



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

ADRIANO GERALDO GONÇALVES PEREIRA – Maj Av

Os benefícios da operação remota do radar PAR 2000-T na FAB

Rio de Janeiro
2021

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

ADRIANO GERALDO GONÇALVES PEREIRA – Maj Av

Os benefícios da operação remota do radar PAR 2000-T na FAB

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso Avançado de
Comando e Estado-Maior da Escola de
Comando e Estado-Maior da Aeronáutica.
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial
Orientador: Mário Luis Ribeiro Santos

Rio de Janeiro
2021

RESUMO

Os radares são uma conquista tecnológica que trouxeram segurança, agilidade e ampliação da consciência situacional no controle de tráfego aéreo. Radares de aproximação de precisão (PAR) são utilizados desde meados do século passado por várias Forças Armadas no mundo. São equipamentos versáteis, especialmente quanto à sua versão transportável. Com base em tal característica, em 2019, foram iniciados estudos e testes para desenvolver a capacidade de operação remota do PAR 2000-T em operação no país. A operação remota do sistema PAR 2000-T é inédita no Brasil. Não existe literatura de suporte para tanto. Nesse contexto, esta pesquisa visou colaborar com o objetivo geral de serem reconhecidos os benefícios que poderiam ser obtidos no desenvolvimento da capacidade de operação remota do PAR 2000-T. Optou-se pelo modelo hipotético-dedutivo devido à falta de bibliografia de suporte diretamente relacionada ao tema. As análises da bibliografia e da documentação forneceram a base para o entendimento do processo. Como resultado, o diamante de Porter sobre vantagem competitiva foi utilizado para demonstrar os benefícios que podem ser gerados no desenvolvimento da nova aplicação, tais como o incremento em mobilidade estratégica, redução de custos, ampliação dos campos de estudo e pesquisa, dentre outros. O modelo estruturalista foi empregado na discussão dos resultados dos testes já realizados, atestando a viabilidade técnica para a operação remota. Após toda análise, constatou-se promissor tema de pesquisa que pode ser conseguido no desenvolvimento da capacidade de operação remota dos radares PAR 2000-T, oferecendo ainda outras derivações de aplicações e emprego de tal capacidade.

Palavras-chave: PAR 2000-T; operação remota; estruturalismo; diamante de Porter.

ABSTRACT

Radars are technological conquest that brought safety, agility and enlargement of situational awareness in air traffic control. Precision Approach Radars - PAR have been used since mid of the last century by several Armed Forces around the world. They are versatile equipments, regarding their transportable version. Based on such feature, in 2019, studies and tests were initiated to develop the remote operation capability of PAR 2000-T operating in the country. The remote operation of PAR 2000-T system is unprecedented in Brazil. There's no supporting literature for it. In that context, this research aimed to collaborate with the main goal of being recognized the benefits that could be obtained in the development of PAR 2000-T remote operation capability. The hypothetical-deductive model was chosen due to the lack of supporting bibliography directly related to the subject. The analyses of the literature and the documentation provided the base to the process understanding. As a result, Porter's diamond competitive advantage was used to demonstrate the benefits can be generated to the development of the new application, such as the increment in strategic mobility, cost savings, enlargement of the fields of study and research, among others. The structuralist model was employed to discuss the results of the tests already done, certifying the technical feasibility to remote operation. After all the analysis, it turned out a promising research theme can be achieved in the development of the remote operation capability of the PAR 2000-T, offering still other derivations of applications and employment of such capability.

Keywords: PAR 2000-T; remote operation; structuralism; Porter's diamond.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Exemplo de sítio de controle PAR 2000-T | 12 |
| Figura 2 - Diamante da Vantagem Nacional | 26 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Resumo das Capacidades e Vantagens Observadas | 25 |
| Quadro 2 - Modelo 1 - Requisitos Básicos | 28 |
| Quadro 3 - Modelo 2 - Requisitos Secundários | 29 |
| Quadro 4 - Modelo 3 - Resultado das Interações entre o Modelo 1 e 2 | 31 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 1º GCC** – Primeiro Grupo de Comunicações e Controle
- 3º/1º GCC** – Terceiro Esquadrão do Primeiro Grupo de Comunicações e Controle
- 5º/1º GCC** – Quinto Esquadrão do Primeiro Grupo de Comunicações e Controle
- ASR / SSR** – *Airport Surveillance Area / Secondary Surveillance Radar*
- BID** – Base Industrial de Defesa
- C3SI** – Comando, Controle, Comunicação e Sistemas de Informação
- CCA** – Centro de Computação da Aeronáutica
- DCA** – Diretriz do Comando da Aeronáutica
- DCTA** – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
- DECEA** – Departamento de Controle do Espaço Aéreo
- END** – Estratégia Nacional de Defesa
- FAB** – Força Aérea Brasileira
- GEIV** – Grupo Especial de Inspeção em Voo
- ICA** – Instrução do Comando da Aeronáutica
- ICAO** – *International Civil Aviation Organization*
- IFR** – *Instrument Flight Rules*
- ILS** – *Instrument Landing System*
- IME** – Instituto Militar de Engenharia
- KM / KM/H / m / NM** – Quilômetros / Quilômetros por hora / metro / *Nautical Mile*
- MANINV** – Manual Brasileiro de Inspeção em Voo
- MGCA** – *Mobile Ground Controlled Approach*
- MPLS** – *Multi Protocol Label Switching*
- OM** – Organização Militar
- PAR** – *Precision Approach Radar*
- P&D** – Pesquisa e Desenvolvimento
- PRODE** – Produtos de Defesa
- SD** – Sistemas de Defesa
- SDTE** – Subdepartamento Técnico do DECEA
- UNIFA** – Universidade da Força Aérea
- VCEA** - Vigilância e Controle do Espaço Aéreo
- VHU/UHF** – *Very High Frequency / Ultra High Frequency*
- VMC** – *Visual Meteorological Conditions*

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 | O Sistema MGCA | 11 |
| 1.2 | Homologação | 13 |
| 2 | METODOLOGIA | 14 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 4 | APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 18 |
| 4.1 | OE1 e HP1 | 19 |
| 4.2 | OE2 e HP2 | 21 |
| 4.2.1 | 1º Teste | 21 |
| 4.2.2 | 2º Teste | 22 |
| 4.2.3 | 3º Teste | 23 |
| 4.3 | HP2, HP3 e OE3 | 23 |
| 4.3.1 | Considerações a partir do Modelo 1 | 26 |
| 4.3.2 | Considerações a partir do Modelo 2 | 28 |
| 4.4 | Interações entre o Modelo 1 e o Modelo 2 | 29 |
| 4.4.1 | B1-Sn ⁰ | 29 |
| 4.4.2 | B2-Sn ⁰ | 29 |
| 4.4.3 | B3-Sn ⁰ | 30 |
| 4.4.4 | B4-Sn ⁰ | 30 |
| 4.4.5 | B5-Sn ⁰ | 30 |
| 4.5 | Análise das Interações | 31 |
| 5 | CONCLUSÃO | 32 |
| | REFERÊNCIAS | 34 |

1 INTRODUÇÃO

A função básica de um radar¹ é detectar objetos e medir suas variáveis (distância, altitude, velocidade, dimensões, etc.). São utilizados em muitas aplicações civis e militares.

Para uso aeronáutico, os sistemas radares são utilizados em aplicações, como o controle e vigilância do espaço aéreo, o estudo das condições meteorológicas, na defesa aérea² e no controle de aproximação de precisão.

Os radares de aproximação de precisão (PAR) utilizados pela FAB e outras Forças Armadas pelo mundo, são empregados para direcionar aeronaves em voo, com total segurança, desde uma distância de, pelo menos 18Km do eixo da pista, até o toque no solo, em condições de visibilidade e meteorologia completamente prejudicadas. A FAB dispõe do PAR em duas versões, a fixa (PAR 2000) e a transportável (PAR 2000-T)³.

Esses radares integram um completo sistema de monitoramento - o MGCA⁴. Tal sistema pode transformar qualquer pista de pouso em um aeródromo dotado de controle de aproximação, vigilância e vetoração para um pouso seguro.

Em paralelo ao apresentado, a Estratégia Nacional de Defesa (END), Brasil (2016b), estabelece que a FAB deve aprimorar as capacidades de monitoramento e controle o espaço aéreo, por meio do desenvolvimento da mobilidade estratégica e do vínculo entre os aspectos tecnológicos e operacionais.

Amparado em tais diretrizes, o tema desta pesquisa consiste no desenvolvimento da capacidade de operação remota do sistema MGCA.

O alinhamento à linha de pesquisa deste trabalho é endossado pela DCA 11-45⁵, a qual reforça tal entendimento em seu item 5.2.2.3:

Para garantir o monitoramento/controle do espaço aéreo brasileiro, a Força Aérea avaliará a modernização, o reposicionamento e/ou ampliação dos seus meios de detecção e comunicações... A fim de modelar o sistema de controle do espaço aéreo do futuro, devem ser analisadas novas alternativas tecnológicas [...] (BRASIL, 2018b, p.34).

¹ Radar: do inglês *radio detection and ranging* – equipamento capaz de medir distâncias através da telemetria do caminho percorrido por ondas eletromagnéticas.

² Radares de defesa aérea – usados para monitoramento e rastreamento de aeronaves ou mísseis inimigos, fornecendo alerta antecipado para a reação do sistema de defesa.

³ Neste trabalho será utilizado somente a versão transportável – PAR 2000-T. Desde 1985 a FAB utiliza o sistema MGCA. Em 2012, o sistema foi modernizado com radares PAR 2000 e 2000-T, de fabricação norte-americana.

⁴ Sistema MGCA: sistema móvel de solo para aproximação radar. Inclui radares de vigilância (ASR/SSR) e de precisão PAR 2000/2000-T. Radares ASR – radar primário. Utilizados para detecção das aeronaves, fornecendo a posição geográfica. Radares SSR – radar secundário - complementam os radares primários, fornecendo dados como altitude, distância, etc.

⁵ DCA 11-45, 2018 - Concepção Estratégica - Força Aérea 100.

Acerca de tal contexto e do tema apresentado, buscou-se responder ao seguinte questionamento: Como o desenvolvimento da capacidade de operação remota do sistema MGCA PAR 2000-T pode influenciar na aplicação do Poder Aeroespacial na FAB?

O recorte da aplicação do Poder Aeroespacial, retirado da DCA 1-1⁶ - (BRASIL, 2020g), tratada no questionamento anterior é dado com relação ao item 2.2.5 - Tarefa de C3SI

C3SI utiliza um sistema complexo que envolve pessoal, plataformas, tecnologia de gerenciamento de informações, redes de comunicação e apoio às decisões [...] precisam ser flexíveis, rápidos e sensíveis para controlar e gerenciar efetivamente as operações aéreas dentro e fora dos teatros de operações. (BRASIL, 2020g, p.22).

... e na Ação de VCEA, item 2.3.60.

[..] é a Ação que consiste em empregar, da superfície, Meios de Força Aérea para detectar, identificar, acompanhar e controlar aeronaves em espaço aéreo de interesse, a fim de contribuir para a preservação da soberania no espaço aéreo brasileiro e assegurar máxima segurança ao tráfego aéreo em geral. (BRASIL, 2020g, p.38).

Para estruturar o raciocínio desta pesquisa as seguintes hipóteses (HP) devem ser esclarecidas:

- a) há fundamentação legal que fomenta o desenvolvimento da operação remota do sistema PAR 2000-T (HP1);
- b) o desenvolvimento da tecnologia de operação remota do PAR 2000-T é tecnicamente viável (HP2);
- c) existem reais benefícios no emprego remoto do sistema MGCA (HP3).

Também, visando esclarecer o questionamento apresentado anteriormente, foi estabelecido o cumprimento do seguinte Objetivo Geral (OG): reconhecer os benefícios da operação remota do sistema MGCA PAR 2000-T na FAB.

Para tanto, os objetivos específicos (OE)⁷ abaixo nortearão o entendimento e a condução da pesquisa de forma que atuarão para:

- a) interpretar o embasamento jurídico que trata do desenvolvimento de novas tecnologias (OE1);
- b) reproduzir os resultados das pesquisas que estão sendo feitas sobre a operação remota do sistema MGCA (OE2);

⁶ DCA 1-1, 2020 - Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira.

⁷ A descrição dos objetivos segue a Taxionomia de Bloom Revisada, 2010, conforme descrito pag 427-428: "Os verbos de ação da taxonomia original podem ser perfeitamente inseridos nas correspondentes categorias... A montagem da tabela deve iniciar-se a partir da definição dos **objetivos específicos** da disciplina, curso ou conteúdo". (FERRAZ; BELHOT, 2010).

c) concluir sobre a importância da utilização remota do radar PAR (OE3).
Haverá a interação entre os OE/HP para verificar o atendimento ao OG.

A justificativa do estudo é motivada pela operação remota dos radares PAR 2000-T ser inédita no país. Isso oferece um leque de estudos que podem derivar novos conceitos e novas aplicações dos radares móveis de precisão na FAB.

Estudos técnicos visando o desenvolvimento da capacidade de operação remota da versão transportável iniciaram-se em 2019, sob a coordenação do 1º GCC⁸, em suas unidades de operação no 3º/1º GCC e 5º/1º GCC.

A operação remota proposta visa desmembrar a estrutura do sistema MGCA, de forma que o *shelter* técnico⁹ seria instalado na área de interesse e o *shelter* operacional controlaria o espaço aéreo, à distância, de qualquer outro lugar. Fatores como a redução de custos de transporte devido à diminuição da necessidade logística empregada, além de maior celeridade na aplicação em um aeródromo desdobrado ou em uma operação rodopista resultariam de tal operação.

Já em situações de conflito, o posicionamento da célula de controle fora da área das tensões ofereceria maior segurança aos operadores, quando expostos a um bombardeio, ou como dano colateral de um ataque ao local de operação.

1.1 O Sistema MGCA

Para facilitar o entendimento, segue uma visão geral da composição do MGCA, abordando sua estrutura, seus componentes e capacidades. Tais informações são extraídas de L3Harris (2020)¹⁰.

As informações¹¹ fornecidas pelo fabricante como: operação confiável nas configurações fixo e móvel¹², mudança de cabeceiras da pista¹³ em menos de 3(três) minutos, opções de transporte para operação móvel com aeronaves C-130 e adequação à ICAO. Além disso, apresenta características técnicas: alcance de 20NM no modo CLEAR e 15NM no modo RAIN¹⁴, 30º cobertura em azimute (eixo horizontal) e -1º/+7º em elevação (eixo vertical).

⁸ 1º GCC – sediado no Rio de Janeiro-RJ. 3º/1º e 5º/1º GCC – sediados em Natal-RN e Porto Velho-RO, respectivamente.

⁹ A estrutura do MGCA PAR 2000-T divide-se, basicamente em 2 *shelters* (contêineres) - 1 contendo a central de controle (*shelter* operacional) e o outro contendo a estrutura de configurações do radar (*shelter* técnico). Ver Figura 1.

¹⁰ L3Harris Technologies – Instalou em 1943 o Exército Americano com o 1º sistema PAR. Atualmente, já são mais de 2500 PAR instalados em mais de vinte Forças Armadas pelo mundo. Empresa fabricante do radar PAR brasileiro.

¹¹ PAR 2020 – similar ao PAR 2000, utilizado pela FAB. Ambos são fabricados pela empresa L3Harris. Os dados apresentados não interferem no entendimento nem alteram a finalidade do trabalho. Utilizou-se o PAR 2020 para preservar os dados do PAR 2000, alguns de caráter reservado.

¹² Configuração fixa e móvel: Trata-se de tipo de configuração para a montagem do sítio radar conforme a área de atuação. PAR fixo para uma base aérea ou um porta-aviões, ou PAR móvel - utilizado em áreas desprovidas de controle de tráfego.

¹³ Uma pista de pouso tem 02 cabeceiras. O sistema PAR opera somente uma cabeceira por vez.

¹⁴ Modo CLEAR – céu limpo. Modo RAIN – chuva ocorrendo ou movimentação de grandes massas de precipitação.

A Figura 1 oferece uma ideia de um sítio PAR. Por se tratar da versão 2000-T, todos os componentes são equipados com *mobilizers* (conjunto de chassis com rodas) para que sejam rebocados. São indicados os seguintes componentes: (1) Antena dos radares PAR e ASR/SSR; (2) *Shelter* técnico; (3) Gerador de energia elétrica do *shelter* técnico; (4) Gerador de energia elétrica e *shelter* operacional e (5) Torre de VHF/UHF.

A antena radar (1) abriga os componentes eletrônicos dos radares. O *shelter* técnico (2) abriga os controles e interfaces para a configuração de funcionamento de todos os radares. Tais configurações são realizadas por técnicos treinados no equipamento. O *shelter* pode ser alimentado por gerador à diesel (3), ou energia elétrica da rede comercial. O *shelter* operacional (4) é o local de operação dos controladores. A comunicação é trafegada via antena (5).

Possui os modos de operação: PAR / ASR / COMBINADO. No modo PAR, o sistema provê informação dual de dados de azimute, elevação e distância na faixa compreendida pelo *gate* PAR¹⁵. No modo ASR, o sistema permite a vigilância e controle de tráfego aéreo, no monitoramento de uma terminal ou controle de aproximação.¹⁶ No COMBINADO, os radares são utilizados simultaneamente, permitindo o recolhimento de precisão e a vigilância do setor.

Figura 1: Exemplo de sítio de controle PAR 2000-T.



Fonte: Autor.

¹⁵ *Gate* PAR - setor no prolongamento do eixo da pista, onde a aeronave deverá ser alinhada com o eixo da pista para que seja vetorada com segurança até o toque. Normalmente, tem dimensões de 10NM longitudinalmente, 2000ft de altura e +- 15º para cada lado do eixo da pista em uso.

¹⁶ Terminal ou controle de aproximação – ver ICA 100-37 – Serviços de Tráfego Aéreo, capítulos 4 e 5, em Brasil (2020d).

Quanto às legislações pertinentes à operação MGCA, a norma internacional que estabelece os padrões de operação para radares de precisão é detalhada no Anexo 10, em ICAO (2006). Os radares PAR 2000-T brasileiros atendem a todos os requisitos determinados naquela Convenção.

No âmbito nacional, a operação do sistema PAR é estabelecida pela ICA 100-19¹⁷ (BRASIL, 2016a). Apresenta as normas e os procedimentos - o “como fazer” - definindo os mínimos operacionais baseados em aspectos como meteorologia e altitude do campo, dentre outros, as responsabilidades do controlador e do piloto em uma aproximação de precisão e a fraseologia padronizada tanto em língua portuguesa como no idioma Inglês.

Além das legislações, é relevante conhecer como a comunicação e os dados dos radares são trafegados, ou seja, como é consolidado o enlace de toda a comunicação de um ponto a outro do cenário de atuação.

Um dos desafios para a efetiva comunicação na operação remota está no estabelecimento de enlaces de comunicações efetivos, estáveis e seguros para os dados que são transmitidos/recebidos pelo radar.

A transmissão de voz e dados utilizando a constelação de satélites como elo entre o controlador de tráfego aéreo e o sistema radar MGCA é uma realidade segura e viável para o Brasil, pois a Força Aérea possui roteadores com interfaces que permitem estabelecer tecnicamente um *link* dedicado para transmissão de dados radar e voz com reflexão no satélite para a comunicação entre dois pontos. (SOUZA, 2020, p.4)

O enlace satelital pode ser obtido de várias formas, tais como:

1) De acordo com a DCA¹⁸ - 102-1, o TELESAT é um sistema de comunicações por satélite, totalmente gerido pelo DECEA e suas OM subordinadas, com emprego de satélite comercial (BRASIL, 2011, p.7);

2) De acordo com Preto (2008) o MPLS é uma moderna tecnologia de comutação que converge e concentra diferentes serviços (*labels*), tais como voz, dados e multimídia sobre uma única plataforma de rede. É uma tecnologia melhor adaptável a vários tipos de demandas e ambientes, principalmente no aumento de banda solicitado por novas aplicações, tais como telefones, computadores, etc.

1.2 Homologação

Segundo o item 4.4 do MANINV-BRASIL homologação é

¹⁷ ICA 100-19 NORMAS E PROCEDIMENTOS PARA OPERAÇÃO DO GCA.

¹⁸ DCA 102-1 - REQUISITOS BÁSICOS DAS REDES DE COMUNICAÇÕES DO COMAER.

a inspeção em voo realizada para se obter informações completas sobre o desempenho de um sistema/auxílio à navegação aérea ou procedimento de navegação aérea e verificar se estes atendem aos seus requisitos técnico-operacionais (sistemas/auxílios) e operacionais (procedimentos). Este tipo de inspeção em voo é executado antes da ativação de qualquer sistema/auxílio à navegação aérea ou procedimento de navegação aérea [...]. (BRASIL, 2020e, p.22).

Até o momento, não existe legislação específica para a homologação da operação remota do sistema PAR. Tal demanda foi solicitada ao SDTE do DECEA em março de 2020 e encontra-se em estudo para que sejam determinados os requisitos que o sistema deve atender. Os voos de inspeção¹⁹ serão realizados pelo GEIV após a definição das etapas de homologação.

2 METODOLOGIA

De acordo com Prodanov e De Freitas (2013), o raciocínio desta pesquisa seguiu o método hipotético-dedutivo, devido ao caráter experimental que se busca atestar, aliado à escassez de estudos anteriores sobre a operação remota do sistema MGCA PAR 2000-T.

Quanto aos objetivos, uma pesquisa exploratória foi empregada para interligar os conceitos, requisitos e aplicações emanadas pelas legislações aos dados do andamento das pesquisas e testes já realizados.

Os conceitos e disposições sobre o embasamento jurídico para o desenvolvimento do modo de operação remota do sistema MGCA foram extraídos da END e da DCA 11-45 para tratar as regulamentações de tais documentações acerca dos subsídios que fomentam o desenvolvimento de novas capacidades, como, por exemplo, a de operação remota dos PAR 2000-T. Cada excerto daquelas legislações foi criticado para se checar o enquadramento e a pertinência que poderia oferecer no tocante à consonância com o desenvolvimento de novas tecnologias e capacidades, como a operação remota MGCA. Foram apresentados e analisados sequencialmente tecendo uma adequada linha de raciocínio que visou atender tanto à HP1 como ao OE1.

As legislações empregadas no raciocínio afetos ao OE1 e HP1 foram selecionadas pelas seguintes razões:

- a) a END é o documento que norteia o Estado brasileiro em seus diversos

¹⁹ Sobre a inspeção em voo cabe observar o item 1.3.18 da ICA 121-3¹⁹, que a Investigação e avaliação em voo dos sistemas/auxílios à navegação aérea e procedimentos de navegação aérea contidos em uma carta aeronáutica, para se certificar ou verificar que estejam dentro das tolerâncias previstas, permitindo uma operação segura. (BRASIL, 2020f, p.13).

setores quanto às medidas que devem ser implementadas e as ações necessárias que capacitem para o atendimento dos objetivos políticos estabelecidos. A END, estratégica por essência, forneceu a visão e as ações para que cada segmento, especialmente os da Defesa, capacite-se e alcance o nível de operacionalidade necessário à segurança do país. Para isso, define as Capacidades Nacionais de Defesa (CND) às quais buscam a sinergia entre Governo, Indústria e Ciência para que sejam criadas e desenvolvidas soluções e capacidades tais como: mobilidade estratégica, coordenação e controle, desenvolvimento tecnológico e pronta-resposta. Tais CND estão intimamente relacionadas ao que a operação remota PAR pode oferecer;

b) a DCA 11-45 trabalha em harmonia com a END estabelecendo, através de diretrizes, os requisitos de capacidade, controle, planejamento e integração que permitam à FAB atender aos constantes desafios e aos futuros cenários que se apresentem, mantendo o Poder Aeroespacial Brasileiro atualizado e pronto para quando a nação demandar.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa bibliográfica foi empregada na discriminação das características do sistema MGCA fornecidas pela fabricante do atual sistema MGCA da FAB, disponível em L3Harris (2020). A modalidade documental discriminou os resultados dos experimentos que foram realizados nos anos de 2019 e 2020 retratados nos relatórios dos testes realizados, constantes de Brasil (2019a), Brasil (2019b), Brasil (2020a), Brasil (2020b) e Brasil (2020c). Cada teste foi descrito com os detalhes pertinentes com a profundidade de conhecimento necessária ao entendimento do leitor, sem aprofundamento técnico, não necessário nesse momento. Ambos os formatos, bibliográfico e documental apoiaram-se em dados secundários. A análise qualitativa dos dados coletados e a observação de tais documentações forneceu subsídios para o atendimento da HP2 e OE2, pois permitiu ao leitor tomar conhecimento da evolução dos testes em andamento acerca da nova capacidade remota e focou nos resultados obtidos e nos possíveis benefícios que podem ser alcançados.

À luz da teoria do estruturalismo, os modelos²⁰ de estudo foram apresentados em dois quadros: Modelo 1 – Requisitos Básicos e Modelo 2 – Requisitos Secundários. A interação entre os Modelos 1 e 2 produziu as inferências

²⁰ Modelo é uma teoria específica sobre o comportamento de elementos de uma determinada classe. (THIRY-CHERQUES, 2006, p.149).

apresentadas no Modelo 3 e buscou elucidar a viabilidade técnica da operação remota do sistema PAR 2000-T, atendendo aos OE3, HP2 e HP3.

Os modelos utilizados buscaram apresentar e avaliar as condições encontradas nos testes ocorridos, diferenciando-as em básicas (requisitos constantes e necessários em inspeções de sistemas radares) e secundárias (condições que podem variar em termos de localidade, tipo de teste e aeronave envolvida). O cruzamento de tais dados visou fornecer a robustez dos experimentos realizados e indicar o correto caminho e a promissora condução das pesquisas. Foram apresentados de modo pictográfico com esquema de cores (verde e vermelho) para expor os resultados em quadro específico. Além disso, foi apresentada a análise de cada interação para melhor compreensão do leitor.

Ainda, para reforçar o percurso metodológico para a validação dos OE3 e HP3, a teoria de Porter (1990), quanto aos requisitos destacados no conceito de vantagem competitiva, elencados pelo Diamante da Vantagem Nacional proposto na Figura 2, forneceu um raciocínio acerca dos elementos lá destacados.

Tal recurso foi empregado, pois para cada elemento do diamante foram elencadas as características, capacidades, diferenciais e potenciais dos conceitos componentes da teoria de Porter. Dessa forma, foram apresentados os pontos relevantes nos cenários FAB, indústria nacional, base técnico-científica, centros de pesquisa e fabricantes internacionais do PAR. Tais destaques forneceram o raciocínio que visa reconhecer os benefícios alcançados no desenvolvimento e aplicação da capacidade de operação remota do PAR 2000-T. Os resultados foram apresentados em quadro específico e detalhados na análise correspondente.

O universo e a amostra utilizados para esta pesquisa são os testes para o desenvolvimento da capacidade de operação remota MGCA, realizados entre os anos de 2019 e 2020.

A limitação desta pesquisa deve-se ao caráter pioneiro de desenvolvimento da capacidade de operação remota e não haver documentação nem experimentação anterior conhecida.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A avaliação dos benefícios advindos da operação remota do PAR 2000-T foi baseada em Porter (1990) sobre vantagem competitiva ao questionar: por que certas

empresas são capazes de inovações constantes? A resposta está em quatro atributos de uma nação que tanto individualmente, como em um sistema, constituem o Diamante da Vantagem Nacional. (tradução nossa) Esses atributos são:

a) **condições de fator** – nas indústrias sofisticadas os fatores mais importantes são os recursos humanos qualificados e uma base científica forte. Porter (1990) (tradução nossa);

b) **condições de demanda** – natureza do mercado doméstico. Porter (1990) informa que, assim como as condições de fator, as condições de demanda proveem vantagens forçando empresas a responder a desafios difíceis e necessidades surgem por causa dos valores locais e circunstâncias (tradução nossa);

c) **indústrias de suporte e correlatas** – presença ou ausência de empresas parceiras ou competidoras. Porter (1990) indica que

muito mais significativo que o mero acesso a componentes e máquinas é vantagem das indústrias de apoio, pois tais empresas tem a capacidade de influenciar os esforços técnicos, especialmente na área de pesquisa e desenvolvimento (P&D), acelerando o ritmo da inovação. (tradução nossa)

Nesse contexto, a Base Industrial de Defesa (BID) nacional e a indústria nacional devem ser consideradas como parceiros importantes.

d) **firme estratégia, estrutura e rivalidade** – circunstâncias e contexto nacional criam fortes tendências em como as empresas são criadas, organizadas e dirigidas. Além disso,

[...] rivais domésticos competem não somente por pessoas, mas por excelência técnica... padrões rigorosos de desempenho do produto, segurança e impacto ambiental pressionam as empresas a melhorar a qualidade e atualizar a tecnologia (PORTER, 1990, p.85, tradução nossa)

As obras de Vieira e Zouain (2005) e Thiry-Cherques (2006) auxiliaram no entendimento da viabilidade técnica para o desenvolvimento da operação remota do sistema MGCA, pois se basearam em dados dos testes já realizados.

Tais dados serviram de base para a criação de modelos de estudo tratados à luz da teoria do estruturalismo.

O objeto do estruturalismo é o conjunto das relações interdependentes de fenômenos determinados, [...], o método está voltado para a identificação de um sistema relacional de elementos, das suas propriedades e do conjunto de estados e transformações possíveis pelos quais estes elementos e relações podem passar, [...], a análise estrutural compara os modelos entre si, procurando encontrar propriedades formais (leis, lógicas) que encerrem estruturas explicativas do fenômeno, [...], na interpretação dos dados, o método estruturalista consiste na observação dos elementos e relações que

permitem comparar e classificar em uma síntese das nossas descobertas. (THIRY-CHERQUES, 2006, p.145).

Para a análise estruturalista, é necessária, de acordo com Vieira e Zouain (2005, p.29), a construção de modelos que contenham as relações possíveis entre os elementos de um objeto determinado em um sistema²¹. Ainda, Vieira e Zouain (2005, p.34) informam que tal modelagem foi tomada da logística – descrições do real, puramente matemáticas. Podem ser aplicadas tanto na mecânica como estatisticamente; podem referir-se tanto a conceitos como a condutas.

Também, elucidam que:

No estruturalismo, como na matemática e na lógica, o modelo designa o resultado obtido ao se especificarem os elementos e as relações de uma estrutura²². O objeto de estudo é o possível, não o real empírico, e a estrutura é um modelo heurístico. (VIEIRA e ZOUAIN, 2005, p.31)

Reforçando o conceito de modelo, é apresentado um método para a análise que pode ser assim esquematizado:

Um modelo científico é uma sequencia de entidades constituída na forma $(B_1, \dots, B_n (A_1, \dots, A_n), R_1, \dots, R_p)$ que satisfaz determinadas condições, sendo:

- a série *B* representativa das proposições básicas;
- a série *A* representativa das proposições secundárias e
- a série *R* representativa das relações entre algumas dessas proposições.

A construção do modelo consiste nas seguintes operações:

1. definir o fenômeno em estudo como relação entre dois ou mais termos reais ou supostos;
2. construir uma tabela das permutas possíveis entre esses elementos;
3. proceder à análise, adotando esta tabela como referência, e considerando os fenômenos empíricos apenas como uma possível combinação entre outras, cujo sistema completo deve ser construído de antemão. (THIRY-CHERQUES, 2006, p.149 e 150).

Ao concluir o raciocínio, é importante destacar que:

As formas de descrever as estruturas são variadas. Elas podem ser objeto de uma enunciação linear, ou de grafos, em que a representação dos elementos (vértices) ligados por linhas que denotam as relações. As conexões podem ser recíprocas ou orientadas [...] o fundamental é que tenham sentido. (THIRY-CHERQUES, 2006, p.152).

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos dados apresenta as interações que visavam atender aos

²¹ Sistema é um modelo dinâmico, descreve a ação de um conjunto de elementos funcionais (entrada, processo, saída, feedback, etc.). (THIRY-CHERQUES, 2006, p.142).

²² A estrutura é um sistema relacional ou um conjunto de sistemas relacionais, (THIRY-CHERQUES, 2006, p.142).

objetivos e confrontar as hipóteses suscitadas nesta pesquisa. Foram discutidos os pontos relevantes ao atendimento dos OE e HP apontados neste trabalho.

4.1 OE1 e HP1

Para se analisar o embasamento jurídico que trata do desenvolvimento de novas tecnologias no âmbito da FAB são apresentados abaixo alguns conceitos extraídos tanto na END como da DCA 11-45.

O atendimento ao OE1 e à HP1 foi o resultado do delineamento dos trechos das legislações, acompanhados de seu entendimento.

Aproveitando-se do que trata a END no seu item 3.2, acerca de desenvolvimento e atualização tecnológica, é relevante observar que:

A capacidade de desenvolvimento tecnológico de defesa proporciona o desenvolvimento e/ou modernização de Produtos de Defesa - PRODE e Sistemas de Defesa - SD, por intermédio de ações integradas empreendidas pelo Estado, indústria e meio acadêmico, de forma sinérgica, buscando a atualização e a independência tecnológica. (BRASIL, 2016b, p.39)

Reforça o entendimento, com foco no Poder Aeroespacial, especialmente o item 3.6.4 da END ao inferir que:

A eficiência operacional das Capacidades Militares do Poder Aeroespacial está intrinsecamente relacionada ao binômio ciência-tecnologia, de sorte que a Força Aérea buscará o domínio científico-tecnológico que possibilite responder aos desafios impostos pelas características da guerra moderna.

Nesse contexto, tornam-se imperiosas a criação e a ampliação de polos tecnológicos integradores, com o objetivo de conquistar a autossuficiência em projetos de desenvolvimento e na fabricação de sistemas de Comando, Controle, Comunicação, Computação e Inteligência (C4I), com vistas a eliminar, progressivamente, a dependência externa. (BRASIL, 2016b, p.55)

Com base nos dois trechos destacados acima, explicita-se que o desenvolvimento tecnológico de PRODE e SD criam um ambiente sinérgico, fomentando não somente os setores relacionados à defesa, mas também a indústria e a pesquisa acadêmico-científica. Tal sinergia favorece a todos, fortalecendo o Estado, afastando-o da dependência externa, fomentando a independência tecnológico-científica em áreas de interesse.

Outra vertente da END que fortalece tal entendimento estabelece no seu capítulo 3.3 - Base Industrial de Defesa que:

...o componente estatal da BID deverá, em princípio, projetar e produzir o que o setor privado não pode fazê-lo de forma rentável no curto e no médio prazos. Dessa forma, o Estado buscará atuar no teto tecnológico, em

estreito vínculo com os centros avançados de pesquisa das Forças Armadas e das instituições acadêmicas brasileiras. (BRASIL, 2016b, p.43)

O raciocínio exposto até o momento pode ser traduzido em ações conforme o especificado na END, capítulo 4 – Estratégias e Ações Estratégicas de Defesa (AED) ao encontrar na:

AED-10 Desenvolver as capacidades de monitorar e controlar o espaço aéreo, o espaço cibernético, o território, as águas jurisdicionais brasileiras e outras áreas de interesse. (BRASIL, 2016b, p.63)

Ainda, em ambiente interno às Forças Armadas, a END, no item 3.6 Setor de Defesa – aponta a operação em rede de forma a cobrir toda a área de interesse resultante da capacidade de mobilidade que as tecnologias e sistemas possam fornecer, conforme pode ser observado no trecho abaixo:

Necessário é, pois, desenvolver as atividades de monitoramento e controle do espaço aéreo [...]. Tais atividades demandam que, cada vez mais, as Forças possam operar em rede [...] exigirá a aptidão de se chegar, oportunamente, à região de interesse, de acordo com a capacidade de mobilidade estratégica. (BRASIL, 2016b, p.43)

Em adição, a DCA 11-45 reforça o raciocínio sobre a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias, apontando em seu item 5.2.7.1, que a Força Aérea é muito dependente da infraestrutura que suporta a sua operação. Neste sentido, é primordial a constante preocupação na melhoria da estrutura que alicerça a atividade-fim da FAB. (BRASIL, 2018b, p.39)

A melhoria tratada no item anterior pode ser complementada pelo item 5.2.2.3 da mesma legislação ao endossar em que:

Para garantir o monitoramento/controle do espaço aéreo brasileiro, a Força Aérea avaliará a modernização, o reposicionamento e/ou ampliação dos seus meios de detecção e comunicações, buscando a cobertura ideal de todo o território nacional. A fim de modelar o sistema de controle do espaço aéreo do futuro, devem ser analisadas novas alternativas tecnológicas [...] (BRASIL, 2018b, p.34)

Para o atendimento da HP1 fica claro que o desenvolvimento tecnológico é fundamental para manter o Poder Aeroespacial atualizado, operacional e capaz de atuar frente ao cenário das ameaças atuais, além de projetar-se para as potencialidades futuras. Ainda, faz-se primordial a sinergia entre Estado – Forças Armadas – Instituições Acadêmicas, na pesquisa de novos conceitos e soluções.

Especialmente ao Poder Aeroespacial, outro ponto tratado diz respeito à

capacidade de cobertura de toda área de atuação, além da pronta-resposta às demandas de comando e controle do espaço aéreo. Nesse ponto, a nova capacidade dos radares PAR favorece a mobilidade estratégica, além de oferecer um melhor suporte às operações, pois com o desmembramento da estrutura do MGCA será possível chegar mais rapidamente, com menos suporte logístico, à área de operações. Além disso, uma mesma console de controle pode controlar outro radar PAR, conforme relatado no Teste nº 3, item 4.2.3.

Todas as premissas apresentadas anteriormente enquadram-se no contexto do desenvolvimento da capacidade de operação remota dos radares PAR 2000-T por oferecerem características de maior mobilidade e agilidade das comunicações, desenvolvimento de conceitos que não são encontradas no mercado e são perfeitamente enquadradas no binômio ciência-tecnologia.

Para finalizar a análise do OE1 e HP1, é oportuno destacar o potencial de inovação observada no desenvolvimento da operação remota dos radares PAR 2000-T. Corrobora o discutido até o momento, pois

a inovação é um processo de fazer uma oportunidade uma nova ideia e de colocá-la em uso da maneira mais ampla possível, tendo em vista uma necessidade, ter uma ideia e colocá-la em prática, podendo avaliar os resultados. (TIDD; BESSAN; PAVITT, 2008 apud SINIMBÚ, 2011, p. 27).

Hoje, a FAB já colhe frutos da pesquisa no desenvolvimento da capacidade remota do PAR 2000-T, pois desde 2019, técnicos e controladores dos esquadrões do 1º GCC, por iniciativa própria, debruçaram-se sobre os manuais do equipamento radar, desenharam teorias e criaram configurações com base no estudo das milhares de linhas de comando dos códigos fonte do radar gerando conhecimentos técnicos e oportunidades de pesquisa.

4.2 OE2 e HP2

Em atendimento ao OE2, segue abaixo um extrato²³ dos testes realizados no desenvolvimento da operação remota do sistema PAR 2000-T.

4.2.1 1º Teste

Ocorreu em julho de 2019. O sistema MGCA completo, exceto uma console de controle que fora deixada no sítio sede em Natal-RN, encontrava-se em

²³ São apresentados em ordem cronológica com dados ostensivos. Os dados reservados omitidos, contidos nos relatórios, em nada alteram o nível de conhecimento do assunto pretendido para este trabalho.

operação, dando suporte ao treinamento de esquadrões de caça no aeródromo de Cachimbo (SBCC)²⁴. Na ocasião, o MGCA controlava as aeronaves militares, similar ao um controle de aproximação radar, além do recolhimento de precisão.

O teste consistiu do controle, a partir do sítio Natal (SBNT)²⁵, de uma aeronave em procedimento de aproximação de precisão para a pista 12 do SBCC.

As configurações do equipamento, o ajuste de comunicações rádio e o enlace satelital entre os sítios de controle de Natal e Cachimbo foram estabelecidos. O aeródromo operava em condições visuais.

Resultado: No dia 24 de julho de 2019, uma aeronave A-29 Super Tucano, foi controlada com segurança, sem falhas ou atrasos de comunicações/radar, a partir de Natal, a mais de 2200km de distância. Feito inédito para o referido tipo de equipamento a nível mundial, até onde foi possível pesquisar e investigar²⁶.

Para mais detalhes ver Brasil (2019b) e Brasil (2019d).

4.2.2 2º Teste

Realizado em fevereiro de 2020. O sistema MGCA completo encontrava-se em operação no SBJP²⁷, exceto uma console de controle que permaneceu no sítio Natal. A operação em João Pessoa tinha o objetivo de estabelecer o controle radar de uma área terminal para o SBJP, além do recolhimento de precisão.

Conforme o apontado no item 16.7, letra “j” do MANINV-BRASIL, que orienta que deve ocorrer uma avaliação do equipamento radar após sua instalação no novo local de operação.

Para tanto, O GEIV já realizava a prevista inspeção em voo de homologação do sistema radar para a operação em SBJP. Além disso, foi solicitado ao GEIV que realizasse o teste de operação remota entre os sítios de operação SBJP e SBNT, de forma que, a partir do sítio Natal, a aeronave laboratório fosse controlada para aproximação de precisão para a pista 16 do SBJP.

As configurações do equipamento, o ajuste de comunicações rádio e o enlace satelital entre os sítios de controle de Natal e João Pessoa foram realizados. O aeródromo operava em condições visuais.

Resultado: No dia 08/02/2020 foi realizado o controle da aeronave do GEIV

²⁴ SBCC - designativo ICAO para o aeródromo militar Campo de Provas Brigadeiro Veloso, em Cachimbo-PA.

²⁵ SBNT - designativo para o antigo aeroporto internacional Augusto Severo em Parnamirim-RN. Atualmente sedia a ALA 10 e a Base Aérea de Natal, além de diversas outras Unidades da FAB.

²⁶ Aliado à pesquisa discorrida neste trabalho, foi realizado, em agosto de 2020, contato com a empresa Harris, fabricante do radar PAR brasileiro, questionando a respeito de operação remota com o PAR 2000-T, porém não houve resposta.

²⁷ SBJP - Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, em João Pessoa-PB.

pelo sítio Natal, em aproximação PAR para a pista 16 do SBJP, com segurança e sem atrasos nem perdas de dados de comunicação/radar.

4.2.3 3º Teste

Realizado em agosto de 2020. O objetivo era criar um *link* entre dois sistemas PAR 2000-T, em operação simultânea nos aeródromos de SBNT e SBPV²⁸. Dessa forma, tanto o sistema MGCA de Natal poderia controlar o de Porto Velho como vice-versa. Para esse teste, o PAR Natal controlou o PAR Porto Velho. O controle de ambos os sistemas PAR limitavam-se ao recolhimento de precisão.

As configurações técnicas para a comunicação entre os dois sistemas MGCA foram realizadas e durante o período de 10 a 14 de agosto de 2020, foram executadas 10 aproximações de precisão para as pistas 01 e 19 do SBPV.

Resultado: Todas as aproximações para o SBPV foram controladas a partir do sítio SBNT, com segurança e sem perda de dados radar nem comunicações.

Mais detalhes da operação SBNT-SBPV podem ser encontrados em publicação realizada no *site* do DECEA, disponível em Brasil (2020c).

Os resultados satisfatórios nos três testes realizados atestam a HP2. Em todos eles a operação foi segura e sem intercorrências. Com base no apresentado, pode-se inferir preliminarmente, que a operação remota é tecnicamente viável. Ainda demanda mais experimentos e comprovações que ainda devem ser realizados.

É importante destacar que todos os experimentos citados foram realizados sem a alocação de recurso orçamentário extra.

4.3 HP2, HP3 e OE3

Para o atendimento à HP3 e ao OE3, o esquema proposto na Figura 2 oferece uma visão dos pontos que podem convergir, tanto individualmente, como em um sistema para gerar vantagem competitiva. A adaptação utilizada visou estabelecer um ciclo de condições que fortalecem não somente a indústria nacional e a BID, mas a FAB, quanto ao desenvolvimento da capacidade de operação remota do sistema MGCA PAR 2000-T.

As **condições de fator**, ou melhor, os fatores que fazem a diferença gerando uma condição de superioridade, de vanguarda e de inovação, são coerentes ao

²⁸ SBPV - designativo ICAO para o aeroporto internacional Governador Jorge Teixeira de Oliveira, em Porto Velho-RO.

proposto por Porter (1990, p.79) em que as vantagens competitivas resultam da presença de instituições de classe mundial que primeiro criam fatores especializados e, em seguida, trabalham continuamente para atualizá-los (tradução nossa). Isso é possível de ser observado nas instituições que foram elencadas: os centros de pesquisa, polos de tecnologia e setores da FAB que se destacam na pesquisa científica (DCTA), na pesquisa acadêmica e ampliação/especialização dos horizontes de atuação profissional (UNIFA) e no desenvolvimento de ferramentas administrativo-operacionais (CCA) em plataformas digitais e *softwares* que melhoram a gestão da informação na Força. As condições de fator oferecem suporte técnico, pesquisa e pessoal qualificado para os desafios técnicos.

Limitando-se o escopo das **indústrias de suporte e correlatas** àquelas que possam intervir no equipamento MGCA em tela, existem poucas empresas a nível internacional fabricantes de radares PAR 2000-T, tais como a americana *L3Harris*, a italiana *Leonardo* e a tcheca *Eldis*. Nesse aspecto, pode-se configurar um cenário de dependência, pois a FAB somente é cliente, quando considerada especificamente por ter adquirido os sistemas MGCA atuais. Embora a FAB figure como cliente nesse aspecto do diamante, a BID nacional pode fornecer considerável suporte, especialmente entregando soluções de P&D, recursos técnicos e pessoal capacitado, provenientes de empresas como EMBRAER, IME, AEL Sistemas, MECTRON, dentre outras. Dessa forma, a BID destaca-se pela forte parceria que pode acrescentar e interagir no suporte ao desenvolvimento de novos conceitos.

Aliado a isso, Porter (1990, p.83) esclarece que fornecedores internacionalmente competitivos criam vantagens nas indústrias por fornecerem insumos mais econômicos de maneira eficiente e rápida (tradução nossa). Na mesma página, Porter conclui que as empresas nacionais se beneficiam mais quando os fornecedores são, eles próprios, concorrentes globais (tradução nossa). Os fabricantes de radares PAR citados enquadram-se nesse contexto.

Independente das vantagens apresentadas nas indústrias de suporte e correlatas, o desenvolvimento da capacidade de operação remota tratada neste trabalho, já trilha um caminho de viabilidade com os recursos técnicos e humanos presentes nas condições de fator apresentadas.

Também, as **condições de demanda**, segundo Porter (1990, p.82) ajudam a construir vantagem competitiva quando um segmento particular da indústria é maior ou mais visível no mercado doméstico que nos mercados estrangeiros (tradução

nossa). Restringindo-se o cenário do mercado para o ambiente FAB, no entendimento de Porter, o tamanho da demanda doméstica se mostra muito menos significativo do que o caráter da demanda doméstica (tradução nossa). Nesse caso, as condições de demanda corroboram o caráter especial de inovação e desenvolvimento percebidos na capacidade de operação remota PAR.

Finalmente, quanto à **rivalidade, firme estratégia e estrutura**:

[...] outro benefício da rivalidade doméstica é a pressão em criar constantes melhoramentos das fontes de vantagem competitiva [...] Companhias são forçadas a se moverem além, ganham mais vantagens sustentáveis. Além disso, rivais domésticos concorrentes manter-se-ão honestos para obterem apoio governamental. (PORTER, 1990, p.85, tradução nossa).

No contexto FAB – desenvolvimento da capacidade de operação remota do sistema MGCA - a rivalidade consiste em fazer melhor o que já está sendo bem feito, ou seja, a aplicação remota lança o desafio de se trabalhar de forma a otimizar a estratégia de aplicação de um componente do Poder Aeroespacial, destacando, por exemplo, a melhor pronta-resposta às demandas solicitadas ou no diferencial de potencial que pode ser conseguido com a aplicação remota do equipamento PAR.

Sobre o analisado acerca dos componentes do diamante da Figura 1, são apresentados no Quadro 1 os principais pontos de vista que atendem aos questionamentos referentes à HP3 e ao OE3.

Quadro 1- Resumo das Capacidades e Vantagens Observadas.

| Componentes | Capacidades e Vantagens Observadas |
|---|---|
| Condições de Fator | <ul style="list-style-type: none"> ●Centros tecnológicos atuantes e reconhecidos internacionalmente; ●Pesquisa científica e acadêmica atuante; ●Fontes de pessoal qualificado; ●Desenvolvimento de tecnologia em ambiente interno, sem dependências externas. |
| Indústrias de Suporte e Correlatas | <ul style="list-style-type: none"> ●Fornecedores devem estar em concorrência global; ●Parque industrial brasileiro e BID adequados à tarefa de desenvolver a capacidade e dar suporte à operação remota do PAR 2000-T. |
| Condições de Demanda | <ul style="list-style-type: none"> ●Mercado doméstico deve ser mais “aquecido”; ●Desenvolvimento da capacidade de operação remota inerente à FAB e, dessa forma, com maior liberdade de atuação; ●Por ser questão de âmbito interno, possui maior facilidade de tratamento, agilidade e suporte. |
| Rivalidade, Firme Estratégia e Estrutura | <ul style="list-style-type: none"> ●Estratégia de melhoria constante; ●Soluções que oferecem redução de custos e melhoria das capacidades de pronta-resposta. |

Fonte: O autor.

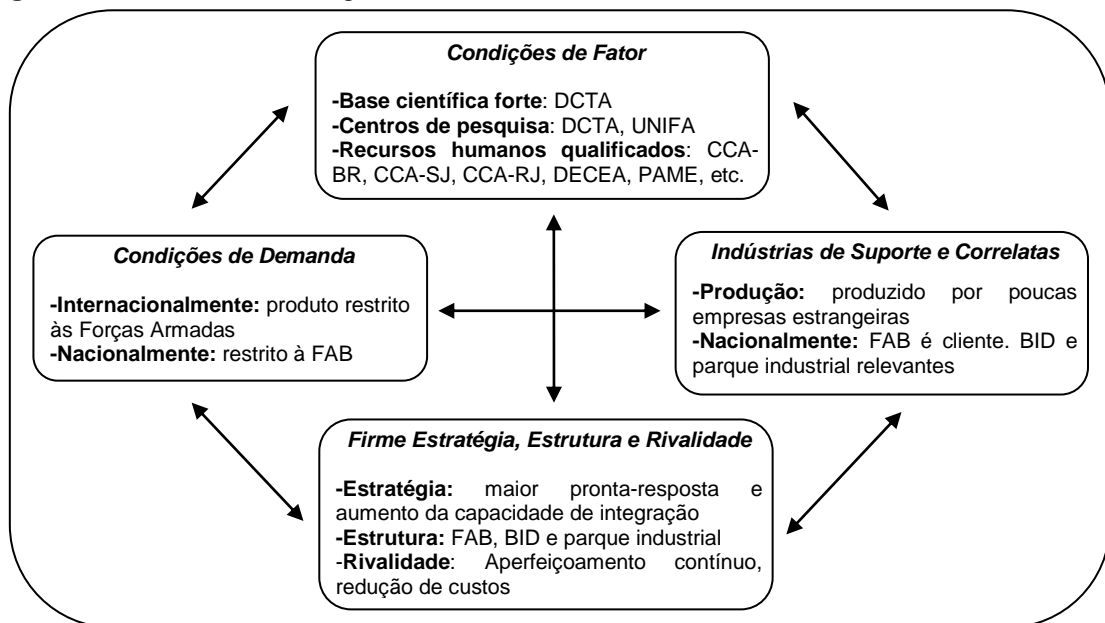
Além dos benefícios já apontados anteriormente vale ressaltar o emprego da operação remota no aspecto da formação do controlador PAR, pois o operador de uma sede poderia controlar remotamente outro sítio PAR. Com isso, as características locais de cada sítio (aeronaves e performances, meteorologia, tráfego

aéreo, etc.) dariam maior expertise ao controlador sem ser necessário o deslocamento do profissional até outro sítio para realizar o referido controle.

Outro ponto a favor que pode ser levantado é o emprego remoto do equipamento MGCA em situações de calamidade ou desastres naturais, especialmente em locais desprovidos de pistas de pouso, como o ocorrido em Brumadinho-MG em janeiro de 2019²⁹. No local das buscas a grande movimentação de aeronaves, principalmente helicópteros, demandava estreita coordenação de espaço aéreo que poderia ser facilitada com o emprego do MGCA.

Como forma de reforçar o atendimento à HP2 e ao OE3, segue a aplicação da Teoria do Estruturalismo quanto aos modelos apresentados abaixo com o intuito de interagir com os diversos requisitos observados em um teste de equipamentos radar / telecomunicações.

Figura 2 - Diamante da Vantagem Nacional.



Fonte: Diamante da Vantagem Nacional. Adaptado de Porter (1990, p.78).

4.3.1 Considerações a partir do Modelo 1

Os requisitos básicos definem as condições ideais que devem ser estabelecidas para a viabilidade dos testes. Foram elencados com base nos relatórios dos referidos experimentos. Caso alguma delas seja desfavorável, o teste pode ser inviabilizado até que sejam obtidas condições adequadas.

Para melhor entendimento das condições apresentadas na coluna COD (Códigos) cabem alguns esclarecimentos sobre as variáveis empregadas.

²⁹ Para maiores detalhes ver reportagem apresentada em Brasil (2019c).

Localidades Envolvidas: apresenta o indicativo ICAO da localidade que controlou e da localidade que foi controlada em cada teste.

B1 – Comunicação rádio: condição primordial para qualquer comunicação aeronáutica. Deve atender o especificado no item 4.6.3.1 da ICA 100-12³⁰. Acrescenta-se ao entendimento, o constante do item 16.9.8 do MANINV-BRASIL Brasil (2020e), ao dizer que [...] a comunicação é um fator compulsório no controle-radar e, principalmente, nas aproximações, em que deve ser contínua e clara;

B2 – Enlace satelital – conforme item 1.7. Deve atender ao disposto no item 3.5.12.1 letra f³¹ da ICA 100-19, Brasil (2016a);

B3 – Condições meteorológicas do aeródromo controlado – tais condições são as reinantes no aeródromo que está sendo controlado remotamente, no qual ocorrem as aproximações de precisão. Deve atender ao disposto na Tabela 1 do item 4.9 da ICA 100-12 Brasil (2018a) para os espaços aéreos³² B, C, D e E.

Além disso, cabe ressaltar o estabelecido no item 6.3.2 do MANINV-BRASIL, no qual a equipe de inspeção em voo deve:

[...] certificar-se de que as condições meteorológicas permitam a perfeita execução de todos os procedimentos previstos para a inspeção em voo. Nesse aspecto, não somente visibilidade e teto devem ser observados como elementos que possam restringir a atividade[...] (BRASIL, 2020e, p.35)

Reforça tal cuidado o especificado no item 10.2.1.4 do MANINV-BRASIL:

a inspeção em voo de um procedimento de navegação aérea para operação de aeronaves [...] podem ser efetuadas durante a inspeção em voo do sistema que apoia o procedimento, se prevalecerem condições meteorológicas visuais (VMC) em toda a extensão de cada segmento do procedimento a ser avaliado. (BRASIL, 2020e, p.70).

B4 – Falhas reportadas: conforme apresentado nos relatórios dos testes realizados. Podem ser divididas em temporárias e permanentes. As temporárias podem ser sanadas e o teste pode prosseguir. As permanentes necessitam de ação corretiva mais complexa, interrompendo o teste e necessitando de pesquisa para a identificação das necessidades/correções;

B5 – Resultados preliminares: Satisfatório / Insatisfatório – são baseados nos reportes dos testes. Embora o item 6.1.1 da ICA 121-3 estabeleça que:

após o encerramento de uma inspeção em voo, o PI deverá emitir um relatório imediato de inspeção em voo com o resultado dos itens verificados

³⁰ Toda aeronave que realizar voo controlado deverá manter escuta permanente na frequência apropriada do órgão ATC correspondente e, quando for necessário, estabelecer com esse órgão comunicação bilateral. (BRASIL, 2018a).

³¹ 3.5.12.1 As condições ideais para transferência do Controle de Aproximação para o Controle PAR serão aquelas em que a aeronave estiver: [...] f) detectada positivamente pelo PAR, sendo compulsório o contato RADAR em elevação e azimute.

³² A classificação dos espaços aéreos consta do Anexo A da ICA 100-37 (BRASIL, 2020d).

e observações [...] bem como orientar o órgão mantenedor quanto aos procedimentos a serem tomados. (BRASIL, 2020f, p.29).

Tais resultados não são relacionados diretamente à avaliação da aeronave do GEIV, pois os testes realizados até o momento são preliminares para avaliação de óbices, necessidades técnicas, dentre outros fatores que serão, posteriormente em outros experimentos, tratados com maior profundidade.

Quadro 2 - Modelo 1 - Requisitos Básicos.

| | Data do Teste | 24/07/2019 | 08/02/2020 | 10 a 14/08/2020 |
|------------|--|--------------------|--------------------|---|
| COD | Localidades Envolvidas | SBNT - SBCC | SBNT - SBJP | SBNT - SBPV |
| B1 | Comunicação rádio | Sem falhas | Sem falhas | Sem falhas |
| B2 | Enlace satelital | Satisfatório | Satisfatório | Satisfatório |
| B3 | Condições meteorológicas do aeródromo | Visuais (VMC) | Visuais (VMC) | Visuais (VMC) |
| B4 | Falhas reportadas | Nenhum reporte | Nenhum reporte | Temporária MPLS - oscilação de estabilidade de sinal TELESAT - sem falhas |
| B5 | Resultados preliminares | Satisfatório | Satisfatório | Satisfatório |

Fonte: O autor.

4.3.2 Considerações a partir do Modelo 2

Os requisitos secundários são as condições que irão variar no teste para que sejam satisfeitos os objetivos da análise ou alcançados os parâmetros preliminares de conformidade. Definem as condições variáveis que cuja alteração podem ou não influenciar no resultado do experimento. Figuram como constantes nos três testes realizados, por isso serão tratadas aqui.

Seguem as considerações sobre as variáveis empregadas na coluna **COD**.

S1 – Distância entre as localidades: medida em quilômetros (km), em linha reta entre os pontos centrais das pistas principais dos aeródromos envolvidos;

S2 – Aeronave controlada: tipo de aeronave que executou a aproximação PAR nos testes. Não, necessariamente a aeronave de inspeção do GEIV;

S3 – Número de aproximações PAR realizadas: quantidade de procedimentos PAR realizado por cada aeronave nos testes;

S4 – Homologação pelo GEIV: conforme especificado no item 1.8. Trata-se da condição que deverá ser obtida após a formalização dos parâmetros de inspeção para operação remota, definidos pelo SDTE. Para os experimentos realizados, o GEIV voou em dois dos testes, porém sem caráter de inspeção de homologação.

Quadro 3 - Modelo 2 - Requisitos Secundários.

| | Data do Teste | 24/07/2019 | 08/02/2020 | 10 a 14/08/2020 |
|-----|---------------------------------------|------------|-------------|--------------------------|
| COD | Localidades Envolvidas | SBNT-SBCC | SBNT - SBJP | SBNT - SBPV |
| S1 | Distância entre localidades | 2200 km | 141 km | 3186 km |
| S2 | Aeronave controlada | A-29 | Legacy 500 | Legacy 500 A-29 |
| S3 | Número de aproximações PAR realizadas | 01 | 01 | 02 Legacy 500 08 A-29 |
| S4 | Homologação pelo GEIV | Não | Não | Não |

Fonte: O autor.

4.4 Interações entre o Modelo 1 e o Modelo 2

As interações entre os Modelos 1 e 2 são exibidas no Quadro 4. Cabe ressaltar que o processo tratado nas interações refere-se ao desenvolvimento da capacidade de operação remota dos radares PAR 2000-T.

4.4.1 B1-Sn⁰

B1-S1: a distância entre as localidades (S1) interfere na qualidade da comunicação (B1). B1 é afetada por S1. Quanto maior a distância mais degradada é a comunicação e vice-versa, conforme pode ser deduzido no item 20.2.6³³ do MANINV-BRASIL, Brasil (2020e);

B1-S2: o tipo de aeronave (S2) não influencia em B1. Falhas contínuas e/ou permanentes em B1 podem apresentar obstáculo à qualidade de informação via rádio recebida por S2.

B1-S3: alterações em S3 não interferem na qualidade de B1. Falhas contínuas e/ou permanentes em B1 podem reduzir S3.

B1-S4: S4 não interfere em B1. Falhas contínuas e/ou permanentes em B1 interferem na realização do voo de inspeção (S4).

4.4.2 B2-Sn⁰

B2-S1: a distância (S1) não interfere em B2. B2 não é influenciado por S1.

B2-S2: o tipo de aeronave (S2) não interfere em B2. Falhas contínuas e/ou permanentes em B2 não representam risco para a operação de controle de terminal, desde que a aeronave possua comunicação rádio efetiva. Para o controle PAR interfere em S2, conforme item 3.5.7.2 da ICA 100-19³⁴ Brasil (2016a);

³³ Atesta o parecer sobre a influência da distância nas comunicações o item 20.2.6 do MANINV-BRASIL ao apresentar a fórmula para Linha de Visada de Rádio $D = 1,23 (\sqrt{H} + \sqrt{h})$, onde **D** – Distância (em NM); **H** – Altura da aeronave (pés) e **h** – Altura da antena transmissora da estação de terra (pés).

³⁴ 3.5.7.2 Em caso de perda de contato radar em azimute e/ou elevação durante a aproximação de precisão, o controlador deverá interromper as instruções e instruir a aeronave prosseguir visual ou, executar o procedimento de aproximação perdida.

B2-S3: a quantidade de aproximações realizadas (S3) não interfere em B2. Falhas contínuas e/ou permanentes em B2 alteram S3.

B2-S4: S4 não interfere em B2. Falhas em B2 interferem em S4.

4.4.3 B3-Sn^o

B3-S1: a distância entre as localidades (S1) não interfere nas condições meteorológicas do aeródromo controlado (B3). Uma degradação de B3 no aeródromo que está sendo controlado o teste não interfere em S1.

B3-S2: o tipo de aeronave (S2) não interfere em B3. A degradação de B3 no aeródromo que está sendo controlado no processo, passando a operar abaixo de VMC pode interferir em S2, caso a referida aeronave não consiga ajustar o voo para regras de voo por instrumento (IFR)³⁵.

B3-S3: a quantidade de aproximações realizadas (S3) não interfere em B3. A degradação de B3 não interfere em S3, por tratar-se de procedimento de precisão.

B3-S4: S4 não interfere em B3. Degradação de B3 no aeródromo sob controle no processo passando a operar abaixo de VMC inviabiliza³⁶ o voo de inspeção (S4).

4.4.4 B4-Sn^o

B4-S1: a distância (S1) não interfere em B4 e vice-versa.

B4-S2: o tipo de aeronave (S2) não interfere em B4 e vice-versa.

B4-S3: a quantidade de aproximações realizadas (S3) não interfere em B4. As condições de falha do equipamento (B4) podem influenciar em S3.

B4-S4: A aeronave GEIV (S4) não influencia em B4. As condições de falha do equipamento (B4) podem influenciar no voo de inspeção (S4).

4.4.5 B5-Sn^o

B5-S1: a distância (S1) não interfere no resultado (B5). B5 não é afetado por S1.

B5-S2: o tipo de aeronave (S2) não interfere no resultado (B5) e vice-versa.

B5-S3: a quantidade de aproximações realizadas (S3) não interfere no resultado do processo (B5) e vice-versa.

B5-S4: A aeronave GEIV (S4) influencia diretamente, pois o GEIV emitirá a homologação do equipamento (B5) quando em voo de inspeção. B5 não influencia

³⁵ IFR – conforme Capítulo 6 da ICA 100-12 (BRASIL, 2018a).

³⁶ Conforme item 10.2.1.4 do MANINV, a inspeção em voo de um procedimento de navegação aérea para operação de aeronaves podem ser efetuadas durante a inspeção em voo do sistema que apoia o procedimento, se prevalecerem condições meteorológicas visuais (VMC) em toda a extensão de cada segmento do procedimento a ser avaliado.

S4, pois os resultados aqui tratados são de caráter preliminar, podendo ser obtido através da experimentação com outra aeronave, para fins de pesquisa.

Quadro 4 - Modelo 3 – Resultado das Interações entre o Modelo 1 e Modelo 2.

| COD | S1 | S2 | S3 | S4 |
|-----|----|----|----|----|
| B1 | | | | |
| B2 | | | | |
| B3 | | | | |
| B4 | | | | |
| B5 | | | | |

Legenda

Não interfere no processo

Inviabiliza o processo

Fonte: O autor.

4.5 Análise das Interações entre os Modelos 1 e Modelo 2

Com base no Quadro 4 pode-se constatar que após as interações foram obtidos os seguintes resultados:

a) com relação à B1, nas comunicações rádio há interferência direta, proporcional à distância (S1) podendo inviabilizar o processo; não é afetado pelo tipo de aeronave (S2) nem pelo número de aproximações realizadas (S3), mas inviabiliza a inspeção do GEIV (S4); B1 é requisito crítico para o sucesso do teste.

b) com relação à B2, o enlace satelital não é afetado pela distância (S1), nem pelo tipo de aeronave (S2), mas falhas em B2 podem interferir no total de aproximações realizadas (S3) e, também podem interferir na inspeção do GEIV (S4), inviabilizando o processo; B2 é requisito crítico para o sucesso do teste.

c) com relação à B3, a distância entre os aeródromos envolvidos (S1) não interfere na meteorologia; não é afetada pelo tipo de aeronave (S2), nem pode interferir no número de aproximações realizadas (S3), mas inviabiliza a inspeção do GEIV (S4); B3 pode variar, mantendo-se IMC para a realização de aproximações PAR, mas caso degrade deve estar VMC para a inspeção do GEIV;

d) com relação à B4, o processo não é afetado pela distância (S1) nem pelo tipo de aeronave (S2); pode interferir no número de aproximações realizadas (S3) e pode inviabilizar a inspeção do GEIV (S4);

e) Com relação à B5, o processo de homologação final é resultado da inspeção do GEIV (S4), mas pode ser, preliminarmente avaliado pelo voo de outra aeronave como forma de levantamento de dados de pesquisa.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou apresentar um novo conceito de operação dos radares de precisão PAR 2000-T da FAB – a operação remota. Com isso, buscou-se avaliar como o desenvolvimento do emprego remoto do sistema MGCA PAR 2000-T influencia na aplicação do poder aeroespacial na FAB na ação de VCEA referente à tarefa C3SI. Para responder a tal questionamento, objetivos específicos foram delineados para responderem às hipóteses levantadas.

Inicialmente, foram apresentadas as características e a estrutura do MGCA, para situar o leitor quanto ao equipamento tratado, às legislações pertinentes que regulamentam a atividade PAR no Brasil e no mundo, aos enlaces de comunicações que permitem o tráfego dos dados e ao processo de homologação que verifica a conformidade das capacidades técnico-operacionais do sistema radar sob inspeção.

A trilha metodológica utilizou diretrizes da END e da DCA 11-45 para apresentar a base conceitual que motiva a pesquisa por novos conceitos, métodos de operação e soluções tecnológicas que agreguem capacidades ao controle do espaço aéreo. O Diamante de Porter forneceu sólida base para o reconhecimento das vantagens oferecidas na operação remota. O modelo estruturalista foi empregado para avaliar a interação entre os diversos fatores técnicos observados nos testes, de forma a ratificar a viabilidade técnica da operação remota.

Um dos objetivos pretendidos, o OE1, dizia respeito ao suporte jurídico e legal que motivasse a pesquisa e o desenvolvimento da capacidade de operação remota. Diretrizes da END e da DCA 11-45 forneceram subsídios que permitem à FAB avaliar a modernização dos seus meios de comunicação e aperfeiçoar o controle do espaço aéreo com novas soluções tecnológicas. Tais excertos atenderam à HP1.

Para o OE2, foram elencadas as características gerais ostensivas dos três testes realizados entre 2019 e 2020, atestando o resultado satisfatório em todos

eles. Dessa forma a viabilidade técnica investigada pela HP2 foi confirmada. Pela característica de inovação do tema, há a limitação de tais testes serem apenas passos preliminares, e demandarem maiores estudos para a efetivação e homologação definitiva da capacidade de operação remota.

No atendimento ao OE3, o Diamante de Porter forneceu consistente campo de estudos e raciocínios que permitiram avaliar os diversos aspectos que resultaram em vantagem competitiva – traduzida em benefícios – no desenvolvimento da capacidade remota, tais como o excelente polo de pesquisa e recursos humanos da FAB, especialmente em Unidades como o DCTA, UNIFA e CCA, dentre outras. Paralelamente, o modelo estruturalista avaliou as interações entre os fatores presentes nos testes, esclarecendo a relevância e a influência de cada um para o sucesso dos experimentos realizados. Isso permitiu elucidar a HP3 e reforçar a HP2.

Após a análise dos dados foi possível observar que o objetivo geral da pesquisa foi alcançado com sucesso, pois a operação remota dos radares PAR 2000-T tem amparo legal, motivador institucional e base industrial capaz. Além disso, constatou-se também que a operação remota é tecnicamente possível e pode gerar benefícios desde o fomento do desenvolvimento e pesquisa de novos conceitos e tecnologias, redução de custos de operação, melhoria na mobilidade estratégica, aumento da flexibilidade e versatilidade da estrutura MGCA, além de evidenciar uma melhor pronta-resposta às demandas solicitadas e estar aderente à ação de VCEA na tarefa de C3SI.

Finalmente, foi possível, também, observar benefícios na formação de novos controladores, otimizando-se o controle PAR, ampliando a diversidade de aeronaves e cenários e, principalmente, reduzindo-se os custos envolvidos em tal processo.

Este trabalho não pretende encerrar o assunto, permitindo-se lançar novas oportunidades de pesquisa e raciocínios, tais como:

- a) desenvolvimento do *link* de controle entre os diversos MGCA e entre os PAR 2000 e 2000-T, permitindo o controle interativo entre tais sítios;
- b) incremento de qualidade no treinamento dos controladores, operando remotamente outro aeródromo no qual voam aeronaves de performances diferentes da rotineira, operada em sede;
- c) melhoria na cobertura radar, pois em caso de indisponibilidade de um equipamento em uma localidade, outro poderia fazer o controle remotamente;
- d) criação de um centro de controle PAR, controlando todos os demais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. 3º/1º Grupo de Comunicações e Controle. **Relatório Final do Exercício Operacional Tambaú – João Pessoa-PB, 2020**. Parnamirim, 2020a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. 3º/1º Grupo de Comunicações e Controle. **Relatório Final do Exercício PAREX I – Cachimbo-PA 2019**. Parnamirim, 2019a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. 3º/1º Grupo de Comunicações e Controle. **Relatório Técnico 03/ST/31GCC – Operação Remota do Radar PAR do 5º/1º GCC**. Parnamirim, 2020b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Esquadrão da FAB realiza Exercício na Serra do Cachimbo**. Rio de Janeiro, 2019b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/imprime/34490/>. Acesso em 18.05.2021.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Esquadrões Morcego e Zagal realizam testes de controle PAR**. Rio de Janeiro, 2020c. Disponível em: <http://www.decea.intraer/?i=ascom&p=noticias&id=90959>. Acesso em 25.05.2021.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Movimentos aéreos em Brumadinho evidenciam a complexidade da operação de busca às vítimas**. Rio de Janeiro, 2019c. Disponível em: [DECEA » Movimentos aéreos em Brumadinho evidenciam a complexidade da operação de busca às vítimas](#). Acesso em 15.07.2021.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 79/DGCEA, de 10 de maio de 2011. Aprova a reedição da Diretriz do Comando da Aeronáutica, disciplinando os Requisitos Básicos das Redes de Comunicações do COMAER (DCA 102-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, nº 098, f. 3878, 24 maio 2011.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 204/DGCEA, de 8 de novembro de 2018. Aprova a modificação da ICA 100-12, Instrução sobre as “Regras do Ar”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, nº 212, f. 13854, 05 dez. 2018a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 256/DGCEA, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Instrução do Comando da Aeronáutica que regulamenta os “Serviços de Tráfego Aéreo” (ICA 100-37). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, nº 210, f. 15360, 19 nov. 2020d.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 281, de 22 de dezembro de 2016. Aprova a reedição da Instrução do Comando da Aeronáutica que disciplina as Normas e Procedimentos

para Operação do GCA (ICA 100-19). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, nº 22, f. 1257, 08 fev. 2016a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 282/DGCEA, de 1º de dezembro de 2020. Aprova a reedição do Manual que dispõe sobre os procedimentos operacionais de inspeção em voo (MANINV-BRASIL). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, nº 227, f. 16390, 14 dez. 2020e.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 284/DGCEA, de 1º de dezembro de 2020. Aprova a reedição da Instrução que disciplina os procedimentos administrativos de Inspeção em Voo (ICA 121-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, nº 229, f. 16488, 16 dez. 2020f.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Revista Aeroespaço – Edição Especial – 35 anos do 3º/1º GCC**. Rio de Janeiro, p. 20-25, dez. 2019d.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comando da Aeronáutica. Portaria nº 1225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a edição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume 2 (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 14971, 12 nov. 2020g.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comando da Aeronáutica Portaria nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição da DCA 11-45 "Concepção Estratégica - Força Aérea 100". **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, nº 180, f. 11265, 15 out. 2018b.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa (END) 2016b**. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 18 maio 2021.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais**. São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

ICAO. **Annex 10 - Aeronautical Telecommunications – Vol 1**. 6. ed. Montreal, 2006.

L3HARRIS. **Precision Approach Radar – Military Air Traffic Control Radar**. Melbourne, 2020.

PORTER, M. E. **The competitive advantage of nations**. Harvard Business Review, March-April, 1990.

PRETO, G. **Rede MPLS, Tecnologia e Tendência de Evoluções Tecnológicas**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Especialização em Tecnologias, Gerência e Segurança de Redes de Computadores) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SINIMBÚ, A. A. O. **AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO INVESTIMENTO EM INOVAÇÃO: Uma abordagem com o uso do *Propensity Score Matching***. Monografia (Bacharelado em Administração) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/3708/6/2011_AllanAugustodeOliveiraSinimbu.pdf. Acesso em: 31 jul. 2021.

SOUZA, Y. C. **Controle via enlace satélite em aproximações e recolhimentos PAR**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2020.

THIRY-CHERQUES, H. R. **O Primeiro Estruturalismo: Método de Pesquisa para as Ciências da Gestão**. RAC – Revista de Administração Contemporânea, v. 10, n. 2, Abr./Jun., 2006.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3ed. São Paulo: Bookman, 2008.

VIEIRA, M. M. F.; ZOUAIN, D. M. **Pesquisa Qualitativa em Administração. Teoria e Prática**. 1ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.