAS DEMORE LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	AERNNOVA AEROSPACE DO BRASIL LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	AIR FLYING MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS AERONÁUTICOS E ESPORTIVOS LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	ARITEX BRASIL INDUSTRIA E COMERCIO DE MAQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	CALFER USINAGEM INDUSTRIAL LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	FIBRAFORTE ENGENHARIA INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	INBRA-AEROSPACE INDUSTRIA E COMERCIO DE COMPOSTOS AERONAUTICOS S.A.		■	1
Tecnologias Estruturais	MAC JEE INDUSTRIA DE DEFESA LTDA.	■		1
Tecnologias Estruturais	ONDAS DO AR LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	RALLC USINAGEM E COMPOSTOS LTDA		■	1
Tecnologias Estruturais	TRIEL-HT INDUSTRIAL E PARTICIPACOES S/A		■	1
Tecnologias Estruturais	VORTEX AVIATION ENGENHARIA E MANUTENÇÃO DE AERONAVES LTDA	■		1

Fonte: SIFIAer. Data: junho de 2024.

ANEXO C – Definição das Áreas Tecnológicas do SIFIAER

ÁREA TECNOLÓGICA	DESCRIÇÃO
Análise Avançada de Dados	Consiste em um conjunto de técnicas, ferramentas e métodos analíticos que permitem prever tendências, padrões, comportamentos e eventos futuros. Abrange as áreas de Algoritmos, Programação e Fusão de Dados e está relacionada com Inteligência Artificial, Big Data, Modelagem, Simulação e geração de informações.
Sistemas Elétricos / Eletrônicos	Os sistemas elétricos [...]. Os sistemas eletrônicos lidam com dispositivos que processam sinais elétricos. Isso inclui desde microchips em computadores até circuitos em aparelhos eletrônicos. Envolve projetos, montagens e otimização de circuitos eletrônicos para diversas aplicações, como comunicação, automação e controle.
Tecnologias da Computação ou Cibernética	Trata-se da área que utiliza a computação como meio para produzir, transmitir, armazenar, acessar, processar e utilizar informações. Abrange desde a teoria da computação até o desenvolvimento de "software" e "hardware". Essa definição abrange diversos contextos e pode ser ampla e complexa. Envolve: tecnologia da informação (atividades para gerenciar informações em organizações), programação (desenvolvimento de software em várias linguagens), banco de dados (gerenciamento e organização de informações), suporte técnico (manutenção de hardware e solução de problemas), segurança da informação (proteção contra ameaças e invasões), testes de qualidade (verificação de softwares e aplicativos antes de serem lançados) e administração de rede (gerenciamento das redes de comunicação de organizações).
Tecnologias Estruturais	Abrange desde a concepção até a construção e manutenção de sistemas que suportam cargas e deformações. As aplicações são amplas: estruturas aeronáuticas, estruturas espaciais, transportes, maquinários diversos, edificações, pontes, estruturas navais etc. Envolve diversos materiais: aço, alumínio e outros materiais metálicos e suas ligas, concreto, madeira, materiais compostos diversos, polímeros, cerâmica etc.

Fonte: SIFIAer. Data: junho de 2024.