

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR
2021/2022 2.ª Edição



TII

**FUTURO DO PODER AÉREO EM CONFLITOS EM AMBIENTE
CONTESTADO**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO
SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS
FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL
REPUBLICANA.**

Maurício André Correia Rodrigues
CAPITÃO, PILOTO AVIADOR



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
FUTURO DO PODER AÉREO EM CONFLITOS EM
AMBIENTE CONTESTADO

CAPITÃO/PILOTO AVIADOR Maurício André Correia Rodrigues

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-FA 2021/2022 2.^a Ed.

Pedrouços 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

FUTURO DO PODER AÉREO EM CONFLITOS EM
AMBIENTE CONTESTADO

CAPITÃO/PILOTO AVIADOR Maurício André Correia Rodrigues

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-FA 2021/2022 2.^a Ed.

Orientador: MAJOR/PILOTO AVIADOR Paulo Ricardo Toipa da Silva

Pedrouços 2022



Declaração de compromisso Antiplágio

Eu, **Maurício André Correia Rodrigues**, declaro por minha honra que o documento intitulado **Futuro do Poder Aéreo em Conflitos em Ambiente Contestado** corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida, enquanto auditor do **Curso de Promoção a Oficial Superior – Força Aérea 2021/22** no Instituto Universitário Militar, e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, **11 de julho de 2022**

Maurício André Correia Rodrigues



Agradecimentos

O resultado final deste trabalho de investigação, deve-se, em muito, ao acompanhamento sublime do meu Orientador, que nas fases de rutura e desenvolvimento da investigação, soube questionar e observar o problema noutras perspetivas, aguçando a minha vontade e iniciativa, para encontrar um caminho sólido na resolução da investigação. Falcão Ripple, Muito Obrigado. KIAK!

Às entidades entrevistadas, obrigado pela disponibilidade pronta, em auxiliarem e contribuírem, para o enriquecimento do trabalho e da minha sabedoria, quanto ao tema em específico, e Força Aérea no geral.

Agradeço à Tenente-coronel Cristina Fachada, que alguns bons anos depois, voltou a colaborar no meu desenvolvimento como militar.

Eva, Francisca e Rodrigo, os que mais sofreram com a minha ausência, por vezes até quando estava presente. Obrigado por me acompanharem nesta etapa das nossas vidas.



Índice

1. Introdução	1
2. Enquadramento teórico e conceptual	4
2.1 Estado da arte	4
2.1.1 Futuro Ambiente Contestado	4
2.1.2 Comando e Controlo	4
2.1.3 <i>Joint All Domain Operations</i>	6
2.1.4 Operações Distribuídas	6
2.2 Modelo de análise	7
3. Metodologia e método	8
3.1 Metodologia	8
3.2 Método	8
3.2.1 Participantes e procedimento	8
3.2.2 Instrumentos de recolha de dados	8
3.2.3 Técnica de análise de dados	8
4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados	9
4.1 Características das Operações Distribuídas no Futuro Ambiente Contestado	9
4.1.1 Novo <i>design</i> de Forças	10
4.1.2 C2 baseado no Contexto e centrado na Decisão	11
4.1.3 Síntese conclusiva e resposta à QD1	13
4.2 Características das arquiteturas de Comando e Controlo na adaptação a <i>Joint All Domain Operations</i> no futuro FAC	14
4.2.1 Arquitetura do <i>Joint All Domain Command and Control</i> e <i>Advanced Battle Management System</i>	14
4.2.2 <i>Sensing grid & Network</i> – Integração de sensores em rede, conectividade e comunicações	16
4.2.3 Síntese conclusiva e resposta à QD2	18
4.3 Características atuais da FA ao nível dos Sistemas de Comando e Controlo Aéreo	20
4.3.1 C2 aéreo na FA	20
4.3.2 Síntese conclusiva e resposta à QD3	24
4.4 Proposta de requisitos estruturais para o estabelecimento de SAB para operação da FA no FAC, e resposta à QC	25



5. Conclusões	29
Referências bibliográficas	33

Índice de Anexos

Anexo A – Visão e linhas de esforço do DOD para o JADC2	Anx A-1
Anexo B – Etapas efetuadas do ABMS	Anx B-1

Índice de Apêndices

Apêndice A – Modelo de análise	Apd A-1
Apêndice B – Guiões de entrevistas semiestruturadas	Apd B-1
Apêndice C – Análise de conteúdo das entrevistas	Apd C-1
Apêndice D – Resumo das aplicações tecnológicas existentes no C2 aéreo	Apd D-1

Índice de Figuras

Figura 1 – Mudança de doutrina	9
Figura 2 – Evolução para uma Força tipo mosaico (MW)	10
Figura 3 – Network vs Context centric	11
Figura 4 – Context Centric C2	12
Figura 5 – Arquitetura do JADC2	15
Figura 6 – Arquitetura do ABMS	16
Figura 7 – Exemplo de rede de satélites	18
Figura 8 – Autoridade por tipo de comando	21
Figura 9 – SICCAP	22
Figura 10 – Proposta de requisitos estruturais para o SAB para operação da FA no FAC .	26

Índice de Quadros

Quadro 1 – Participantes	8
Quadro 2 – Categorias emergentes do C2 aéreo na FA	24
Quadro 3 – DOTMLPFI do C2 aéreo na FA	24



Resumo

A atual guerra na Ucrânia veio reavivar a atenção da sociedade para a Segurança e Defesa, enfatizando, apesar da permanente inovação de sistemas e tecnologias, a vantagem do poder militar.

Considerando a exponencial evolução dos vetores que influenciam as operações militares, cujo sucesso depende significativamente do progresso nas capacidades de Poder Aéreo e da integração entre os diferentes domínios que intervêm na guerra, esta investigação teve por objetivo propor requisitos estruturais para o estabelecimento de um Sistema Avançado de Batalha (SAB) para operação da Força Aérea (FA) portuguesa no Futuro Ambiente Contestado (FAC). Para tal, pautou-se por um raciocínio indutivo, estratégia de investigação qualitativa e estudo de caso como desenho de pesquisa, e alicerçou na análise documental e dos dados das entrevistas semiestruturadas conduzidas a 10 entidades *experts* nas áreas de *Joint All-Domain Command Operation*.

Dos resultados, concluiu-se que estes requisitos passam por adaptar pessoas, processos e tecnologia às operações conjuntas no multi-domínio, e por fundamentar o Comando e Controlo baseado no contexto e centrado na decisão, assente em princípios basilares no qual o Comando de Missão ganha grande relevo no desenrolar das missões. No final, apresentou-se uma proposta para o estabelecimento de um SAB para operação da FA no FAC.

Palavras-chave:

Comando e Controlo; Ambiente Contestado; *Joint All Domain Command & Control*; *Advanced Battle Management System*; Sistema Avançado de Batalha.



Abstract

The current war in Ukraine has revived society's attention to Security and Defense, emphasizing, despite the permanent innovation of technologies, the advantage of military power.

Considering the evolution of vectors that shape military operations, whose success depends on development in Air Power capabilities and on All-Domain integration, this investigation aimed at proposing structural requirements to establish an Advanced Battle System (SAB) for the Portuguese Air Force (FA) operation in the Future Contested Environment (FAC). This researched was based on inductive reasoning methodology, qualitative research strategy and case study design, reinforced by document analysis and data from semi-structured interviews conducted with 10 expert entities in the areas of Joint All-Domain Operation.

From the results, it was concluded that these requirements involve adapting the workforce, processes and technology to joint operations in multi-domain environment, and implementing a Command and Control adapted to specific context and focused on decision, based on basic principles in which Mission Command has great relevance. In the end, a proposal was presented for the establishment of a SAB for the operation of the FA in the FAC.

Keywords:

Command and Control; Contested Environment; Joint All Domain Command & Control; Advanced Battle Management System; Advanced Battle System.



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

A

ABMS	<i>Advanced Battle Management System</i>
ACE	<i>Agile Combat Employment</i>
ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
A2/AD	<i>Anti-Access/Area-Denial</i>

C

CA	Comando Aéreo
CC	<i>Combat Cloud</i>
CCOM	Comando Conjunto para Operações Militares
ComC	Comando Centralizado
ConD	Controlo Distribuído
CdM	Comando de Missão
CEMFA	Chefe de Estado-Maior da Força Aérea
COA	Centro de Operações Aéreas
CRC	Centro de Relato e Controlo
C2	Comando e Controlo

D

DARPA	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DivOps	Divisão de Operações
DOD	<i>Department Of Defense</i>

E

EE	Espectro Eletromagnético
EUA	Estados Unidos da América
ExeD	Execução Descentralizada

F

FAC	Futuro Ambiente Contestado
FA	Força Aérea
FR	Federação Russa

G

GE	Grupo de Entrevistas
GNR	Guarda Nacional Republicana



I

IA	Inteligência Artificial
ICC	<i>Integrated Command and Control</i>
ISR	<i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>

J

JADC2	<i>Joint All-Domain Command & Control</i>
JADO	<i>Joint All Domain Operations</i>

M

ML	<i>Machine Learning</i>
MMHS	<i>Military Message Handling System</i>
MTO	<i>Mission Type Orders</i>
MW	<i>Mosaic Warfare</i>

N

NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>
------	---

O

OE	Objetivo Específico
OG	Objetivo Geral
OpsD	Operações Distribuídas
OODA	Observação, Orientação, Decisão e Ação

P

PA	Poder Aéreo
PS3	<i>Portuguese Sky Sentinel System</i>

Q

QC	Questão Central
QD	Questão Derivada

R

RAP	<i>Recognized Air Picture</i>
RH	Recursos Humanos
RPC	Répubblica Popular da China

S

SA	Sistema de Armas
SAB	Sistema Avançado de Batalha
SATCOM	<i>Satellite Communications</i>



SICCAP Sistema de Comando e Controlo Aéreo de Portugal

T

TII Trabalho de Investigação Individual

U

UAS *Unmanned Aircraft System*

USAF *United States Air Force*

USSF *United States Space Force*



1. Introdução

A atual guerra na Ucrânia, “maior abalo sistémico na segurança europeia desde o final da Guerra Fria” (Sousa, 2022) veio reavivar o diálogo na sociedade europeia em matéria de Segurança e Defesa (Botelho, 2022) e reforçar os fundamentos que levaram à criação da *North Atlantic Treaty Organization* (NATO), atendendo ao facto da Federação Russa (FR) constituir, atualmente, uma ameaça real à integridade da NATO no flanco leste (NATO, 2020).

Neste âmbito, e não obstante a constante inovação de sistemas e tecnologia tanto por parte de países da NATO, como de potenciais países adversários, o que está fundamentalmente em causa é a vantagem do poder militar (*Training and Doctrine Command* [TRADOC], 2017). Vantagem, de um lado, dos Estados Unidos da América (EUA) e da NATO, face à possibilidade de entrada em conflito com algum dos adversários *peer to peer*¹ (TRADOC, 2017), e de outro, da FR e da República Popular da China (RPC), que, fruto de desenvolvimentos nas suas capacidades militares e na presença nos domínios espaço e ciberespaço, constituem uma ameaça concreta, repercutida na necessidade de reforçar a inovação das capacidades militares dos aliados da NATO (Cohen, Han, & Rhoades, 2020).

Uma necessidade em “reforçar a inovação”, derivada a título de exemplo, pelo crescente aumento nos últimos anos, de sistemas que contribuem para o conceito de *Anti Access/Area Denial* (A2/AD), como os bem-sucedidos testes, em 2018, dos protótipos do *Surface to Air Missile S-500*, efetivos a cerca de 500 km de distância (Jonsson, & Dalsio, 2020). Um crescente aumento naturalmente transversal a vários países, designadamente a FR com a sua contínua modernização do *Integrated Air Defence Systems* que, adicionalmente, torna previsível a existência de um também forte desenvolvimento de radares *anti-stealth*, mísseis, *datalinks* e armas de energia direcionada (Jonsson, & Dalsio, 2020).

Neste enquadramento, e apesar da superioridade aérea ser fundamental para o contributo dos vários domínios no esforço de guerra, nações como os EUA já não a asseguram da mesma forma como o fizeram no pós guerra do Golfo de 1991, atendendo a que os vetores que influenciam as operações militares evoluíram drasticamente nos últimos anos, e o facto do sucesso em operações futuras depender não só do progresso nas

¹ Estados com intenção e capacidades em contestar os interesses dos EUA em quase todos, ou todos os domínios e ambientes (TRADOC, 2017, p. 77).



capacidades do Poder Aéreo (PA), mas também da integração entre os diferentes domínios que interagem na guerra (Brown, 2020). Neste seguimento, a *United States Air Force* (USAF) (2016) caracterizou cinco áreas² de interesse a serem desenvolvidas, de modo a adequar o PA ao que poderá ser a sua aplicação em ambientes contestados para além do ano 2030. De entre essas áreas, destaca-se o Comando e Controlo (C2), alicerçado no *Advanced Battle Management System* (ABMS), sistema este que integrará a arquitetura do *Joint All-Domain Command and Control* (JADC2) (USAF, 2016).

Não sendo Portugal, na sua qualidade de Estado-membro da NATO, alheio a esta realidade, é propósito da presente investigação, analisar as necessidades de modernização nacionais, com especial ênfase no vetor de C2, passando, entre outros focos, pela investigação da evolução do PA para fazer face às adversidades esperadas em conflitos no Futuro Ambiente Contestado (FAC).

Este estudo tem então por objeto o C2 no FAC, encontrando-se delimitado (Santos, & Lima, 2019):

- Temporalmente, ao período que vai do presente (2022) até ao ano de 2030;
- Espacialmente, à Força Aérea (FA) portuguesa;
- Em termos de conteúdo, aos conceitos de FAC, Multi-Domínio e C2.

Sendo o principal objeto de estudo, o C2, e tendo em consideração a necessidade de modernização deste sistema, criou-se um nome para retratar essa evolução futura, o Sistema Avançado de Batalha (SAB).

Para tal, definem-se como objetivo geral (OG) *Propor requisitos estruturais para o estabelecimento de um Sistema Avançado de Batalha para operação da Força Aérea Portuguesa no Futuro Ambiente Contestado*, e objetivos específicos (OE):

OE 1: Analisar as características das Operações Distribuídas (OpsD) no FAC.

OE 2: Analisar as características de arquiteturas de C2 na adaptação a *Joint All Domain Operations* (JADO) no FAC.

OE 3: Analisar as características atuais da FA ao nível dos sistemas de C2 aéreo.

Um conjunto de objetivos plasmados na questão central (QC) de investigação, *Quais são os requisitos estruturais para o estabelecimento de um SAB para operação da FA no FAC?*

² “There are five major Capability Development Areas directed in this Flight Plan. These include Basing and Logistics; Find, Fix, Track and Assess; Target and Engage; Command and Control; and Non-Materiel” (USAF, 2016, p. 5).



Estruturalmente, este documento está organizado em cinco capítulos, sendo o primeiro a presente introdução. O segundo, destina-se à apresentação do estado da arte e do modelo de análise que irá nortear a investigação. O terceiro, inclui a metodologia e no método. O quarto, desenvolve a análise dos dados e discussão dos resultados, e resposta às questões derivadas e central. O quinto, e último, foca-se pelo elencar das conclusões, contributos para o conhecimento, limitações, sugestões de estudos futuros e recomendações de âmbito prático.



2. Enquadramento teórico e conceptual

Neste capítulo serão apresentados o estado da arte à luz dos conceitos estruturantes desta investigação e o modelo de análise.

2.1 Estado da arte

Serão a este nível, estudados os conceitos de FAC, C2, JADO e OpsD.

2.1.1 Futuro Ambiente Contestado

Para definir o FAC, importa compreender que contestado é quando se nega ou se recusa algo (Priberam, s.d.), aplicando-se este conceito ao contexto militar, quando entre nações ou alianças *peer to peer*, as Forças têm dificuldades de manobra e liberdade restringida pelo conceito de A2/AD³ (Deptula, 2022).

Adicionalmente, importa ainda ter presente que o FAC não se restringe apenas ao espaço aéreo, mas vários, ou mesmo todos os domínios de emprego militar (*Department Of Defense* [DOD], 2018), quer através da capacidade ofensiva no uso do espaço e Espectro Eletromagnético (EE) – por forma a destruir, degradar ou interromper comunicações entre estruturas de C2 (Rasmussen, 2021) –, quer de modo a enfraquecer instituições e a produzir consequências operacionais e económicas (Hudson, 2021), quer, ainda, pelo uso do ciberespaço e da guerra de informação, de modo a influenciar as perceções das pessoas contra os países aliados (TRADOC, 2017).

Importa ainda salientar que a RPC, que vê a guerra como sendo cada vez mais “*informationized warfare*”⁴, ou a FR, que vê a informação como sendo vital para atingir superioridade sobre outras nações, estão a desenvolver mecanismos nos domínios espaço e ciberespaço – de modo a proteger os seus interesses no campo informacional –, e a equiparem-se com armas ofensivas com capacidade para negar, destruir ou empastelar o uso desses domínios, com o objetivo último de ganhar vantagem no campo da informação (Chilton, & Autenried, 2021, pp. 15-18).

2.1.2 Comando e Controlo

A fim de definir C2, importa recuar aos dois conceitos que lhe servem de alicerce. Neste âmbito, tem-se a definição de Comando como a autoridade conferida a um indivíduo das forças armadas para a direção, coordenação e controlo das forças militares (NATO,

³ *Anti-Access* refere-se “[...] à capacidade de impedir o acesso de meios aéreos a um teatro operacional e *Area-Denial* à competência de negar a sua operação numa determinada área” (Gladman, & Billyard, 2017, cit. por Silva, 2019, p.10)

⁴ “*War is evolving in form towards informationized warfare, and intelligent warfare is on the horizon.*” (Ministry of National Defense of the People’s Republic of China, 2019)



2019, p. 1-34) e de Controlo como a autoridade exercida por um comandante sobre parte das atividades de organizações subordinadas, ou outras organizações normalmente não sob seu comando, abrangendo a responsabilidade de implementar ordens ou diretivas (NATO, 2021, p. 32).

Neste seguimento, C2 é definido como a “autoridade, responsabilidade e atividades dos comandantes militares, direção e coordenação de forças militares, bem como [a] implementação de ordens relacionadas com a execução das operações” (NATO, 2021, p. 29).

Estendendo o C2 ao ambiente multi-domínio, este deve ser entendido como a capacidade para direcionar a(s) Força(s) através dos domínios terrestre, aéreo, naval, espaço e ciberespaço, mais o EE, em que a “autoridade sobre as forças e a completa integração e sincronização de ações” são os dois elementos fundamentais (Tucholski, 2021, p. 5).

A este nível, a NATO aplica um C2 centralizado (NATO, 2016), onde as estruturas são otimizadas para a identificação de ameaças através do domínio à qual pertencem (Hoehn, 2022b), podendo *à posteriori*, existir uma partilha de informação entre centros de operações dos diversos domínios. Uma situação, que, contudo, e segundo Zadalís (2018), não se verifica de forma atempada no FAC, dando como exemplo a linha temporal do *tasking* aéreo, onde na doutrina NATO é executado num ciclo de 72 horas, e a parte de planeamento tático, execução e avaliação preliminar são efetuadas nas últimas 24 horas do ciclo (NATO, 2016).

Por seu lado, na doutrina da USAF, o C2 é realizado com Comando Centralizado (ComC), Controlo Distribuído (ConD) e Execução Descentralizada (ExeD), com a direção e o planeamento a serem efetuados numa lógica de unidade de esforço, e a execução é delegada conforme necessário, usualmente no nível mais baixo (USAF, 2021a), com recurso a uma “robusta arquitetura de comunicações” (*Chairman of the Joint Chiefs of Staff* [CJCS], 2021, p. II-26).

Uma “robusta arquitetura de comunicações” que atualmente, a par da conectividade entre as redes existentes, apresenta várias limitações na integração e na transmissão de dados, não estando totalmente preparadas para serem utilizadas em ambientes contestados (Bitonti, 2022).

A estrutura de C2 terá então de ser adaptada para operações em ambiente multi-domínio, garantido a interoperabilidade – alavancada pela evolução da tecnologia – entre diferentes Forças, de modo a potenciar uma resposta temporalmente mais imediata à ameaça, (Hoehn, 2022a), e com um conteúdo mais adequado a uma solução que não esteja



dependente de um tipo de SA para transmitir informação através de diferentes domínios (Mak, 2002, p. 5). Ou, dito de outra forma, de maneira a garantir uma arquitetura de C2 que seja organizada em rede e constituída por um conjunto de sistemas capazes de conectar “*every sensor to every shooter*” (Mak, 2020, p. 5). No fundo, uma estrutura de C2 adaptada à maior complexidade dos processos em ambiente multi-domínio, o que levou o *Department of Defense* a desenvolver o JADC2, definido como

a arte e ciência de tomada de decisão que rapidamente torna decisões em ações alavancando capacidades através de todos os domínios, com os seus parceiros de missão, para alcançar vantagem na competição e no conflito, nas vertentes operacional e de informação. (USAF, & USSF, 2021, p. 5)

2.1.3 *Joint All Domain Operations*

Começando por desagregar as JADO pelos nomes que a compõem, *Joint Operations*, ou Operações Conjuntas, são atividades em que participam mais do que um ramo das Forças Armadas (NATO, 2021). *Domain*, ou Domínio, caracteriza-se por ser uma esfera de atividade ou influência com características comuns, em que uma Força pode conduzir atividades conjuntas, considerando-se que existem cinco domínios, Aéreo, Terrestre, Marítimo, Ciberespaço e Espaço, mais o ambiente EE (USAF, & USSF, 2021).

Neste âmbito JADO, caracterizam-se por serem operações em todos os domínios militares, onde as ações executadas pela Força Conjunta são executadas neles e através deles, e em que o planeamento integrado e a execução sincronizada, à velocidade e escalas necessárias, de modo a alcançar vantagem e cumprir a missão é um desiderato assente em princípios como o Comando de Missão⁵ (CdM), delegação, partilha de informação, coordenação de efeitos e flexibilidade (USAF, & USSF, 2021, p. 4).

2.1.4 Operações Distribuídas

As OpsD surgem no contexto do FAC, devido à redução do número de bases aéreas no estrangeiro⁶ e a fim de operacionalizar o conceito de JADO. Para tal, a USAF (2021b, p. 1) criou a doutrina *Agile Combat Employment* (ACE), definindo-a como um “esquema de manobra operacional, proativo e reativo, executado dentro das janelas de oportunidade das

⁵ Conceito que remonta ao século XIX e tem origem na doutrina prussiana de *auftragstaktik*, segundo a qual um Comandante deveria apenas emanar ordens gerais, mas de intenção clara, a fim de conceder maior liberdade aos executantes, para a formulação de um plano de ação (Stewart, 2010). Com vista a facilitar um ConD flexibilizando a tomada de decisão, quando apropriado os comandantes usam *Mission Type Orders* (MTO) aos comandantes subordinados, não especificando a forma, mas sim qual o desiderato e propósito geral da operação (USAF, 2021a).

⁶ Segundo a USAF (2021b), uma redução de 65% desde a Guerra Fria.



ameaças, de modo a aumentar a capacidade de sobrevivência, gerando ao mesmo tempo poder de combate”. Esta filosofia implica uma diminuição do quantitativo de militares por destacamento, dispersando-os geograficamente e com uma menor pegada logística, de modo a complicar o planejamento e observação adversária (USAF, 2021b).

De modo a garantir a autonomia das forças, quando em OpsD, Rasmussen (2021) argumenta que os grupos devem ser compostos por uma multiplicidade de Sistemas de Armas (SA), de funções diferentes⁷, de modo a não estar dependente de outras unidades fora dessa mesma base ou destacamento. Neste âmbito, Priebe, Vick, Heim, & Smith (2019) acrescentam que se deverá ter em consideração os diferentes tipos de SA, salientando que o alcance das plataformas e a sua função irá determinar a sua posição geográfica em relação ao teatro de operação.

Apesar da sua complexidade e inerente redução de eficiência, a aplicação do conceito de OpsD, é essencial para garantir a sobrevivência e operação contínua das forças no FAC (Priebe et al., 2019).

2.2 Modelo de análise

A presente investigação foi direcionada pelo modelo de análise apresentado no Apêndice A.

⁷ Caças, bombardeiros, reabastecedores aéreos, aeronaves de luta eletrónica, células de combate no ciberespaço e outros que sejam relevantes para a operação (Rasmussen, 2021, p. 57).



3. Metodologia e método

Apresentam-se, neste capítulo, a metodologia e o método que pautam esta investigação.

3.1 Metodologia

A presente investigação, pauta-se à luz de Santos e Lima (2019, p. 18), por um raciocínio indutivo, ao partir “[...] da observação de factos particulares para, através da sua associação, estabelecer generalizações”, assente numa estratégia de investigação qualitativa e num desenho de pesquisa do tipo estudo de caso.

3.2 Método

3.2.1 Participantes e procedimento

Participantes. Integraram esta investigação 10 entidades (Quadro 1), percebidas como *experts* nas áreas de JADO, operações aéreas e C2 aéreo.

Quadro 1 - Participantes

Função	Entidade	GE
Comandante da Zona Aérea dos Açores	Brigadeiro-general João B. Gonçalves	1
Chefe da seção de <i>Flying Forces</i> , na Divisão de <i>Standartization and Evaluation</i> no AIRCOM NATO	Coronel João F. Rosa	2
Chefe Divisão de Comunicações e Sistemas de Informação	Coronel Bruno M. Cabaço	1
Chefe do Centro de Operações Aéreas	Coronel Luís C. Silva	1
Comandante da Base Aérea N.º 5	Coronel João P. Vicente	1
Chefe ARS Monsanto	Coronel Fernando Lopes	1
Chefe da <i>Joint Effects Synchronization Team</i>	Tenente-coronel Nuno M. Silva	2
Chefe do grupo SICCAP	Tenente-coronel Miguel J. Simões	1
<i>Staff Officer</i> de <i>SEAD/EW</i> – NATO DACCC	Major Augusto M. Figueiredo	2
<i>Fighter Allocator</i> no ARS Monsanto	Capitão Daniel R. Serrano	1

Procedimento. Efetuou-se um primeiro contacto a saber da disponibilidade dos potenciais entrevistados para integrar esta investigação e, face à sua anuência, foi agendada uma entrevista. Foram dadas garantias de anonimato e confidencialidade das respostas, de que todos os entrevistados abdicaram.

3.2.2 Instrumentos de recolha de dados

Foram elaborados dois guiões de entrevista semiestruturada, adaptados aos dois grupos de entrevistados, grupo de entrevistas 1 (GE1) direcionada ao OE3 e grupo de entrevistas 2 (GE2) direcionada à visão geral da problemática (Apêndice B).

3.2.3 Técnica de análise de dados

A análise qualitativa dos dados foi realizada à luz da metodologia de Fachada (2019), com a identificação de categorias emergentes (enquadrado no modelo aberto) e categorias *a priori* (enquadradas no modelo fechado).

4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

Neste capítulo são apresentados os dados e respondidas as questões de investigação.

4.1 Características das Operações Distribuídas no Futuro Ambiente Contestado

Decorrente do FAC e da evolução das JADO, surgiu a necessidade de equacionar uma nova abordagem às operações militares, focada em criar dilemas ao adversário e em permitir que as Forças amigas sejam capazes de operar, e de decidir mais rapidamente, dentro do ciclo de decisão do opositor (Clark, Patt, & Schramm, 2020). Como exemplo dessa nova abordagem, o *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) criou o *Mosaic Warfare* (MW), que combina ainda a implementação de OpsD, de modo a criar “adaptabilidade nas forças dos EUA e complexidade ou incerteza no inimigo através da rápida composição e recomposição de uma força mais desagregada”, usando Comando humano e Controlo assistido através de Inteligência Artificial (IA) e *Machine Learning* (ML) e provocando uma mudança na doutrina, a diferentes níveis, de diversas áreas, dos países ou alianças onde será empregue (Clark, et al., 2020, p. vi). Na Figura 1 apresenta-se um exemplo desta mudança doutrinária ao nível do C2.

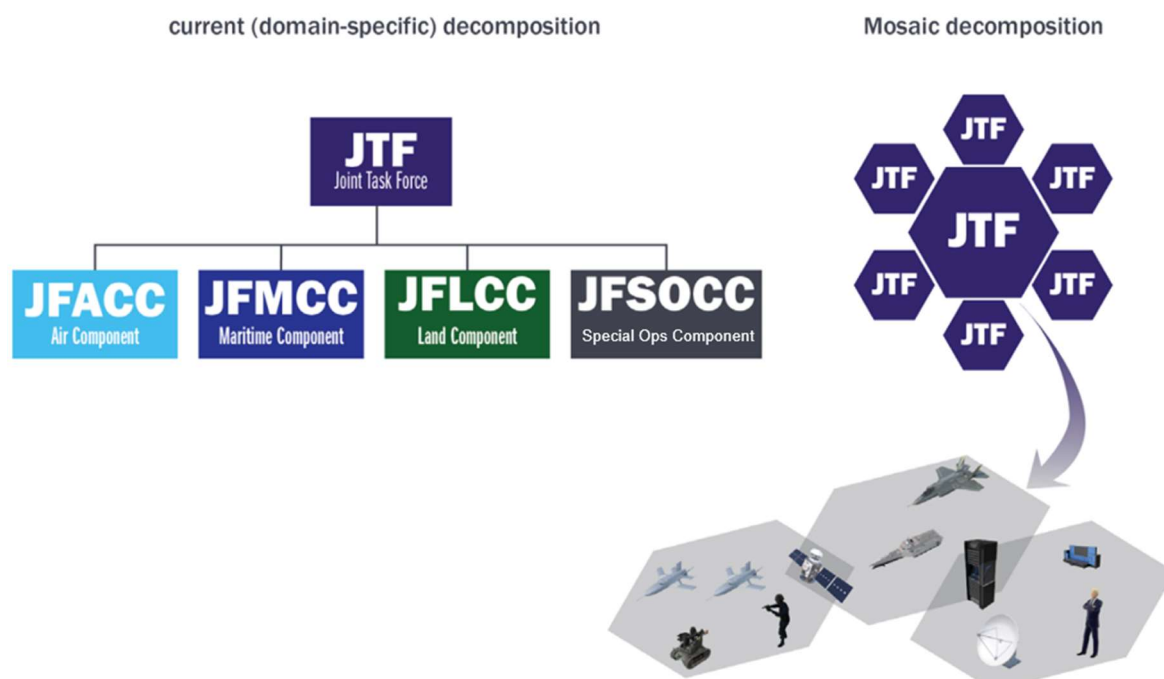


Figura 1 – Mudança de doutrina
Fonte: Adaptado de Clark et al (2020).

Algumas das linhas orientadoras do MW identificadas por Clark et al. (2020) – detalhadas nas secções abaixo – são: novo *design* de Forças e a adaptação do C2 baseado no Contexto e centrado na Decisão.

4.1.1 Novo *design* de Forças

Um *design* de Forças composto por um largo número de pequenas equipas, com poucas funções, apresenta-se, segundo Clark et al. (2020) como o mais adaptável ao ritmo de guerra no futuro, bem como à procura de superioridade no campo da informação, caracterizado, por exemplo, pelo facto de uma aeronave de combate poder atuar ao nível do *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance*, fornecendo e partilhando informações e/ou coordenando ataques com *Unmanned Aircraft System* (UAS) que transportam sensores e mísseis. Uma solução de coordenação que permite um ajuste dinâmico das Forças, é imprevisível para o adversário e inova para o já supracitado descrito MW, onde os UAS têm uma função variada – especialmente quando operados em áreas contestadas –, podendo ser usados como *decoys*, armamento cinético e não cinético, nós de comunicações, ou, ainda, numa função *multirole* (Clark, et al., 2020).

Um novo *design* de Forças cujos benefícios passam pela sua maior adaptabilidade, na medida em que dependendo do tipo de missão a composição das Forças é flexível e rapidamente adaptável, a par do seu potencial para impor ao adversário uma maior incerteza e complexidade – porque é assente em unidades (des)agregadas –, e ainda do seu menor custo e aumento do grau de eficiência (Clark, et al., 2020).

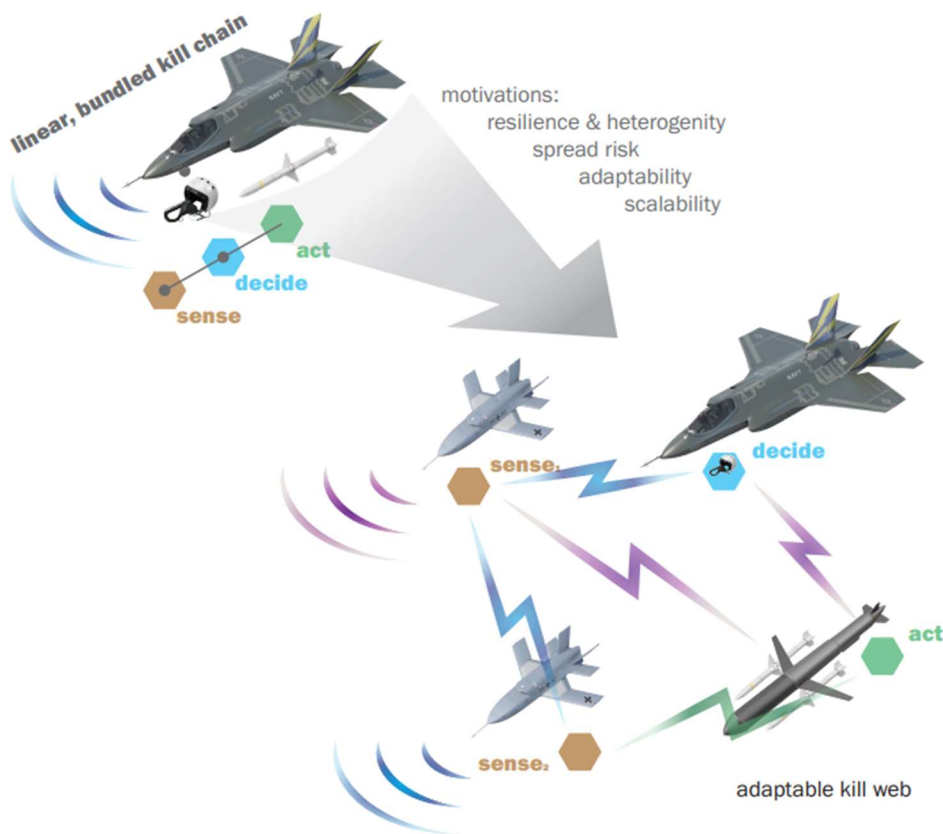
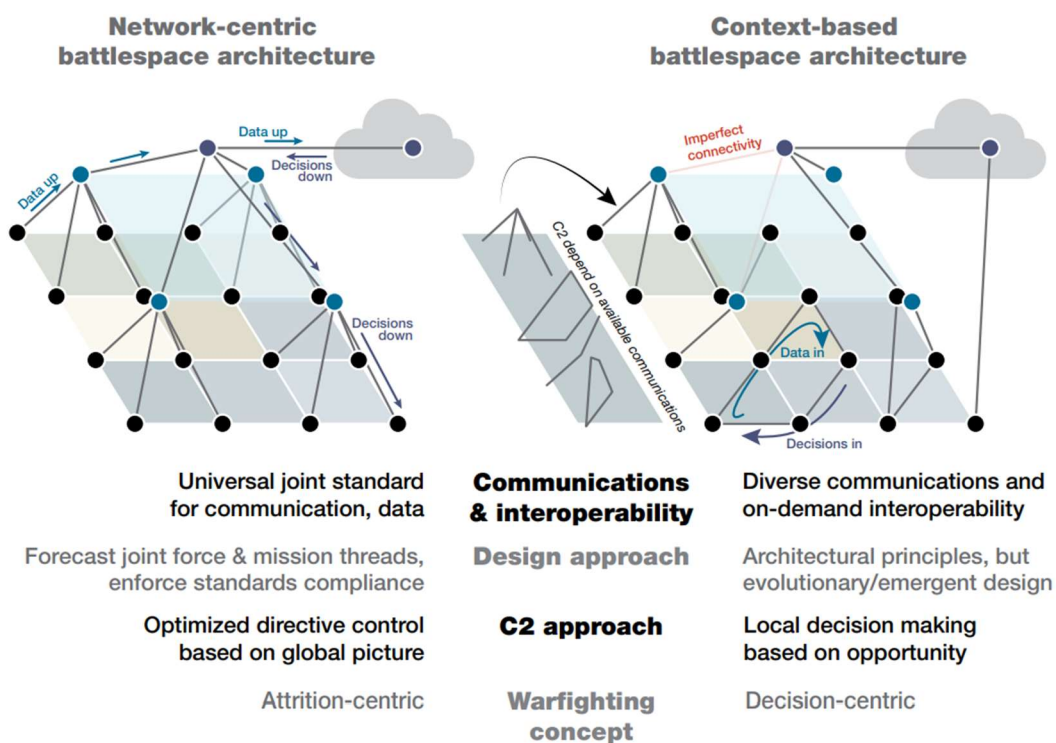


Figura 2 – Evolução para uma Força tipo mosaico (MW)
Fonte: Clark et al. (2020).

4.1.2 C2 baseado no Contexto e centrado na Decisão

Na guerra centrada na decisão a arquitetura de campo de batalha baseia-se no contexto e centra-se na (celeridade da tomada de) decisão, caracterizando-se assim não pela disposição de comunicações que é necessário para a estrutura de C2 (*network-centric*⁸), mas sim pela adaptação da estrutura de C2 face à disponibilidade de unidades de escalões inferiores com comunicações aos escalões superiores (Clark, Patt & Walton, 2021a), focando-se numa maior rapidez em tomada de decisão.

O tempo e a combinação de efeitos são elementos cruciais no ajuste das forças com quem os comandantes conseguem comunicar, para o seu foco ser imediato nos objetivos militares, auxiliados através da tecnologia, de modo a criar um ambiente complexo o suficiente que implique também, uma degradação na fase da Orientação do adversário, comparando-o com o *OODA Loop*⁹ (Clark, Patt & Walton, 2021 b). Na Figura 3 elencam-se algumas das diferenças entre as duas arquiteturas de batalha, nomeadamente em matéria de comunicações.



Context-based C3 architectures align C2 relationships based on communications availability, rather than attempting to sustain a rigid C2 framework under all EMS conditions.

Figura 3 – Network vs Context centric

Fonte: Clark et al (2021a, p. 17).

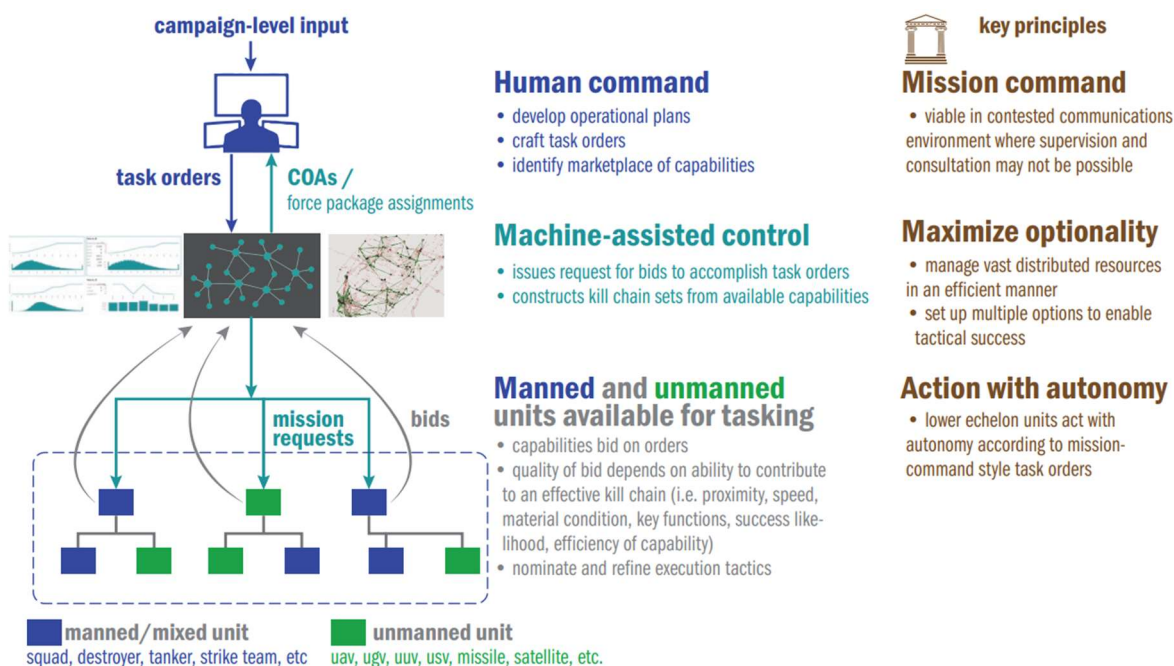
⁸ Guerra em rede, dependente de comunicações com todas as forças e tomada de decisão centralizada (Clark, et al., 2020).

⁹ Conceito desenvolvido por John Boyd, significando Observação, Orientação, Decisão e Ação.



Para providenciar um processo de tomada de decisão mais rápido é importante um sistema suportado por IA e ML, que desenvolve linhas de ação (LA) para apoiar a intenção do comandante (Clark, et al., 2021a, p. 13).

A operacionalização desta abordagem, materializa-se, em termos de C2 na Figura 4, onde está representado um exemplo de *context centric* C2 em que o comandante, através de uma aplicação computacional, reflete a sua estratégia seguindo a intenção dos seus superiores, e identifica as tarefas a serem executadas, bem como uma estimativa da força oponente, na sua composição e efetividade. De seguida, o controlo automatizado identifica as unidades que estão em contacto, informando o comandante para que este escolha as Forças a serem utilizadas (Clark, et al., 2020). No passo seguinte, o sistema automatizado entra em contacto com as unidades, e aguarda *feedback* (de modo a recolher *inputs* no processo de desenvolvimento das soluções) por forma a que o sistema forneça uma ou mais LA¹⁰ ao comandante, para a sua tomada de decisão (Clark, et al., 2020).



Commanders direct tasks and identify forces available for tasking. The machine-enabled control system then develops a course of action (COA) to complete tasks within the commander's parameters and constraints.

Figura 4 – Context Centric C2

Fonte: Clark et al (2020).

De modo a garantir que no FAC, as Forças e os comandantes de baixo escalão possam continuar o esforço de guerra das suas unidades – mesmo com comunicações degradadas com os escalões superiores, e em ambientes operacionais em constante mudança –, terá de

¹⁰ Nestas linhas de ação são sugeridos, para cada tarefa, “o pacote de forças, táticas, movimentos e manobras” (Clark, et al., 2020, pp. 35,36).



existir um ConD apropriado e uma transferência automática de autoridade para os escalões inferiores, a fim de garantir a continuidade das operações ao nível tático (USAF & USSF, 2021). Deste modo, com intenções do comandante claras e precisas, maximiza-se o CdM e a confiança nos subordinados (USAF, 2021a).

4.1.3 Síntese conclusiva e resposta à QD1

Da análise dos dados, e em resposta à QD1, *Quais as características das OpsD no FAC?*, conclui-se que estas correspondem a:

- Uma forma própria/nova de implementação e estruturação do *design* de forças em MW. Uma abordagem composta por um largo número de equipas pequenas e multidisciplinares, caso, por exemplo, dos UAS autónomos – pautados por uma função variada, desde serem usados como *decoys*, a armamento cinético e não cinético e/ou a nós de comunicação –, que, em conjugação com aeronaves tripuladas, propiciam uma maior adaptabilidade, flexibilidade e imprevisibilidade, fornecendo ao comandante uma capacidade *multirole* e impondo ao adversário uma maior incerteza e complexidade;
- Uma nova arquitetura de tomada de decisão, que é baseada no contexto. A guerra centrada na decisão defende uma arquitetura de campo de batalha baseada no contexto e centrada na decisão, adaptando a estrutura de C2 com base na disponibilidade de unidades de escalões inferiores, com comunicações aos escalões superiores, focando-se numa maior rapidez em tomada de decisão. Uma das formas da IA e ML auxiliarem as tomadas de decisão é na sugestão de LA, mais diversificadas e adaptáveis, criando assim um ambiente complexo, podendo degradar a orientação do adversário e complicando o seu processo de decisão.
- Efeito sinérgico da utilização total do conceito de CdM. Dada a complexidade e alcance que caracteriza as OpsD, o CdM torna-se essencial na adaptabilidade das forças ao FAC. No suporte ao CdM, um C2 auxiliado por IA e ML irá providenciar flexibilidade e confiança à iniciativa na tomada de decisão, quando sujeitos a ambientes complexos, em que se exige uma resposta veloz. É através do ConD e ExeD que se maximiza o CdM, mesmo com comunicações degradadas com os escalões superiores.



4.2 Características das arquiteturas de Comando e Controlo na adaptação a *Joint All Domain Operations* no futuro FAC

O elencar destas características passa por estudar a arquitetura do JADC2 e do ABMS, a par da integração de sensores em rede, conectividade e comunicações (*Sensing grid & Network*).

4.2.1 Arquitetura do *Joint All Domain Command and Control* e *Advanced Battle Management System*

O JADC2 pretende conectar todos os sensores dos vários domínios militares dos EUA, partilhando em rede (denominada nesta investigação por *Combat Cloud* (CC)), a informação de ISR coletada e já processada por algoritmos de IA. Deste modo será possível acelerar o ciclo de decisão, influenciando e controlando o ambiente operacional, através de uma rápida identificação dos alvos e eficiente seleção dos meios a empregar (Hoehn, 2022a). Nas palavras do Tenente-General Crall (Crall, 2021, cit. por Hitchens, 2021) o JADC2 será o elemento-chave na persecução de vantagem no campo informacional e superioridade digital.

Fazendo também uma analogia ao processo *OODA Loop* e com o objetivo de reduzir o tempo entre observação e ação, a USAF e *United States Space Force* (USSF) (2021, p. 6) identificaram quatro áreas fundamentais na compressão do ciclo de decisão para o JADC2: *Sensing Grid, Advanced Networking, Decision Making e Authorities & Effects Delivery*.

O JADC2 alicerça num conceito centrado em partilha de dados em rede, com padrões bem definidos no que refere à organização, formatação e estruturação na transmissão dos dados (i.e.: frequências rádio, modos de encriptação, etc.). A interoperabilidade entre todos os atores é fundamental, a fim de garantir que a comunicação entre *datalinks*, redes e rádios é efetiva. (Hoehn, 2022a).

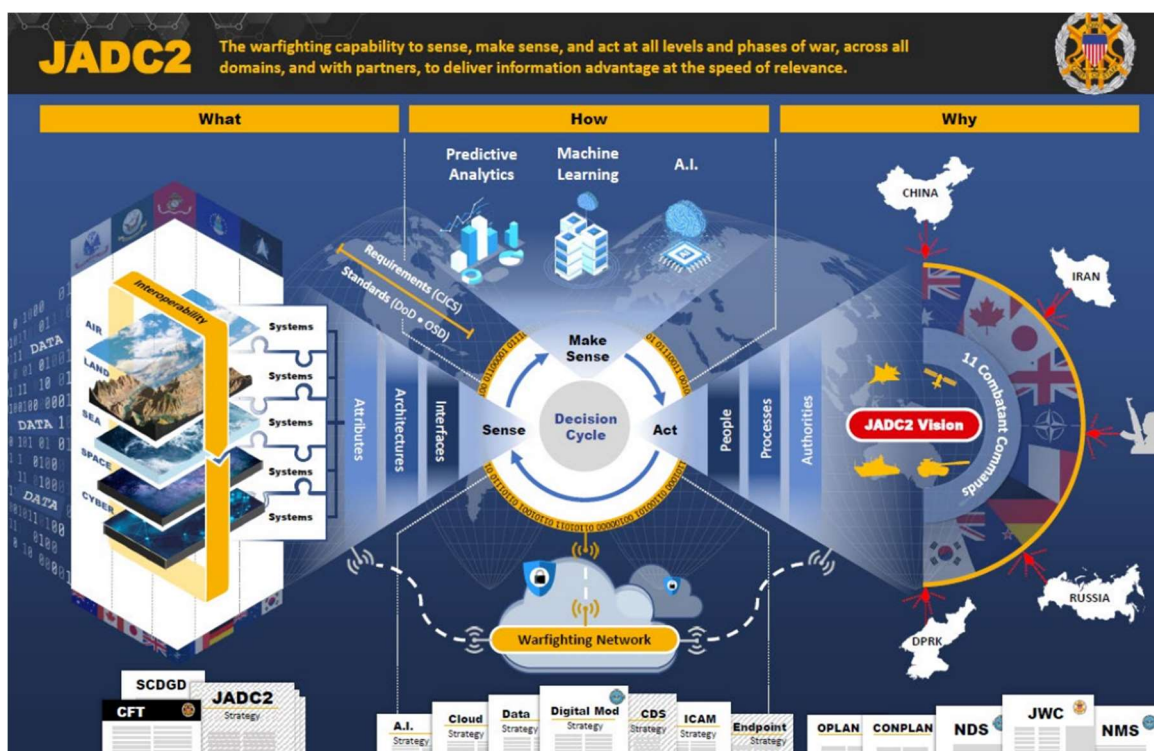


Figura 5 – Arquitetura do JADC2

Fonte: DOD (2022).

A USAF, de modo a operacionalizar o JADC2 para a componente aérea, está a desenvolver o sistema de batalha ABMS. Numa guerra centrada na Decisão, os sistemas de suporte do ABMS irão apenas, numa fase inicial do desenvolvimento, aconselhar o decisor acerca de quem irá atacar o quê e na sequência que o deverá fazer, sendo ambição que numa fase posterior, as ferramentas de decisão evoluam e sejam capazes de providenciar várias LA, consoante as unidades que estão em contacto com a rede e com os objetivos do Comandante (Clark, et al., 2021a), ou ainda reconfigurar em tempo real as forças de determinado teatro de modo a adequarem-se a mudanças do ambiente envolvente (Clark, et al., 2021 b).

Para a evolução do ABMS, a USAF tem em consideração o desenvolvimento de capacidades nos vetores de “integração de sensores, dados, processamento seguro de dados, conectividade, aplicações e integração de efeitos” (Hoehn, 2022a, p. 13), e ainda no desenvolvimento de “padrões de arquitetura digital” (Mak, 2020, p. 9). O ABMS já concretizou alguns passos no seu desenvolvimento que se poderão observar no Anexo B.

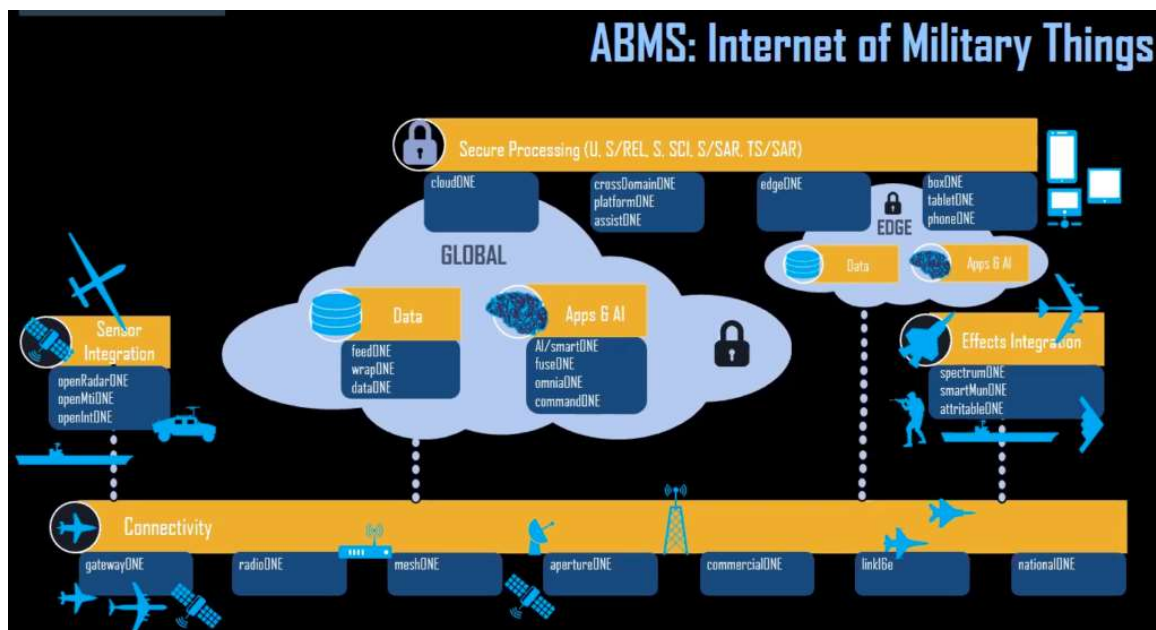


Figura 6 – Arquitetura do ABMS
Fonte: Birch, Reeves e Dewees (2020).

4.2.2 *Sensing grid & Network* – Integração de sensores em rede, conectividade e comunicações

Para que estas arquiteturas de C2 sejam eficientes no desenvolvimento da sua função será necessário o apoio e intervenção de tecnologias emergentes nas quais se destacam a automação através de ML e IA, e a CC (Hoehn, 2022a).

O ML e IA irão permitir, por exemplo, a automação na análise de dados recebidos de vários sensores, a transformação desses dados em informação e a sua difusão para os comandantes e forças em tempo próximo do real (Hitchens, 2021). No que refere ao CC, considerando que qualquer plataforma pode ser interpretada como um sensor, Deptula (2016, p. 5) argumenta que a CC é um conceito onde “nas forças do futuro, cada objeto e cada pessoa é uma componente, um *router* e um nó numa constelação baseada em *IP's* que, em tempo real, poderá permitir efeitos precisos contra alvos prioritários”.

É então fundamental que o sistema de comunicações no conceito de C2 tenha alguns requisitos que permitam a transferência de dados em larga escala, de uma forma rápida e segura, com um elevado grau de interoperabilidade e resiliência prevenindo que haja interferência de terceiros, alavancada por aplicações de software e IA, na qual poderemos observar três vertentes: a vertente física, a vertente da *network* e a vertente das aplicações (Hoehn, 2022a). Hoehn (2022a, p. 10) descreve estas três vertentes da seguinte forma: “*The physical layer represents the radios and transmitters themselves, while the networking layer manages the applications’ access to the physical layer by developing DOD-optimized*



*versions of emerging commercial software defined networking techniques such as network slicing*¹¹”.

O uso de tecnologia 5G terá também uma importância significativa na arquitetura de comunicações visto que esta envolve um incremento significativo de dados transferidos num curto espaço de tempo, o que será fundamental na transmissão e processamento dos dados de inúmeros sensores que operam em vários domínios (Hoehn, 2022a).

O sistema de comunicações terá de ter em conta a partilha de informação através de *datalink* e diferentes tipos de rede de comunicações que terão de comunicar entre si, – como por exemplo o “Link 16, o *Tactical Targeting Network Technology*, ou o *Cooperative Engagement Capability*” (Clark, et al., 2021a, p. 25), ou ainda o Link 11, Link 22 e *Multifunction Advanced Data Link* (Deptula, & Penney, 2021) –, sendo que no futuro poderão ter de integrar mais destas redes, é então fundamental encontrar soluções que as consigam agregar, como o programa *Dynamo*¹² ou através do desenvolvimento de novos sistemas de gestão a partir da iniciativa *Air Force’s MeshOne* (Clark, et al., 2021a, p. 26). Na direção de conectar e garantir a interoperabilidade entre redes diferentes que não foram originalmente construídas para trabalhar em conjunto, o ABMS está a utilizar uma ferramenta de software denominada de STITCHES¹³ e também outras soluções usando *gateways* (Clark, et al., 2021a).

Uma outra consideração no sistema de comunicações é a partilha de informação através de *datalink* que mantenha a baixa assinatura das aeronaves *stealth*, nomeadamente a intensidade do sinal deve ser formatável, deve transmitir em curtos e específico feixes (não omnidirecionais), deve ter uma criptografia robusta e precisará provavelmente, de estar numa frequência muito maior do que os *datalinks* atuais, de modo a suportar a rápida transmissão e receção de gigabytes de dados sensoriais (Morell, 2021, p. 69).

Atendendo aos diversos níveis de classificação de segurança, a informação partilhada nas redes deve ter opções que restrinjam a sua visualização para operadores que não tenham a necessidade ou certificação devida para aceder àquele tipo de informação (Hoehn, 2022a),

¹¹ Soluções *Slicing* irão permitir a multiplicação de redes virtuais numa única rede física partilhada, onde cada parte é dedicada ao conteúdo de um cliente específico (Lam, & Lande, 2021, p. 10).

¹² “DyNAMO program is developing information-centric approaches to bridge disparate networks and to adaptively configure and control networks and networks of networks for operation in dynamic and contested environments.” (Kofford, s.d.).

¹³ “STITCHES “is a software [...] specifically designed to rapidly integrate heterogeneous systems across any domain by auto-generating extremely low latency and high throughput middleware between systems without needing to upgrade hardware [...]” (DARPA, 2020).



sendo que terão de ser usadas técnicas de fusão de informação para priorizar os sensores que tiverem a melhor confiança acerca de uma determinada informação (Morell, 2021).

No JADC2, operacionalizado pelo ABMS, o domínio espacial, através de uma rede de *Satellite Communications* (SATCOM), apresenta uma preponderância fundamental para garantir a transmissão de dados (p.ex.: vídeos de alta resolução) e comunicações, com latência reduzida e interoperabilidade que garanta a sua utilização por diferentes sistemas (Chilton, & Autenried, 2021).

Considerando que também o domínio espacial será contestado, esta rede de SATCOM terá de ser resiliente, e operacionalizada através da cooperação entre a indústria civil e a estrutura militar (Hudson, 2021). Chilton e Autenried (2021) apontam como solução ótima a utilização de uma rede de satélites, maioritariamente na *Low e Medium Earth Orbit*.

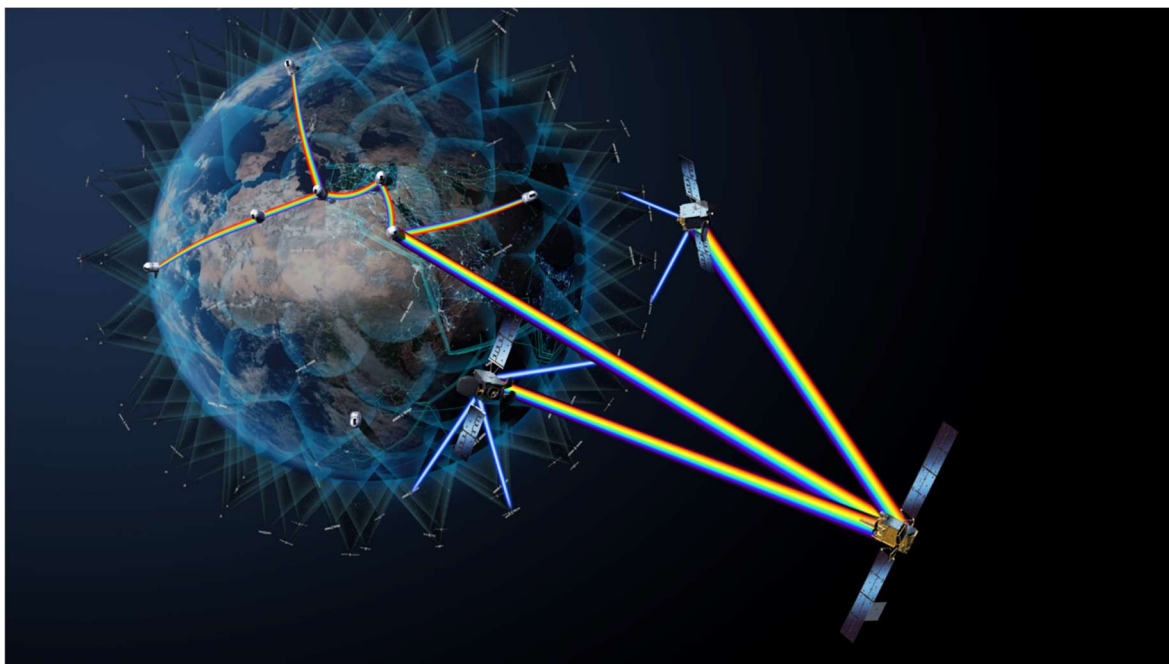


Figura 7 – Exemplo de rede de satélites
Fonte: European Space Agency (2021).

As capacidades que o JADC2 e ABMS trazem, no modo e forma de exercer o C2, irá levar a uma adaptação e modernização dos processos conjuntos, bem como da revisão ou criação de novas técnicas e procedimentos aos níveis estratégico, operacional e tático, sendo capacidades importantes no FAC e em situações de comunicações degradadas (DOD, 2022).

4.2.3 Síntese conclusiva e resposta à QD2

Do analisado, e em resposta à QD2, *Quais são as características das arquiteturas de C2 na adaptação a JADO no FAC?*, conclui-se que:



- A intenção do DOD é conectar os sensores de todos os domínios militares dos EUA, possibilitando um rápido processo de decisão, influenciando e controlando o ambiente operacional.
- Foram identificadas quatro áreas fundamentais na compressão do ciclo de decisão, a *Sensing Grid*, *Advanced Networking*, *Decision Making*, *Authorities & Effects Delivery*.
 - *Sensing Grid* – todos os elementos, de todos os domínios, que contenham sensores e tenham capacidade de distribuir essa informação, são usados de modo a congregarem em rede, a partilha de informação, sendo que terão de ser usadas técnicas de fusão para priorizar os sensores que tiverem a maior confiança, acerca de uma determinada informação.
 - *Advanced Networking* – o sistema de comunicações tem de permitir a transferência de dados em larga escala, de uma forma rápida e segura, com um elevado grau de interoperabilidade e resiliência, prevenindo que haja interferência de terceiros. Incluem-se nesta rede as capacidades de SATCOM, *datalink* e rádios, e ainda o uso de tecnologia como a 5G.
 - *Decision Making* – ML e IA irão permitir a automação na análise de dados, transformação desses dados em informação e de seguida partilha para os comandantes e Forças em tempo próximo do real, de modo a acelerar o processo de tomada de decisão. A ambição do DOD é que as ferramentas de decisão evoluam e sejam capazes de providenciar várias LA, consoante as unidades que estão em contacto com a rede e com os objetivos do Comandante da Força, ou ainda reconfigurar em tempo real as forças de determinado teatro de modo a adequarem-se a mudanças do ambiente envolvente.
 - *Effects Delivery* – através do conhecimento situacional que o JADC2 e ABMS proporcionam, serão executadas ações conjuntas sincronizadas, entre diferentes domínios, de modo a obter efeitos que levem ao cumprimento dos objetivos.



4.3 Características atuais da FA ao nível dos Sistemas de Comando e Controlo Aéreo

A fim de melhor elencar estas características, importa abrir um breve parenteses para enquadrar o papel/ação da FA quer no contexto nacional, quer supranacional. Neste âmbito, e conforme predito no número 1 do artigo 275.º da Constituição da República (Lei n.º 1/2005, de 12 de agosto), à FA incumbe, enquanto um dos Ramos das Forças Armadas “[...] a defesa militar da República”, e, porque Portugal está inserido na NATO, a sua (quota e integrada) contribuição para a segurança e defesa da aliança (Conselho de Chefes de Estado-Maior [CCEM], 2014). Adicionalmente, incumbe-lhe, ainda, o comando e gestão dos meios aéreos alocados no Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Rurais (FA, 2020), dispondo, para todo este seu papel/ação de, entre outros, dois órgãos essenciais para exercer o C2 aéreo, designadamente, o Centro de Operações Aéreas (COA) do Comando Aéreo (CA) e o Centro de Relato e Controlo (CRC), fazendo uso para esse fim do Sistema de Comando e Controlo Aéreo de Portugal (SICCAP) e ferramentas facilitadoras do processo de C2 aéreo (M.J. Simões, entrevista presencial, 24 de maio de 2022).

Feito este breve enquadramento, apresenta-se na secção seguinte a análise das capacidades atuais da FA ao nível do sistema de C2 aéreo tendo por base a abordagem DOTMLPFI¹⁴.

4.3.1 C2 aéreo na FA

D – Doutrina. Neste âmbito, as publicações de referência para exercer o C2 provêm da NATO, as ferramentas utilizadas são mono-domínio não existindo ainda a transição para ambiente multi-domínio, (J.P. Vicente, entrevista por *email*, 23 de maio de 2022) e no âmbito conjunto, o desenvolvimento de um “*joint mindset*”, por forma a congregar e uniformizar “formas/procedimentos/linguagens entre as forças”, [...] partilha de informação, planeamento multi-domínio, [...] sinergia na geração de efeitos e flexibilidade” ainda não é existente (A.M. Figueiredo, entrevista por *email*, 26 de junho de 2022).

O – Organização. O C2 aéreo é realizado de forma centralizada no CA e ExeD ao nível das Bases Aéreas. Ao nível da autoridade, em tempo de paz, o Chefe de Estado-Maior da Força Aérea (CEMFA) atribui ao comandante do CA o comando operacional (OPCOM), sendo o controlo operacional (OPCON) partilhado pelos órgãos do CA, Estado-Maior do CA e COA, em tempo de crise ou conflito, o OPCOM é do Comando Conjunto para as

¹⁴ DOTMLPFI – Doutrina, Organização, Treino, Material, Liderança, Pessoal, *Facilities* – (Infraestruturas) e Interoperabilidade (NATO, 2021, p. 23).



Operações Militares (CCOM) e o OPCON do CA (L.C. Silva, entrevista presencial, 24 de maio de 2022). Quer em tempo de paz quer de conflito, o COA detém formalmente o comando táctico (TACOM) de todos os meios com exceção da parêlha de alerta – que está sob alçada da NATO, não obstante em assuntos nacionais ser feita uma transição para o COA –, e o CRC detém o controlo táctico (TACON) (L.C. Silva, *op. cit.*). A Figura 8 demonstra a autoridade por tipo de comando.

AUTORIDADE	TIPO DE COMANDO			
	OPCOM	OPCON	TACOM	TACON
Atribuída a um comando	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
Delegada a um comando	NÃO	SIM	SIM	SIM
Destacar forças dentro do Teatro de Operações	SIM	SIM	NÃO	NÃO
Atribuir um emprego distinto a componentes das Unidades / Destacamentos Aéreos.	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
Atribuir missões	SIM	SIM	NÃO	NÃO
Atribuir tarefas / AIRTASK	SIM	SIM	SIM	NÃO
Definição de medidas de controlo de manobras	SIM	SIM	SIM	SIM
Delegar OPCON	SIM	SIM	NÃO	NÃO
Delegar TACON	SIM	SIM	SIM	NÃO

Figura 8 – Autoridade por tipo de comando

Fonte: Adaptado a partir da entrevista de L.C. Silva (*op. cit.*).

Está a decorrer no CCOM, uma reorganização ao nível estrutural que poderá ter impacto nos Comandos funcionais (L.C. Silva, *op. cit.*), prevendo-se que estes terão de assumir uma organização semelhante ao CCOM, de modo a garantir a unidade de comando e coerência no emprego das forças (N.M. Silva, entrevista por *email*, 21 de junho de 2022).

M – Material e F – Infraestruturas. O sistema que viabiliza o C2 aéreo é o SICCAP, agregando uma rede de radares, comunicações, *datalink*, célula secundária de C2 e outras infraestruturas, encontrando-se em evolução desde 1995 e estando presentemente na fase IV¹⁵ (B.M. Cabaço, entrevista presencial, 27 de maio de 2022). Este tem como finalidade a “capacidade de fornecer aviso prévio de qualquer ameaça aérea”, em que através de uma estrutura de radares e comunicações se assegure o seguimento das aeronaves ou a interceção de ameaças, centralizando a informação em *software* aplicacional (Jorge, & Costa, 2019), permitindo a cobertura de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, de forma integrada com o sistema de C2 NATO (J.P. Vicente, *op. cit.*). Permite ainda a comunicação,

¹⁵ Fase IV contempla entre outros, a implementação de radares de vigilância e deteção no arquipélago dos Açores, aumentando assim a cobertura radar (B.M. Cabaço, *op. Cit.*).



segura e não segura, entre todas as bases e unidades que têm SA ou que contribuem para o SICCAP (M.J. Simões, *op. cit.*).

Na Figura 9 poderá observar-se um esquemático dos órgãos, infraestruturas, e sistema de comunicações do SICCAP.

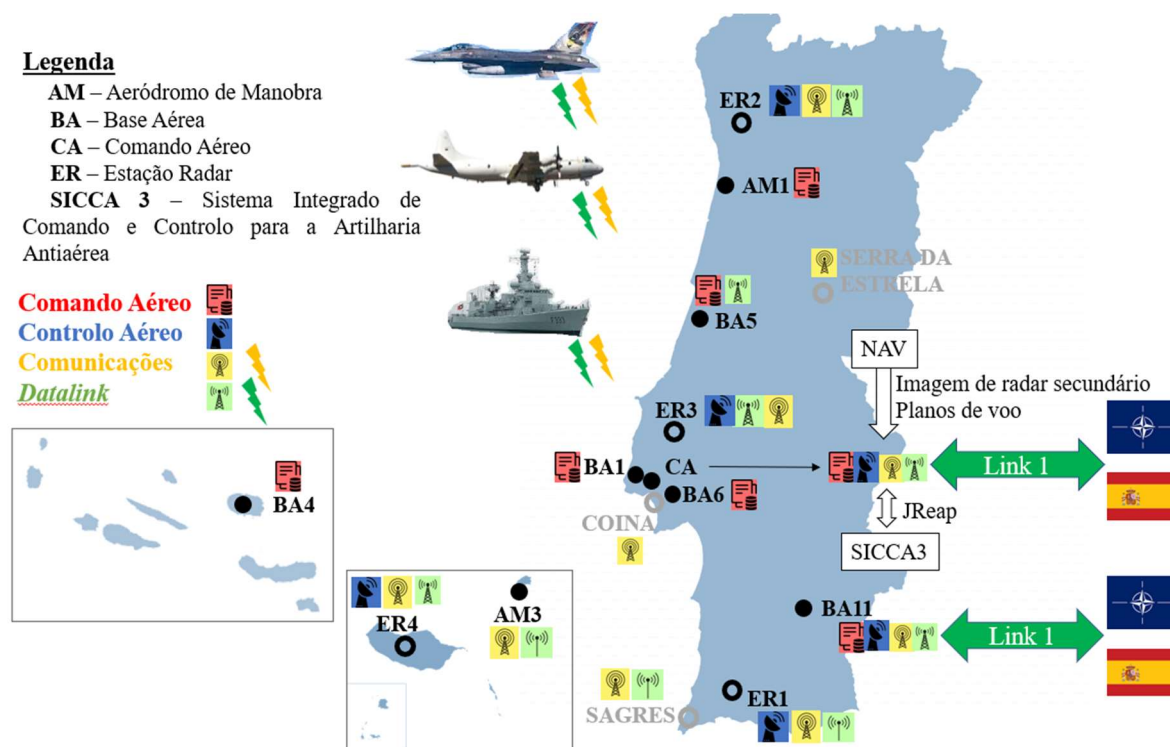


Figura 9 – SICCAP

Fonte: Adaptado a partir da entrevista a M.J. Simões (*op. cit.*).

São várias as ferramentas facilitadoras do processo de C2, desde o planeamento e *tasking*, até à execução, sendo exemplos o *Integrated Command and Control* (ICC), *Air Command and Control System* (ACCS), MICE, *Portuguese Sky Sentinel System* (PS3), *Military Message Handling System* (MMHS) e o JCHAT. No apêndice D encontra-se um resumo das aplicações tecnológicas existentes no C2 aéreo.

De modo a integrar dados recebidos de várias fontes e transformá-la em informação, está a ser desenvolvido o *fusion center*, fulcral no aumento da consciência situacional e apoio à decisão (Saleiro, 2022).

No âmbito do Material e Infraestruturas, observam-se algumas limitações, como nas comunicações SATCOM ou redes de *link* seguros, que não estão integrados em todos os SA (J. Vicente, *op. cit.*), e o sistema PS3 ser transmitido apenas através de canais não classificados (L.C. Silva, *op. cit.*).

P – Pessoal e L – Liderança. No que respeita a Recursos Humanos (RH), a falta de pessoal não permite o planeamento da atividade aérea nem o desenvolvimento das restantes



fases do ciclo de *tasking* aéreo (L.C. Silva, *op. cit.*), “obrigando” a FA a recorrer a militares do regime de contrato, que não conseguem adquirir, em tempo útil, os conhecimentos e a experiência necessários a permitir uma continuidade no desempenho das suas funções (J.P. Vicente, *op. cit.*). A adicionar a estes fatores, J.F. Rosa (entrevista por *email*, 22 de junho de 2022) referiu ainda a frequente, e por vezes imprevisível, rotatividade dos RH, promotora de uma menor preparação.

T – Treino. A somar à falta de RH acima enunciada, com particular ênfase para o C2 (matéria-alvo do presente estudo), D.R. Serrano (entrevista por email, 17 de maio de 2022) enunciou ainda a falta de formação em algumas áreas, nomeadamente nos operadores de ICC e J.B. Gonçalves (entrevista por email, 30 de maio de 2022) na falta de formação dos RH em informações, tanto nas esquadras operacionais, como no CA. Uma impreparação dos RH para as funções de C2, que, J.F. Rosa (*op. cit.*) referiu poderem ser em parte “colmatadas “pelo espírito desembaraçado e corajoso, [dos militares desta especialidade, o que] contudo [...] deixa sempre mais espaço para o erro”.

Por outro lado, na FA o emprego multi-domínio não é efetuado como base do treino, e só muito recentemente têm sido executados exercícios com uma abordagem JADO (Saleiro, 2022), essenciais no desenvolvimento de capacidades de julgamento, agilidade, adaptação e de *multitasking*, chave para lidar com os desafios trazidos pelos cinco domínios (J.F. Rosa, *op. cit.*).

Outra área desprovida de treino é a de como partilhar informação (um dos princípios identificados na base do C2) no caso de ocorrer uma interrupção de comunicações entre o CA e as Bases Aéreas, considerando que os Comandantes das mesmas não têm autonomia para continuar a operar os meios atribuídos (J.B. Gonçalves, *op. cit.*) e a inexistência de conceitos de operações que prevejam essa situação (J.P. Vicente, *op. cit.*).

I – Interoperabilidade. A este nível, apenas os sistemas que cumprem os requisitos STANAG podem ser interoperáveis com outros países da Nato (J.P. Vicente, *op. cit.*), como sejam o ICC, o JCHAT e as redes internas NATO (D.R. Serrano, *op. cit.*). O PS3 não é interoperável com outros países, pese embora permitir distribuir e disseminar informação com outras entidades, caso do CCOM, da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) e da Guarda Nacional Republicana (GNR), contribuindo, desta forma, para uma maior resiliência no C2 de operações nacionais (J.P. Vicente, *op. cit.*), em qualquer ponto do globo (L.C. Silva, *op. cit.*). Com o Exército e Marinha não existe conexão entre sistemas de C2, mas sim partilha da *Recognized Maritime Picture*, ao nível do CRC e do



COA, e partilha de informação com o Sistema Integrado de Comando e Controlo da Artilharia Antiaérea do Exército (D.R. Serrano, *op. cit.*).

De acordo com a análise de conteúdo (categorias *a priori*) efetuada às entrevistas, dos participantes do GE1, ficaram elencadas necessidades de evolução (categorias emergentes) do C2 aéreo, sumariados no Quadro 2.

Quadro 2 – Categorias emergentes do C2 aéreo na FA

Categorias Emergentes	Entrevistados						
	Gonçalves	Cabaço	Silva	Vicente	Lopes	Simões	Serrano
C2 centralizado VS ConD	X		X	X			
Consciência conjunta e multi-domínio	X		X	X	X		X
Recrutamento e treino	X	X	X	X	X		X
Tecnologia	X	X	X	X	X	X	X

4.3.2 Síntese conclusiva e resposta à QD3

Do acima analisado, e em resposta à QD3, *Quais são as características atuais da FA ao nível dos sistemas de C2 aéreo?*, conclui-se que estas “respondem” às oito dimensões do DOTMLPFI, cfr. resumido no Quadro 3.

Quadro 3 – DOTMLPFI do C2 aéreo na FA

DOTMLPFI	Características
Doutrina	– NATO
Organização	– C2 centralizado e ExeD – Diferentes níveis de autoridade, OPCOM/OPCON/TACOM/TACON. Diferem também consoante tempo de paz ou conflito, mas onde o COA do CA tem sempre o TACOM e o CRC o TACON.
Material / Infraestruturas	– SICCAP – ICC / MICE / PS3 / MMHS / JCHAT – Radares primários – <i>Datalink</i> – Rede de comunicações seguras e não-seguras
Pessoal / Liderança	– Módulo de RH limitado – Tecnologia limitada no apoio à decisão
Treino	– Limitações de formação nas ferramentas de C2 e informações – Abordagem multi-domínio na fase inicial de implementação – Em condições de comunicações degradadas, somente entre CRC e SA
Interoperabilidade	– ICC, JCHAT, redes internas NATO – Com CRC de Espanha – PS3 com CCOM, ANEPC e GNR – Partilha da <i>Recognized Maritime Picture</i> através de <i>link</i>

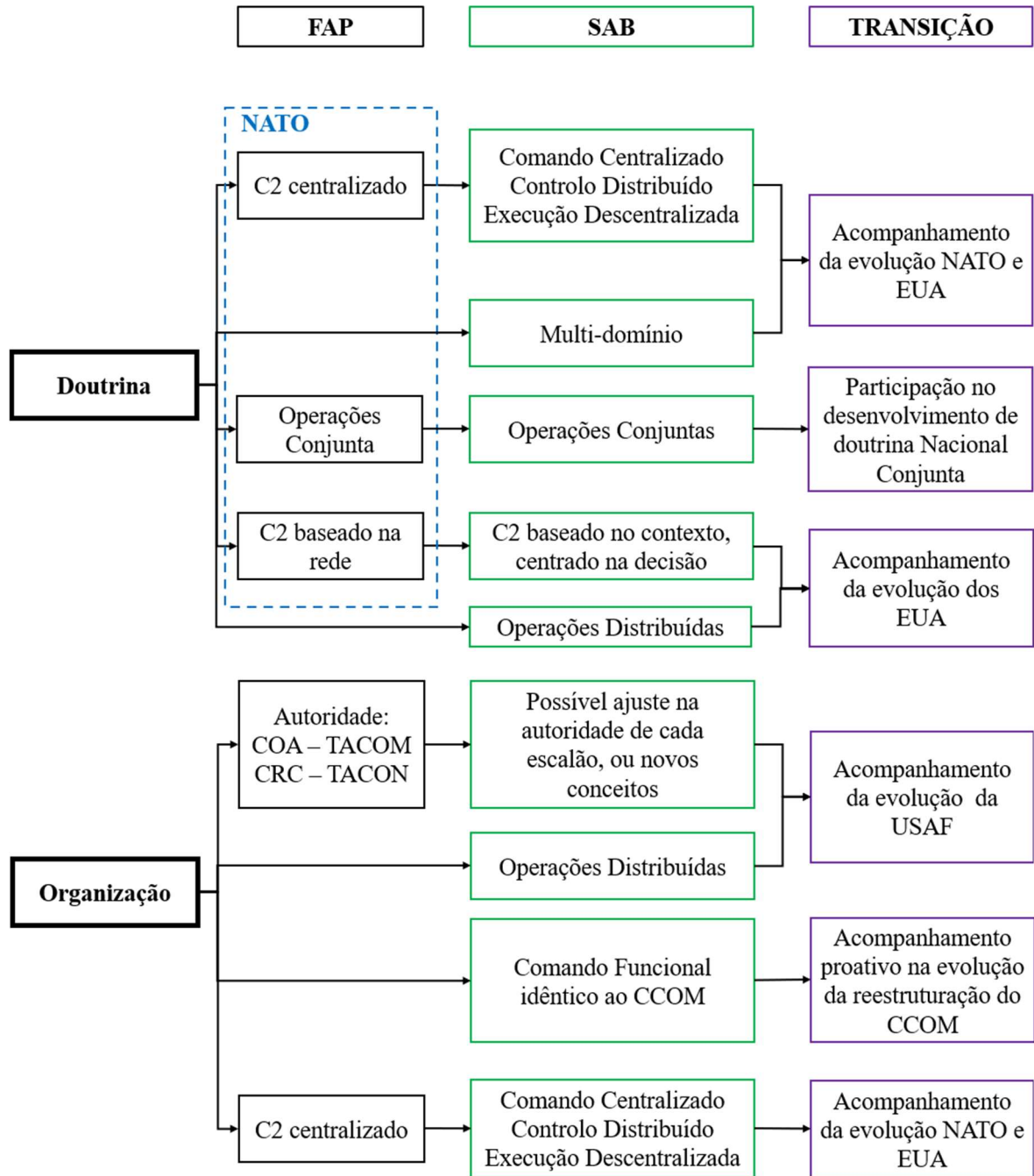


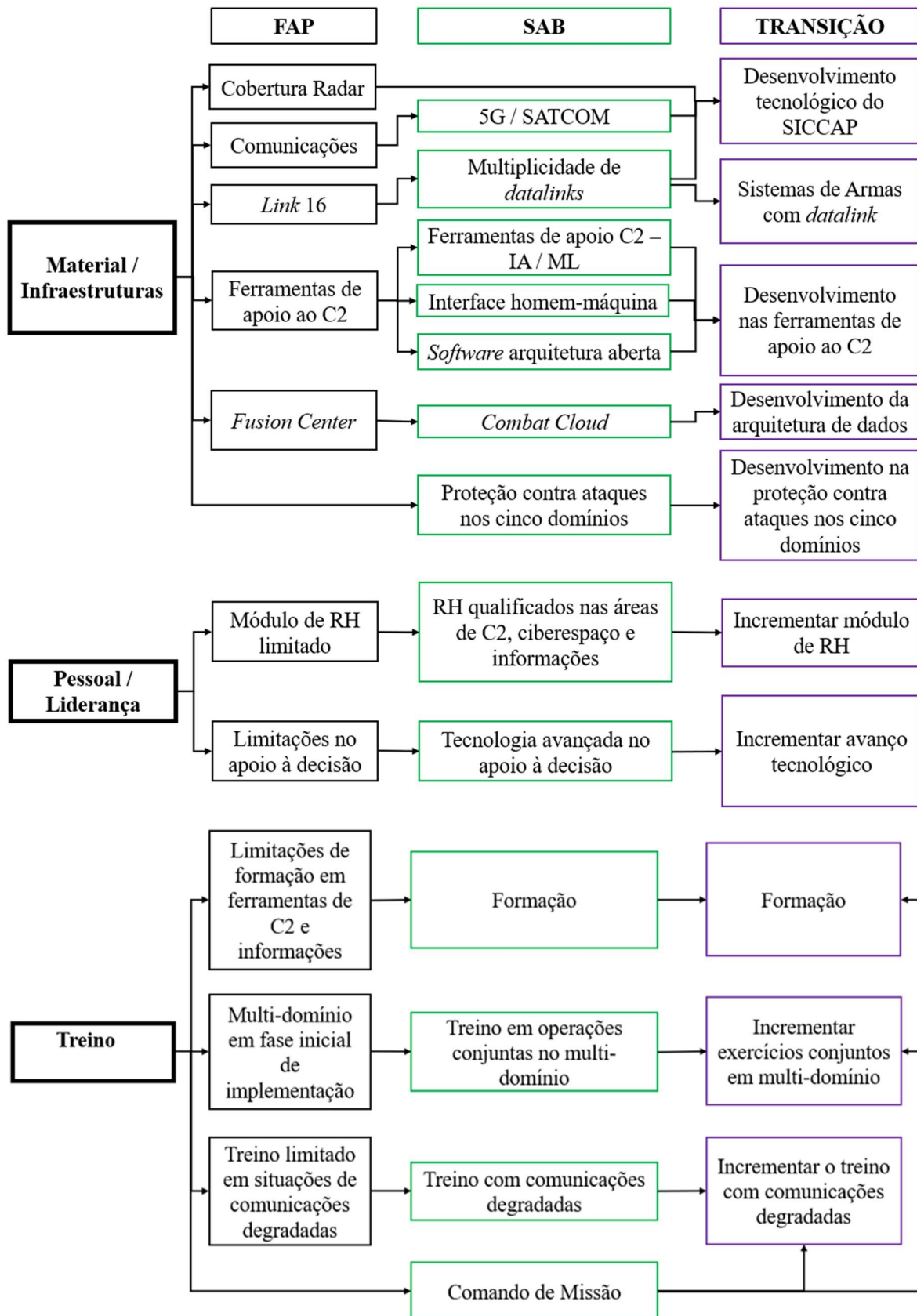
4.4 Proposta de requisitos estruturais para o estabelecimento de SAB para operação da FA no FAC, e resposta à QC

Pelo até aqui estudado, e em resposta à QC, *Quais são os requisitos estruturais para o estabelecimento de SAB para operação da FA no futuro FAC?*, conclui-se que estes passam por adaptar as pessoas, os processos e a tecnologia às operações conjuntas no multi-domínio, e por fundamentar um C2 baseado no contexto e centrado na decisão – com um ComC, ConD e ExeD – e assente em princípios basilares no qual o CdM ganha um relevo determinante no desenrolar das missões.

Em relação à **doutrina e organização**, a transição passa em grande parte, neste momento, pelo acompanhamento da evolução das JADO, OpsD e ajuste do C2 a um ConD, por parte da USAF e/ou NATO. No que toca ao **material e infraestruturas**, terá de se incrementar a tecnologia, tanto no sistema SICCAP, como nas ferramentas de apoio à decisão, pela necessidade da informação ter de estar disponível no momento certo e da forma correta, transmitida em aplicações que aumentem a consciência situacional do decisor. Existe ainda, uma linha de transição basilar a reforçar, o **pessoal, liderança, treino e formação**. Constatou-se que existe falta de RH na área de C2, aliada à ausência, em determinadas áreas, da formação específica necessária. Em termos de **interoperabilidade**, tem de se garantir que, tanto os SA, como os RH, conseguem trabalhar, interagir e comunicar entre si, havendo nesse sentido padrões que terão de ser cumpridos.

Apresentam-se na Figura 10, os requisitos estruturais para o estabelecimento de um SAB para operação da FA no futuro FAC, à luz do DOTMLPFI.





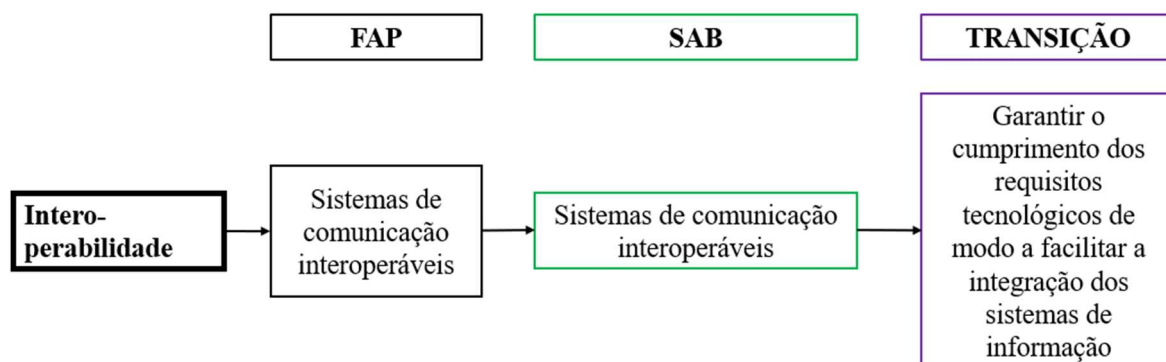


Figura 10 – Proposta de requisitos estruturais para o estabelecimento de um SAB para operação da FA no FAC



5. Conclusões

A evolução da IA e ML, a particularidade multi-domínio que caracteriza a operação militar, a necessidade de atuar de maneira célere sobre o adversário por forma a adquirir vantagem operacional ou o surgimento de reportes associados à certeza que a FR ou RPC podem fazer face aos EUA, são exemplos da crescente complexidade do poder militar.

Neste enquadramento, uma das áreas identificadas pela USAF, que necessita de se transformar, de modo a adequar-se às sinergias e interações da atividade militar, especialmente em ambientes contestados, é o C2, que, nos dias de hoje, não está preparado para a complexidade e letalidade esperados em futuros conflitos.

Do referido, foi propósito da presente investigação identificar possíveis modos de atuação das Forças militares em ambiente contestado e verificar quais as características essenciais de um adequado sistema de C2.

O estudo teve, assim por objeto, o C2 no FAC, em termos de metodologia, alicerçou num raciocínio indutivo, assente numa estratégia de investigação qualitativa e num desenho de pesquisa do tipo estudo de caso, e foi delimitado: temporalmente, ao período que vai do presente (2022) até ao ano de 2030; espacialmente, à FA; em termos de conteúdo, ao FAC, operações multi-domínio e C2.

Assim, com respeito ao OE1, *Analisar as características das OpsD no FAC*, e resposta à decorrente QD1, concretizada na análise documental à doutrina existente na USAF e agências dos EUA, para o conceito de OpsD e JADO, foram identificadas três características essenciais:

- Uma forma própria de implementação e estruturação da Força. O conceito de MW sugere um *design* de Forças composto por um largo número de pequenas equipas multidisciplinares, beneficiando assim de uma maior adaptabilidade, flexibilidade e imprevisibilidade, que permite ao comandante uma capacidade *multirole* e impõe ao adversário uma maior incerteza e complexidade;
- Uma nova arquitetura de tomada de decisão, baseada no contexto. A guerra centrada na decisão defende uma arquitetura de campo de batalha baseada no contexto e centrada na decisão, adaptando a estrutura de C2 com base na disponibilidade de unidades de escalões inferiores, com comunicações aos escalões superiores, focando-se numa maior rapidez em tomada de decisão;
- Um efeito sinérgico da utilização total do conceito de CdM. É através do ConD e ExeD que se maximiza o CdM, mesmo com comunicações degradadas com os



escalões superiores. Dada a complexidade e alcance que caracteriza as OpsD, o CdM torna-se essencial na adaptabilidade das forças ao FAC, de acordo com o conceito de MW. No suporte ao CdM, um C2 auxiliado por IA e ML irá providenciar flexibilidade e confiança à iniciativa na tomada de decisão, quando sujeitos a ambientes complexos, em que se exige uma resposta veloz.

Para cumprir o OE2, *Analisar as características de arquiteturas de C2 na adaptação a JADO no FAC*, e responder à associada QD2, e da análise documental e de conteúdo das entrevistas semiestruturadas a militares nacionais, especialistas em diversas áreas, verificou-se que a intenção do DOD é conectar os sensores de todos os domínios militares dos EUA, possibilitando assim um rápido processo de decisão, ganhando vantagem sobre o adversário, influenciando e controlando o ambiente operacional. Concluiu-se, ainda, que serão necessárias adaptações e modernização aos processos conjuntos, bem como uma revisão e/ou criação de novas táticas e procedimentos a todos os níveis. Neste seguimento, foram identificadas quatro áreas fundamentais nas arquiteturas de C2, essenciais para a compressão do ciclo de decisão, especificamente:

- *Sensing Grid*, que pressupõe que os sensores sejam empregues em qualquer domínio, fornecendo informação por forma a aumentar a consciência situacional, e sendo usados de modo a congregar a partilha de informação em rede;
- *Advanced Networking*, que postula que os sistemas de comunicações deve permitir a transferência de dados em larga escala, de uma forma rápida e segura, com um elevado grau de interoperabilidade e resiliência, prevenindo que haja interferência de terceiros;
- *Decision Making*, que postula que ML e IA devam permitir a automação na análise de dados recebidos de vários sensores, a transformação desses dados em informação e, de seguida, a sua disponibilização para os comandantes e Forças, em tempo próximo do real e de modo a acelerar o processo de tomada de decisão;
- *Effects Delivery*, pressupondo que, através do conhecimento situacional, sejam executadas ações conjuntas sincronizadas entre os diferentes domínios, de modo a obter efeitos que levem ao cumprimento dos objetivos da missão.

Respeitante ao OE3, *Analisar as características atuais da FAP ao nível do sistema de C2 aéreo*, e à associada QD3, foram efetuadas entrevistas a militares da FA e pesquisa documental. Neste âmbito, concluiu-se que: a **doutrina** utilizada é proveniente da NATO, embora seja ainda limitada no que ao multi-domínio diz respeito; em termos de **organização**,



o C2 é centralizado e a ExeD, estando o TACOM no COA do CA e TACON no CRC, quer em tempo de paz ou em tempo de conflito; o **treino** de C2 em situações de comunicações degradadas não existe no COA, sendo praticado entre CRC e SA; ao nível do **material** e das **infraestruturas**, ao SICCAP pertencem radares primários que cobrem Portugal Continental e Arquipélago da Madeira bem como uma vasta rede de comunicações, segura e não segura, que conecta todas as unidades que dele fazem parte, existindo, contudo, algumas limitações, nomeadamente comunicações SATCOM, que não existem em todos os SA sem links seguros, e inexistência de cobertura radar no Arquipélago dos Açores; o **peçoal** e a **liderança** são marcados pela falta de preparação nas funções de C2, falta de RH e degradação da tomada de decisão pela falta de ferramentas que forneçam em tempo real, informação pertinente, ao decisor; que respeita à **interoperabilidade** as ferramentas existentes são eficazes em tempo de paz, tendo que se adaptar ao conceito multi-domínio.

Face ao supracitado, e em resposta ao OG, *Propor requisitos estruturais para o estabelecimento de um Sistema Avançado de Batalha para operação da Força Aérea no Futuro Ambiente Contestado*, e correspondente QC, concluiu-se que, para as Forças conseguirem alguma liberdade de movimentos no FAC, terão de ser aplicadas OpsD (baseadas no ACE) em ambiente multi-domínio, com um ComC, ConD e ExeD, assente em princípios basilares como o CdM, que irá resultar em alterações de **doutrina** e **organização**, que a FA terá de acompanhar. Na estrutura de C2, terá de ser usada tecnologia de ponta, para os sistemas de comunicação e ajuda à decisão, que contemple IA e ML, tendo os domínios espaço e ciberespaço participação relevante e fundamental na arquitetura de informações. Para isso haverá a necessidade de desenvolver **infraestruturas** e **materiais**, nomeadamente no SICCAP e ferramentas de apoio à decisão. Nos vetores relacionados com RH, **peçoal**, **treino** e **liderança**, destaca-se a necessidade de recrutamento de peçoal e de treino nas diversas áreas do C2, bem como em ambientes multi-domínio e com comunicações degradadas. Em termos de **interoperabilidade**, terá que se garantir que tanto os SA como os RH, conseguem trabalhar, interagir e comunicar entre si, havendo integração dos sistemas de informação

Neste seguimento, têm-se como principais contributos para o conhecimento decorrentes deste estudo o facto da FA ser agora conhecedora de que:

- A operação efetiva no FAC vai requerer uma adaptação célere de conceitos, onde se destacam as OpsD e a importância da aplicação abrangente do CdM;



- O vetor tecnológico, onde se destacam a IA e o ML, é crucial para a efetividade dos sistemas avançados de batalha no FAC;
- O sistema atual de C2 da FA apresenta lacunas em vários domínios que carecem de melhoria, a fim de garantir, em tempo, a adequação às exigências do FAC.

Em termos de **limitações**, esta investigação aporta duas, que lhe são alheias e não mitigaram a mais-valia das evidências encontradas. Em concreto, o facto de grande parte dos conceitos abordados serem muito recentes, encontrarem-se em constante desenvolvimento e, por isso, não se encontrando totalmente implementados. Uma situação que é, em parte, condicionante, de uma sólida resposta para o estabelecimento do SAB, sendo apenas possível identificar alguns dos vetores mais importantes. Adicionalmente, regista-se o facto dos projetos de C2 abordados pertencerem a áreas de informação sensível, com capacidades classificadas, levando a que seja impossível abordar toda a informação sobre os mesmos.

No que respeita a **estudos futuros**, sugere-se que seja estudado o processo de implementação dos Sistemas de Armas de 5ª geração e consequente adaptação do processo de Comando e Controlo, em Forças Aéreas congéneres, a fim de identificar similaridades, antecipar constrangimentos e colher lições identificadas.

Por último, **recomenda-se**: à Academia da Força Aérea (AFA) e à Direção de Instrução (DINST), que integre e aprofunde a educação e formação sobre operações multi-domínio dos seus militares; à Divisão de Operações (DIVOPS) que, aquando da aquisição de novas aeronaves, pondere os requisitos necessários para um possível emprego no FAC; ao Comando Aéreo que exercite o treino e simulação de situações de comunicações degradadas e promova exercícios conjuntos de operações multi-domínio.



Referências bibliográficas

- Birch, P., Reeves, R. & Dewees, B. (2020). *Build ABMS from bottom-up, for the Joint Force* [versão PDF]. Retirado de <https://breakingdefense.com/2020/05/build-abms-from-bottom-up-for-the-joint-force/>
- Bitonti, E. (2022, 2 de fevereiro). Turning the ABMS Strategy into a reality [Página online]. Retirado de <https://www.airforcemag.com/turning-the-abms-strategy-into-a-reality/>
- Botelho, L. (2022, 21 de março). Guerra na Ucrânia [Página online]. Retirado de <https://www.publico.pt/2022/03/21/politica/noticia/marcelo-lamenta-integracao-europeia-reforco-pilar-seguranca-defesa-1999568>
- Brown, C. (2020). *Accelerate change or lose* [versão PDF]. Retirado de https://www.af.mil/Portals/1/documents/2020SAF/ACOL_booklet_FINAL_13_Nov_1006_WEB.pdf
- Chairman of the Joint Chiefs of Staff [CJCS] (2021). *Joint Air Operations, Joint Publication 3-30* [versão PDF]. Retirado de <https://www.jcs.mil/Doctrine/Joint-Doctrine-Pubs/3-0-Operations-Series/>
- Chilton, K., & Autenried, L. (2021). The Backbone of JADC2: Satellite Communications for Information Age Warfare. *Mitchell Institute Policy Paper*. Retirado de <https://mitchellaerospacepower.org/the-backbone-of-jadc2-satellite-communications-for-information-age-warfare/>
- Clark, B., Patt, D., & Schramm, H. (2020). Mosaic warfare exploiting artificial intelligence and autonomous systems to implement decision-centric operations. *CSBA*. Retirado de <https://csbaonline.org/research/publications/mosaic-warfare-exploiting-artificial-intelligence-and-autonomous-systems-to-implement-decision-centric-operations>
- Clark, B., Patt, D., & Walton, T. (2021a). Implementing Decision-Centric Warfare: Elevating Command and Control to Gain an Optionality Advantage. *Hudson Institute*. Retirado de <https://www.hudson.org/research/16729-implementing-decision-centric-warfare-elevating-command-and-control-to-gain-an-optionality-advantage>
- Clark, B., Patt, D., & Walton, T. (2021b). Advancing decision-centric warfare: gaining advantage through force design and mission integration. *Hudson Institute*. Retirado de <https://www.hudson.org/research/17055-advancing-decision-centric-warfare-gaining-advantage-through-force-design-and-mission-integration>



- Cohen, R., Han, E., & Rhoades, A. (2020). *Geopolitical Trends and the Future of Warfare* [versão PDF]. Retirado de https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2849z2.html
- Conselho de Chefes de Estado-Maior [CCEM]. (2014, 30 de julho). *Missões das Forças Armadas MIFA 2014*. Aprovado em Conselho Superior de Defesa Nacional. Lisboa: Conselho de Chefes de Estado-Maior.
- Defense Advanced Research Projects Agency [DARPA]. (2020, 18 de setembro). Creating Cross-Domain Kill Webs in Real Time [Página online]. Retirado de <https://www.darpa.mil/news-events/2020-09-18a>
- Deptula, D. (2016). Evolving Technologies and Warfare in the 21st Century: Introducing the “Combat Cloud”. *Mitchell Institute, Volume* (4). Retirado de <https://mitchellaerospacepower.org/evolving-technologies-and-warfare-in-the-21st-century-introducing-the-combat-cloud/>
- Deptula, D. (2022). A New Battle Command Architecture For Joint All-Domain Operations. *Aether*, 1. Retirado de <https://www.airuniversity.af.edu/AetherJournal/>
- Deptula, D., & Penney, H. (2021). Speed is Life: Accelerating the Air Force’s Ability to Adapt and Win. *Mitchell Institute*. Retirado de <https://mitchellaerospacepower.org/speed-is-life-accelerating-the-air-forces-ability-to-adapt-and-win/>
- Department of Defense [DOD]. (2018). *Summary of the 2018 National Defense Strategy of The United States of America*.
- Department of Defense [DOD]. (2022). *Summary Of The Joint All-Domain Command & Control (JADC2) Strategy* [versão PDF]. Retirado de <https://breakingdefense.com/2022/03/pentagons-jadc2-strategy-more-questions-than-answers/>
- European Space Agency [ESA]. (2021, 22 de julho). Space-based connectivity comes another step closer [Página online]. Retirado de https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Space-based_connectivity_comes_another_step_closer
- Fachada, C. (2019). *O piloto aviador: traços disposicionais, características adaptativas e história da vida*. Sesimbra: Sumário colorido.



- Força Aérea Portuguesa. (2020, 5 de agosto). Força Aérea desenvolve sistema de comando e controlo: PS3 [Página *online*]. Retirado de <https://www.emfa.pt/noticia-3057-forca-aerea-desenvolve-sistema-de-comando-e-controlo-ps3>
- Hitchens, T. (2021, 4 de janeiro) Exclusive: J6 Says JADC2 Is A Strategy; Service Posture Reviews [Página *online*]. Retirado de <https://breakingdefense.com/2021/01/exclusive-j6-says-jadc2-is-a-strategy-service-posture-reviews-coming/>
- Hoehn, J. (2022a). Joint All-Domain Command and Control (JADC2): Background and Issues for Congress. *Congressional Research Service*. Revisão de 21 de janeiro de 2022. Retirado de <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46725>
- Hoehn, J. (2022b). Joint All-Domain Command and Control (JADC2). *Congressional Research Service*. Revisão de 21 de janeiro de 2022. Retirado de <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11493>
- Hoehn, J. (2022c). Advanced Battle Management System (ABMS). *Congressional Research Service*. Revisão de 15 de fevereiro de 2022. Retirado de <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11866>
- Hudson, J. (2021). Mission Assurance in Joint All-Domain Command and Control. *Air & Space Power Journal*. Retirado de <https://www.airuniversity.af.edu/ASPJ/Display/Article/2660634/special-edition-perspectives-on-jado/>
- Jonsson, M., & Dalsio, R. (2020). *Beyond Bursting Bubbles, Understanding the Full Spectrum of the Russian A2/AD Threat and Identifying Strategies for Counteraction* [versão PDF]. Retirado de <https://www.foi.se/en/foi/reports/report-summary.html?reportNo=FOI-R--4991--SE>
- Jorge, A, & Costa, A. (2019, dezembro). Sistemas de Comando e Controlo de 5ª Geração. *Revista Mais Alto*, 442, 40-47.
- Kofford, A. (s.d.). Dynamic Network Adaptation for Mission Optimization (DyNAMO) [Página *online*]. Retirado de <https://www.darpa.mil/program/dynamic-network-adaptation-for-mission-optimization>
- Lam, M., & Lande, J. (2021). *Assuring 5g and cloud edge applications* [versão PDF]. Retirado de http://www.spirent.com/campaign/assuring-5g-and-cloud-edge-applications?utm_medium=digital+ppc&utm_source=google&utm_campaign=active_assurance&utm_term=5g%20assurance&gclid=CjwKCAjwur-



SBhB6EiwA5sKtjsLJ0hAtwOEND3llG51FIQCyR_nqnavyOgD6aum3lslC3krAyBlb
8hoCl_0QAvD_BwE

- Mak, M. (2020). *Action is needed to provide clarity and mitigate risk of the Air Force's planned Advanced Battle Management System* [versão PDF]. Retirado de <https://www.gao.gov/products/gao-20-389>
- Ministry of National Defense of the People's Republic of China. (2019, 24 de julho) China's National Defense in the New Era [Página online]. Retirado de http://eng.mod.gov.cn/news/2019-07/24/content_4846443.htm
- Morell, S. (2021). Optimizing Joint All-Domain C2 in the Indo-Pacific. *Air & Space Power Journal*. Retirado de <https://www.airuniversity.af.edu/ASPJ/Archived-Editions/>
- NATO. (2016). *AJP-3.3 - Allied Joint Doctrine For Air And Space Operations* [versão PDF]. Retirado de <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=ajp>
- NATO. (2019). *AJP-3 - Allied Joint Doctrine For The Conduct Of Operations* [versão PDF]. Retirado de <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=ajp>
- NATO. (2020). *NATO 2030: United for a New Era* [versão PDF]. Retirado de https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/12/pdf/201201-Reflection-Group-Final-Report-Uni.pdf
- NATO. (2021). *AAP-06 Edition 2021 NATO Glossary of Terms and Definitions (English and French)* [versão PDF].
- NCI Agency (s.d.). *NATO Communications and Information Agency* [Página online]. Retirado de <https://npc.ncia.nato.int/Pages/default.aspx>.
- Priberam. (s.d.). Contestado [Página online]. Retirado de <https://dicionario.priberam.org/>
- Priebe, M., Vick, A., Heim, J., & Smith, M. (2019). *Distributed Operations in a Contested Environment* [versão PDF]. Retirado de https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2959.html
- Rasmussen, K. (2021). Aerial Composite Employment Wings in Joint All- Domain Operations. *Air & Space Power Journal*. Retirado de <https://www.airuniversity.af.edu/ASPJ/Display/Article/2660634/special-edition-perspectives-on-jado/>
- Saleiro, R. (2022). Joint All Domain Command and Control e as Forças Armadas (Trabalho de Investigação Individual do CPOS/FA). Lisboa: Instituto Universitário Militar.



- Santos, L., & Lima, J. (Coords.) (2019). Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação. Cadernos do IUM, 8. Pedrouços: Instituto Universitário Militar.
- Silva, R. (2019). Substituição do sistema de armas F-16MLU e entrada na 5ª geração (Trabalho de Investigação Individual do CPOS/FA). Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Sousa, M. N. (2022). A invasão da Ucrânia: Desafios para a Europa e o Mundo. [Conferência online] Retirado de <https://www.youtube.com/watch?v=RP2jPuxd7tE>
- Stewart, K. (2010). *Track 7: C2 Approaches and Organization. The Evolution of Command Approach* [versão PDF]. Retirado de http://www.dodccrp.org/events/15th_icrts_2010/papers/192.pdf
- Training and Doctrine Command [TRADOC]. (2017). *Multi-Domain Battle: Evolution of Combined Arms for the 21st Century 2025-2040*. (1ª versão) [versão PDF]. Retirado de https://www.tradoc.army.mil/wp-content/uploads/2020/10/MDB_Evolutionfor21st.pdf
- Tucholski, H. (2021). Future Command and Control_ Closing the Knowledge Gaps. *Air & Space Power Journal*. Retirado de <https://www.airuniversity.af.edu/ASPJ/Archived-Editions/>
- United States Air Force [USAF]. (2016). *Air Superiority 2030 Flight Plan* [versão PDF]. Retirado de <https://www.af.mil/Portals/1/documents/airpower/Air%20Superiority%202030%20Flight%20Plan.pdf>
- USAF. (2021a). *The Air Force* [versão PDF]. Retirado de <https://www.doctrine.af.mil/Operational-Level-Doctrine/AFDP-1-The-Air-Force/>
- USAF. (2021b). *Agile Combat Employment. Air Force Doctrine Note 1-21* [versão PDF]. Retirado de <https://www.doctrine.af.mil/Operational-Level-Doctrine/AFDN-1-21-Agile-Combat-Employment/>
- USAF & USSF. (2021). *The Department Of The Air Force Role In Joint All-Domain Operations. Doctrine Publication 3-99* [versão PDF]. Retirado de <https://www.doctrine.af.mil/>
- Zadalis, T. (2018). Joint Air & Space Power Conference. Retirado de <https://www.japcc.org/multi-domain-command-and-control/>



Anexo A – Visão e linhas de esforço do DOD para o JADC2

O DOD afirmou que o JADC2 irá fornecer uma abordagem de modo a produzir e fornecer capacidade de combate a todos os níveis no esforço de guerra, em todos os domínios e parceiros, de modo a atingir uma vantagem informacional relevante para as operações (DOD, 2022, pp. 4-8).¹⁶

É sustentado na capacidade de “*sense, make sense, and act*” que o DOD estabelece a sua visão para o JADC2, estando nos parágrafos seguintes um resumo do seu significado.

“*Sense (and integrate)*” – Este conceito resume-se na capacidade de descobrir, receber, correlacionar e agregar dados de todos os domínios e EE, através de métodos avançados de deteção, sensores remotos e informação proveniente de fonte aberta, usando a tecnologia para processar, gerir e integrar essa informação e partilhá-la no apoio à tomada de decisão.

“*Make Sense*” – É referido como a análise das informações recolhidas de modo a possuir uma consciência situacional elevada e assim prever ou antecipar as intenções adversárias, bem como as ações das forças amigas. É nesta fase que a informação se torna em conhecimento, sendo por isso importante ter capacidade de a difundir através de canais seguros e estarem acessíveis prontamente ao pessoal com autorização para tal. Nesta fase a IA e ML irão ter um papel fundamental por serem um facilitador na transformação de uma grande quantidade de dados em informação.

“*Act*” – Combina a vertente humana da tomada de decisão com os meios técnicos na previsão das ações e intenções dos adversários, bem como dos sistemas de comunicação e infraestruturas de modo a garantir uma disseminação rápida, precisa e segura das decisões. É também salientado neste processo, a importância que o CdM tem na capacidade de agir e flexibilizar as ações de modo a cumprir as intenções superiores.

A estratégia do DOD para a implementação do JADC2 passa por articular linhas orientadoras na função de C2 e nesta direção destacam-se as seguintes linhas de esforço:

1- Estabelecer “*data enterprise*”, é através de informação que os vários comandantes irão tomar decisões, logo ser importante estabelecer critérios, marcações e padrões no que diz respeito ao tipo de dados, adoção e uso de interfaces de dados, implementação de práticas de acesso e segurança bem como de padrões de tecnologia de informação.

¹⁶ Este Anexo é um resumo e de tradução livre por parte do autor, das páginas 4 a 8 do *Summary Of The Joint All-Domain Command & Control (JADC2) Strategy* (DOD, 2022, pp. 4-8).



2- “*Human enterprise*,” tem o seu foco nas novas reformas, abordagens e processos que os humanos terão para se adaptar à maior quantidade de informação que terão ao seu dispor para tomar decisões, sendo necessário desenvolver ferramentas que permitam o treino e educação dos líderes nas novas políticas, doutrinas, técnicas táticas e procedimentos, de modo a estarem ágeis e preparados no uso de tais capacidades.

3- “*Technical enterprise*” aborda os aspetos técnicos e requisitos das redes de modo a ter comunicações seguras, com largura de banda e velocidade suficiente de modo a permitir tomadas de decisão a qualquer nível, sincronização de efeitos em tempo quase real e que permitam assim um efetivo C2 em situações de degradação ou contestação do EE.

4- “*Modernize Mission Partner Information Sharing*” descreve a necessidade da interoperabilidade com parceiros em missões de coligação, de modo a agilizar o acesso, visualização e utilização da “consciência situacional”, aos parceiros autorizados para tal.

Esta estratégia contempla ainda seis princípios de coerência no esforço dos objetivos:

1- “*Enterprise Designed and Scaled Information Sharing*”, a passagem de informação está dependente de vários nódulos e rede de comunicações que permita uma cobertura global com segurança, funcionalidade e largura de banda suficiente.

2- “Segurança”, com várias camadas de proteção através do ciberespaço bem como de orientações, treino, inteligência oportuna e tecnologia de modo a exercer o C2 em ambiente contestado.

3- “*Data and Interoperability Standards-Driven*” é crucial que haja padrões nos dados, arquitetura de rede e aplicações eficientes de modo a garantir o acesso, o modo de agregar e gerenciar os dados para que possam ser partilhados e garantir o acesso dos vários utilizadores.

4- “*Resilient in a Degraded Environment*”, as soluções de C2 devem garantir a ação dos comandantes da força conjunta em condições contestadas em que poderão não ter acesso ao escalão superior de decisão.

5- “*Unity of Effort in Capability Development*”, a arquitetura de C2 deve garantir a implementação de processos para rapidamente se adaptar às prioridades e soluções de diferentes domínios de modo a garantir melhoramentos de partilha e interoperabilidade entre eles.

6- “*Delivering JADC2 Capabilities with Speed*”, o sistema de C2 deve evoluir constantemente e ser suficientemente aberto para adaptar rapidamente novas funcionalidades ou soluções.



Anexo B – Etapas efetuadas do ABMS

Efetuaram-se quatro eventos de modo a demonstrar e validar as capacidades do ABMS (Hoehn, 2022c)¹⁷.

- Em dezembro de 2019, onde ficou demonstrada a capacidade para o ABMS transmitir dados de radares do Exército e navios da Marinha para caças F-22 e F-35, e a *Unified Data Library* da Força Espacial, que é um ambiente de rede em nuvem que combina sensores espaciais e terrestres para rastrear satélites.
- Em setembro de 2020, onde foi demonstrada a capacidade do ABMS para detetar e abater um míssil de cruzeiro simulado, com recurso a armas hipersónicas como defesa, e para detetar e suprimir tentativas de interrupção das operações dos EUA no espaço.
- Ainda em setembro de 2020, em que a USAF mostrou o uso de um avião reabastecedor, o KC-46, para servir de órgão de C2 tático, transmitindo dados de caças de quarta geração para aeronaves de quinta geração, como o F-22.
- Em fevereiro de 2021, que permitiu testar as capacidades dos EUA e dos países aliados para realizar missões de ataque de longo alcance com aeronaves F-15E, com aeronaves F-35 dos EUA e aliados, a executar missões de defesa aérea.

¹⁷ Este Anexo é uma tradução resumida do artigo *Advanced Battle Management System (ABMS)* (2022).



Apêndice A – Modelo de análise

Objetivo Geral	Propor requisitos estruturais para o estabelecimento de um Sistema Avançado de Batalha para operação da Força Aérea no Futuro Ambiente Contestado.				
Objetivos Específicos	Questão Central	Quais são os requisitos estruturais para o estabelecimento de um Sistema Avançado de Batalha para operação da Força Aérea Portuguesa no Futuro Ambiente Contestado?			
	Questões Derivadas	Conceitos	Dimensões	Indicadores	Técnicas de recolha de dados
OE 1 Analisar as características das Operações Distribuídas no Futuro Ambiente Contestado.	QD 1 Quais as características das Operações Distribuídas no Futuro Ambiente Contestado?	Operações Distribuídas Futuro Ambiente Contestado	Comando e Controlo	Poder Aéreo	Análise documental
			Guerra centrada na decisão	<i>Agile Combat Employment</i>	
			Operações Multi-domínio	<i>Mosaic Warfare</i>	
OE 2 Analisar as características de arquiteturas de Comando e Controlo na adaptação a <i>Joint All Domain Operations</i> no Futuro Ambiente Contestado.	QD 2 Quais são as características das arquiteturas de Comando e Controlo na adaptação a <i>Joint All Domain Operations</i> no Futuro Ambiente Contestado?	Comando e Controlo	<i>Joint All Domain Command & Control / Advanced Battle Management System</i>	Arquitetura	
		<i>Joint All Domain Operations</i>		Rede, comunicações, conectividade.	
		Futuro Ambiente Contestado		Tecnologias facilitadoras.	
OE 3 Analisar as características atuais da Força Aérea Portuguesa ao nível dos sistemas de Comando e Controlo Aéreo.	QD 3 Quais são as características atuais da Força Aérea Portuguesa ao nível dos sistemas de Comando e Controlo Aéreo?	Comando e Controlo	Nacional	DOTMLPFI	Análise documental e entrevistas semiestruturadas
			NATO		



Apêndice B – Guiões de entrevistas semiestruturadas

Guião de entrevista semiestruturada direcionada ao OE3 (GE1)

Doutrina

1. Da sua experiência, tendo em vista um “Comando Centralizado e Controlo Distribuído”, considera que a doutrina NATO existente é suficiente?

Recursos

2. Da sua experiência, no que respeita à estrutura de Comando e Controlo (C2) Aéreo, em que áreas julga ser de maior criticidade a falta de pessoal, investimento ou desenvolvimento?
3. Da sua experiência, como avalia os meios – humanos e materiais – adstritos à *Intelligence*, das Unidades Base? Considera este fator importante? Porquê?

Arquitetura de Sistemas

4. Na sua opinião, como caracteriza o “Sistema de Comando e Controlo Aéreo de Portugal” (SICCAP) e o seu desenvolvimento?
5. Para além do *Integrated Command and Control* (ICC), sistema MICE e o *Portuguese Sky Sentinel System* (PS3) que outras ferramentas existem na Força Aérea destinadas a exercer o C2?
 - a. Considera estes sistemas efetivos e eficazes na integração com os outros países da aliança NATO?
 - b. Na sua opinião, que limitações existem na integração destas capacidades?
6. Na sua opinião, porque é que o *Air Command and Control System* da NATO não foi completamente implementado em Portugal?
7. Da sua experiência, qual a interligação existente entre as ferramentas de C2 da FA e os outros domínios de operação das Forças Armadas (FFAA), nomeadamente terrestre, naval, espaço e ciberespaço?
 - a. Considera importante a integração de outros domínios nas ferramentas de C2, e porquê?
8. Na sua opinião, os Sistemas de Armas (SA) da Força Aérea estão equipados com os sistemas de comunicação (rádios, *links* etc.) necessários para um C2 efetivo?
9. Da sua experiência, para um C2 efetivo, como avalia a necessidade de os SA estarem equipados com *links* seguros (p. ex.: *Link 16*)? Porquê?
10. Na sua opinião, a arquitetura de C2 da FA, permitiria a operação de SA de 5ª geração?



Resiliência

11. Na sua opinião, considera que se houvesse uma interrupção de comunicação entre o Comando Aéreo e as Unidades Base, os Comandantes das mesmas teriam autonomia para continuar a operar os meios atribuídos?
12. Da sua experiência, como avalia o treino em condições de comunicações degradadas, entre Centro de Operações e Unidades Base?
13. Da sua experiência, o escalão operacional intermédio (Comandantes de Grupo Operacional e de Unidade Base) está treinado para decidir, em caso de falha de comunicação com o Comando Aéreo?



Guião de entrevista semiestruturada direcionada à visão geral da problemática (GE2)

De modo a estabelecer um Sistema Avançado de Batalha no Comando e Controlo Aéreo (tendo como exemplos o *Joint all-Domain Command & Control* ou *Advanced Battle Management System*), com a resiliência e agilidade suficientes para operar num ambiente em que os cinco domínios de guerra, mais o EE, serão de alguma forma contestados especialmente em caso de conflito, será necessário adaptar as pessoas, processos e tecnologia. O contexto de operação militar é cada vez mais num ambiente multi-domínio, Sistemas de Armas avançados como a 5ª geração e com previsão que, em ambientes contestados, sejam aplicadas Operações Distribuídas (baseadas no *Agile Combat Employment*), com um Comando Centralizado, Controlo Distribuído e Execução Descentralizada, assente em princípios basilares, no qual o Comando de Missão ganha relevo determinante no desenrolar das operações.

Tendo em vista a adaptação do Comando e Controlo Aéreo à realidade acima descrita, quais os pontos que considera fundamentais na implementação de um Sistema Avançado de Batalha?



Apêndice C – Análise de conteúdo das entrevistas direcionadas ao OE3 (GE1)

Participante / Categoria	Doutrina e organização	Recursos	Arquitetura de Sistemas	Resiliência
João Gonçalves	– NATO – Multi-domínio –	– Carência de RH na generalidade – Reforçar investimento em sistemas de informação – SA necessitam de desenvolvimento nos seus sistemas de comunicação	– Sistemas de informação parcialmente integráveis com outros países – Multi-domínio	– C2 centralizado, comandantes de base ou grupo sem interferência no ciclo – Ausência de treino em caso de falta de comunicações
Bruno Cabaço		– Carência de RH na generalidade	– Ciberdefesa importante nos sistemas de informação – ACCS com requisitos diferentes por nação, dificultou a sua implementação – Importância do domínio espaço no C2	
Luís Silva	– C2 centralizado – Diferentes níveis de autoridade – JADO	– Carência de RH na generalidade – SA necessitam de desenvolvimento nos seus sistemas de comunicação	– ACCS com sucessivos atrasos – PS3 transmitido em redes não seguras	– Falta de recursos que permitam uma consciência situacional, em tempo real, no decorrer de missões
João Vicente	– C2 centralizado – Devido à 5ª geração e JADO, ComC, ConD e ExeD	– Carência de RH na generalidade – Falta de experiência dos RH – Agilizar processos de C2 – SA necessitam de desenvolvimento nos seus sistemas de comunicação	– Multi-domínio – Ligação em rede – IA – Fusion Center – Degradação do SICCAP – Requisitos STANAG	– C2 centralizado, comandantes de base ou grupo sem interferência no ciclo – Ausência de CONOPS em caso de falta de comunicações
Fernando Lopes		– Carência de RH na generalidade – Reforçar investimento em sistemas de informação – SA necessitam de desenvolvimento nos seus sistemas de comunicação	– Sistemas de informação parcialmente integráveis com outros países – Necessidade de partilha e integração de informação entre ramos	
Miguel Simões	– COA e CRC entidades primárias no C2 – C2 centralizado		– Degradação do SICCAP, pelos atrasos do ACCS – Integração do PS3 com entidades civis e militares nacionais	



Daniel Serrano		- Pouca formação aos RH em algumas áreas - SA necessitam de desenvolvimento nos seus sistemas de comunicação	- Sistemas de informação parcialmente integráveis com outros países - Pouca integração conjunta - Necessidade de partilha e integração de informação entre ramos	- Posto de C2 móvel - Treino em condições degradadas de comunicações apenas entre CRC e SA
----------------	--	--	--	--

Nota: Para facilitar a análise, as categorias emergentes são identificadas com o seguinte código de cores: C2 centralizado vs ComC, ConD e ExeD; Consciência conjunta e multi-domínio; Necessidades de recrutamento e treino ; Necessidade de desenvolvimento tecnológico.



Apêndice D – Resumo das aplicações tecnológicas existentes no C2 aéreo

O ICC é uma plataforma de *software* integrado que providência capacidade de gerir informação e apoio à decisão a operações aéreas ao nível nacional e NATO, servindo para funções de planeamento, geração de diretivas e ordens, *tasking* e controlo de operações através da *Recognized Air Picture* (RAP) e *Common Operational Picture* (NCI, s.d.), sendo a RAP compilada ao nível NATO, o CRC poderá ter acesso a toda a informação dos países na dependência do *Combined Air Operation Centre* (D.R. Serrano, *op. cit.*).

O ACCS foi concebido para substituir todas as valências do ICC (L.C. Silva, *op. cit.*) e inicialmente desenhado para ser interoperável com outros sistemas de C2 (NCI, s.d.), sendo que devido aos sucessivos atrasos na sua implementação, tem vindo a degradar o potencial do SICCAP (J.P. Vicente, *op. cit.*), prevendo-se apenas a integração do *Voice Communication System* (F. Lopes, entrevista por *email*, 31 de maio de 2022).

O sistema MICE é uma evolução do *Multi-AEGIS Site Emulator* (MASE), produz a RAP em tempo real, com atualizações mais frequentes que a RAP do ICC, sendo ideal para o controlo tático de meios aéreos e integra vários tipos de *links* (D.R. Serrano, *op. cit.*).

O PS3 é um sistema de C2 que está em fase de desenvolvimento, com um caminho “de tentativa e erro” a percorrer (J.B. Gonçalves, , *op. cit.*). Das capacidades do sistema destacam-se, a localização em tempo real de meios com GPS *trackers*, através de uma arquitetura de comunicações e sistemas de informação via satélite ou 4G, a capacidade de integração de informação recebida de vários sensores (vídeo ou imagens por exemplo), visualização de uma RAP e capacidade de comunicação via *chat* (FA, 2020).

No auxílio ao C2 existem outras formas de transmissão de informação, como salas de JCHAT seguras, redes internas NATO ou MMHS, aplicações baseadas em folhas de cálculo *excel* para exercer funções de planeamento, C2 ou fusão de informação, e comunicações por satélite, embora limitadas (J.P. Vicente, *op. Cit.*).