



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
Engenharia Mecânica Aeronáutica

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
- MONOGRAFIA FINAL -

PROJETO CONCEITUAL DE UMA ORGANIZAÇÃO
MILITAR ESPECIALIZADA EM OPERAÇÕES AÉREAS
NÃO TRIPULADAS

Aluno: Daniel Rodrigues Nascimento Zampilis
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Santiago de Sousa

Itajubá – MG
2025

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Deus, soberano sobre toda a Terra, Senhor, e a minha fortaleza que me sustenta e capacita diante dos desafios. Obrigado meu Deus, que esse Trabalho seja uma forma de honrá-lo pelo que és. Também realizo alguns agradecimentos:

Aos meus pais, Almir e Eliane, obrigado por toda perseverança em me ajudar e me orientar desde o início dos meus estudos. Por mais que não estivessem pertos fisicamente, o apoio e as orações de vocês fazem toda a diferença na minha caminhada.

Ao meu orientador, professor doutor Marcelo, obrigado por toda ajuda despendida, tempo dedicado e o empenho em ensinar a mim e aos meus colegas sobre conceitos da Engenharia de Sistemas. Obrigado pelo incentivo para que eu pudesse desenvolver um tema de meu interesse e por disponibilizar recursos para realizar este trabalho. Com toda certeza, os conhecimentos transmitidos serão úteis na minha carreira.

Agradeço também a Marinha do Brasil pela oportunidade única de realizar na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) o curso de graduação em mecânica aeronáutica. O curso é de excelência e o aprendizado adquirido fará total diferença no desempenho das minhas funções futuras.

Por fim, agradeço cada professor, técnico, funcionário e tantos outros colaboradores da UNIFEI, que de alguma forma tem me ajudaram na minha capacitação acadêmica. O esforço nunca será em vão, quando o salário é o conhecimento. Obrigado a todos.

*“O temor do SENHOR é o princípio do saber,
mas os loucos desprezam a sabedoria e o ensino.”.*
Provérbios de Salomão capítulo 1, verso 7

Resumo

A crescente utilização de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) nos cenários de conflito modernos impõe novos desafios logísticos e doutrinários às Forças Armadas. No contexto da Marinha do Brasil, a gestão descentralizada destes meios pode comprometer a eficiência operacional, a padronização e a interoperabilidade. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto conceitual de uma Organização Militar (OM) especializada em operações aéreas não tripuladas. Para tal, aplicou-se uma metodologia que abrange tanto a Engenharia de Sistemas tradicional quanto a *Model-Based Systems Engineering* (MBSE). Ambas as abordagens resultaram na geração de arquiteturas funcionais e físicas, permitindo o confronto dos resultados, comprovando a eficiência de desenvolvimento do projeto através do emprego do método ARCADIA e da ferramenta Capella. Como resultado consolidado, definiu-se uma estrutura organizacional integrada, capaz de centralizar as funções de Comando e Controle (C2), logística, inteligência e formação de operadores. O estudo apresenta ainda a *Work Breakdown Structure* (WBS) para o gerenciamento de projeto, validando a aplicabilidade das arquiteturas desenvolvidas e oferecendo à Força Naval um roteiro viável para a implementação de uma capacidade estratégica essencial.

Palavras-chave: Engenharia de Sistemas; Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas; Organização Militar; Marinha do Brasil; MBSE.

Abstract

The increasing use of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) in modern conflict scenarios imposes new logistical and doctrinal challenges on Armed Forces. In the context of the Brazilian Navy, the decentralized management of these assets may compromise operational efficiency, standardization, and interoperability. This work aims to develop the conceptual design of a Military Organization specialized in unmanned aerial operations. To this end, a methodology encompassing both traditional Systems Engineering and Model-Based Systems Engineering (MBSE) was applied. Both approaches resulted in the generation of functional and physical architectures, allowing for the comparison of results and demonstrating the development efficiency through the use of the ARCADIA method and the Capella tool. As a consolidated result, an integrated organizational structure was defined, capable of centralizing Command and Control (C4I), logistics, intelligence, and operator training functions. The study also presents the Work Breakdown Structure (WBS) for project management, validating the applicability of the developed architectures and offering the Naval Force a viable roadmap for the implementation of an essential strategic capability.

Key words: Systems Engineering; Remotely Piloted Aircraft Systems; Military Organization; Brazilian Navy; MBSE.

Lista de Figuras

Figura 1 - Sistema HIMARS empregado pelos ucranianos.....	2
Figura 2 - Drone <i>Bayraktar</i> TB2 de origem turca empregado pelos ucranianos).	2
Figura 3 - Ataque ucraniano à bombardeiros russos estacionados.....	3
Figura 4 - Processos da Engenharia de Sistemas.....	12
Figura 5 - Interação entre diversos sistemas.....	15
Figura 6 - Exemplo de WBS.	17
Figura 7 – Aeronave RQ-1 <i>ScanEagle</i>	21
Figura 8 – Aeronave RQ-2 Nauru 500C.....	21
Figura 9 - Aeronave RQ-1 <i>ScanEagle</i> a bordo do NAM Atlântico.	23
Figura 10 - Primeiros testes do drone “kamikaze” durante a Operação “Atlas Armas Combinadas”.	24
Figura 11 – Diagrama IDEF0 do fluxo metodológico da pesquisa.	27
Figura 12 – Extrato da arquitetura funcional do sistema.....	35
Figura 13 – Extrato da arquitetura física do sistema.	36
Figura 14 - Arquitetura física das missões.	37
Figura 15 – Extrato da decomposição funcional de F4 da missão IRS.	41
Figura 16 - FFBD e alocação funcional de F4 da missão IRS.	42
Figura 17 - Diagrama de Entidades Operacionais (OEBD).	44
Figura 18 - Diagrama de Capacidades Operacionais.....	45
Figura 19 – Parte 1 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) do cenário de combate a ilícitos nas AJB.....	46
Figura 20 – Parte 2 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) do cenário de combate a ilícitos nas AJB.....	47
Figura 21 – Parte 1 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) de Busca e Salvamento (SAR).....	48
Figura 22 – Parte 2 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) de Busca e Salvamento (SAR).....	49

Figura 23 - Diagrama de Análise do Sistema (SAB).....	51
Figura 24 – Decomposição funcional de "Assessorar C4I da operação".	52
Figura 25 - Decomposição funcional de "Avaliar quais SARP podem ser empregados".	52
Figura 26 – Decomposição funcional de “Atender a missão”.	52
Figura 27 – Decomposição funcional de "Integrar SARP".	52
Figura 28 - Decomposição funcional de “Otimizar emprego de SARP no Teatro de Operações”.	53
Figura 29 - Decomposição funcional de "Coordenar tráfego das ARP".	53
Figura 30 - Decomposição funcional de “Adotar procedimentos pós-missão”.	53
Figura 31 - Decomposição funcional de "Integrar dados e informações".	53
Figura 32 - Diagrama de Arquitetura Lógica (LAB).....	55
Figura 33 - Diagrama de Arquitetura Física (PAB).	57
Figura 34 – Rastreamento do Pacote de Trabalho “Assinatura do Contrato”.	58
Figura 35 – Diagrama esquemático de aplicação da OM na MB.	62
Figura A 1 – Organograma da Marinha do Brasil.	72
Figura B 1 - Arquitetura funcional da OM.	88
Figura B 2 - Arquitetura física da OM.	89
Figura C 1 - Arquitetura funcional da missão IRS.	90
Figura C 2 - FFBD da missão IRS.....	91
Figura C 3 - FFBD e alocação funcional de F1 da missão IRS.....	91
Figura C 4 - FFBD e alocação funcional de F2 da missão IRS.....	91
Figura C 5 - FFBD e alocação funcional de F3 da missão IRS.....	91
Figura C 6 - FFBD e alocação funcional de F4 da missão IRS.....	92
Figura C 7 - FFBD e alocação funcional de F5 da missão IRS.....	92
Figura C 8 - FFBD e alocação funcional de F6 da missão IRS.....	92
Figura C 9 - FFBD e alocação funcional de F7 da missão IRS.....	92
Figura C 10 - FFBD e alocação funcional de F8 da missão IRS.....	92
Figura C 11 - FFBD e alocação funcional de F9 da missão IRS.....	93
Figura C 12 - FFBD e alocação funcional de F10 da missão IRS.....	93
Figura C 13 - Arquitetura funcional da missão SAR.	94
Figura C 14 - FFBD adaptado e alocação funcional da missão SAR.....	95

Figura C 16 - Arquitetura funcional da missão de Ataque.	96
Figura C 17 - FFBD adaptado e alocação funcional da missão Ataque.	97
Figura C 18 - Arquitetura funcional da missão de Escolta.	98
Figura C 20 - FFBD adaptado e alocação funcional da missão Escolta.	99
Figura C 21 - Arquitetura funcional da missão de Apoio Logístico.	100
Figura C 22 - FFBD adaptado e alocação funcional da missão de Apoio Logístico.	101
Figura D 1 - Pacotes de trabalho do projeto.	102
Figura D 2 - Pacotes de trabalho de "Aeronaves".	102
Figura D 3 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Aquisição dos Sistemas Aéreos (ARP)".	102
Figura D 4 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Aquisição dos Sistemas Aéreos (ARP)".	103
Figura D 5 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Aquisição dos Sistemas de Controle (GCS)".	103
Figura D 6 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Aquisição dos Sistemas de Controle (GCS)".	104
Figura D 7 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Aquisição dos simuladores de voo".	104
Figura D 8 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Aquisição dos simuladores de voo".	105
Figura D 9 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Manutenção".	105
Figura D 10 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Manutenção".	106
Figura D 11 - Pacotes de Trabalho parte 3 de "Manutenção".	106
Figura D 12 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Capacitação de Pessoal".	107
Figura D 13 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Capacitação de Pessoal".	107
Figura D 14 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Adequação da Infraestrutura".	108
Figura D 15 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Adequação da Infraestrutura".	108
Figura D 16 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Incorporação ao Setor Operativo".	109
Figura D 17 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Incorporação ao Setor Operativo".	109
Figura D 18 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Gestão orçamentária e de suprimentos".	110
Figura D 19 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Gestão orçamentária e de suprimentos".	110
Figura D 20 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Gerenciamento de projeto".	111
Figura D 21 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Gerenciamento de projeto".	111

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Extrato de problemas e objetivos.....	30
Tabela 2 – Extrato da definição de requisitos.....	31
Tabela 3 – OCD.....	32
Tabela 4 – Extrato da rastreabilidade dos requisitos.	36
Tabela 5 – Classificação das missões e aplicações de SARP no contexto da MB.	37
Tabela A 1 - Funções exercidas pelos <i>Stakeholders</i>	73
Tabela A 2 – Áreas de interesse no sistema pelos <i>Stakeholders</i>	74
Tabela A3 – Problemas e objetivos.	75
Tabela A 4 – Definição dos requisitos.	81
Tabela E 1 - Rastreabilidade de requisitos nos componentes físicos da OM.	112
Tabela E 2 - Alocação funcional da OM.	113
Tabela E 3 - Alocação funcional das Missões.....	115

Lista de Siglas e Abreviaturas

ARCADIA - *Architecture Analysis & Projeto Integrated Approach* (Análise e Projeto de Arquitetura: Abordagem Integrada)

ARP – Aeronave Remotamente Pilotada

AJB – Águas Jurisdicionais Brasileiras

CASNAV – Centro de Análises de Sistemas Navais

CIM – Centro de Inteligência da Marinha

CM – Comandante da Marinha

C2 – Comando e Controle

C4I – Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência

CGCFN – Comando-Geral de Fuzileiros Navais

CM – Comandante da Marinha

ComemCh – Comando em Chefe da Esquadra

ComOpNav – Comando de Operações Navais

ComForAerNav – Comando da Força Aeronaval

CONOPS – *Concept of Operations* (Conceito da Operação)

CBP – Planejamento Baseado em Capacidade

CSBA – *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (Centro de Avaliações Estratégicas e Orçamentárias)

DAerM – Diretoria de Aeronáutica da Marinha

DAS – *Defense Acquisition System* (Sistema de Aquisição de Defesa)

DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DGDNTM – Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha

DGMM – Diretoria-Geral de Material da Marinha

DGN – Diretoria-Geral de Navegação

DGePM – Diretoria de Gestão de Programas da Marinha

DGPM – Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha

DoD – *U.S. Department of Defense* (Departamento de Defesa dos Estados Unidos)

DoDAF – *Department of Defense Architecture Framework* (Estrutura de Arquitetura do Departamento de Defesa dos Estados Unidos)

DOTMLPF-P – Doutrina, Organização, Treinamento, Material, Liderança, Pessoal, Instalações e Política

EGN – Escola de Guerra Naval

EMA – Estado Maior da Armada

EsqdQE-1 – 1º Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas

FAB – Força Aérea Brasileira

FFBD - *Functional Flow Block Diagram* (Diagrama de Blocos de fluxo funcional)

FPV – *First Person View* (Visão em Primeira Pessoa)

GAerNavMan – Grupo Aeronaval de Manutenção

HIMARS – *High Mobility Artillery Rocket System* (Sistema de Foguetes de Artilharia de Alta Mobilidade M142)

IDEF0 – *Integration Definition for Function Modeling* (Definição de Integração para Modelagem de Funções)

IFI – Instituto de Fomento e Coordenação Industrial

INCOSE – *International Council on Systems Engineering* (Conselho Internacional de Engenharia de Sistemas)

IPEV – Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo

ISR – Inteligência, Vigilância e Reconhecimento

JCIDS – *Joint Capabilities Integration and Development System* (Sistema Conjunto de Integração e Desenvolvimento de Capacidades)

LabSMNT – Laboratório de Sistemas Marítimos Não Tripulados

MB – Marinha do Brasil

MBSE – *Model-Based Systems Engineering* (Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos)

NAM – Navio Aeródromo Multipropósito

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

OCD – *Operational Concept Description* (Descrição do Conceito Operacional)

OSINT – Inteligência de Fontes Abertas

OM – Organização Militar

PF – Polícia Federal

PLAN – Marinha do Exército de Libertação Popular

RUSI – *Royal United Services Institute* (Instituto de Serviços do Reino Unido)

SANT – Sistemas Aéreos Não Tripulados

SAR – *Search and Rescue* (Busca e Salvamento)

SARP – Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada

SGM – Secretaria-Geral da Marinha

SisGAaz – Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul

SysML – *Systems Modeling Language* (Linguagem de Modelagem de Sistemas)

SNT – Sistemas Não Tripulados

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

THeMIS - *Tracked Hybrid Modular Infantry System* (Sistema de Infantaria Modular Híbrido Rastreado)

UAV – *Unmanned Air Vehicles* (Veículos Aéreos Não Tripulados)

UGV – *Unmanned Ground Vehicles* (Veículos Terrestres Não Tripulados)

USF – Força de Sistemas Não Tripulados da Ucrânia

USV – *Unmanned Surface Vehicles* (Veículos de Superfície Não Tripulados)

UUV – *Unmanned Underwater Vehicles* (Veículos Subaquáticos Não Tripulados)

VTOL – *Vertical Take-Off and Landing* (Decolagem e Pouso na Vertical)

WBS – *Work Breakdown Structure* (Estrutura Analítica do Projeto)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Motivação	5
1.3 Problema e Hipóteses	6
1.4 Objetivos.....	7
1.5 Revisão da Literatura.....	7
1.6 Estrutura do Trabalho	9
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	11
2.1 Introdução	11
2.2 Engenharia de Sistemas.....	11
2.3 Requisitos	13
2.4 OCD e CONOPS	14
2.5 Arquiteturas	15
2.6 Rastreabilidade	16
2.7 <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).....	16
2.8 <i>Model-Based Systems Engineering</i> (MBSE).....	17
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 Materiais	19
3.1.1 <i>Estrutura da aviação naval</i>	20
3.1.2 <i>Metodologia ARCADIA</i>	24
3.1.3 <i>Software capella</i>	26
3.2 Métodos	27
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 <i>Stakeholders</i> , Problemas e Objetivos	29
4.2 Requisitos e OCD	30
4.3 Desenvolvimento das Soluções	33
4.3.1 <i>Arquiteturas do sistema e rastreabilidade</i>	33

4.3.2 <i>Arquiteturas das missões</i>	36
4.3.3 <i>CONOPS</i>	42
4.4 Modelagem.....	43
4.4.1 <i>Análise operacional</i>	44
4.4.2 <i>Análise de sistema</i>	50
4.4.3 <i>Arquitetura lógica</i>	54
4.4.4 <i>Arquitetura física</i>	56
4.5 Gerenciamento de projeto.....	57
4.6 Análise comparativa das abordagens e Resultados	58
4.7 Verificação das Hipóteses	60
4.8 Aplicação na Marinha do Brasil	61
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
5.1 Conclusões.....	63
5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO A – Organograma da Marinha do Brasil	72
APÊNDICE A – Problemas, Objetivos e Requisitos do Sistema.....	73
APÊNDICE B – Arquiteturas do Sistema	88
APÊNDICE C – Arquiteturas e FFBD das missões	90
APÊNDICE D – WBS.....	102
APÊNDICE E – Rastreabilidade dos Requisitos.....	112

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Os Sistemas Não Tripulados (SNT) têm causado um impacto significativo na guerra moderna, introduzindo novas capacidades táticas, operacionais e estratégicas, além de torná-la mais rápida, precisa e letal. Esses sistemas assumiram papéis cruciais para o sucesso de operações militares em variados perfis de missões, repaginando as ações das forças armadas a fim de atender os seus objetivos. A importância dos SNT pode ser resumida em alguns aspectos, como a redução de risco às vidas humanas, maior eficiência operacional, redução de custos, maior versatilidade em operação, acesso a ambientes de alto risco e a superioridade de informação.

Segundo Nichols et al. (2020), os SNT podem ser classificados de acordo com seu ambiente de operação (aéreo, marítimo, terrestre ou subaquático). Os Sistemas Terrestres Não Tripulados (UGV) são usados, por exemplo, para reconhecimento, desativação de bombas, combate e apoio logístico. Os Sistemas Marítimos Não Tripulados (USV) operam na superfície da água para patrulhas, guerra antissubmarino e entre outras funções. Os Sistemas Subaquáticos Não Tripulados (UUV) são empregados em mapeamento do fundo marinho e a neutralização de minas submarinas. Os Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) ou UAV (*Unmanned Air Vehicles*) são os mais difundidos atualmente, variando de microdrones às plataformas de grande altitude e longa autonomia.

Guerras contemporâneas têm comprovado a eficiência do emprego dos SNT em combate direto ou indireto. O conflito da Ucrânia e Rússia, iniciado em 2022, se tornou um campo de testes global para esses sistemas, redefinindo a doutrina militar moderna. Segundo Canes (2023), no reconhecimento tático, os Veículos Aéreos Não Tripulados (UAV) foram utilizados para a detecção de movimentos de tropas em tempo real e a orientação da artilharia com precisão milimétrica, como os HIMARS (Sistema de Foguetes de Artilharia de Alta Mobilidade M142), apresentado na Figura 1. Canes (2023) também afirma que para ataques cirúrgicos foram utilizados drones aéreos como o *Bayraktar* TB2 (Figura 2), para superfície o *Magura* V5, além de drones FPV (Visão em Primeira Pessoa) improvisados como “kamikazes”. Robôs de desminagem, como o THeMIS (*Tracked Hybrid Modular Infantry*

System), também foram empregados para a limpeza de campos minados, otimizando operações de assalto (ENGÍNSOY, 2024).



Figura 1 - Sistema HIMARS empregado pelos ucranianos (Fonte: VERA, 2022).

Drone Bayraktar TB2

Altitude máxima: 7.600 m
Alcance máximo: 300 km
Velocidade Máx.: 220 km/h

Armamento: 4 bombas
MAM-L guiadas por laser
Envergadura da asa: 12 m



Figura 2 - Drone *Bayraktar* TB2 de origem turca empregado pelos ucranianos (Fonte: BBC, 2022).

Desde o início da guerra entre Ucrânia e Rússia, os Sistemas Não Tripulados (SNT) permitiram reduzir o distanciamento de capacidade militar entre essas duas nações, como é atestado por relatos observados. Um exemplo notório é o uso de plataformas navais ucranianas, como o *Magura V5*, que, segundo fontes ucranianas, foi adaptado com mísseis R-73 para realizar ataques aéreos, tendo supostamente abatido um caça russo *Sukhoi Su-30* sobre o Mar Negro (DRONE, 2025). Também foram divulgados ataques de Veículos de Superfície Não Tripulados (USV) a navios atracados na base naval de *Novorossiysk*, no sul da Rússia (BASE, 2023). Em outro episódio, apresentado na Figura 3, o governo ucraniano destruiu bombardeiros militares russos estacionados em bases profundas no território russo, numa operação de inteligência chamada “Teia de Aranha”, na qual drones FPV foram lançados de locais próximos aos aeródromos (GONÇALVES, 2025). Ocorrências como essas comprovam como sistemas de baixo custo podem neutralizar meios militares complexos e de alto valor.



Figura 3 - Ataque ucraniano à bombardeiros russos estacionados (Fonte: Serviço de Segurança da Ucrânia via BBC, 2025).

O confronto entre Israel e Irã também exhibe um emprego massivo de SNT. Ambos os países são grandes operadores de drones no Oriente Médio. O Irã é um dos maiores produtores do continente, enquanto Israel possui uma das indústrias mais avançadas do mundo no setor (FRANTZMAN, 2021). No ataque iraniano a Israel em abril de 2024, ficou notória a aplicação de enxames de drones e mísseis balísticos, que buscaram provocar a

saturação do sistema de defesa israelense, conhecido como Domo de Ferro (*Iron Dome*), e de outras camadas de proteção (MENDES, 2024). Além dos ataques, esses sistemas são amplamente utilizados em operações secretas de espionagem e inteligência, evidenciando sua versatilidade.

Atualmente, cresce o mercado comercial e a aplicação dos SNT no meio militar, apontando para uma tendência de maior integração desses sistemas nas futuras operações de combate. No entanto, o sucesso dos SNT não reside apenas em operações isoladas, mas na sua integração com os demais meios militares. Um exemplo claro na Ucrânia foi o uso de UAV de reconhecimento para identificar alvos e direcionar o fogo da artilharia de longo alcance HIMARS (ZABRODSKYI et al., 2023). Além disso, o rápido avanço tecnológico, envolvendo inteligência artificial, promete tornar esses dispositivos ainda mais letais e autônomos, com capacidade para identificar e atacar alvos sem intervenção humana direta (UEHARA, 2024).

No âmbito dos SANT, é fundamental distinguir as categorias operacionais. Segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (BRASIL, 2020), as aeronaves podem ser classificadas como autônomas — cuja operação independe de intervenção humana em tempo real e são proibidas no espaço aéreo brasileiro — ou como Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA). Quando se considera o conjunto completo, abrangendo a aeronave, a estação de pilotagem remota e o link de comando e controle, o sistema é denominado Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP). Devido à sua flexibilidade, o SARP é empregado em diversas missões, tais como Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IRS), Busca e Salvamento (SAR), transporte logístico, escolta e ataque.

Um grupo militar destinado a operação e controle de SNT não é uma novidade. Em fevereiro de 2024, a Ucrânia formalizou a criação da sua Força de Sistemas Não Tripulados (USF) em meio a invasão russa em seu território (NORWOOD; PAVLYK, 2024). Esse braço das forças armadas ucranianas tem como objetivo centralizar o aprimoramento, aquisição e operação de drones em todas as suas unidades militares. Os Estados Unidos também são grandes operadores de SNT em seu arsenal de defesa, possuindo agências especializadas que fomentam o uso desses sistemas. A marinha americana já opera drones como o MQ-9A *Reaper*, MQ-4C *Triton*, UAS de reabastecimento tático TRV-150. Esses dispositivos fazem parte do programa de SANT do Comando de Sistemas Aéreos Navais, que fornecem suporte ao longo do ciclo de vida de materiais e armas do setor da aviação naval (NAVAL AIR SYSTEMS COMMAND, [s.d.]).

1.2 Motivação

Atualmente, a Marinha do Brasil (MB) atravessa um período de modernização estratégica, com foco na projeção de poder naval e na defesa da "Amazônia Azul". Para o monitoramento e proteção desta área de aproximadamente 5,7 milhões de km², a Força coordena o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), integrando satélites e radares para prover consciência situacional (MARINHA DO BRASIL, 2021). No entanto, as operações navais tradicionais, baseadas apenas em meios tripulados, enfrentam desafios de escala e custo para manter a vigilância contínua em uma região tão vasta. Neste cenário, os Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) emergem como vetores tecnológicos disruptivos e essenciais.

A importância desses sistemas já é reconhecida pela MB, que iniciou o emprego de vetores não tripulados através do 1º Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas (EsqdQE-1). Operando modelos como o RQ-1 *ScanEagle* e o Nauru 500C, a Força executa missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR) e amplia sua capacidade de Busca e Salvamento (MARINHA DO BRASIL, [s.d.]). Paralelamente, iniciativas de pesquisa, como o desenvolvimento de lanchas autônomas sob coordenação do Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) e o suporte do Laboratório de Sistemas Marítimos Não Tripulados (LabSMNT), demonstram o esforço institucional em dominar essa tecnologia (MARINHA DO BRASIL, 2024).

A motivação para o uso intensivo desses meios corrobora a visão de Martins ([s.d.]), que destaca os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) como multiplicadores do poder de combate. Eles oferecem vantagens operacionais claras, como maior permanência no teatro de operações, livres das limitações fisiológicas humanas, custos operacionais significativamente inferiores aos da aviação tripulada e, fundamentalmente, a preservação do capital humano pela redução da exposição das tripulações ao risco. Contudo, para ampliar essa aplicação e abranger a diversidade de tarefas demandadas, torna-se imperativo não apenas a aquisição de novos modelos, mas a capacitação especializada e a integração sistêmica desses meios aos demais ativos operativos da Força.

1.3 Problema e Hipóteses

Os Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) constituem vetores estratégicos fundamentais para a modernização do Poder Naval, permitindo à Marinha do Brasil (MB) atender a demandas operacionais cada vez mais complexas. Entretanto, a inserção massiva e a operação eficiente desses meios geram desafios de gestão que transcendem as capacidades dos modelos organizacionais tradicionais. Diante desse cenário, o presente trabalho orienta-se pelo seguinte problema de pesquisa:

- Como assegurar a integração e a coordenação de múltiplas plataformas aéreas não tripuladas, superando as limitações de interoperabilidade e gestão inerentes às estruturas convencionais?

Em resposta à essa pergunta, foram estabelecidas seis hipóteses norteadoras:

- **H1:** A projeção de operações diversificadas com SANT demanda a consolidação de uma doutrina de operações aéreas não tripuladas, estabelecendo normas gerais aplicáveis a toda a instituição;
- **H2:** Devido à versatilidade de missões, os SANT alcançam diversos setores da MB, não devendo ser vinculados ou restritos a um único tipo de esquadrão;
- **H3:** A integração plena e eficiente dos SANT exige uma organização estruturada, com capacidade de apoio desde o nível operacional até o estratégico;
- **H4:** A natureza desta organização requer métodos que superem a administração convencional, aplicando conceitos capazes de mapear e gerir interfaces complexas;
- **H5:** A Engenharia de Sistemas surge como a abordagem ideal para o gerenciamento eficaz do ciclo de vida dos SANT, viabilizando a integração de componentes complexos em uma Organização Militar desse perfil;
- **H6:** A interoperabilidade e a mitigação de riscos dependem da validação via Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE), permitindo identificar falhas de fluxo informacional ainda na fase de concepção e projeto.

1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é projetar uma organização militar especializada em operações aéreas não tripuladas. Para alcançar tal propósito, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar e aplicar os conceitos e ferramentas da Engenharia de Sistemas na modelagem do sistema organizacional proposto;
- Validar a abordagem de Engenharia de Sistemas como método eficaz na construção de soluções complexas;
- Modelar o sistema projetado utilizando o *software* Capella, demonstrando visualmente os fluxos funcionais e as arquiteturas lógica e física da organização.

1.5 Revisão da Literatura

O emprego de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) por forças navais representa uma evolução doutrinária e tecnológica consolidada no século XXI. A literatura internacional demonstra um consenso sobre o papel transformador desses sistemas. Autores como Singer (2009), em sua obra "*Wired for War*", já apontavam para a revolução robótica nos assuntos militares, destacando como a autonomia e a persistência dos drones redefiniriam as táticas de vigilância e combate.

No âmbito naval, marinhas de ponta como a dos Estados Unidos (U.S. Navy) e a da China (PLAN) têm investido massivamente no desenvolvimento e na integração de sistemas não tripulados para missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR), guerra antissubmarino e apoio a operações especiais. Segundo o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (2018), essa transformação é detalhada em relatórios que analisam a transição para uma frota híbrida, com maior autonomia e capacidade de operar em ambientes contestados.

Os conflitos recentes, notadamente a guerra na Ucrânia, forneceram um vasto campo de observação sobre a eficácia dos Sistemas Não Tripulados (SNT). Análises de institutos como o *Royal United Services Institute* (RUSI) e de especialistas em Inteligência de Fontes Abertas (OSINT) demonstram como as forças ucranianas utilizaram drones navais e aéreos para neutralizar alvos de alto valor. Relatórios detalham como Veículos de Superfície Não Tripulados (USV) foram empregados em ataques diretos contra a Frota do Mar Negro,

evidenciando a assimetria e o baixo custo relativo dessas tecnologias (SUTTON, 2023; ZABRODSKYI et al., 2023).

No contexto nacional, a discussão sobre o emprego de SARP pela Marinha do Brasil (MB) tem ganhado corpo. A adoção de sistemas não tripulados é crucial para o monitoramento eficaz da vasta extensão da "Amazônia Azul", um ponto já consolidado em estudos sobre tecnologias emergentes e defesa (PROENÇA JÚNIOR; DUARTE, 2017). A Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2021) e o Plano Estratégico da Marinha 2040 (MARINHA DO BRASIL, 2021) corroboram essa visão, prevendo o fortalecimento da capacidade de vigilância e a incorporação de novas tecnologias.

Contudo, a introdução de SARP no inventário da MB não se limita à aquisição de novas plataformas, mas representa uma transformação doutrinária e organizacional complexa. A literatura especializada aponta para um conjunto de desafios sistêmicos que devem ser endereçados para que essa capacidade seja plenamente efetivada. Quatro pilares são fundamentais nessa análise: interoperabilidade, impacto no Comando e Controle (C2), gestão da aquisição e o suporte ao ciclo de vida.

O primeiro pilar, a integração e interoperabilidade, é crucial. Os SARP não podem operar como sistemas isolados; eles devem funcionar como nós em uma rede de batalha maior. O Departamento de Defesa dos EUA, em seu *Roadmap* de Sistemas Não Tripulados, destaca que o progresso tecnológico deve migrar de um foco em domínios específicos para uma abordagem "agnóstica de domínio", garantindo a "colaboração contínua" e a interoperabilidade total entre equipes tripuladas, não tripuladas e mistas (U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE, 2017).

Isso impacta diretamente o segundo pilar: o processo de Comando e Controle (C2). A principal vantagem dos SARP é o fornecimento de um fluxo contínuo de dados de ISR, alterando fundamentalmente a percepção do campo de batalha. Luiz (2017) argumenta que a evolução tecnológica nos sistemas de C2 é o que permite aos comandantes alcançarem a "consciência situacional" adequada e, por fim, obter a "superioridade da informação" na guerra moderna.

O terceiro pilar é a gestão da aquisição dessas plataformas. A rápida evolução tecnológica exige um processo que vá além da simples compra de equipamentos. Marroni (2018) evidencia a complexidade de obter Produtos de Defesa, defendendo que a solução não é adquirir uma plataforma, mas um "pacote de capacidade" (SOUSA, 2025). Para gerenciar isso, o Planejamento Baseado em Capacidade (CBP) é definido como um processo que alinha

o orçamento à aquisição de um conjunto de componentes (pessoal, treinamento, equipamento e instalações) necessários para entregar uma capacidade militar específica (TALIAFERRO et al., 2019).

Por fim, o quarto pilar é a necessidade de uma estrutura que suporte o ciclo de vida completo dos SARP, o que inclui logística, manutenção e treinamento (U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE, 2017). Mais criticamente, a operação de SARP exige um novo perfil profissional, abordado por Dias (2021) como o "desafio da capacitação dos recursos humanos" para o futuro da Aviação Naval. A criação de uma organização militar especializada, portanto, justifica-se pela necessidade de centralizar essa expertise.

Esta revisão da literatura, portanto, sintetiza o conhecimento consolidado no cenário internacional e nacional para fundamentar a necessidade e orientar o projeto de uma Organização Militar especializada, que responda de forma integrada e eficiente às demandas estratégicas e operacionais da Marinha do Brasil no século XXI.

1.6 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 introduz o tema, contextualizando o emprego atual de Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) e apresentando a motivação da pesquisa. São definidos o problema de pesquisa, as hipóteses norteadoras e os objetivos, seguidos de uma breve revisão da literatura sobre o cenário global.

O Capítulo 2 estabelece a fundamentação teórica, detalhando os conceitos da Engenharia de Sistemas e as ferramentas metodológicas que alicerçam o projeto, incluindo a Estrutura Analítica do Projeto (WBS) e a Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE).

No Capítulo 3, descrevem-se os materiais e métodos. São abordados os elementos organizacionais da Marinha do Brasil e a utilização do *software* Capella para a abordagem MBSE. Os métodos de condução do trabalho são esquematizados através de um diagrama IDEF0 (*Integration Definition for Function Modeling*).

O Capítulo 4, núcleo da pesquisa, apresenta a aplicação dos conceitos de Engenharia de Sistemas ao projeto da Organização Militar (OM). Nesta etapa, definem-se os *stakeholders*, problemas e requisitos, seguidos do projeto das arquiteturas e da descrição do conceito de operação (CONOPS) da OM e das missões de Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP). O capítulo inclui o rastreamento de requisitos, a elaboração

da WBS e a MBSE, culminando na análise dos resultados frente às hipóteses iniciais e na discussão sobre a aplicabilidade do sistema para a Marinha do Brasil.

Por fim, o Capítulo 5 sintetiza os resultados, apresentando as conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Introdução

Este capítulo aborda os conceitos de Engenharia de Sistemas necessários para o projeto de uma organização militar especializada em operações aéreas não tripuladas na Marinha do Brasil. Essa organização pode ser considerada um sistema ou produto e deve atender aos objetivos dos seus *stakeholders* ou clientes. Serão abordados os seguintes tópicos: Engenharia de Sistemas; Requisitos; OCD e CONOPS; Arquiteturas; Rastreabilidade; WBS; e MBSE.

2.2 Engenharia de Sistemas

A Engenharia de Sistemas é fundamental para o gerenciamento de projetos complexos. Segundo o *International Council on Systems Engineering* (INCOSE, 2023), ela é definida como uma abordagem transdisciplinar e integradora que utiliza princípios e conceitos sistêmicos, bem como métodos científicos, tecnológicos e de gestão, para possibilitar a realização, o uso e a retirada de serviço bem-sucedidos de sistemas de engenharia.

Essa metodologia abrange o projeto, o desenvolvimento, a integração e o gerenciamento ao longo de todo o ciclo de vida do sistema (SOUSA, 2025). Sua aplicabilidade é crucial em setores de alta criticidade, como o aeroespacial, defesa e automotivo, onde a falha não é uma opção. Nesse contexto, o foco não reside nos componentes individuais, mas sim na interação harmônica entre eles e o sistema como um todo, garantindo que operem de forma coesa para atingir os objetivos pré-definidos.

A abordagem de Engenharia de Sistemas, conforme ilustrado na Figura 4, é comumente dividida em duas fases principais que se desdobram em atividades técnicas:

1. Domínio do Problema: Foca em definir "o que" o sistema deve fazer. Esta etapa inicia com a análise do sistema atual, a definição dos *stakeholders* (partes interessadas), a identificação clara dos problemas e o estabelecimento dos objetivos. As informações

coletadas são então traduzidas em requisitos de sistema, que passam por rigorosa análise e validação;

2. Domínio da Solução: Foca em definir "como" o sistema será construído. Com base nos requisitos prescritos, são desenvolvidas as arquiteturas física, funcional e operacional (CONOPS). Segue-se a fase de produção (construção, testes) e implementação no ambiente de operação, onde o sistema é comparado com seus objetivos de projeto e o monitoramento de desempenho é iniciado.

O fluxo de desenvolvimento de um projeto não ocorre de forma isolada dos demais processos da Engenharia de Sistemas. Ele é continuamente supervisionado e controlado por processos simultâneos que garantem a integridade do projeto:

- Gerenciamento da Engenharia de Sistemas: Atua como a camada de supervisão de todo o processo, assegurando que as atividades técnicas permaneçam alinhadas aos objetivos dos *stakeholders*, gerenciando recursos e controlando o escopo (SOUSA, 2025).
- Integração, Verificação e Validação: É um processo técnico contínuo e fundamental. A Integração foca em "juntar as partes", assegurando que os componentes do sistema se conectam e operem entre si. A Verificação responde à pergunta "o sistema está sendo construído corretamente?" (comparando o produto com os requisitos e arquiteturas). Por fim, a Validação responde à pergunta "estamos construindo o sistema certo?" (comparando o sistema final com a necessidade original do cliente/problema).

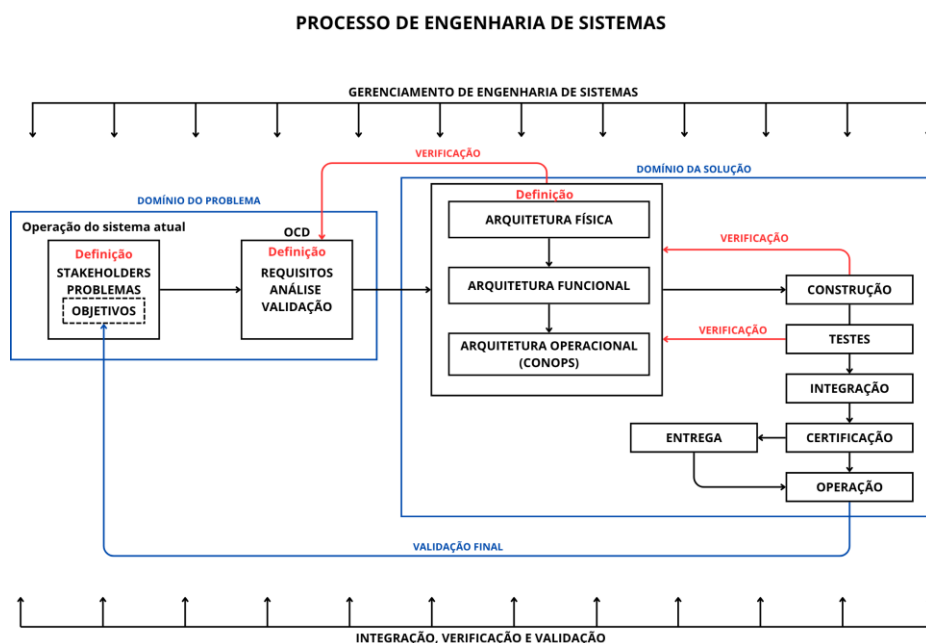


Figura 4 - Processos da Engenharia de Sistemas (Fonte: AUTOR, 2025).

A adoção da Engenharia de Sistemas oferece vantagens estratégicas, como a redução de custos, a mitigação de riscos e o aumento das chances de sucesso em projetos complexos. Ferramentas como o WBS (*Work Breakdown Structure*) e o *software* Capella, usado em MBSE (*Model-Based Systems Engineering*), auxiliam na aplicação desta abordagem, otimizando a alocação de recursos e o desenvolvimento.

No contexto de defesa nacional, a aplicação da Engenharia de Sistemas é instrumentalizada através de normas de Gestão do Ciclo de Vida (GCV) adotadas por cada Força Singular. A Força Aérea Brasileira baliza seus processos na diretriz DCA 400-6 (BRASIL, 2020), enquanto o Exército Brasileiro estrutura a obtenção de capacidades na norma EB20-N-10.003 (BRASIL, 2022). Já a Marinha do Brasil alinha-se às diretrizes do Ministério da Defesa através do manual MD40-M-01 (BRASIL, 2019), operacionalizando a gestão de seus meios por intermédio da Diretoria de Gestão de Programas da Marinha (DGePM). Segundo Leite Junior (2020), a DGePM desempenha um papel central ao aplicar a metodologia de GCV proposta pelo Ministério da Defesa para assegurar a prontidão dos sistemas navais e aeronavais, buscando uma mudança de mentalidade na gestão da manutenção e no controle de custos e disponibilidade ao longo de toda a vida útil do material.

Entretanto, observa-se que as Forças Singulares não possuem uma publicação unificada que reja, de forma mandatória, a integração de sistemas de defesa em nível nacional. Esse cenário difere substancialmente do modelo consolidado dos Estados Unidos, onde o Departamento de Defesa (DoD) utiliza o JCIDS (*Joint Capabilities Integration and Development System*) integrado ao DAS (*Defense Acquisition System*). Para garantir a interoperabilidade técnica entre Marinha, Exército e Força Aérea, os EUA empregam o DoDAF (*Department of Defense Architecture Framework*). Conforme detalhado no *DoD Systems Engineering Guidebook* (USA, 2022), o DoDAF fornece a estrutura de visualização padronizada que obriga os desenvolvedores a comprovarem a integração dos dados e interfaces antes mesmo da aquisição do sistema, assegurando a operação conjunta desde a fase de concepção.

2.3 Requisitos

O fracasso de projetos em Engenharia de Sistemas, frequentemente manifestado por custos elevados de retrabalho e pelo não cumprimento das expectativas, é majoritariamente atribuído a falhas no processo de definição de requisitos. Os requisitos são a base que orienta

o projeto, definindo metas e limitações, e servem como o padrão para as atividades de Verificação e Validação da solução final. Eles são, por definição, a declaração formal das necessidades dos *stakeholders* (as partes interessadas, clientes ou usuários finais do sistema) (SOUSA, 2025).

A Engenharia de Sistemas estabelece que a correta identificação, análise e validação dessas necessidades, ainda na fase de definição do problema, são cruciais. O processo de análise, em particular, exige a decomposição das necessidades de alto nível em funções executáveis. É nesta etapa que metodologias de análise funcional, como o Diagrama de Blocos de Fluxo Funcional (FFBD), são empregadas. O FFBD é uma ferramenta essencial para traduzir os requisitos (o "quê") em um modelo comportamental (o "como"), detalhando a sequência lógica das operações que o sistema deve executar. Este processo garante que o sistema a ser construído esteja estritamente alinhado às demandas dos *stakeholders*, mitigando os riscos de desalinhamento durante o desenvolvimento.

2.4 OCD e CONOPS

A visão do usuário sobre um sistema é estabelecida através do OCD (*Operational Concept Description*), permitindo responder questões fundamentais para o seu desenvolvimento. Segundo Halligan (2022), este documento descreve de forma clara e objetiva quem são os usuários do sistema, como e onde ele será operado.

Conforme definido pela ANSI/AIAA (2012), a função primordial do OCD é descrever a missão, o ambiente e as características operacionais do sistema proposto sob a estrita perspectiva do usuário. Este documento atua como um elo entre as necessidades operacionais e a engenharia, guiando a formulação e a validação dos requisitos do sistema. No contexto da Organização Militar (OM) em análise, o OCD é o artefato responsável por detalhar os cenários de emprego tático e logístico, assegurando que a solução final entregue à Marinha do Brasil esteja perfeitamente aderente à realidade operativa e às demandas de seus utilizadores.

O CONOPS (*Concept of Operations*), diferente do OCD, volta-se para a dinâmica interna do sistema, descrevendo como o sistema funcionará, seja de forma autônoma ou em interação com outros elementos. Este documento detalha o roteiro operacional, abordando como as atividades devem ser executadas para que os objetivos e metas estabelecidos sejam alcançados.

Conforme a Administração Federal de Aviação (FAA, 2014), este documento é fundamental para garantir a integração harmoniosa de um sistema específico, como uma aeronave, dentro de um ecossistema maior e mais complexo – um conceito conhecido como “sistema de sistemas” (*system of systems*). Ao descrever essa interação, o CONOPS assegura que a operação do componente individual contribua de maneira eficaz para o sucesso da missão global, alinhando a funcionalidade técnica com os resultados operacionais desejados. A Figura 5 ilustra bem essas interações em um cenário do mundo real. Neste exemplo em questão, a conexão com múltiplos sistemas como navios, submarinos, satélites e entre outros não seriam considerados ao se examinar a operação da aeronave de maneira restrita e individual.

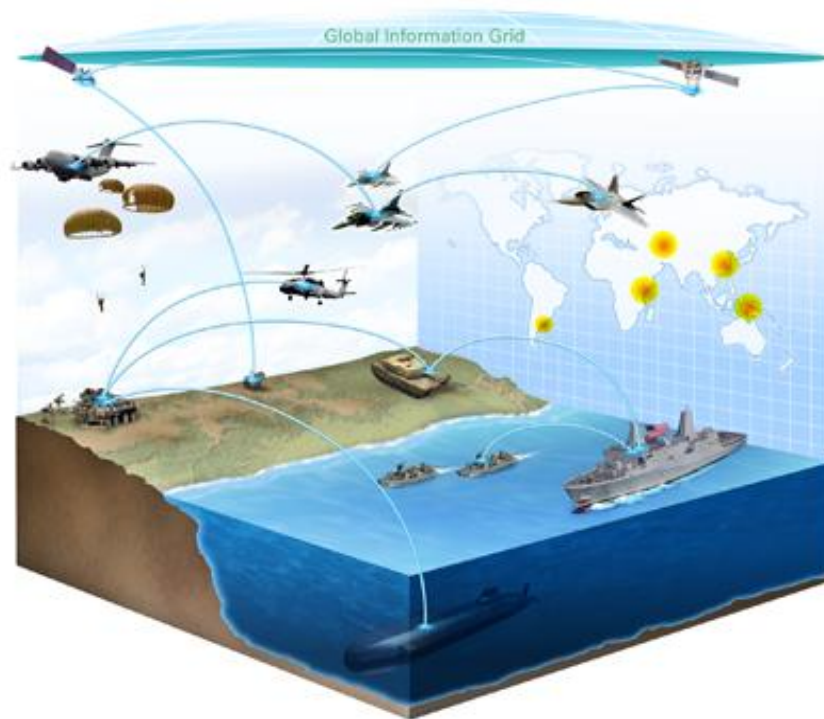


Figura 5 - Interação entre diversos sistemas (Fonte: PARKINSON, 2012)

2.5 Arquiteturas

A definição da arquitetura do sistema é a etapa subsequente à validação dos requisitos. Ela é desenvolvida em duas perspectivas complementares: a física e a lógica (funcional).

A arquitetura física elenca os componentes (humanos e técnicos) e define sua hierarquia em subsistemas. Nesta fase, é crucial otimizar o nível de abstração para balancear

os custos de um detalhamento excessivo contra os riscos de segurança e erros de um projeto pouco detalhado.

Paralelamente, a arquitetura lógica (funcional) mapeia as funcionalidades, decompondo macro funções em subfunções. Conforme Rechtin e Maier (2010), esta abordagem foca no "o que" o sistema deve fazer, permitindo uma análise neutra de soluções antes da definição de componentes físicos.

O processo é concluído de forma iterativa, ao interligar as duas visões, mapeando as funções lógicas aos componentes físicos para otimizar o projeto.

2.6 Rastreabilidade

No processo de Engenharia de Sistemas, a rastreabilidade é a capacidade de mapear e seguir as relações entre os requisitos e os componentes da arquitetura do sistema. O princípio central é garantir que, para cada elemento implementado, seja possível rastrear sua origem até um requisito específico, e inversamente, que cada requisito seja devidamente contemplado por um ou mais elementos de arquitetura. Essa verificação de cobertura completa previne tanto o escopo incompleto (requisitos esquecidos) quanto a criação de componentes sem propósito definido. Por ser um mecanismo que conecta todos os artefatos do ciclo de vida, a rastreabilidade é de extrema importância para o gerenciamento de mudanças, permitindo análises de impacto confiáveis e garantindo que o produto seja um sistema robusto, validado e aderente às suas especificações.

2.7 *Work Breakdown Structure* (WBS)

A *Work Breakdown Structure* (WBS) ou Estrutura Analítica do Projeto (EAP), é uma ferramenta fundamental no gerenciamento de projetos. Ela consiste em uma decomposição hierárquica de todo o escopo de trabalho, orientada aos itens entregáveis do projeto, sejam eles *hardware*, *software* ou serviços. Conforme o manual da NASA (2018), o propósito da WBS é subdividir o escopo do projeto em segmentos gerenciáveis, de modo a facilitar o planejamento e o controle efetivo de custos, cronogramas e conteúdo técnico.

O uso da WBS é crucial para o sucesso de projetos complexos. A estrutura, exemplificada na Figura 6, decompõe o escopo total em níveis progressivamente menores,

culminando nos "pacotes de trabalho" (*work packages*). Essa abordagem oferece vantagens significativas (PMI, 2017):

1. Definição de Escopo: Fornece uma definição clara e visual do escopo total do projeto, sendo a principal ferramenta para prevenir o *scope creep* (aumento descontrolado do escopo);
2. Base para o Planejamento: Serve como alicerce para as estimativas de custo e prazo, pois os pacotes de trabalho são gerenciáveis e mensuráveis;
3. Comunicação: Facilita a comunicação entre as equipes de projeto e os *stakeholders*, fornecendo um mapa comum do trabalho a ser realizado;
4. Atribuição de Responsabilidade: Permite a atribuição inequívoca de responsabilidades por cada pacote de trabalho a equipes ou indivíduos específicos.

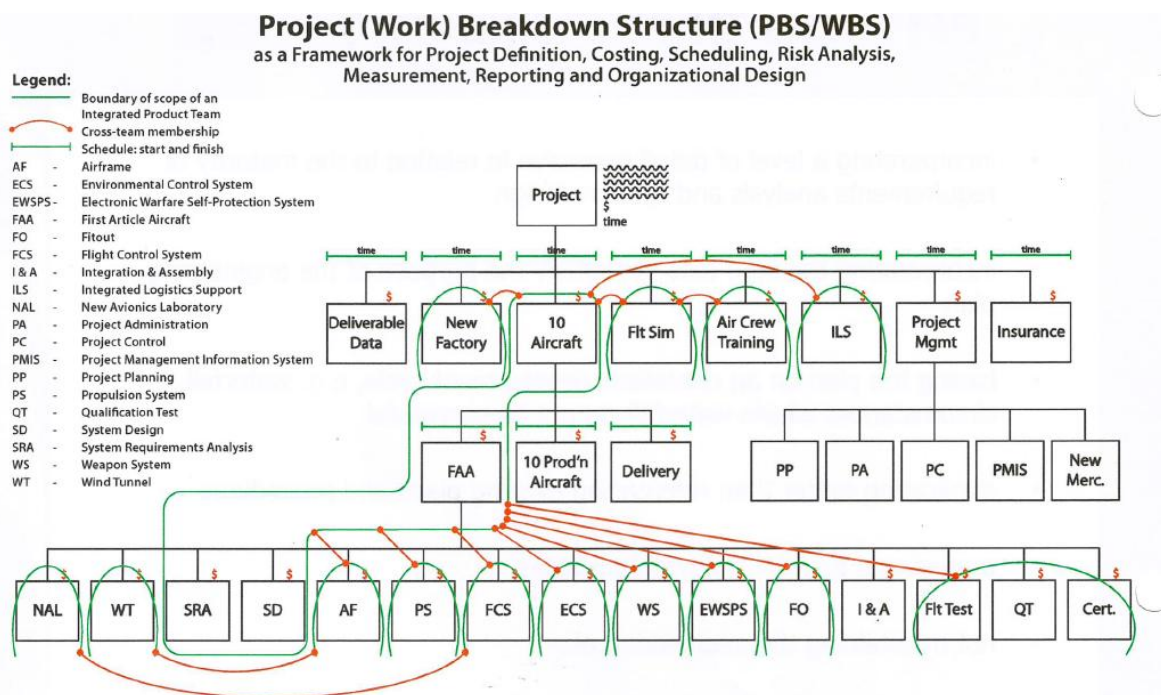


Figura 6 - Exemplo de WBS. (Fonte: PPI, 2025)

2.8 Model-Based Systems Engineering (MBSE)

A crescente complexidade dos sistemas modernos, associada a equipes de projeto distribuídas e à rápida evolução tecnológica, expõe as fragilidades dos métodos de engenharia tradicionais. Estes, frequentemente "centrados em documentos", sofrem com comunicação ineficiente e dificuldade na manutenção da consistência dos dados. Neste contexto, a

Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE) surge como uma mudança de paradigma. O MBSE propõe a substituição da abordagem estática, baseada em documentos, por uma abordagem dinâmica e "centrada em modelos". O modelo digital passa a funcionar como a "Fonte Única da Verdade" (*Single Source of Truth*), garantindo a integridade dos dados ao longo do ciclo de vida.

Conforme definido pelo INCOSE (2023), o MBSE é "a aplicação formalizada da modelagem para apoiar os requisitos do sistema, o projeto, a análise, a verificação e a validação" desde a concepção até as fases posteriores. Na prática, o uso de linguagens padrão (como a SysML) e ferramentas de repositório centralizado (como Cameo ou Capella) melhora a comunicação entre *stakeholders* e permite a detecção precoce de falhas de projeto, reduzindo custos de retrabalho.

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

O presente capítulo descreve o percurso metodológico adotado para a concepção de uma Organização Militar (OM) especializada em operações aéreas não tripuladas. Dada a complexidade inerente à estruturação de uma nova unidade operativa, o trabalho fundamenta-se nos princípios da Engenharia de Sistemas como a base central para o projeto da organização.

Embora o foco principal resida na aplicação dos conceitos clássicos de Engenharia de Sistemas para a definição da estrutura, o método incorpora, de forma complementar, a abordagem de MBSE (*Model-Based Systems Engineering*). A utilização do MBSE atua como um recurso adicional que instrumentaliza o projeto, permitindo não apenas a representação visual das arquiteturas, mas também a realização de análises e comparações detalhadas sobre a consistência da solução proposta, algo que seria limitado utilizando apenas a abordagem documental tradicional.

Para operacionalizar essa estratégia de projeto, foram utilizados quatro recursos fundamentais, que constituem os materiais desta pesquisa:

1. Conceitos Tradicionais de Engenharia de Sistemas: A base teórica principal utilizada para conduzir o projeto da organização;
2. Estrutura Operativa e Organizacional da Aviação Naval: Levantamento do cenário atual para compreender como os sistemas aéreos não tripulados estão inseridos na estrutura da Marinha do Brasil, fornecendo o contexto real e as restrições de integração para o projeto;
3. Metodologia ARCADIA (*Architecture Analysis and Design Integrated Approach*): O método específico adotado para aplicar o conceito de MBSE, servindo de suporte para estruturar a modelagem e refinar as definições do sistema;
4. *Software* Capella: A ferramenta computacional utilizada para executar a metodologia ARCADIA, gerando os diagramas que possibilitam as análises e comparações propostas.

Nas seções subsequentes, os tópicos 2, 3 e 4 serão detalhados, demonstrando como a Engenharia de Sistemas, apoiada pela modelagem, foi aplicada na construção da solução proposta.

3.1.1 Estrutura da aviação naval

A operação dos Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (SARP) é uma responsabilidade direta da Aviação Naval. A cadeia de comando operacional (Anexo A, Figura A1) parte do Comando de Operações Navais (ComOpNav), que detém o controle tático e estratégico de todas as operações. Subordinado ao ComOpNav está o Comando em Chefe da Esquadra (ComemCh), responsável pelo planejamento das operações navais e aeronavais. O ComemCh, por sua vez, comanda o Comando da Força Aeronaval (ComForAerNav).

O ComForAerNav é a organização militar (OM) que provê o apoio aéreo aos Comandos Operativos (MARINHA, [sd]), gerenciando os esquadrões de helicópteros, aeronaves de asa fixa e SARP. Dentro desta estrutura, o 1º Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas (EsqdQE-1) é a unidade pioneira de SARP, cujo propósito é contribuir para o processo decisório e o emprego do poder naval (MARINHA, [sd]).

O EsqdQE-1 possui as aeronaves RQ-1 *ScanEagle* e RQ-2 Nauru 500C. O primeiro modelo, conforme apresentado na Figura 7, possui uma autonomia de mais de 20h, podendo atingir um alcance de até 100 km (54 milhas náuticas). Um sistema de asa fixa, lançado por catapulta e recolhido sem a necessidade de pista (rede de recolhimento), tornando-o ideal para operações embarcadas em navios-patrolha e fragatas. É primariamente utilizado em missões de IRS (MARINHA DO BRASIL, [sd]).

O segundo modelo, observado na Figura 8, possui capacidades de Decolagem e Pouso Vertical (VTOL), atendendo uma autonomia máxima de 4h, e podendo atingir até 60 km (32 milhas náuticas) de distância. De acordo com a Redação Forças de Defesa (2024), o modelo Nauru 550C foi adquirido em outubro de 2024, e pode ser empregado principalmente em missões de Busca e Salvamento (SAR).



Figura 7 – Aeronave RQ-1 *ScanEagle* (Fonte: MARINHA DO BRASIL, 2022).



Figura 8 – Aeronave RQ-2 Nauru 500C (Fonte: SPOTTER, 2025).

3.1.1.1 *Pilares organizacionais*

A estrutura operacional é sustentada por dois outros pilares organizacionais: o técnico e o logístico. Como órgão normativo, a Diretoria de Aeronáutica da Marinha (DAerM) atua como a autoridade aeronáutica da Marinha. A DAerM é responsável por gerenciar o ciclo de vida do material, estabelecer as normas técnicas, supervisionar a segurança de voo e certificar as aeronaves e os procedimentos de manutenção (MARINHA, [sd]). Embora o EsqdQE-1 esteja operacionalmente subordinado ao ComForAerNav, ele deve seguir rigorosamente as diretrizes técnicas e de aeronavegabilidade prescritas pela DAerM.

Na esfera da manutenção, o Grupo Aeronaval de Manutenção (GAerNavMan), também subordinado ao ComForAerNav, centraliza o apoio logístico (MARINHA, [sd]). Enquanto o EsqdQE-1 executa a manutenção de 1º escalão (preventiva e corretiva leve), o GAerNavMan é responsável pela manutenção de 2º e 3º escalões (intermediária e de depósito), realizando reparos complexos, revisões de componentes e inspeções profundas, garantindo a disponibilidade e a longevidade dos meios SARP.

3.1.1.2 Capacidades da Marinha do Brasil

A introdução de qualquer novo sistema de armas ou tecnologia, como os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), só se justifica se ela preencher ou ampliar uma capacidade militar existente ou desejada pela Força. Uma capacidade militar não é apenas o equipamento em si, mas a aptidão real para executar uma tarefa ou alcançar um objetivo estratégico. Taliaferro (2019) define capacidade (*capability*) como a aptidão de concluir uma tarefa ou executar um curso de ação sob condições e níveis de desempenho especificados.

Essa combinação de meios e modos é frequentemente resumida pelo acrônimo DOTMLPF-P (Doutrina, Organização, Treinamento, Material, Liderança, Pessoal, Instalações e Política) (CJCS, 2015). Um SARP só ingressa em uma capacidade quando integrado a uma doutrina de uso, operadores treinados, uma organização (o EsqdQE-1) e uma cadeia de comando.

A Segurança Marítima é uma das capacidades centrais da Marinha do Brasil (MB), focada na salvaguarda da soberania e proteção dos interesses nacionais na "Amazônia Azul", conforme seu Plano Estratégico (MARINHA DO BRASIL, 2021). Ela engloba a segurança da navegação, a repressão a ilícitos, a proteção da vida humana no mar e a defesa de infraestruturas críticas, como plataformas de petróleo (BRASIL, 2020; MARINHA DO BRASIL, 2022). Essa capacidade materializa-se em cenários como o combate ao narcotráfico, pesca ilegal e pirataria (SILVA, 2019), além das operações de Busca e Salvamento (SAR) coordenadas pelo SALVAMAR (MARINHA DO BRASIL, 2022).

Para a execução eficaz nestes cenários, os SARP representam um diferencial estratégico. Essas plataformas oferecem IRS de alta persistência e baixo risco operacional, sendo cruciais para a detecção de naufragos em missões SAR ou para o monitoramento de embarcações suspeitas (SANTOS, 2020). A complexidade do ambiente exige, ainda, a atuação coordenada de múltiplos atores, como a MB, a Força Aérea Brasileira (FAB), a Polícia Federal (PF) e o IBAMA (BRASIL, 2021).

3.1.1.3 Perspectivas futuras

A Marinha do Brasil (MB) executa um amplo espectro de missões, desde a defesa da pátria e garantia da soberania até ações humanitárias. Para manter a prontidão e ampliar suas capacidades operacionais neste contexto, o emprego de Sistemas Não Tripulados (SNT) torna-se cada vez mais fundamental.

A Força avança na integração de Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (SARP) em seus navios, aumentando significativamente a versatilidade dos meios navais. Essa integração (Figura 9) já foi comprovada em operações reais, como no lançamento do RQ-1 *ScanEagle* pelo Navio Aeródromo Multipropósito (NAM) Atlântico para mapear áreas atingidas nas enchentes do Rio Grande do Sul em 2024 (AGÊNCIA MARINHA DE NOTÍCIAS, 2024). Paralelamente, o aprimoramento doutrinário do uso de SARP no contexto naval é buscado através da participação do 1º Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas (EsqdQE-1) em exercícios conjuntos das Forças Armadas (MEIRELES, 2025).

A MB também avança no desenvolvimento e testes de ARP nacionais, inovando na capacidade ofensiva brasileira em operações aéreas não tripuladas. Em setembro de 2025, durante a Operação “Atlas Armas Combinadas”, exercício militar para treinamento de defesa da região amazônica em ambiente controlado, a MB realizou os primeiros testes com drone “kamikaze” (REDAÇÃO FORÇAS DE DEFESA, 2025). Esse drone tático de ataque (Figura 10), desenvolvido por militares do Batalhão de Combate Aéreo, é uma ARP com 1,64 m de envergadura e 65 cm de fuselagem. Ele pode voar até 5 km, tem autonomia de 25 minutos e carrega uma carga explosiva capaz de inutilizar veículos e aeronaves (SOARES, 2025).



Figura 9 - Aeronave RQ-1 *ScanEagle* a bordo do NAM Atlântico (Fonte: AGÊNCIA MARINHA DE NOTÍCIAS, 2024).



Figura 10 - Primeiros testes do drone “kamikaze” durante a Operação “Atlas Armas Combinadas” (Fonte: SOARES, 2025).

3.1.2 Metodologia *ARCADIA*

Para a implementação do MBSE neste trabalho, optou-se pela metodologia *ARCADIA* (*Architecture Analysis & Projeto Integrated Approach*). Desenvolvido pela Thales, o *ARCADIA* é um método estruturado que orienta o engenheiro de sistemas desde a captura das necessidades operacionais até a definição dos componentes físicos, passando pela análise funcional e lógica. Esta abordagem, focada na definição do "o quê" (necessidade) antes do "como" (solução física), garante que a arquitetura final atenda rigorosamente aos requisitos operacionais (VOIRON, 2017).

A metodologia *ARCADIA* é dividida em 5 grandes etapas sequenciais e iterativas, sendo elas: *Operational Analysis* (Análise Operacional), *System Analysis* (Análise de Sistema), *Logical Architecture* (Arquitetura Lógica), *Physical Architecture* (Arquitetura Física) e *EPBS – End-Product Breakdown Structure* (Estrutura de Decomposição do Produto Final). A seguir serão apresentadas as 4 primeiras partes dessa metodologia pelo *software* Capella.

3.1.2.1 *Análise operacional*

A Análise Operacional, primeira perspectiva do método ARCADIA, foca em garantir a adequação do projeto às reais necessidades dos usuários, respondendo "o quê" precisa ser feito e "por quê". Esta fase concentra-se em definir o contexto operacional, identificando os atores operacionais envolvidos e as capacidades operacionais requeridas.

O modelo de Análise Operacional detalha as atividades e entidades operacionais através de cenários, sem, contudo, definir o "como" (a solução). O sistema de interesse não é modelado nesta etapa, define-se apenas o perímetro de análise, assegurando que o desenvolvimento subsequente (a Análise de Sistema) seja rastreável e estritamente orientado às necessidades operacionais, e não a uma solução pré-concebida.

3.1.2.2 *Análise de sistema*

A Análise de Sistema, segunda fase da metodologia Arcadia, é o nível responsável por traduzir as necessidades identificadas na Análise Operacional em capacidades e funções que o sistema de interesse deve prover. O objetivo central desta etapa é definir claramente as responsabilidades, requisitos e fronteiras do sistema, estabelecendo a ponte fundamental entre a definição do problema (o "porquê") e o início da solução (o "como" lógico). Nesta fase, o sistema é deliberadamente modelado como uma "caixa-preta", ou seja, um elemento unitário, sem estrutura interna, focado estritamente no "o que" deve fazer, e não em "como" o fará.

O processo de Análise de Sistema exige a identificação dos atores de sistema, entidades humanas ou outros sistemas externos que interagem diretamente com ele, e a alocação de funções. Essa alocação é crucial para delimitar precisamente o perímetro do sistema, distinguindo suas responsabilidades daquelas que permanecem com os atores. Ao formalizar também as trocas funcionais (*Functional Exchanges*) necessárias com o ambiente externo, a Análise de Sistema estabelece o "contrato" de requisitos que servirá como a principal referência para o projeto da arquitetura nas fases subsequentes.

3.1.2.3 *Arquitetura lógica*

Neste nível, o foco é identificar os componentes lógicos dentro do sistema, suas relações e conteúdo independentemente de considerações de tecnologia ou de implementação. Após isso, deve ser realizada uma análise funcional interna do sistema que consiste em

identificar as subfunções necessárias para realizar as funções escolhidas no nível anterior. Além disso, uma divisão em componentes lógicos aos quais essas subfunções internas serão alocadas deve ser determinada. Ainda, todas as restrições não funcionais que foram escolhidas devem ser integradas.

3.1.2.4 *Arquitetura física*

A Arquitetura Física representa a etapa de projeto no método Capella focada na transição da solução lógica e abstrata para uma arquitetura de implementação concreta. Este nível de abstração incorpora as escolhas técnicas, restrições e funções específicas de implementação que não são detalhadas na fase anterior.

O objetivo central dessa arquitetura é definir os componentes físicos (*hardware* e *software*) que realizarão as funções alocadas ao sistema. Para estruturar esta implementação, o Capella distingue duas categorias de componentes. Conforme Cerqueira (2020), existem os Componentes Físicos de Comportamento (*Behavior Components*), que são os elementos ativos responsáveis pela execução das funções (a exemplo dos componentes de *software*). Em contrapartida, os Componentes Físicos de Implementação (*Node Components*) atuam como "hospedeiros" (*hosts*), fornecendo os recursos materiais necessários (como processadores e *hardware*).

O modelo é finalizado pelo detalhamento da implantação (*deployment*), que define exatamente qual componente de *Behavior (software)* é executado em qual componente de *Node (hardware)*. As interações e trocas entre os componentes físicos são materializadas por meio de Conexões Físicas (*Physical Links*) e Trocas de Componentes (*Component Exchanges*), que detalham também os protocolos de comunicação utilizados.

3.1.3 *Software capella*

O método ARCADIA é implementado computacionalmente através da ferramenta *open-source* Capella. O Capella (Eclipse Foundation, 2024) não é apenas um *software* de desenho, mas um ambiente de engenharia que "força" a aplicação correta dos passos do ARCADIA, oferecendo diagramas e visões específicas para cada nível de abstração. Diferente de linguagens de modelagem de propósito geral como SysML, a combinação

ARCADIA/Capella oferece um framework prescritivo, focado na engenharia de arquitetura, o que reduz ambiguidades e acelera a análise de projeto.

3.2 Métodos

Para estruturar e visualizar o fluxo processual desta pesquisa, adotou-se a modelagem IDEF0 (*Integration Definition for Function Modeling*). Esta metodologia permite representar as funções de um sistema ou processo de forma hierárquica, evidenciando as relações entre entradas (*Inputs*), controles (*Controls*), saídas (*Outputs*) e mecanismos (*Mechanisms*). Neste trabalho, o IDEF0 é utilizado para demonstrar como os conceitos teóricos, as ferramentas computacionais e as normas operacionais são integrados para atingir o objetivo proposto. A Figura 11 apresenta o diagrama do método de pesquisa, estruturado em três atividades sequenciais de concepção, modelagem e verificação:

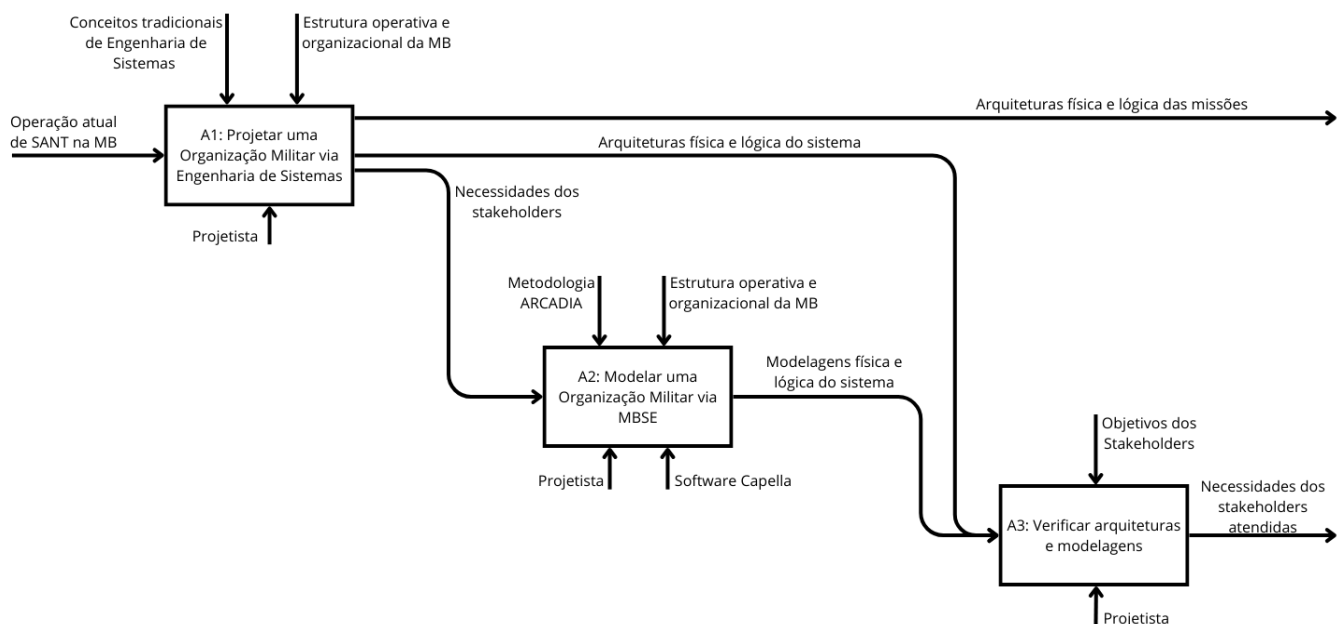


Figura 11 – Diagrama IDEF0 do fluxo metodológico da pesquisa (Fonte: AUTOR, 2025).

O processo inicia-se na atividade A1 (Projetar uma Organização Militar via Engenharia de Sistemas), onde o cenário da operação atual de Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) na Marinha (Entrada) é analisado sob a ótica dos conceitos tradicionais de engenharia e da estrutura organizacional vigente (Controles). O resultado desta etapa é o acompanhamento das necessidades dos *stakeholders* e a definição do esboço das arquiteturas física e lógica do sistema.

Estas definições alimentam a atividade A2 (Modelar uma Organização Militar via MBSE). Nesta fase, o projetista utiliza o *Software* Capella (Mecanismo) para transformar os requisitos em modelos visuais detalhados. O processo é regido pela metodologia ARCADIA (Controle), assegurando a transição correta entre as camadas de abstração e gerando as modelagens física e lógica do sistema.

Por fim, o fluxo converge para a atividade A3 (Verificar arquiteturas e modelagens). Nesta etapa analítica, as modelagens geradas em A2 e as arquiteturas da A1 são confrontadas entre si e com os objetivos iniciais dos *stakeholders* (Controle). A finalidade é assegurar que a solução proposta seja consistente, resultando na verificação de que as necessidades operacionais e organizacionais estão sendo devidamente atendidas nesta fase de projeto.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *Stakeholders*, Problemas e Objetivos

O universo de partes interessadas (*stakeholders*) deste projeto compreende as Organizações Militares (OM) da Marinha do Brasil (MB), bem como órgãos externos de regulação e certificação aeronáutica, tais como o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e o Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV). Deste conjunto, foram selecionados os *stakeholders* primários com base em suas atribuições centrais, conforme detalhado na Tabela A1 do Apêndice A. Adicionalmente, a Tabela A2 classifica estes atores segundo suas áreas de interesse e aplicação no sistema projetado.

Para fins de análise, os problemas foram categorizados em quatro eixos de responsabilidade: Estratégico (E), Operativo (O), Administrativo (A) e Organizacional (P). A codificação adotada para rastreabilidade associa a categoria, a numeração sequencial e os *stakeholders* de referência. Por exemplo, o código O5-3.6 designa o quinto problema de natureza Operativa (O), tendo como interessados os *stakeholders* identificados pelos índices 3 (Comando de Operações Navais - ComOpNav) e 6 (Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha -DGDNTM). A relação completa encontra-se na Tabela A3 do Apêndice A.

A Tabela 1 a seguir apresenta um extrato representativo da Tabela A3, destacando quatro pares de problemas e objetivos que servirão de objeto de estudo. A análise destes itens permite estabelecer as primeiras correlações com as hipóteses de trabalho:

- Hipótese H1: Os desafios de doutrina (E1-2) e capacitação de pessoal (P2-8) evidenciam que a solução técnica depende de um arcabouço normativo unificado;
- Hipótese H3: Os gargalos de interoperabilidade (O2-3.10) e logística (A12-7) corroboram a premissa que a complexidade do ciclo de vida dos SANT exige uma estrutura organizacional transversal e robusta.

Tabela 1 – Extrato de problemas e objetivos.

Classificação	Problema	Objetivo	Stakeholder(s)
E1-2	Inexistência de um arcabouço doutrinário consolidado para operações aéreas não tripuladas no âmbito da Marinha do Brasil, resultando em disparidades de Táticas, Técnicas e Procedimentos.	Consolidar e disseminar a doutrina de operações aéreas não tripuladas no âmbito da Marinha do Brasil, visando à padronização e harmonização de procedimentos, táticas e técnicas.	EMA
O2-3.10	Baixa interoperabilidade entre os diferentes tipos de SANT e os demais meios operativos (navais, aéreos e terrestres).	Desenvolver e implementar uma arquitetura de sistemas abertos que assegure a interoperabilidade e a sinergia entre as diversas plataformas não tripuladas e tripuladas, permitindo a comunicação e operação conjunta.	ComOpNav, ComForAerNav
A12-7	Proliferação de vetores SANT não padronizados, adquiridos de forma descentralizada pelos diversos setores da Marinha, resultando em uma arquitetura logística insustentável, com múltiplas cadeias de suprimento e elevada complexidade de manutenção.	Implementar a racionalização e padronização do arsenal de SANT, consolidando requisitos para viabilizar a aquisição de uma "família de sistemas" com alto grau de comunalidade de componentes, otimizando o processo de obtenção e a sustentabilidade logística.	DGMM
P2-8	Inexistência de uma instituição de ensino militar dedicada à formação e à capacitação de recursos humanos para a operação de SANT, gerando uma dependência de cursos externos e falta de padronização.	Estruturar um Centro de Instrução e Adestramento especializado em SANT, responsável pela formação, qualificação e adestramento contínuo de operadores, analistas e mantenedores.	DGPM

Fonte: AUTOR, 2025.

4.2 Requisitos e OCD

Os requisitos estão classificados em sete categorias, conforme detalhado na Tabela A4 do Apêndice A: Estratégicos (EST); Operações (OPE); Recursos Humanos (RH); Logística e Material (LOG); Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência (C4I); e Requisitos de Órgãos específicos. Essa categorização delinea o escopo fundamental do sistema em projeto.

A Tabela 2 apresenta um extrato dos requisitos traçados em resposta aos problemas da Tabela 1. Destaque-se que os requisitos de doutrina militar (REQ-EST-09), integração (REQ-

OPE-01), aquisição de aeronaves (REQ-LOG-05) e capacitação profissional (REQ-RH-01) refletem os desafios mais críticos a serem superados. Com a definição destes requisitos, fundamentam-se e consolidam-se as hipóteses H1 e H3.

Tabela 2 – Extrato da definição de requisitos.

Identificação	Requisito	Justificativa	Problema
REQ-EST-09	A OM deve ser a autoridade para redigir e disseminar a doutrina de emprego de SANT, garantindo integração com a doutrina aeronaval existente.	Estruturar uma doutrina de operações aéreas não tripuladas não consolidada na Marinha do Brasil.	E1-2
REQ-OPE-01	Os SANT devem interoperar plenamente com os meios operativos da Força Naval.	Resolver a ausência de integração completa das SANT com os demais meios operativos.	O2-3.10
REQ-LOG-05	A OM deve orientar a aquisição de aeronaves e gerenciar o arsenal de SANT.	Suprir a falta de domínio do acervo de manutenção, evitando a indisponibilidade de material e centralizar a padronização do arsenal de SANT de toda a MB.	A3-7/A12-7
REQ-RH-01	A OM deve coordenar um centro de formação para qualificar operadores, mantenedores e analistas de SANT.	Suprir a carência de um centro de formação especializado para o pessoal de SANT.	P2-8

Fonte: AUTOR, 2025.

Em conformidade com os princípios da Engenharia de Sistemas, a Descrição do Conceito de Operação (OCD) é uma etapa primordial que estabelece a visão de alto nível do sistema em seu ambiente operacional. Para tanto, é necessário responder a questionamentos essenciais que definem as partes interessadas (usuários e operadores), o ambiente de operação e os cenários de utilização. A Tabela 3 apresenta a sistematização dessas respostas, servindo como documento basilar para o desenvolvimento do projeto, além de verificar que os requisitos definidos anteriormente.

Tabela 3 – OCD.

Descrição Conceitual da Operação do Sistema (OCD)	
Perguntas	Respostas
Quem é o usuário?	Marinha do Brasil
Quem irá operar?	Comandos de alto nível estratégico e tático; e Militares operadores de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP).
Onde será usado?	Em estações de Comando e Controle (C2) de missões aéreas não tripuladas realizadas pela Marinha do Brasil. Essas missões podem ser contextualizadas em diferentes cenários de interesse, como: 1. Ambientes Marítimos (Operações Navais, Hidrografia, Cartografia e Programa Antártico Brasileiro); 2. Ambientes Fluviais (Inspeções navais, Operações Ribeirinhas e Assistência Cívico – Social); 3. Ambientes Terrestres (Operações com o Corpo de Fuzileiros Navais – CFN); 4. Ambiente subsidiário e civil (Apoio à desastres naturais e segurança de instalações navais).
Como será usado?	A Organização Militar terá como finalidade central o emprego tático de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) e a gestão unificada das operações aéreas não tripuladas. Suas atribuições distribuem-se em três esferas principais: 1. Emprego Operacional: Execução de missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IRS), Busca e Salvamento (SAR), Ataque, Escolta e Apoio Logístico. 2. Gestão Integrada: Atuação como núcleo centralizador para todas as missões aéreas não tripuladas, fornecendo suporte de Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência (C4I) ao Comando de Operações Navais e o Comando da Força Aeronaval para a sincronização eficaz das operações. 3. Sustentação e Desenvolvimento: Responsabilidade pela formação de pessoal especializado, sustentabilidade logística, e apoio à aquisição, Gestão do Ciclo de Vida (GCV) e interoperabilidade de novas aeronaves e tecnologias. Estruturalmente, a Organização poderá estar subordinada a um sistema maior de coordenação de Sistemas Não Tripulados da Marinha do Brasil, atuando como seu principal braço executivo e administrativo.
Por que será usado?	A Organização Militar visa garantir a vigilância estratégica de áreas de interesse da Marinha do Brasil e ampliar a superioridade informacional e de combate nos ambientes de operações navais. Tal estrutura centralizaria a expertise, desenvolveria doutrina própria e otimizaria a gestão logística e de informações, assegurando a sustentabilidade de uma Capacidade militar. Essa especialização é fundamental para transformar a mera posse de plataformas em uma capacidade de combate integrada, soberana e adaptada aos desafios do século XXI.

Fonte: AUTOR, 2025.

4.3 Desenvolvimento das Soluções

A modelagem sistêmica do sistema projetado começa com as suas arquiteturas funcional e física. Este processo inclui a especificação das funções, dos componentes físicos e de suas interfaces, além de estabelecer a alocação funcional e o mapeamento explícito entre os requisitos e os componentes da arquitetura, assegurando a otimização da rastreabilidade.

Para validar e aprofundar o escopo projetado, o sistema é analisado em seu contexto operacional. Inicialmente são realizadas a modelagem funcional, física e a alocação funcional, através de um FFBD (*Functional Flow Block Diagram*), de missões-tipo da Marinha do Brasil (MB) onde o SARP é empregado, estruturadas com base em capacidades já requeridas pela Força, como a segurança marítima. A arquitetura dessas missões atua, portanto, como uma ferramenta analítica para detalhar o contexto esperado de uso do sistema, auxiliando na geração ou refinamento de requisitos, e não na definição de novas capacidades militares.

A etapa seguinte ao projeto de missões consiste na elaboração do Conceito de Operações (CONOPS) da OM. O CONOPS formaliza o emprego do sistema, descrevendo seu uso nos contextos operacional e administrativo da Marinha do Brasil para alinhamento entre os *stakeholders*. Com o objetivo de prover uma visão de longo prazo para a implementação do sistema, este trabalho propõe uma WBS (*Work Breakdown Structure*) sugerida, facilitando o planejamento e o gerenciamento das fases subsequentes do ciclo de vida do projeto. A rastreabilidade entre requisitos definidos e os componentes físicos e lógicos projetados é apresentada, permitindo verificar a alocação completa desses. Subsequentemente, a modelagem computacional, a ser abordada, expandirá a análise contextual para otimizar o emprego do sistema e suas interações no ambiente operacional.

4.3.1 Arquiteturas do sistema e rastreabilidade

A Organização Militar (OM) proposta foi designada como Comando de Sistemas Aéreos Não Tripulados, buscando sua correta inserção na estrutura organizacional da Marinha do Brasil (MB). Fundamentando-se na Engenharia de Sistemas, os requisitos foram decompostos primeiramente na arquitetura funcional (Apêndice B, Figura B1) e, subsequentemente, na arquitetura física (Apêndice B, Figura B2), garantindo que cada componente físico atenda às funções mapeadas. Ressalta-se a inclusão de elementos como o ComOpNav e o ComForAerNav; estes, embora não executem funções internas do sistema,

são representados como sistemas externos (atores) que interagem e influenciam o sistema de interesse.

A rastreabilidade do projeto é assegurada pelas Tabelas E1 e E2 (Apêndice E), que estabelecem a matriz de correlação entre os requisitos definidos e os componentes e funções das arquiteturas. Este mapeamento cruzado valida que a totalidade dos requisitos foi contemplada na solução projetada. Adicionalmente, a Tabela 4 evidencia como o sistema satisfaz os problemas e requisitos operacionais analisados na seção precedente.

Para exemplificar a aplicação do método, observa-se o requisito de doutrina militar (REQ-EST-09), atendido pelo componente físico Grupo de Doutrina Militar (C2.2.1). Conforme detalhado na Figura 13 e suas funções associadas (destacadas na Figura 12), este componente é responsável pela elaboração e disseminação de normas, como a doutrina de proteção cibernética dos SANT e outras doutrinas subsidiárias. Tal detalhamento demonstra a eficácia da Engenharia de Sistemas no refinamento da modelagem funcional e na estruturação operacional.

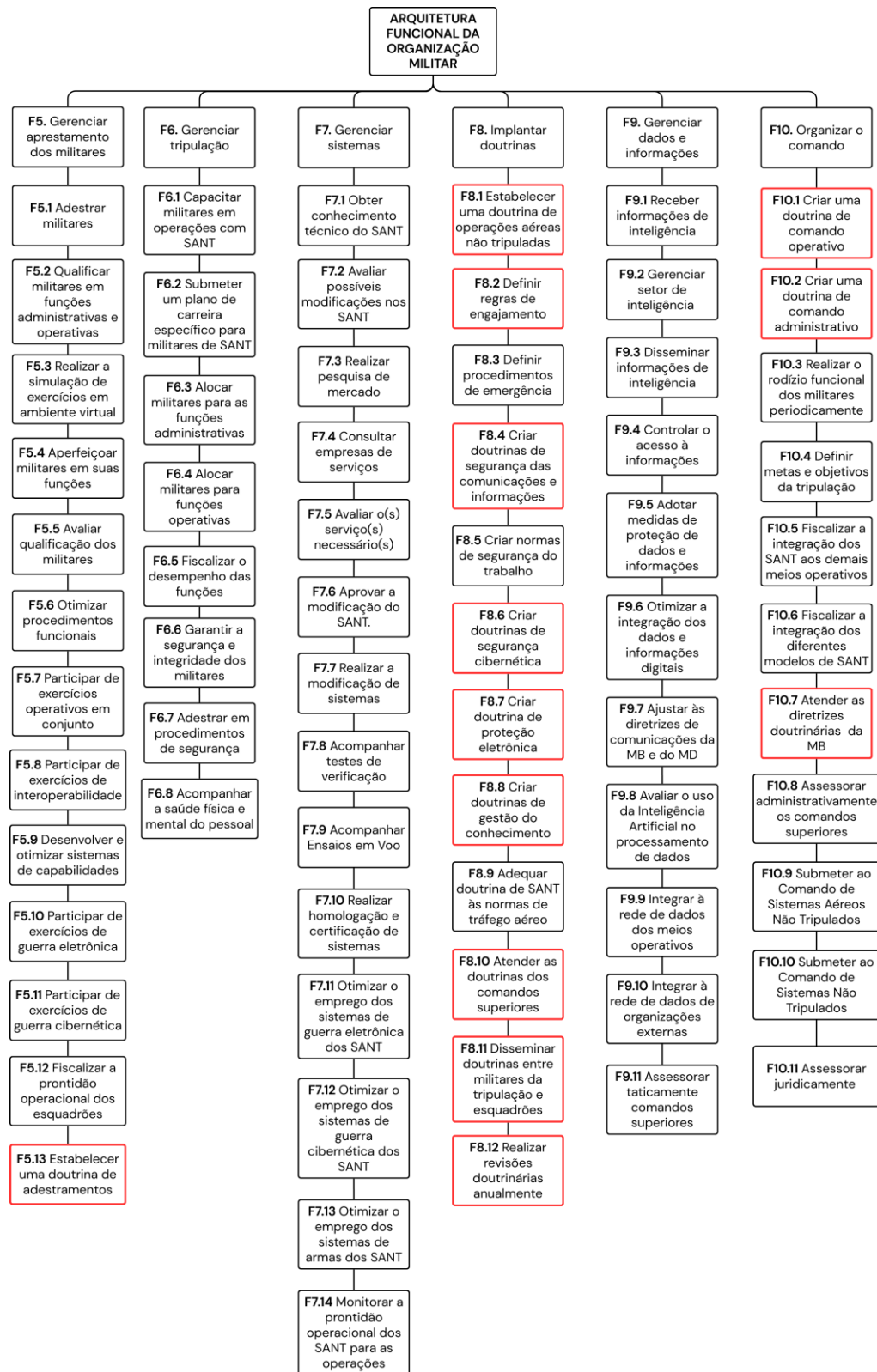


Figura 12 – Extrato da arquitetura funcional do sistema (Fonte: AUTOR, 2025).

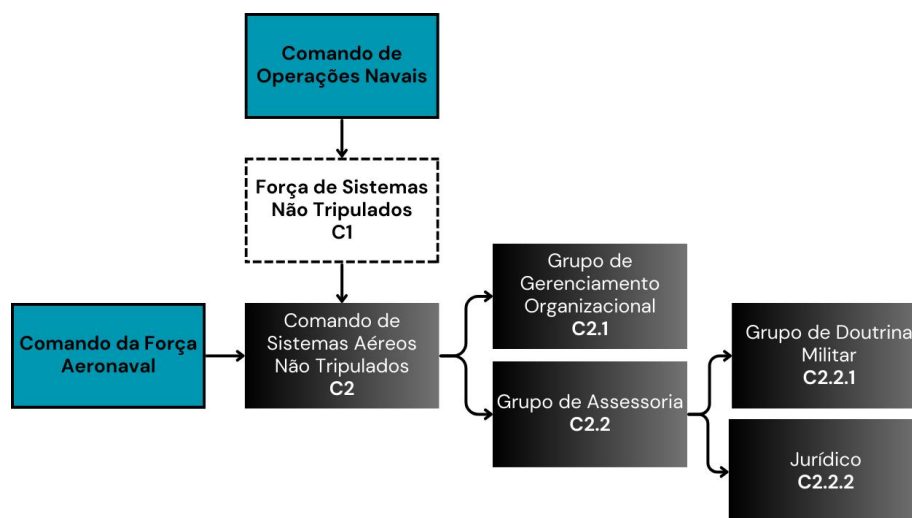


Figura 13 – Extrato da arquitetura física do sistema (Fonte: AUTOR, 2025).

Tabela 4 – Extrato da rastreabilidade dos requisitos.

Problema	ID	Requisito	Componente Físico	Funções
E1-2	REQ-EST-09	A OM deve ser a autoridade para redigir e disseminar a doutrina de emprego de SARP, garantindo integração com a doutrina aeronaval existente.	C2.2.1 - Doutrina Militar	F5.13, F8.1, F8.2, F8.4, F8.6, F8.7, F8.8, F8.10, F8.11, F8.12, F10.1, F10.2, F10.7
O3-3.10	REQ-OPE-01	Os SANT devem interoperar plenamente com os meios operativos da Força Naval.	C3.4 - Centro de Integração	F1.12, F5.8, F10.5
A3-7/A12-7	REQ-LOG-05	A OM deve dosar a aquisição de aeronaves para diferentes fabricantes.	C8.2 - Grupo de Aquisição de Aeronaves e Sistemas	F3.8, F3.11, F4.4, F4.5, F7.3
P2-8	REQ-RH-01	A OM deve coordenar um centro de formação para qualificar operadores, mantenedores e analistas de SANT.	C6.1 - Centro de Formação, Estudos e Treinamento em Missões Aéreas Não Tripuladas	F6.1, F6.2, F6.5, F10.7

Fonte: AUTOR, 2025.

4.3.2 Arquiteturas das missões

Diante da crescente necessidade de ampliar o espectro de aplicação de SARP em missões realizadas pela Marinha do Brasil (MB), algumas missões comuns no contexto militar foram incluídas. As missões passíveis de execução por Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), em consonância com as atribuições da MB, são apresentadas na Tabela 5, que detalha a classificação e a descrição de suas aplicações.

Tabela 5 – Classificação das missões e aplicações de SARP no contexto da MB.

Missão	Descrição e Exemplos de Aplicação	Classificação
Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IRS)	Coleta e processamento de dados, monitoramento contínuo (vigilância) ou pontual (reconhecimento) de alvos ou áreas específicas, para gerar inteligência que apoie a tomada de decisão.	M1
Busca e Salvamento (SAR)	Apoio a operações de Busca e Salvamento (<i>Search and Rescue</i>), incluindo a entrega de suprimentos de emergência e o monitoramento de áreas de sinistro.	M2
Ataque	Engajamento de alvos hostis, interdição de ameaças navais ou terrestres e neutralização de posições em áreas de acesso restrito.	M3
Escolta	Proteção de ativos navais em trânsito, como navios, comboios, tropas de fuzileiros navais e transportes de alto valor estratégico.	M4
Apoio Logístico	Suprimento de materiais para locais de difícil acesso, áreas isoladas ou em situações táticas que demandem baixo risco e custo otimizado.	M5

Fonte: AUTOR, 2025.

4.3.2.1 Arquitetura física das missões

A arquitetura física do sistema foi concebida para refletir uma estrutura hierárquica e interdependente, onde cada componente desempenha um papel essencial no ecossistema operacional. A seguir, detalha-se as atribuições e as inter-relações de cada elemento da Figura 14:

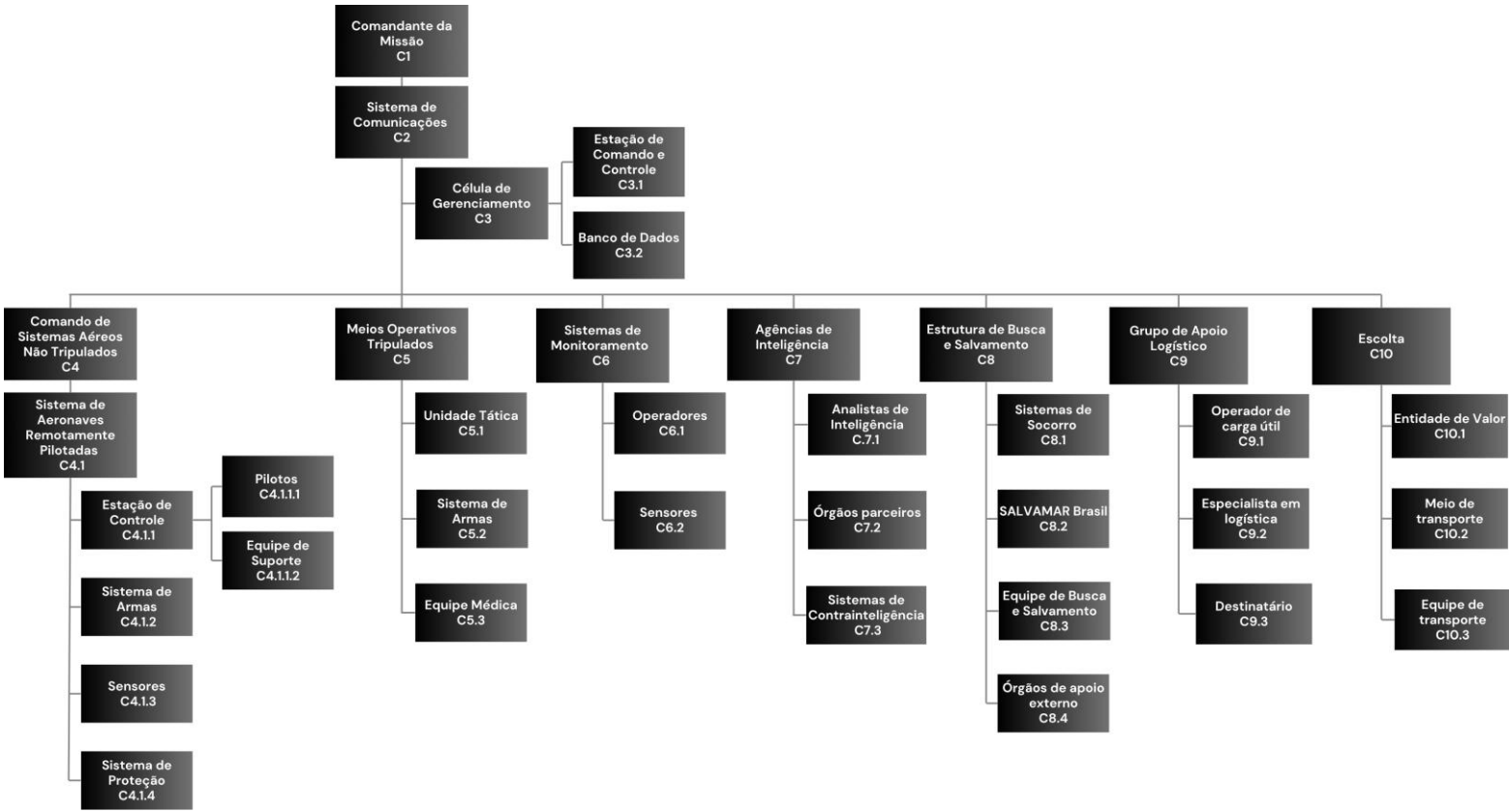


Figura 14 - Arquitetura física das missões (Fonte: AUTOR, 2025).

- **Comandante da Missão (C1):** Representa o ápice da estrutura decisória, detendo a autoridade e a responsabilidade final pela condução e pelo sucesso da missão.
- **Sistema de Comunicações (C2):** Constitui a infraestrutura vital que interliga todos os componentes, assegurando o fluxo contínuo e seguro de dados, voz e vídeo, o que viabiliza o comando e controle distribuído.
- **Célula de Gerenciamento (C3):** Atua como o elemento de suporte direto ao comando, responsável pela coordenação de todos os meios (pessoal e material) e por assessorar as decisões. É subdividido em:
 1. **Estação de Comando e Controle (C3.1):** Plataforma onde a gestão tático-estratégica é exercida, permitindo o planejamento, o acompanhamento e o controle dinâmico da missão;
 2. **Banco de Dados (C3.2):** Centraliza e armazena todas as informações relevantes, servindo como o repositório de inteligência da operação.
- **Comando de Sistemas Aéreos Não Tripulados (C4):** Sistema proposto por este trabalho, sendo a estrutura organizacional responsável por centralizar as operações com SARP. Os esquadrões de SARP ficam subordinados administrativamente e taticamente a esse comando.
- **Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (C4.1):** É o subsistema de execução primário, um componente complexo encarregado da coleta de dados e da aplicação de efeitos no campo de batalha. Sua estrutura interna inclui:
 1. **Estação de Controle (C4.1.1):** Componente físico terrestre ou embarcado de comando e controle a partir do qual a aeronave é pilotada e suas cargas úteis (sensores, armas) são operadas. É subdividido em:
 - 1.1. **Pilotos (C4.1.1.1):** Operadores humanos que fisicamente operam a aeronave;
 - 1.2. **Equipe de Suporte (C4.1.1.2):** Pessoal (mecânicos, técnicos) e os equipamentos de manutenção física necessários para manter o SARP operacional.
 2. **Sistema de Armas (C4.1.2):** Componentes físicos de armamento (mísseis, bombas) e seus respectivos sistemas de mira integrados ao SARP. Representa a capacidade de engajamento de precisão;
 3. **Sensores (C4.1.3):** Conjunto de cargas úteis embarcadas no SARP. Pode incluir câmeras eletro-ópticas/infravermelhas (EO/IR), radares, Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE) e entre outros;

- 4. Sistema de Proteção (C4.4):** Equipamentos físicos de autodefesa embarcados na plataforma, como *chaff* (contra mísseis guiados por radar), *flare* (contra mísseis guiados por calor), proteção cibernética e eletrônica, e Receptores de Alerta Radar (RWR).
- **Meios Operativos Tripulados (C5):** Componentes tradicionais da Força Naval (navios, tropas, veículos blindados, aeronaves) que atuam de forma sinérgica e integrada à operação. Como componentes principais, possui:
 - 1. Unidade Tática (C5.1):** Plataforma específica, como uma fragata, navio patrulha ou tropa de Fuzileiros Navais, que serve como base de operações ou como ator coordenado na missão;
 - 2. Sistema de Armas (C5.2):** Armamento físico (canhões, mísseis, metralhadoras, obuseiros) pertencentes aos meios tripulados (C5) e utilizados em coordenação com o SARP;
 - 3. Equipe Médica (C5.3):** Pessoal e equipamento médico (kits de primeiro socorros, macas) que podem ser transportados por um meio tripulado (C5).
 - **Sistemas de Monitoramento (C6):** Sistemas de sensores fixos ou móveis (radares costeiros, estações de escuta, satélites, câmeras) de serviço externo aos SARP e que fornecem dados complementares para o gerenciamento da missão. É subdividido em:
 - 1. Operadores (C6.1):** Pessoal alocado para operar e realizar análises iniciais das informações dos sistemas de monitoramento (C6);
 - 2. Sensores (C6.2):** Dispositivos físicos que compõem o C6.
 - **Agências de Inteligência (C7):** Entidades operacionais, como o Centro de Inteligência da Marinha (CIM), que fornecem dados de inteligência e realizam atividades de contrainteligência. Pode ser subdividido em:
 - 1. Analistas de Inteligência (C7.1):** Pessoal que utiliza estações de trabalho físicas (computadores, *software*) para analisar os dados brutos coletados e transformá-los em inteligência acionável;
 - 2. Órgãos Parceiros (C7.2):** Outras organizações físicas, como a Polícia Federal, que podem compartilhar ou receber informações durante a missão;
 - 3. Sistemas de Contrainteligência (C7.3):** Sistemas e pessoas responsáveis pela proteção da Marinha contra ameaças de espionagem, sabotagem e vazamento de informações.

- **Estrutura de Busca e Salvamento – SAR (C8):** Conjunto de meios físicos e organizacionais dedicados a missões SAR. Possui os seguintes atores principais:
 1. **Sistemas de Socorro (C8.1):** sistemas de vigilância marítima, como o Sistema Marítimo Global de Socorro e Segurança (GMDSS), Sistema de Informações sobre Tráfego Marítimo (SISTRAM) e sistemas de satélites ou de rádio para prover recursos de alerta de socorro e capacidade de comunicação;
 2. **SALVAMAR Brasil (C8.2):** centro de coordenação responsável por gerenciar e disparar as operações de SAR na área marítima brasileira;
 3. **Equipe de Busca e Salvamento (C8.3):** Pessoal especializado (mergulhadores, paramédicos, tripulações de aeronaves SAR) e seus equipamentos individuais;
 4. **Órgãos de apoio externo (C8.4):** Bombeiros, aeronaves civis ou navios mercantes próximos que podem ser acionados pelo SALVAMAR para auxiliar na busca.
- **Grupo de Apoio Logístico (C9):** Cadeia logística de pessoal e material para a realização do transporte de carga, peças ou suprimentos para um navio ou unidade de terra. É subdividido em:
 1. **Operador de Carga Útil (C9.1):** Pessoal responsável por realizar os ajustes técnicos no SARP para a instalação da carga;
 2. **Especialista em Logística (C9.2):** Pessoal responsável por gerenciar o planejamento, a preparação e o transporte da carga;
 3. **Destinatário (C9.3):** Unidade ou pessoa física que recebe o material transportado.
- **Escolta (C10):** Conjunto de meios (SARP, navios, tropa) que executa a proteção a uma entidade de valor. Pode ser subdividido em:
 1. **Entidade de Valor (C10.1):** Ativo físico (um navio específico, um comboio, uma plataforma de petróleo, uma pessoa física) que está sendo protegido(a);
 2. **Meio de Transporte (C10.2):** Veículo físico (navio, automóvel, lancha) utilizado pela Entidade de Valor (C10.1);
 3. **Equipe de Transporte (C10.3):** Pessoal (tripulação) que opera o Meio de Transporte (C10.2).

4.3.2.2 Arquitetura funcional e FFBD das missões

Com o objetivo de ilustrar as funções necessárias ao desdobramento de uma missão típica de SARP, definiram-se a arquitetura funcional e o Diagrama de Blocos de Fluxo Funcional (FFBD) para cada missão. A seguir, apresenta-se um extrato da decomposição da função “Gerenciar a informação” (Figura 15), integrante da arquitetura funcional da missão de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento – IRS (Apêndice C, Figura C1).

Para cada função da arquitetura, foram alocados componentes da arquitetura física previamente analisada (Figura 14). Essa alocação foi incorporada ao FFBD, resultando em fluxos análogos aos demonstrados na Figura 16. Verifica-se que o FFBD permite identificar as relações lógicas entre as funções e compreender a operação sistêmica completa durante a missão.

Ressalta-se que as funções definidas envolvem atores externos ao sistema de interesse, permitindo o refinamento de requisitos e soluções mediante a projeção do ambiente operacional e de suas interfaces. Contudo, não foi realizada a alocação direta de requisitos a componentes físicos neste nível, pois tal procedimento exigiria a definição de um “Sistema de Capacidade”, envolvendo sistemas externos que transcendem o escopo deste trabalho.

Por fim, o Apêndice C (Figuras C1 a C22) compila as arquiteturas funcionais e os diagramas FFBD adaptados de todas as missões, oferecendo uma visão sistêmica abrangente. Complementarmente, a Tabela E3 do Apêndice E detalha a rastreabilidade da alocação funcional para cada elemento da arquitetura física. Visando favorecer a interpretação do fluxo funcional nestes diagramas (FFBD), adotou-se uma codificação cromática específica: blocos verdes denotam o início do fluxo; blocos vermelhos sinalizam o encerramento; e blocos cinzas representam os elementos de ligação.

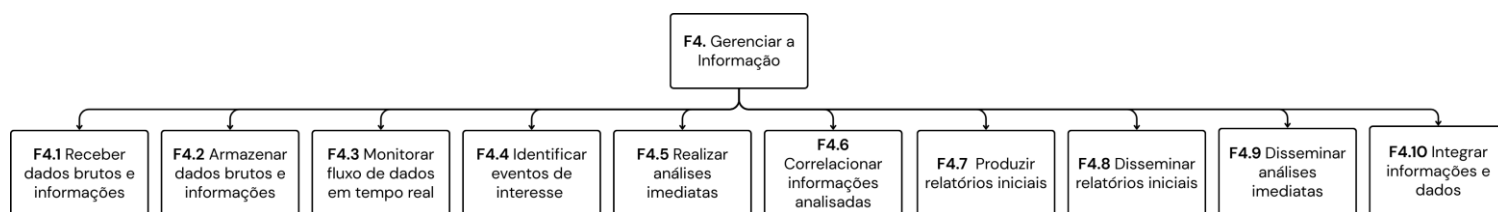


Figura 15 – Extrato da decomposição funcional de F4 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

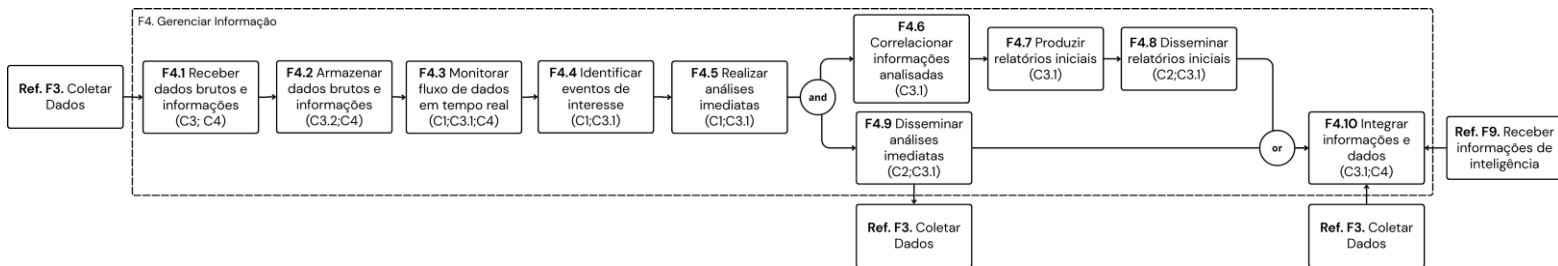


Figura 16 - FFBD e alocação funcional de F4 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

4.3.3 CONOPS

O modelo de Organização Militar (OM) proposto é concebido para funcionar como um centro integrado de operações de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), centralizando não apenas o comando e controle desses vetores, mas também a fusão de todas as informações relativas às operações aéreas não tripuladas conduzidas pela Marinha do Brasil. A estrutura fundamental desta organização se divide em duas vertentes interdependentes: uma operativa, dedicada à execução das missões, e outra administrativa, responsável por prover a sustentação de pessoal e material.

O ciclo operacional da OM tem início com as demandas emanadas pelo Comando de Operações Navais (ComOpNav), que estabelece os requisitos da missão. A partir daí, uma equipe de planejamento, composta por comandantes e uma célula de gerenciamento, elabora os objetivos detalhados, selecionando o tipo de aeronave adequada ao perfil da atividade. A fase de preparação é de responsabilidade dos operadores do SARP e do departamento de engenharia, que prontificam a aeronave para o voo. Esse processo envolve a execução de uma série de *checklists* rigorosos, contemplando testes de sistemas, enlaces de comunicação e inspeções detalhadas tanto na aeronave quanto na sua estação de controle.

Durante a execução, cada missão é gerenciada por um comando específico, que coordena a atuação do SARP em sinergia com outros meios operativos navais, como navios e aeronaves tripuladas. Um aspecto crucial da operação é a gestão da informação: todos os dados coletados são repassados a um Centro de Integração de Dados. Este centro possui a capacidade de processar e disseminar as informações de forma eficaz para outros órgãos de interesse, como o Ministério da Defesa, as demais Forças Singulares e agências parceiras, ampliando a consciência situacional no nível estratégico.

Para garantir a disponibilidade e a vanguarda tecnológica dos meios, a sustentação logística e de material é um pilar da organização. A OM possui capacidade para assessorar a

realização de manutenções de 1º e 2º escalões. Para reparos mais complexos (3º escalão), pode-se recorrer a um centro de manutenção especializado ou a empresas terceirizadas, sob rigorosa gestão de contrato. Adicionalmente, um grupo de desenvolvimento é responsável por analisar e implementar modernizações nos sistemas das aeronaves, um processo que abrange desde a pesquisa de mercado até a realização de ensaios em voo para homologação das novas capacidades.

O capital humano, por sua vez, é tratado como um elo essencial no ciclo de vida do sistema. A OM contempla um programa de formação e treinamento contínuo para capacitar os militares na operação de diferentes modelos de ARP e no desempenho de funções técnicas e administrativas. O nível de prontidão da tripulação é mantido por meio de um rigoroso programa de adestramento e aprestamento, que inclui a participação em exercícios conjuntos para garantir a interoperabilidade e o preparo para o emprego real.

Além das capacidades operacionais diretas, a organização proposta dispõe de setores dedicados à proteção de suas operações. Grupos especializados em segurança cibernética, guerra eletrônica e proteção da informação trabalham para garantir a resiliência dos sistemas contra ameaças. Esses grupos também se dedicam a estudos e projetos de contramedidas, visando proteger tropas e meios amigos de ataques conduzidos por ARP adversárias. A gestão do armamento e do material bélico das aeronaves também é uma atribuição interna.

Finalmente, a sustentabilidade de toda essa estrutura é assegurada por um setor de gestão financeira, que administra os recursos orçamentários destinados à aquisição de novas aeronaves, compra de sobressalentes, contratação de serviços e gestão de pessoal.

4.4 Modelagem

Conforme comentado no Capítulo 3, a modelagem de sistemas deste trabalho será conduzida com o *software* Capella, fundamentada na metodologia ARCADIA. O objetivo desta abordagem é proporcionar uma representação mais completa, dinâmica e de menor complexidade dos princípios de engenharia de sistemas aplicados até o momento.

Para o sistema de interesse, serão desenvolvidas as análises operacionais, de sistema e as arquiteturas lógica e física, visando o atendimento das necessidades dos *stakeholders*. Optou-se por um enfoque centrado no contexto operacional em detrimento dos aspectos administrativos. Dessa forma, as análises e arquiteturas concentram-se na capacidade de "manter a segurança marítima". Esta será detalhada através de cenários de emprego, como o

combate a ilícitos nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) e operações de Busca e Salvamento (SAR). Ressalta-se que as funções e interações resultantes da metodologia ARCADIA podem diferir daquelas identificadas previamente pela abordagem de engenharia de sistemas tradicional utilizada neste trabalho.

4.4.1 Análise operacional

A Análise Operacional deste projeto se iniciou com a definição dos atores e entidades do sistema (Figura 17), considerando um contexto de missões SAR e IRS com o emprego de SARP. Como exposto na Figura 18, a capacidade macro “realizar a defesa nacional” foi decomposta hierarquicamente. Desta decomposição, a capacidade “manter a segurança marítima” foi selecionada como a que mais se adequa a missão do sistema, e é sobre ela que a modelagem se concentra.

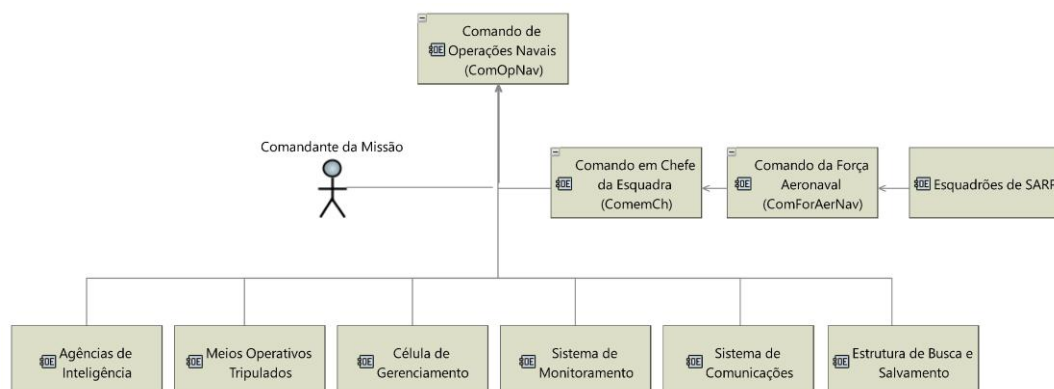


Figura 17 - Diagrama de Entidades Operacionais (OEBD) (Fonte: AUTOR, 2025).

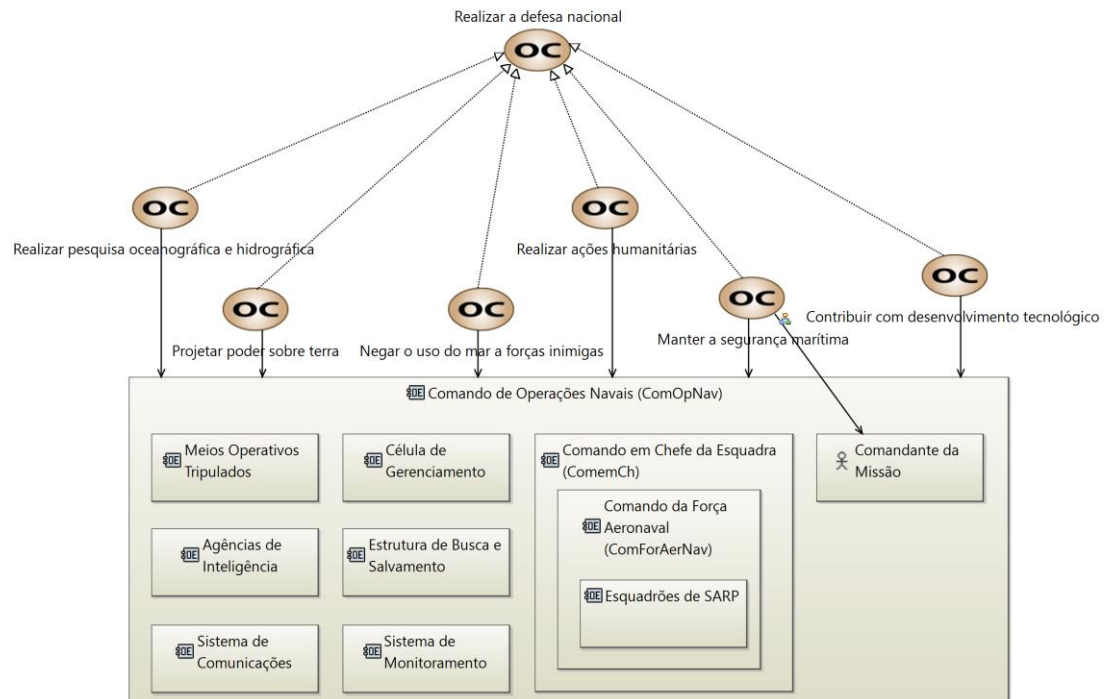


Figura 18 - Diagrama de Capacidades Operacionais (Fonte: AUTOR, 2025).

No âmbito da Análise Operacional, a Capacidade “manter a segurança marítima” foi detalhada através de dois cenários principais:

- Combate a Ilícitos (AJB): Descreve a resposta da Força Naval, sob determinação do Comando de Operações Navais (ComOpNav), a atividades ilegais identificadas nas Águas Jurisdicionais Brasileiras.
- Busca e Salvamento (SAR): Refere-se às operações de salvaguarda da vida humana no mar, iniciadas após o recebimento de um contato de emergência (emergente) pelos canais de socorro.

Para o desenvolvimento destes cenários, foi empregado o Diagrama de Atividades Operacionais (OAB). Conforme ilustrado nas Figuras 19 e 20 para combate a ilícitos e 21 e 22 para SAR, esses diagramas atribuem atividades específicas aos atores e entidades previamente definidos na Figura 17. As interações mapeadas entre as atividades facilitam a rastreabilidade. Ressalta-se que, nesta etapa, o foco restringe-se ao levantamento das necessidades operacionais dos atores, não havendo, ainda, a especificação ou o desenvolvimento de qualquer sistema.

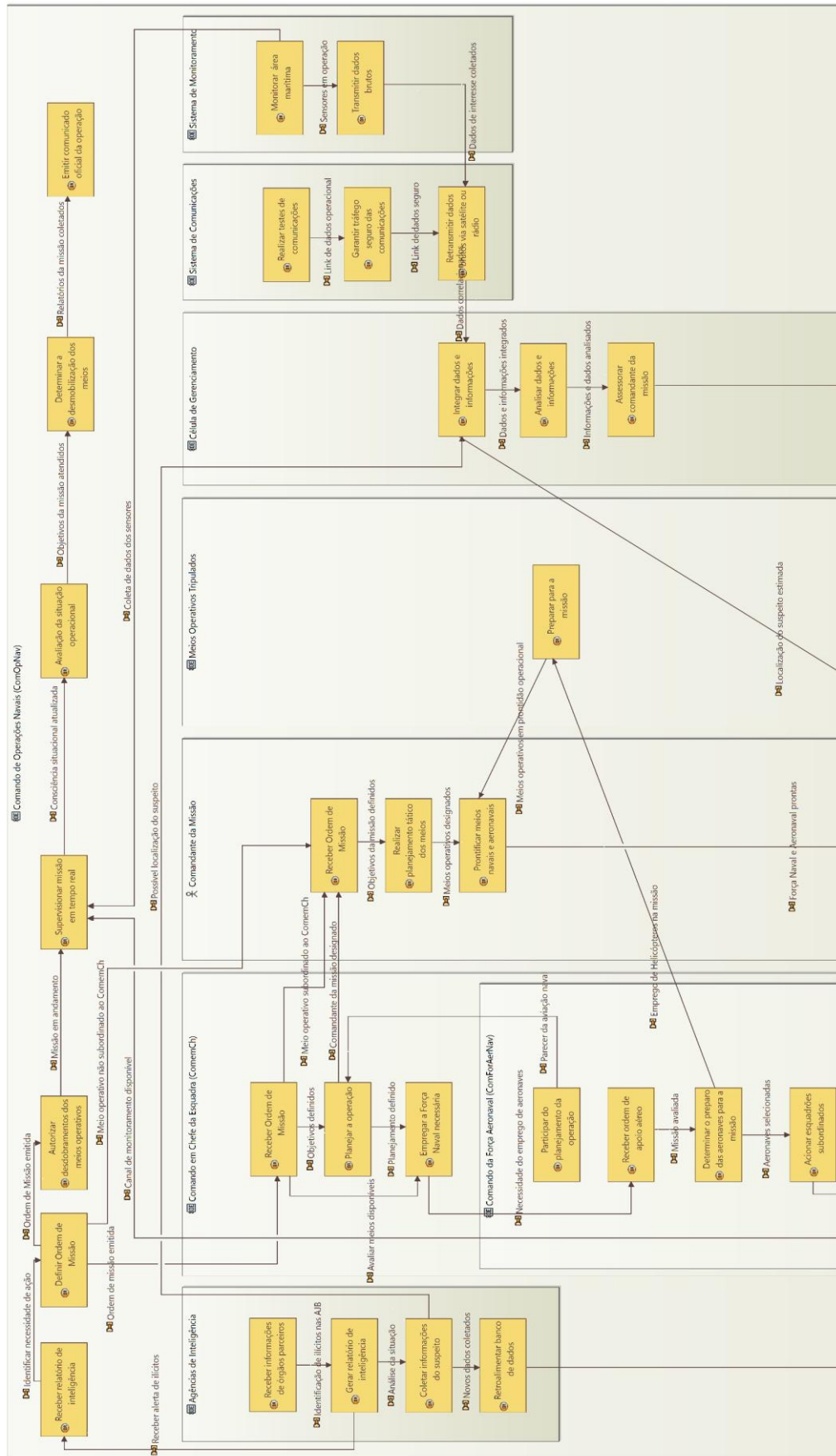


Figura 19 – Parte 1 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) do cenário de combate a ilícitos nas AJB (Fonte: AUTOR, 2025).

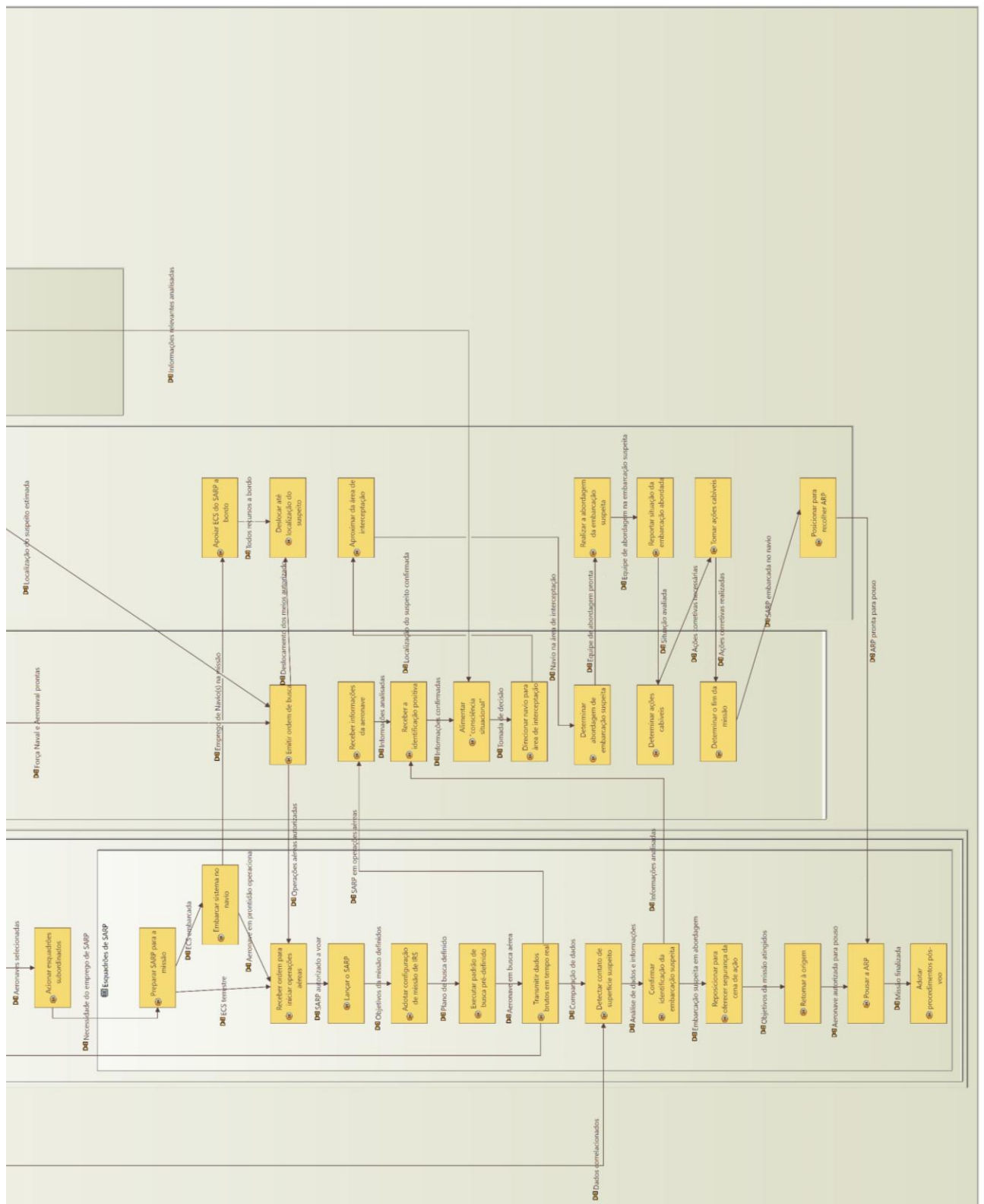


Figura 20 – Parte 2 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) do cenário de combate a ilícitos nas AJB
(Fonte: AUTOR, 2025).

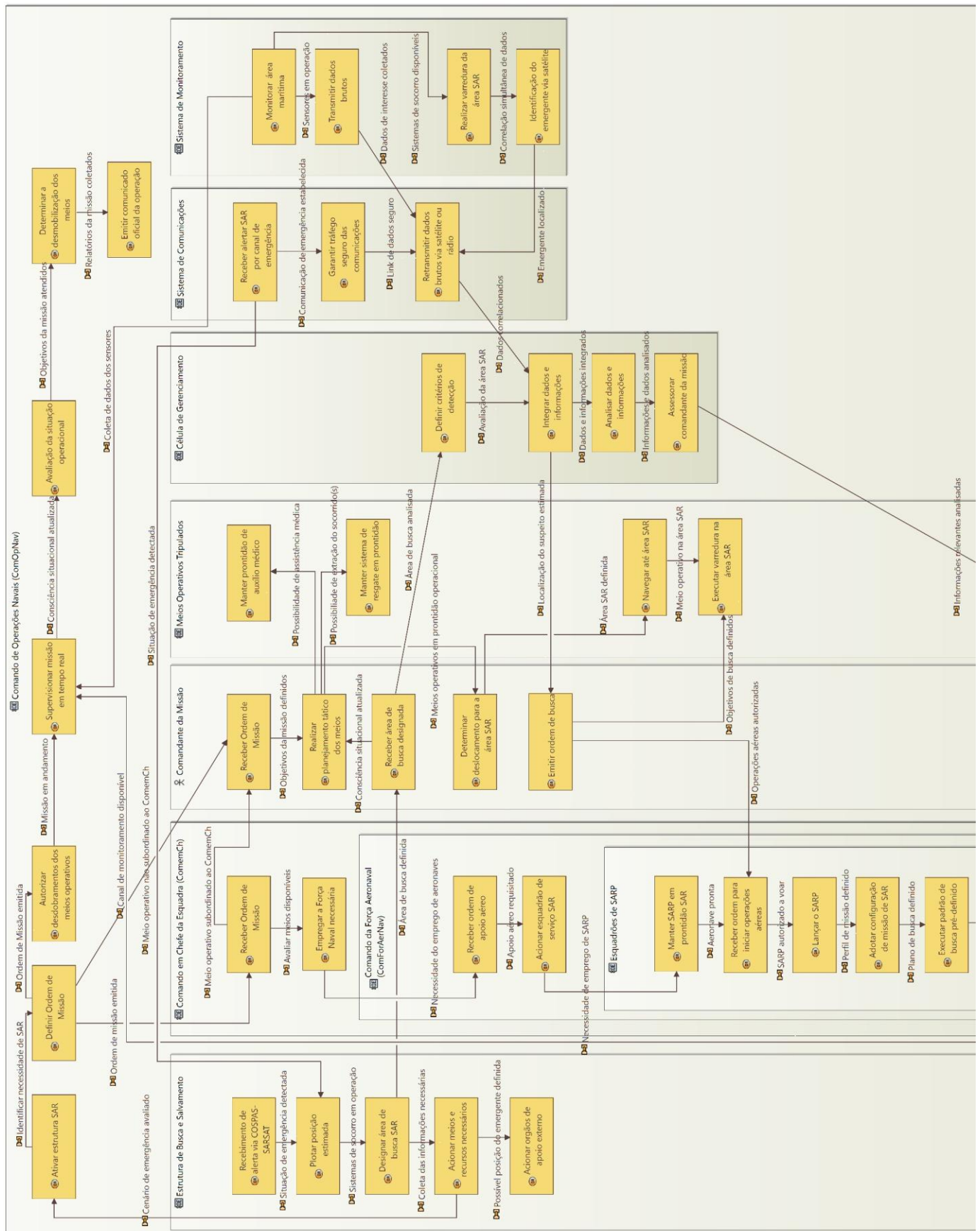


Figura 21 – Parte 1 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) de Busca e Salvamento (SAR) (Fonte: AUTOR, 2025).

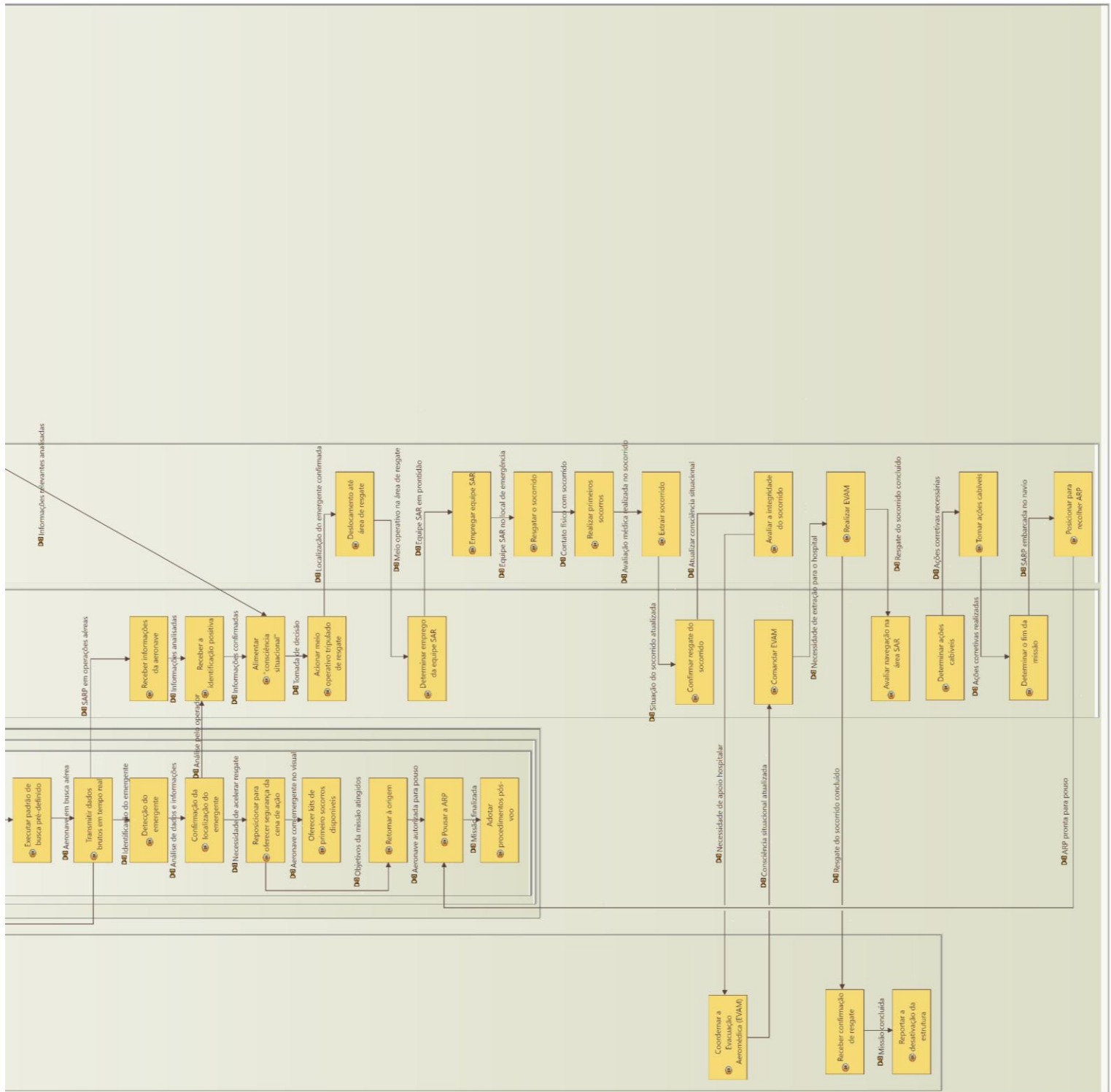


Figura 22 – Parte 2 do Diagrama de Atividades Operacionais (OAB) de Busca e Salvamento (SAR) (Fonte: AUTOR, 2025).

4.4.2 *Análise de sistema*

Nesta fase, o pensamento sistêmico é refinado, permitindo a definição formal do sistema em projeto. A partir dos atores, entidades e capacidades identificados na Análise Operacional, estabelece-se o contexto sistêmico, delimitando as fronteiras do sistema, suas interações com o ambiente externo e suas funções preliminares. Funções e trocas funcionais são, então, alocadas a esses componentes.

Para representar a dinâmica do sistema em relação aos atores dos cenários definidos, foi utilizado o Diagrama de Análise de Sistemas (SAB), conforme apresentado na Figura 23. Este diagrama consolida as funções mais relevantes que afetam o sistema, permitindo modelar suas interações com os demais atores e entidades. Este processo de modelagem funcional foi fundamental para a identificação de requisitos funcionais e para o agrupamento de funções correlatas em blocos de nível superior, conforme detalhado nas decomposições apresentadas nas Figuras 24 a 31.

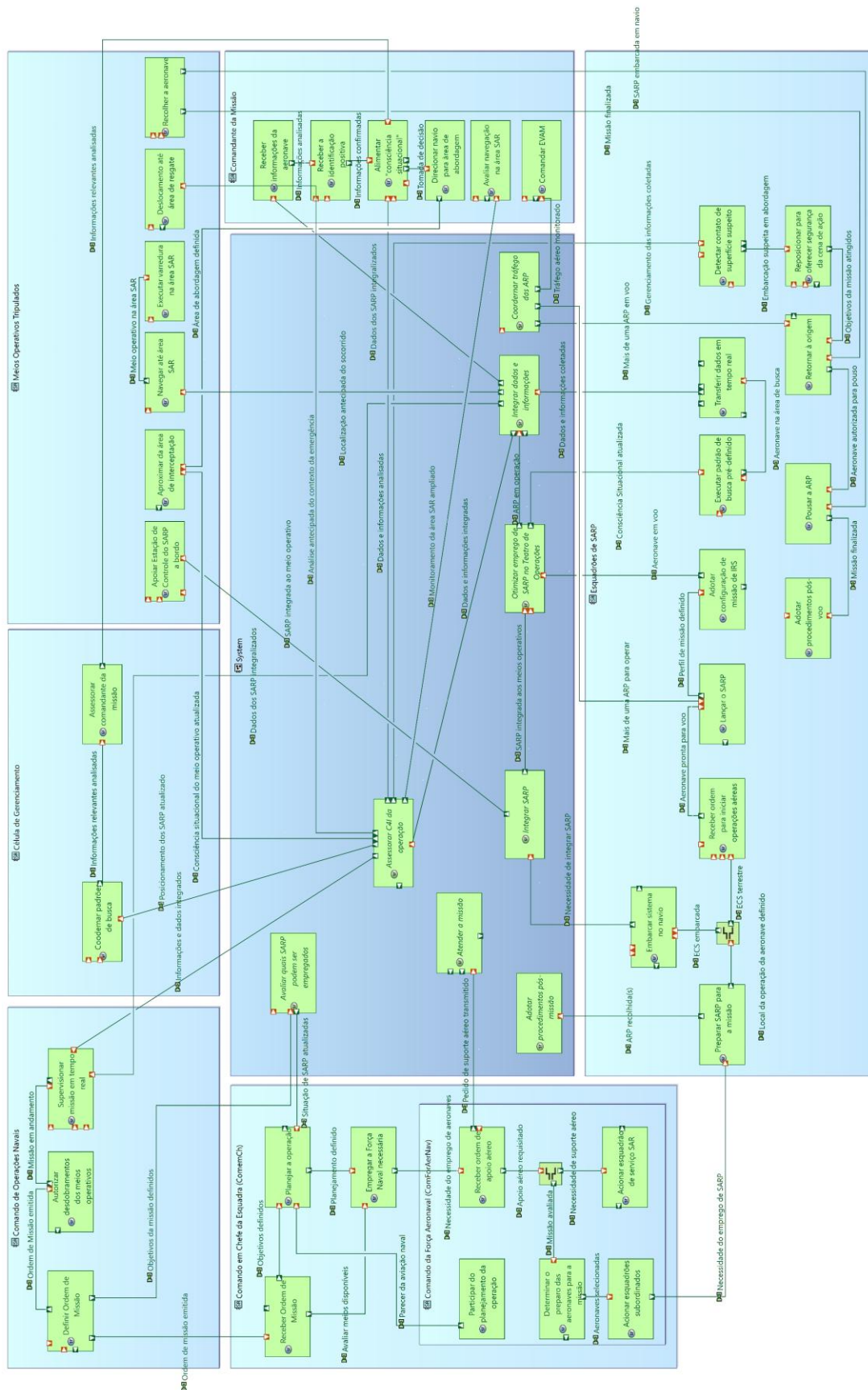


Figura 23 - Diagrama de Análise do Sistema (SAB) (Fonte: AUTOR, 2025).

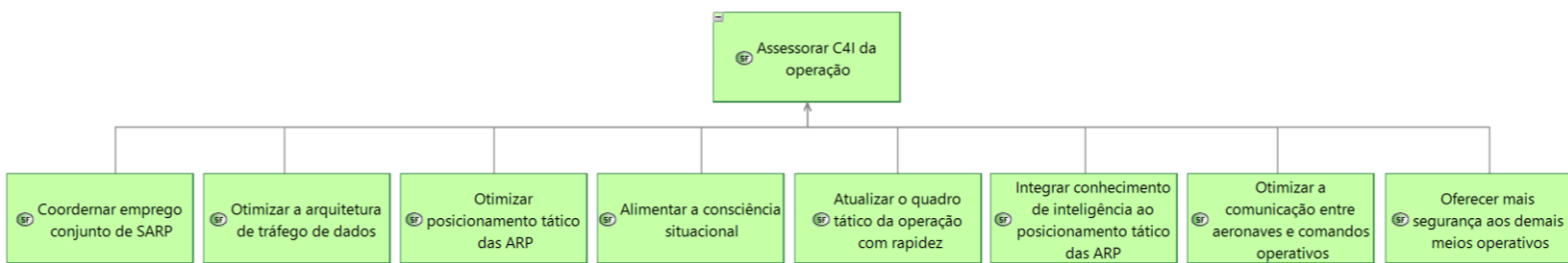


Figura 24 – Decomposição funcional de "Assessorar C4I da operação" (Fonte: AUTOR, 2025).

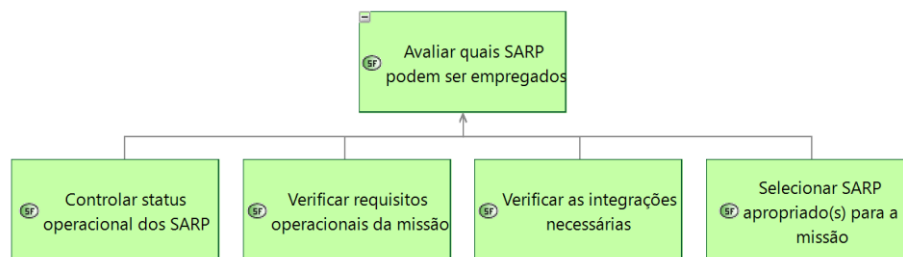


Figura 25 - Decomposição funcional de "Avaliar quais SARP podem ser empregados" (Fonte: AUTOR, 2025).

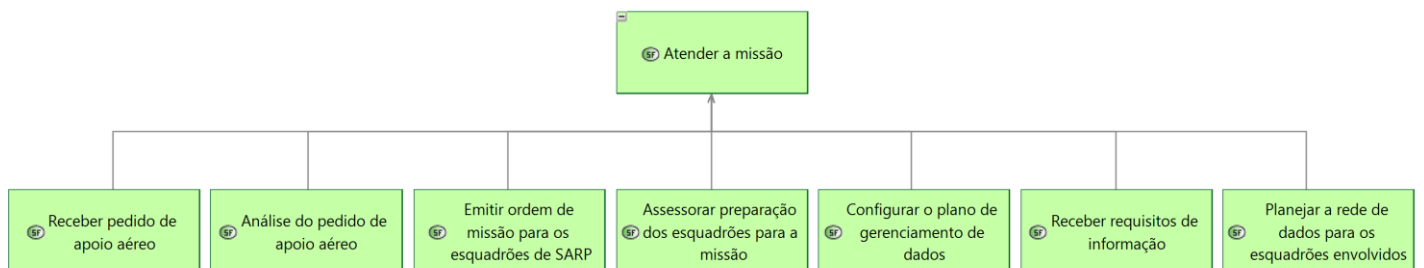


Figura 26 – Decomposição funcional de "Atender a missão" (Fonte: AUTOR, 2025).

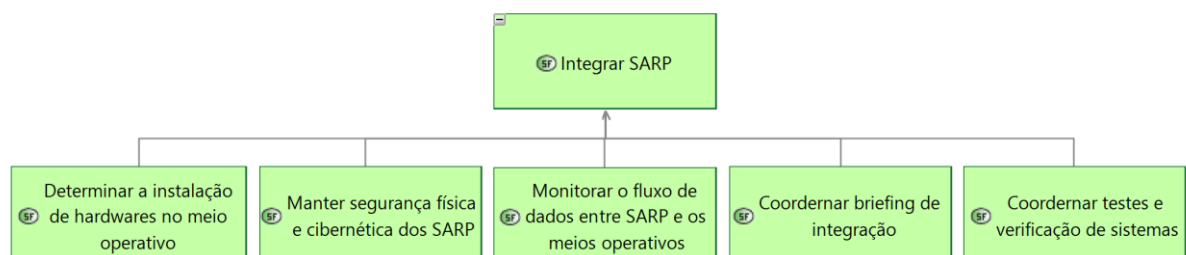


Figura 27 – Decomposição funcional de "Integrar SARP" (Fonte: AUTOR, 2025).

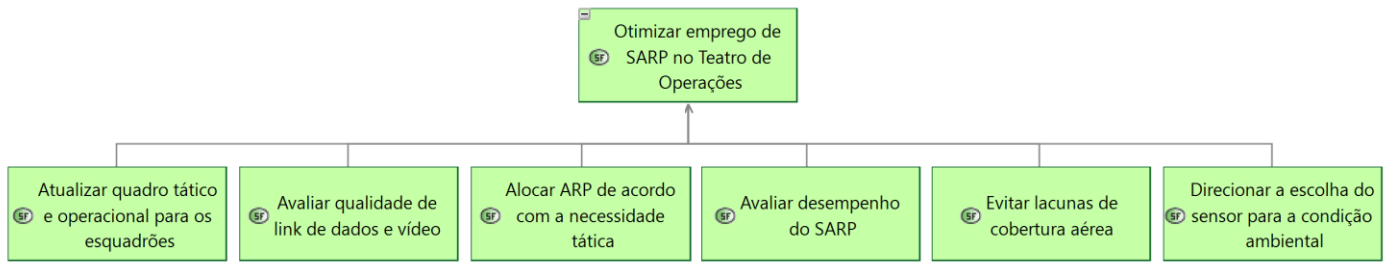


Figura 28 - Decomposição funcional de "Otimizar emprego de SARP no Teatro de Operações"(Fonte: AUTOR, 2025).

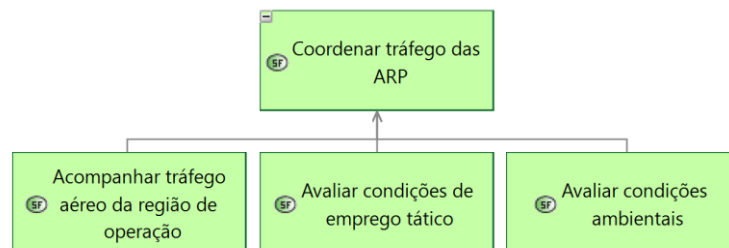


Figura 29 - Decomposição funcional de "Coordenar tráfego das ARP" (Fonte: AUTOR, 2025).

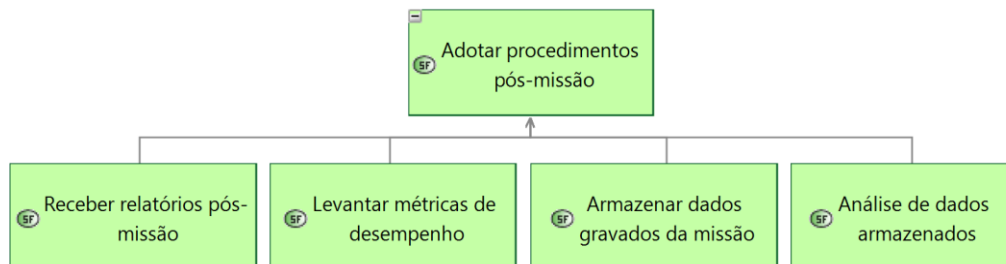


Figura 30 - Decomposição funcional de "Adotar procedimentos pós-missão" (Fonte: AUTOR, 2025).

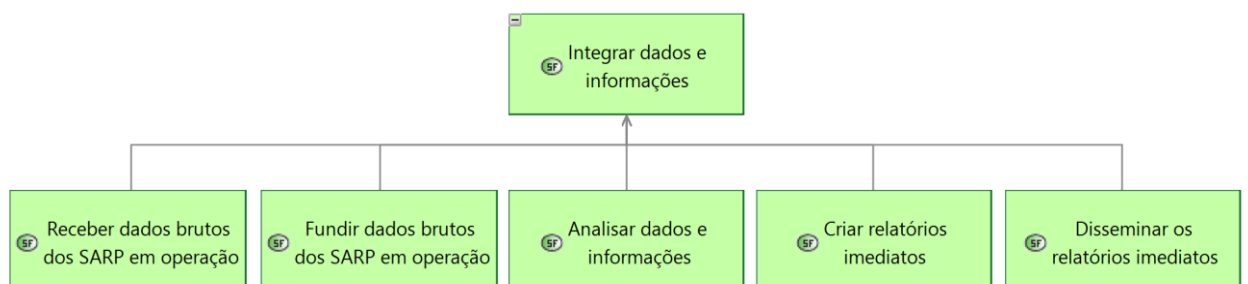


Figura 31 - Decomposição funcional de "Integrar dados e informações" (Fonte: AUTOR, 2025).

4.4.3 Arquitetura lógica

Nesta etapa, o foco da análise é direcionado ao sistema, com a definição de seus subsistemas e o mapeamento de suas funções. As funções e interações identificadas na seção anterior foram refinadas, e novas funcionalidades foram acrescentadas para atender a requisitos operacionais específicos.

Conforme ilustrado no Diagrama de Arquitetura Lógica (LAB) (Figura 32), identificou-se a necessidade de funções como “Processar grande volume de dados” e “Alocar banda de comunicação de satélite”. Estas são essenciais para que o sistema gerencie eficientemente o fluxo de dados de múltiplas ARP em operação. Adicionalmente, foi incorporada a função “Gerenciar Manutenção em campo” para prover suporte logístico em caso de avarias nas plataformas aéreas.

Internamente, o sistema foi decomposto nos seguintes componentes lógicos: Comando e Controle (C2), Integração Técnica, Integração Operacional, Gerenciamento de Dados e Manutenção. Esses subsistemas representam o comportamento do sistema em seu ambiente operativo. O procedimento metodológico foi análogo ao da fase de Análise de Sistema, consistindo na alocação de funções a esses componentes lógicos, o que resultou em uma definição mais robusta dos requisitos funcionais.

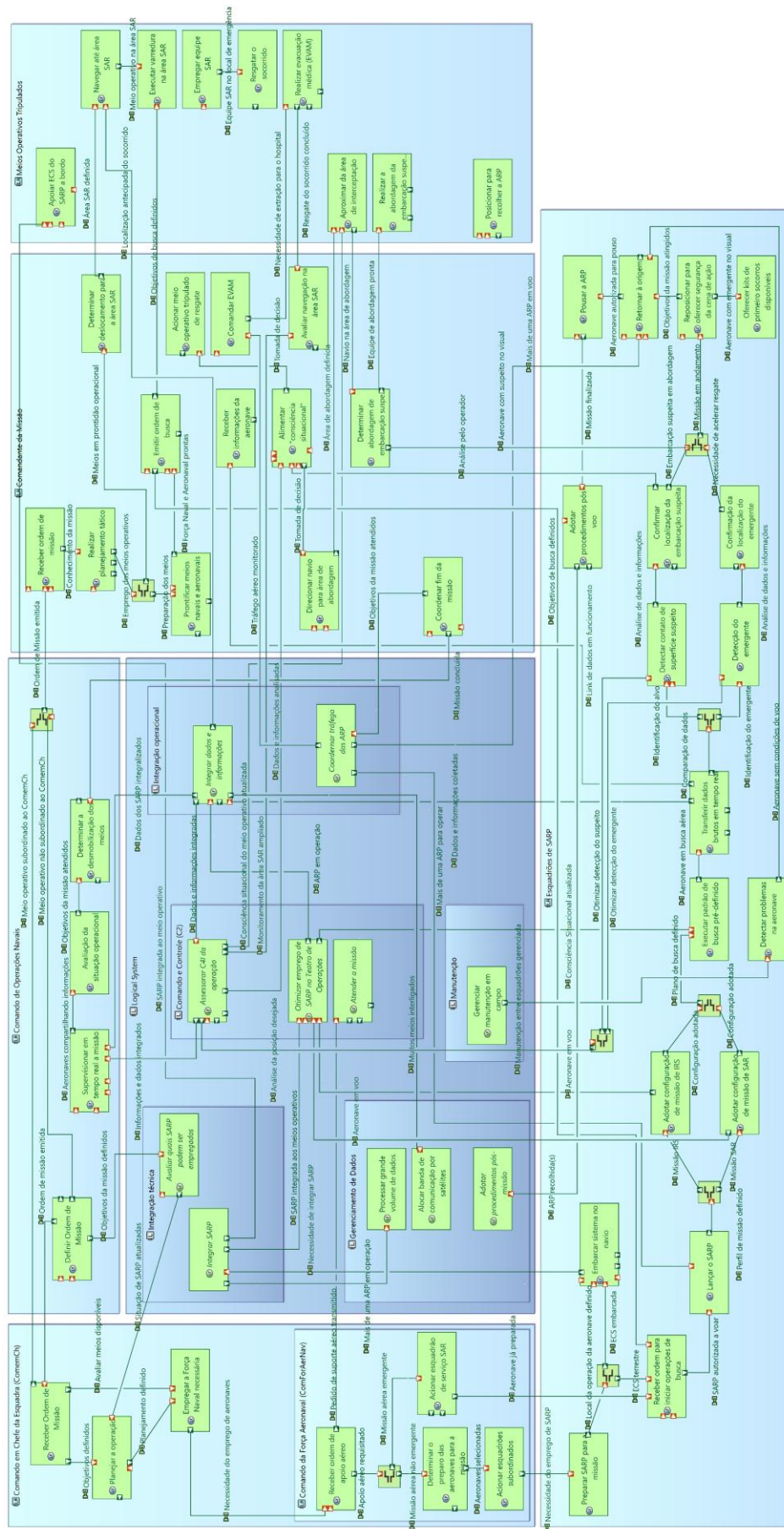


Figura 32 - Diagrama de Arquitetura Lógica (LAB) (Fonte: AUTOR, 2025).

4.4.4 *Arquitetura física*

Como última fase da modelagem do sistema, uma arquitetura física inicial foi proposta por meio do Diagrama de Arquitetura Física (PAB), conforme apresentado na Figura 33. Esta etapa consiste na alocação dos componentes e funções lógicas, definidos anteriormente, em componentes físicos concretos.

Para o sistema em projeto (Organização Militar), foram propostos os seguintes componentes físicos:

- Analistas: São responsáveis pela análise e o gerenciamento do fluxo de informação e dados dos SARP para os demais envolvidos na missão. Podem ser representados por pessoas pertencentes ao Grupo de Comunicações ou do Centro de Operações Aéreas Integradas, sendo ambos os seus componentes físicos de implementação;
- Operador de comunicações e TI (Tecnologia da Informação): São responsáveis por garantir o controle do tráfego de dados e informações entre as plataformas aéreas em operação e o sistema central, além de prestar o suporte digital. Também são uma representação do componente Analistas, uma vez que impactam de alguma forma o fluxo de informação e dados;
- Pessoas: Este componente é decomposto em dois subsistemas habilitadores:
 1. Profissionais com qualificação operacional: São os operadores responsáveis por realizar a adequação do sistema aéreo ao contexto operacional, de acordo com as normas e doutrinas navais, garantindo o correto gerenciamento dos dados da missão;
 2. Profissionais com qualificação técnica: São as pessoas responsáveis por prover o suporte técnico mínimo aos (SARP), auxiliando em manutenções em campo ou questões técnicas de operação conjunta. Pode compreender engenheiros, técnicos ou mecânicos especializados em sistemas desse perfil.

Adicionalmente, o PAB define os links físicos que associam os componentes. Propõe-se um link de “Comunicação por Satélite” entre a entidade “Esquadrões de SARP” e o sistema, viabilizando o gerenciamento de dados. Entre os componentes “Pessoas” e “Analistas”, associa-se o link “Pessoas qualificadas”, representando a interface de habilitação profissional necessária para o correto gerenciamento dos dados e informações durante as operações.

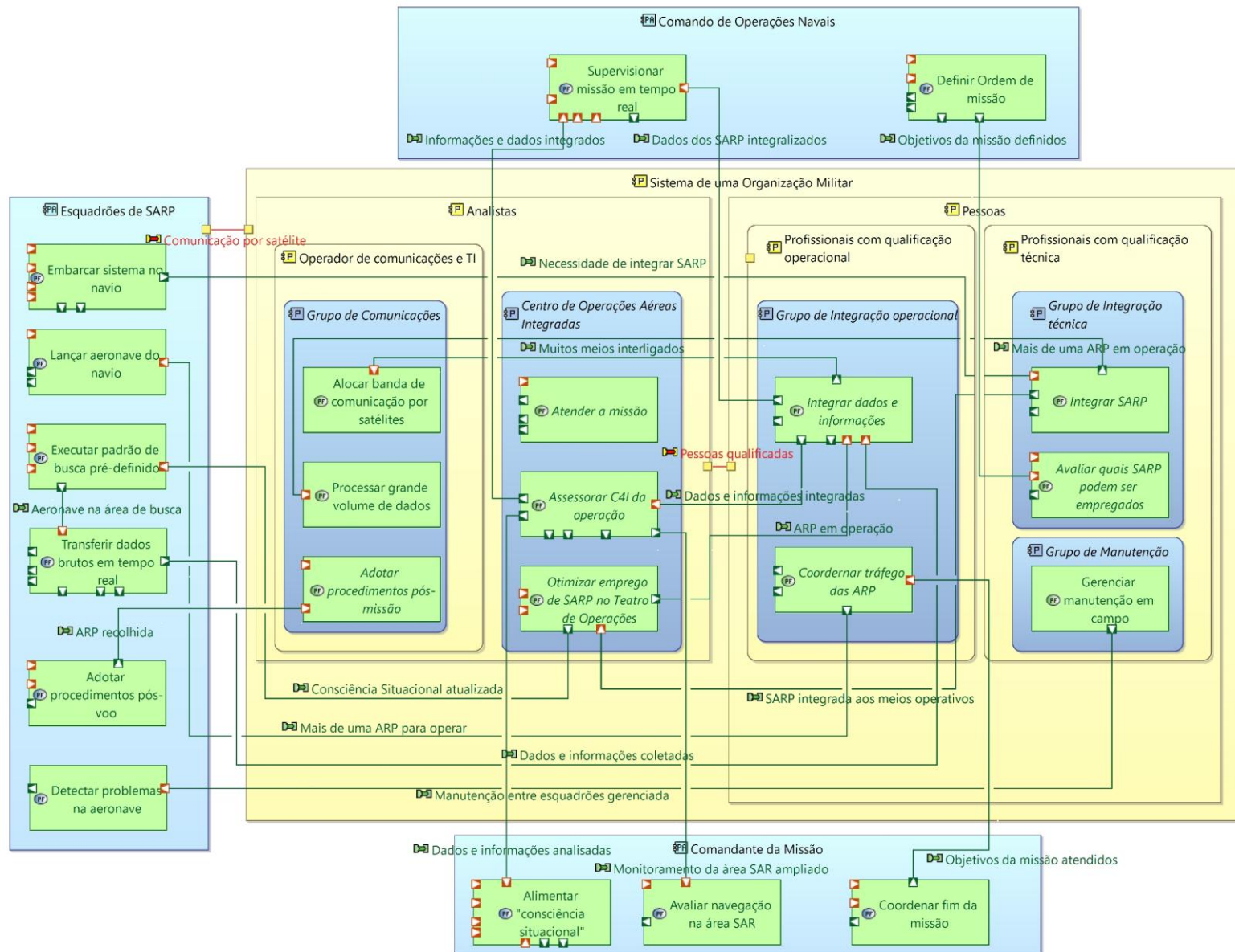


Figura 33 - Diagrama de Arquitetura Física (PAB) (Fonte: AUTOR, 2025).

4.5 Gerenciamento de projeto

Para a estruturação e controle das partes gerenciáveis do projeto, propõe-se a utilização da *Work Breakdown Structure* (WBS), detalhada nas Figuras D1 a D21 do Apêndice D. Esta ferramenta viabiliza a decomposição hierárquica do escopo em pacotes de trabalho progressivamente mais detalhados. Tal técnica é fundamental para segmentar níveis macro, como o elemento “Aeronaves” (Figura 34), em atividades granulares e acionáveis, a exemplo da “Assinatura do contrato”, instrumentalizando a gestão na organização das equipes e no controle da execução.

Dada a complexidade organizacional da Marinha do Brasil e a diversidade de seus ramos, a WBS estrutura o trabalho de modo a permitir que as atribuições sejam delegadas com clareza aos responsáveis. Esta forma de gerenciamento atua como um facilitador para a gestão futura, servindo de base para o desenvolvimento de um cronograma integrado e para o monitoramento de pacotes de trabalho específicos. Sua aplicação assegura a rastreabilidade eficiente de desvios, como atrasos ou estouros orçamentários, permitindo a identificação imediata das equipes impactadas.

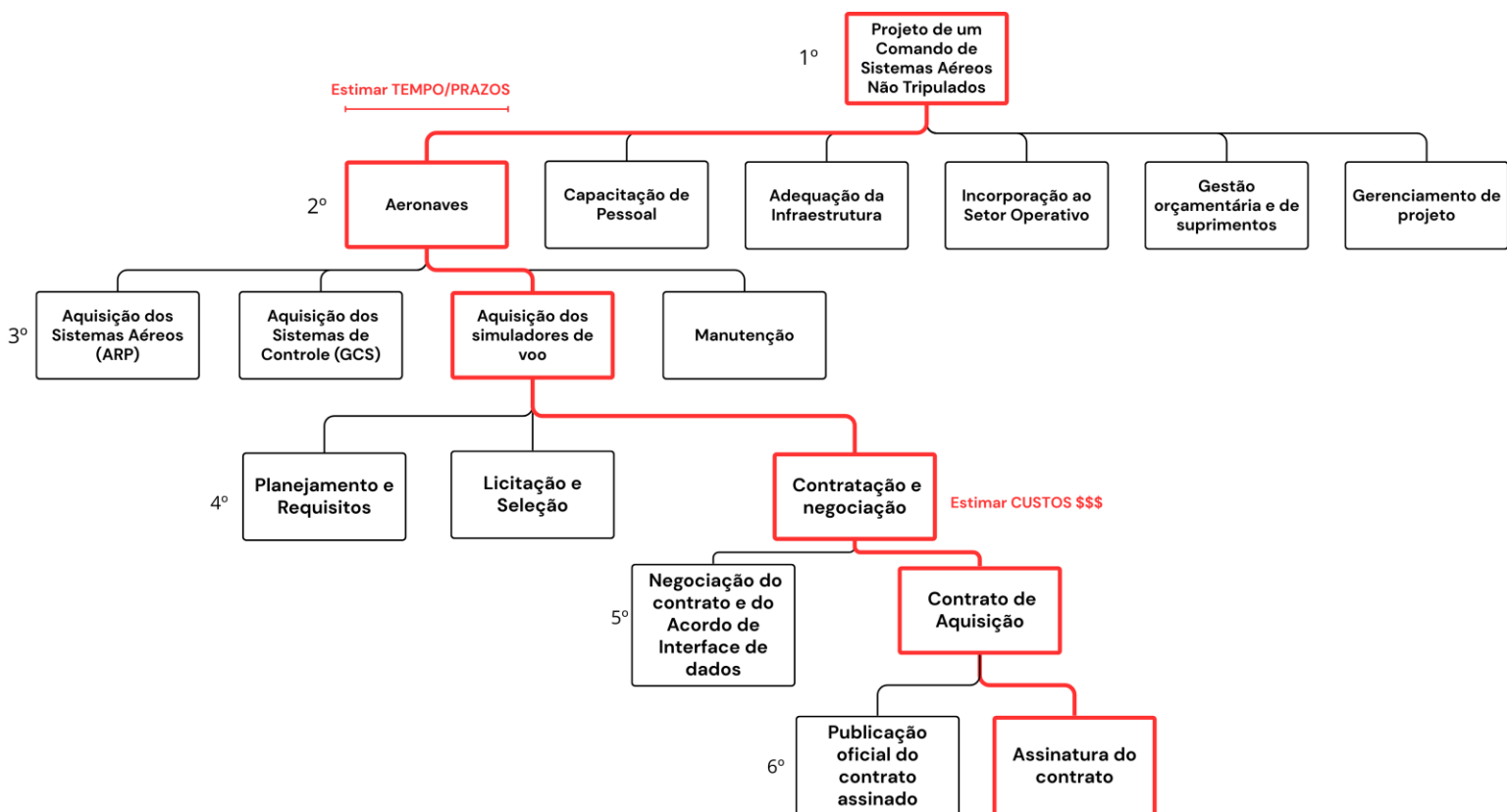


Figura 34 – Rastreamento do Pacote de Trabalho “Assinatura do Contrato” (Fonte: AUTOR, 2025).

4.6 Análise comparativa das abordagens e Resultados

A aplicação concomitante da Engenharia de Sistemas Tradicional e da Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE) permitiu a obtenção satisfatória das arquiteturas lógica e física do sistema em ambas as abordagens. No entanto, a análise comparativa dos resultados evidencia diferenças qualitativas significativas no que tange à inteligibilidade e à integração das informações geradas.

No desenvolvimento das arquiteturas lógicas, observou-se que o uso do *software* na abordagem MBSE proporcionou uma compreensão superior das funções do sistema. A visualização gráfica e interativa facilitou a identificação da influência direta dessas funções no atendimento às necessidades dos interessados, estabelecendo uma rastreabilidade mais clara do que a obtida apenas pela documentação textual ou diagramas estáticos da abordagem tradicional.

Quanto às arquiteturas físicas, os resultados apresentaram notável convergência de conteúdo. Em ambas as metodologias, foram definidos componentes estruturais essenciais, como o Centro de Operações Aéreas Integradas e o Grupo de Comunicações, além de elementos voltados à capacitação técnica e doutrinária. Contudo, a forma de representação divergiu: enquanto na abordagem tradicional a definição destes componentes ocorreu de maneira mais individualizada e segmentada, o MBSE promoveu uma integração sistêmica, evidenciando as interfaces e dependências entre os componentes físicos de forma dinâmica.

Uma distinção relevante foi identificada no foco da modelagem. Na Engenharia de Sistemas Tradicional, o levantamento tendeu a priorizar os *stakeholders* institucionais, associados às Organizações Militares e suas hierarquias. Em contrapartida, a MBSE (utilizando o método ARCADIA) direcionou o foco para os atores no ambiente operacional de missão. Ao comparar às arquiteturas de missões, constatou-se que essa perspectiva centrada no ator e no cenário operacional facilitou a identificação das interações reais entre os usuários e o sistema. Isso permitiu ao projetista contextualizar com maior precisão as reais necessidades dos interessados, refinando a definição dos requisitos e a modelagem das arquiteturas subsequentes.

No que tange à validação do projeto, ambas as abordagens demonstraram eficácia no atendimento aos requisitos de projeto estabelecidos inicialmente. Requisitos operacionais críticos, como o REQ-OPE-01 (referente à interoperabilidade dos SANT com os demais meios da Força Naval), foram atendidos pelas arquiteturas propostas em ambas as metodologias. Da mesma forma, requisitos de suporte, como o REQ-RH-01 (capacitação de pessoal), foram contemplados, ora de forma explícita na estrutura física, ora implícita nas funções de apoio, confirmando a robustez técnica das soluções encontradas independentemente do método.

A facilidade de contextualização proporcionada pelos cenários da abordagem MBSE destaca-se como um diferencial competitivo. A capacidade de simular e visualizar o

comportamento do sistema frente a situações operacionais complexas reduziu a ambiguidade na interpretação dos requisitos.

Diante do exposto, conclui-se que, embora a abordagem tradicional forneça a base documental necessária, o MBSE tende a se consolidar como a ferramenta de referência para a modelagem de sistemas complexos como o proposto neste trabalho. A disponibilidade de diagramas adicionais e ferramentas integradas de gerenciamento e verificação posiciona o MBSE não apenas como um recurso de desenho, mas como a abordagem principal para garantir a coerência, a rastreabilidade e o sucesso do projeto ao longo de todo o seu ciclo de vida.

4.7 Verificação das Hipóteses

O desenvolvimento deste trabalho permitiu responder ao problema de pesquisa, validando integralmente as seis hipóteses formuladas:

- **H1 (necessidade de uma doutrina consolidada):** A análise das necessidades dos *stakeholders* e o desenvolvimento das arquiteturas de missão demonstraram que a multiplicidade de atores envolvidos exige um padrão operacional unificado. Ficou evidente que, sem o estabelecimento de normas gerais aplicáveis a toda a instituição, a integração eficaz das plataformas seria comprometida pela falta de coordenação e padronização de procedimentos;
- **H2 (versatilidade e a não vinculação a um único esquadrão):** Identificou-se que os SANT podem atender à uma vasta gama de *stakeholders*, podendo estar presente em diferentes ambientes operacionais. As arquiteturas funcionais de missões realizadas por esses sistemas evidenciou que os restringir a um único tipo de esquadrão limitaria seu potencial estratégico. Portanto, a estrutura proposta validou a necessidade de transversalidade do uso dos SANT em diversos setores da MB;
- **H3 (organização estruturada com capacidade de apoio):** O projeto da nova Organização Militar demonstrou um papel operativo capaz de permear desde o nível estratégico até o operacional. Conforme observado nas arquiteturas do sistema, a estrutura proposta atende simultaneamente às demandas do Comando de Operações Navais e às necessidades táticas dos esquadrões de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), garantindo o fluxo de Comando e Controle (C2) necessário para a integração plena;

- **H4 e H5 (A insuficiência da administração convencional e o papel da Engenharia de Sistemas):** O desenvolvimento do trabalho evidenciou que métodos de administração convencionais não seriam suficientes para mapear as interfaces complexas inerentes a estes sistemas. A aplicação dos conceitos e processos da Engenharia de Sistemas mostrou-se fundamental, gerando resultados satisfatórios no projeto do sistema proposto. A Engenharia de Sistemas provou ser a abordagem ideal para o gerenciamento eficaz do ciclo de vida dos SANT, viabilizando a integração de componentes complexos que a estrutura militar exige;
- **H6 (Validação via MBSE e mitigação de riscos) :** A utilização da Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE) permitiu a prevenção antecipada de falhas de fluxo informacional ainda nas fases de concepção e projeto. Os resultados satisfatórios obtidos com a aplicação do MBSE comprovaram sua eficiência não apenas na garantia da interoperabilidade, mas também como uma ferramenta crucial para a mitigação de riscos, assegurando a robustez da solução proposta antes de sua implementação física.

Dessa forma, conclui-se que todas as hipóteses levantadas, e consequentemente os objetivos definidos, foram confirmados pelos artefatos gerados e pelas análises realizadas. A abordagem metodológica adotada permitiu responder ao problema de pesquisa, oferecendo uma solução estruturada para a integração dos SANT na Marinha do Brasil.

4.8 Aplicação na Marinha do Brasil

A análise sistêmica evidenciou desafios críticos, atuais e potenciais, para a Marinha do Brasil, notadamente quanto à interoperabilidade, capacitação de pessoal, manutenção conjunta e controle do elevado fluxo informacional gerado pelos SANT. Conforme aponta Sauser (2025), tais desafios impõem a necessidade de uma transformação nas capacidades, na organização e na doutrina da Força, visando mitigar riscos e maximizar o potencial destas novas tecnologias.

A premência dessa adequação é corroborada pela experiência recente da Ucrânia. A fragmentação inicial no emprego de Sistemas Não Tripulados (SNT) naquele conflito, embora inovadora, resultou em gargalos logísticos e doutrinários. Em resposta, criou-se em 2024 a Força de Sistemas Não Tripulados, um ramo independente dedicado à centralização e otimização desses meios (SAUSER, 2025).

Em consonância com esse cenário, propõe-se a criação de uma Organização Militar (OM) centralizadora que abranja todo o ciclo de vida dos SARP, mitigando riscos e potencializando benefícios operacionais. Conforme ilustrado na Figura 35, esta OM atuaria em todo o espectro das operações, responsabilizando-se pela Gestão do Ciclo de Vida (GCV) e pela interoperabilidade, prestando apoio tanto ao Comando de Operações Navais (ComOpNav) quanto a uma futura estrutura dedicada a sistemas não tripulados. A implementação deste modelo busca, segundo Sauser (2025), unificar a doutrina, otimizar recursos de P&D, integrar operações e centralizar a gestão de dados e aquisições.

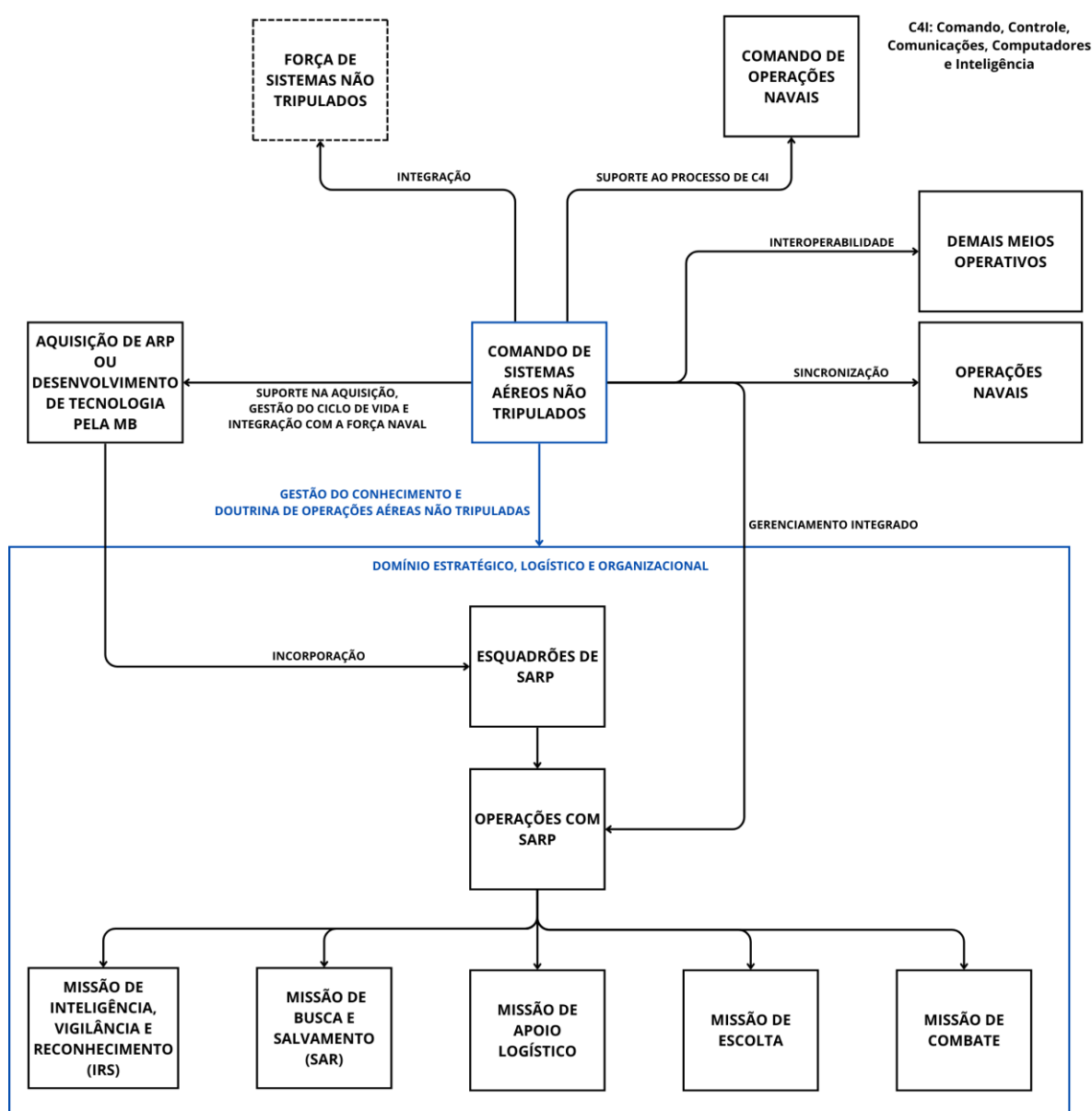


Figura 35 – Diagrama esquemático de aplicação da OM na MB (Fonte: AUTOR, 2025).

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

O presente trabalho demonstrou a viabilidade e a necessidade estratégica da criação de uma Organização Militar (OM) especializada em operações aéreas não tripuladas. A aplicação de uma abordagem estruturada de Engenharia de Sistemas permitiu evoluir da identificação de problemas, como a ausência de doutrina unificada e os desafios de interoperabilidade, para uma solução arquitetural concreta.

A metodologia empregada, suportada pela abordagem de Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE) com o método ARCADIA e a ferramenta Capella, demonstrou-se uma ferramenta robusta para a tradução de necessidades operacionais complexas. Ressalta-se que o processo desenvolvido se encontra em estrita consonância com o que preconizam a diretriz DCA 400-6 (FAB) e a norma EB20-N-10.003 (Exército Brasileiro) para a fase de concepção de sistemas.

Os resultados obtidos ratificam que uma OM centralizadora é a solução mais eficaz para otimizar o emprego de SARP na Marinha do Brasil, solucionando lacunas de C4I, formação e manutenção. Mais do que uma estrutura física, a OM projetada consolida uma resposta ao desafio de integração na Gestão do Ciclo de Vida (GCV) de sistemas não tripulados nas Forças Armadas. A *Work Breakdown Structure* (WBS) e os artefatos gerados servem, portanto, como um roteiro decisório para o Alto Comando, dimensionando o escopo real de implementação.

Conclui-se que o estudo atingiu seus objetivos e validou as hipóteses iniciais, entregando um projeto conceitual fundamentado que alinha a Defesa Nacional aos mais modernos cenários de emprego de sistemas não tripulados.

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

A partir do projeto conceitual desenvolvido neste TCC, diversas frentes de pesquisa e desenvolvimento podem ser exploradas para dar continuidade e profundidade à implementação da OM proposta:

- **Detalhamento da Arquitetura e Análise de Viabilidade:** Evoluir o projeto conceitual para um projeto detalhado, utilizando a WBS como base para uma análise de custos, cronogramas de implementação e alocação de pessoal. Este estudo pode incluir uma análise de alternativas para as tecnologias e plataformas físicas sugeridas;
- **Aprofundamento da Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE):** Expandir os modelos ARCADIA/Capella para incluir análises de desempenho e simulações de cenários. Isso permitiria testar a resiliência da arquitetura lógica e física em diferentes missões (como SAR, ISR ou Ataque) e avaliar gargalos operacionais antes da implementação;
- **Desenvolvimento de Doutrina e Formação:** Focar no componente "Pessoas" da arquitetura física e desenvolver o arcabouço doutrinário e os currículos de formação (técnica e doutrinária) para operadores, analistas de inteligência e equipes de manutenção, garantindo a proficiência e a padronização desde o início das operações;
- **Estudo de Interoperabilidade de Sistemas:** Realizar um estudo técnico focado nos protocolos de dados e interfaces necessários para garantir a interoperabilidade plena entre os diversos SARP (atuais e futuros) e os sistemas de C4I existentes na Marinha do Brasil, como o SisGAaz, assegurando a integração de dados em tempo real;
- **Validação de Requisitos com *Stakeholders*:** Realizar a coleta de dados primários junto aos atores-chave da Marinha do Brasil (operadores e estado-maior) para corroborar as premissas adotadas. Esta validação permitirá refinar o projeto conceitual, assegurando sua aderência às reais necessidades e restrições operacionais da Força.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA MARINHA DE NOTÍCIAS. Ação inédita: aeronave SARP é lançada do “Atlântico” para mapear áreas atingidas no RS. **Agência Marinha de Notícias**, 1º jul. 2024. Disponível em: <https://www.agencia.marinha.mil.br/defesa-naval/acao-inedita-aeronave-sarp-e-lancada-do-atlantico-para-mapear-areas-atingidas-no-rs>. Acesso em: 13 de Outubro de 2025.
- ALMEIDA, F. E. A. de. O Emprego de Veículos Não Tripulados na Guerra Naval: perspectivas para a Marinha do Brasil. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 11-36, jan./abr. 2017.
- AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS (AIAA). **ANSI/AIAA G-043-2012**: Guide to the Preparation of Operational Concept Documents. Reston, VA: AIAA, 2012.
- ATAQUE de drones da Ucrânia: como a operação surpresa contra a Rússia muda a guerra. **G1**, 5 jun. 2025. Mundo. Disponível em: < <https://g1.globo.com/mundo/ucrania-russia/noticia/2025/06/05/ataque-de-drones-da-ucrania-como-a-operacao-surpresa-contr-a-russia-muda-a-guerra.ghtml> >. Acesso em: 24 de Julho de 2025.
- AXE, David. Ukraine’s Drone Boats Are Firing Air-To-Air Missiles Now. **Forbes**, 19 maio 2024. Disponível em: < <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2024/05/19/ukraines-drone-boats-are-firing-air-to-air-missiles-now/> >. Acesso em: 1 de Agosto de 2025.
- BASE** da Rússia no Mar Negro é atacada por drones navais ucranianos. **Brasil de Fato**, 4 ago. 2023. Disponível em: < <https://www.brasildefato.com.br/2023/08/04/base-da-russia-no-mar-negro-e-atacada-por-drones-navais-ucranianos/> >. Acesso em: 14 de Julho de 2025.
- BBC NEWS BRASIL**. Guerra da Ucrânia: com que equipamento militar o mundo tem armado o país? **BBC News**, [S.l.], 26 ago. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-62692536>. Acesso em: 18 de Novembro de 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa 2020**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2021. [Atualização aprovada pelo Decreto Legislativo nº 179, de 2021].
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **Voos de RPAS (Drones)**: entenda a nova legislação do DECEA. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=voos-de-rpas-drones-entenda-a-nova-legislacao-do-decea. Acesso em: 10 de Agosto de 2025.

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 400-6: Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica**. Brasília: EMAER, 2020.
- BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **Portaria nº 900 - EME/C Ex, de 7 de novembro de 2022**. Aprova a Norma para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB20-N-10.003), 2ª Edição. Brasília, 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Secretaria de Produtos de Defesa. **MD40-M-01: Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa**. 1. ed. Brasília: Ministério da Defesa, 2019.
- CANES, Rafael Xavier. **O emprego da artilharia de campanha na guerra da Ucrânia: ensinamentos que justificam a sua relevância**. 2023. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023.
- CAPELLA. **Training Material**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: https://mbse-capella.org/training_material.html. Acesso em: 1 de outubro de 2025.
- CERQUEIRA, Christopher Shneider. **ARCADIA Primer**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://cscerqueira.com.br/wp-content/uploads/2020/04/MBSELEC-007Chris-ARCADIA-Primer.pdf>. Acesso em: 1 de Outubro de 2025.
- CHAIRMAN OF THE JOINT CHIEFS OF STAFF (CJCS). **CJCSI 3170.01I: Joint Capabilities Integration and Development System (JCIDS)**. Washington, D.C.: The Joint Staff, 23 jan. 2015.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **O DECEA**. Brasília, DF: DECEA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/?i=quem-somos&p=o-decea>. Acesso em: 27 de Julho de 2025.
- DEPARTAMENTO DE DEFESA DOS ESTADOS UNIDOS. **[Título do Roadmap ou Relatório de 2018]**. Washington, DC: Office of the Secretary of Defense, 2018. *(Nota: Refere-se ao documento citado no texto como "(2018)", possivelmente o "Unmanned Systems Integrated Roadmap" ou um relatório do CSBA)*.
- DIAS, Marcos de Souza. **Aeronaves Remotamente Pilotadas: o desafio da capacitação dos recursos humanos para o futuro da Aviação Naval**. Monografia (Curso Superior). Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2021.
- DRONE** naval ucraniano abate caça Su-30SM russo no Mar Negro. **Poder Naval**, 3 maio 2025. Disponível em: < <https://www.naval.com.br/blog/2025/05/03/drone-naval-ucraniano-abate-caca-su-30sm-russo-no-mar-negro/> >. Acesso em: 22 de Julho de 2025.
- LUIZ, André Vinícius Pinho. **A evolução tecnológica e sua influência no sistema militar de comando e controle: impactos e consequências das novas tecnologias e do SGDC na capacidade do sistema militar de comando e controle**. Monografia (Curso Superior). Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2017.

- ECLIPSE FOUNDATION. **Capella: An Open Source Solution for MBSE**. [Software]. 2024. Disponível em: <https://www.eclipse.org/capella/>. Acesso em: 12 de Setembro de 2025.
- ECLIPSE FOUNDATION. **Capella IFE Sample Model 1.0 Highlights**. [S.l.], 2015. Disponível em: https://download.eclipse.org/capella/samples/IFE/Capella_IFE_Sample_Model_1.0_Highlights.pdf. Acesso em: 12 de Setembro de 2025.
- ENGİNSOY, Yağız. Grenade launcher RWS integrated onto Themis UGV for Ukraine. **Janes**, 15 jan. 2024. Disponível em: < <https://www.janes.com/osint-insights/defence-news/defence/grenade-launcher-rws-integrated-onto-themis-ugv-for-ukraine> >. Acesso em: 10 de Julho de 2025.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2017-2042**. Washington, D.C.: Office of the Secretary of Defense, 2018.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **NextGen Mid-Term Concept of Operations v1.0**. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, 2014.
- FRANTZMAN, Seth J. **Drone Wars: Pioneers, Killing Machines, Artificial Intelligence, and the Battle for the Future**. Nova York: Bombardier Books, 2021.
- FRIEDENTHAL, Sanford; WEILKIENS, Tim; SCHINDEL, Rick. **A Practical Guide to SysML: The Systems Modeling Language**. 3. ed. Burlington, MA: Morgan Kaufmann, 2015.
- GONÇALVES, Wilson F. Operação “Teia de Aranha”: drones FPV ucranianos destroem bombardeiros em bases na Rússia. **Defesa Aérea & Naval**, 10 jan. 2025. Disponível em: < <https://www.portalvaleparaibano.com.br/noticia/5784/mundo/operacao-teia-de-aranha-o-que-se-sabe-sobre-o-mega-ataque-com-drones-da-ucrania-que-destruiu-41-avioes-russos.html> >. Acesso em: 16 de Julho de 2025.
- HALLIGAN, R. Project Performance International. **What is the difference between an OCD & CONOPS?**, 2022. Disponível em: < <https://www.ppi-int.com/resources/systems-engineering-faq/difference-ocd-conops/> >. Acesso em: 1 de Julho de 2025.
- INCOSE. **Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities**. 5. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2023.
- INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL (IFI). **Missão, Visão e Valores**. São José dos Campos, SP: IFI, [s.d.]. Disponível em: <https://ifi.dcta.mil.br/index.php/missao-visao-e-valores#missao>. Acesso em: 27 de Julho de 2025.
- LEITE JUNIOR, Sergio Francisco da Costa. **Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa: Aplicações e Benefícios para a Prontidão das Aeronaves empregadas no Programa Antártico Brasileiro, e as Perspectivas e Oportunidades para a Marinha do**

Brasil. 2020. Tese (Curso de Política e Estratégia Marítimas) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2020.

MARINHA DO BRASIL. Aeronave Remotamente Pilotada - RQ-1 ScanEagle. [S.d.]. Disponível em: < <https://www.marinha.mil.br/meios-navais/rq1-scan-eagle> >. Acesso em: 20 de Junho de 2025.

MARINHA DO BRASIL. **Plano Estratégico da Marinha 2040 (PEM 2040)**. Brasília, DF: Estado-Maior da Armada, 2021.

MARINHA DO BRASIL. **Organograma. 2024**. Disponível em: < <https://www.mar.mil.br/organograma-da-marinha> >. Acesso em: 27 de Julho de 2025.

MARINHA DO BRASIL. Marinha investe em tecnologia de Sistemas Não Tripulados para fortalecer o Poder Naval. **Agência Marinha de Notícias**, 20 mar. 2024. Disponível em: < <https://www.agencia.marinha.mil.br/ciencia-e-tecnologia/marinha-investe-em-tecnologia-de-sistemas-nao-tripulados-para-fortalecer> >. Acesso em: 23 de Julho de 2025.

MARINHA DO BRASIL (MB). Comando da Força Aeronaval. **Histórico**. São Pedro da Aldeia, RJ: ComForAerNav, [s.d.]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/comforaernav/historico>. Acesso em: 26 de julho de 2025.

MARINHA DO BRASIL. Comando da Força Aeronaval. **EsqdQE-1**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/comforaernav/esqdqe1>. Acesso em: 26 de julho de 2025.

MARINHA DO BRASIL. Comando da Força Aeronaval. **GaerNavMan**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/comforaernav/gaernavmann>. Acesso em: 26 de julho de 2025.

MARINHA DO BRASIL. Diretoria de Aeronáutica da Marinha. **Histórico e Missão**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/daerm/historico>. Acesso em: 26 de julho de 2025.

MARRONI, Luciana Mascarenhas da Costa. **Sistemática de aquisição de produtos de defesa dos Estados Unidos da América**: Quais práticas e ensinamentos o Brasil pode adotar?. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia). Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2018.

MARTINS, Paulo Roberto Pinto. Emprego dos Sistemas de Aeronaves remotamente pilotadas em apoio à Batalha Profunda. **Ancorme Fuzis**, [s.d.], p. 41-46.

MEIRELES, Daniela; BARROS, Manuela. Exercício das Forças Armadas aperfeiçoa uso de aeronaves remotamente pilotadas. **Agência Marinha de Notícias**, 24 mar. 2025. Disponível em: <https://www.agencia.marinha.mil.br/defesa-naval/exercicio-das-forcas-armadas-aperfeicoa-uso-de-aeronaves-remotamente-pilotadas>. Acesso em: 14 de Outubro de 2025.

MENDES, Lucas. Entenda como Israel e aliados interceptaram mais de 300 mísseis e drones iranianos. **CNN Brasil**, 15 abr. 2024. Disponível em: < <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/entenda-como-israel-e-aliados-interceptaram-mais-de-300-misseis-e-drones-iranianos/> >. Acesso em: 23 de Julho de 2025.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NASA Work Breakdown Structure (WBS) Handbook**. Washington, D.C.: NASA, 2018. Disponível em: <https://www.nasa.gov/evm/handbooks>. Acesso em: 27 de Outubro de 2025.

NAVAL AIR SYSTEMS COMMAND. **Unmanned**. [S.d.]. Disponível em: < https://www.navair.navy.mil/ProductContent?field_related_products_target_id=unmanned >. Acesso em: 2 de Agosto de 2025.

NICHOLS, Randall K.; RYAN, Julie J. C. H.; MUMM, Hans C.; LONSTEIN, Wayne D.; CARTER, Candice M.; SHAY, Jeremy; MAI, Randall; HOOD, John P.; JACKSON, Mark. **Unmanned Vehicle Systems & Operations on Air, Sea, Land**. Manhattan, KS: New Prairie Press, 2020. Disponível em: < <https://newprairiepress.org/ebooks/35/> >. Acesso em: 2 de Agosto de 2025.

NORWOOD, Morgan; PAVLYK, Oleksiy. Ukraine focuses on drone warfare as military creates new unmanned systems branch. **ABC News**, 11 jun. 2024. Disponível em: < <https://abcnews.go.com/International/ukraine-focuses-drone-warfare-military-creates-new-unmanned/story?id=111046806> >. Acesso em: 28 de Junho de 2025.

PINHEIRO, W. P.; MENDONÇA, F. F. de. O Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas ScanEagle em Navios-Escorta. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 137, n. 10/12, p. 216-229, out./dez. 2017.

PROJECT PERFORMANCE INTERNATIONAL (PPI). **Systems Engineering Management**. [S.l.]: Project Performance International, [2025?]. Disponível em: <https://www.ppi-int.com/training/systems-engineering-training-courses/systems-engineering-management-5-day/>. Acesso em: 14 de Novembro de 2025.

PROENÇA JÚNIOR, Domicio; DUARTE, Érico Esteves. O Poder Naval no Século XXI: O futuro da Marinha de Guerra e o entorno estratégico brasileiro. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 11-37, mai./ago. 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 6. ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

RECHTIN, Eberhardt; MAIER, Mark W. **The art of systems architecting**. CRC press, 2010.

REDACÇÃO FORÇAS DE DEFESA. Novo drone da Marinha do Brasil amplia serviços de busca e salvamento marítimo. **Poder Naval**, 13 out. 2024. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2024/10/13/novo-drone-da-marinha-do-brasil-amplia-servicos-de-busca-e-salvamento-maritimo/>. Acesso em: 23 de Setembro de 2025.

- SAUSER, Mark K. Unmanned Aircraft and the Revolution in Operational Warfare: Preparing the U.S. Army for the Age of Unmanned Systems. **Military Review**, [S. l.], p. 55-66, July/Aug. 2025. Disponível em: <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/July-August-2025/Unmanned-Aircraft-Revolution/>. Acesso em: 17 de Outubro de 2025.
- SINGER, P. W. **Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century**. New York: Penguin Books, 2009.
- SOARES, Ederson; MEIRELES, Daniela. Pioneira, Marinha finaliza testes com drone tático de ataque durante Operação “Furnas 2025”. **Agência Marinha de Notícias**, Brasília, 31 out. 2025. Disponível em: <https://www.agencia.marinha.mil.br/defesa-naval/pioneira-marinha-finaliza-testes-com-drone-tatico-de-ataque-durante-operacao-furnas>. Acesso em: 18 de Novembro de 2025.
- SOUZA, M. A. F. de. **A Interoperabilidade e sua Influência na Concepção de Meios Navais para a Marinha do Brasil**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Navais) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2019.
- SOUSA, Marcelo Santiago de. **Notas de Aula de EMA025 – Engenharia de Sistemas**. Universidade Federal de Itajubá. 2025.
- SOUSA, Marcelo Santiago de. **Notas de Aula de EMA027 – Gerenciamento de Engenharia de Sistemas**. Universidade Federal de Itajubá. 2025.
- SOUSA, Marcelo Santiago de. **Notas de Aula de EMA028 – Desenvolvimento de Sistemas de Capacidade**. Universidade Federal de Itajubá. 2025.
- SPOTTER. **Esquadrão Harpia (1º/8º Gav)**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: < http://www.spotter.com.br/esquadros/qel_harpia_03.htm >. Acesso em: 2 de Agosto de 2025.
- SUTTON, H. I. First Public Sighting of Ukraine’s New Sea Drone. **Naval News**, 29 jul. 2023. Disponível em: < <https://www.navalnews.com/naval-news/2025/07/under-wraps-no-more-ukraines-original-naval-drone-revealed/> >. Acesso em: 2 de Agosto de 2025.
- TALIAFERRO, A. C.; GONZALEZ, L. M.; TILLMAN, M.; GHOSH, P.; CLARKE, P.; HINKLE, W. **Improving the Defense Management Capabilities of Foreign Defense Institutions**. Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses, 2019.
- UEHARA, Akiko. Autonomia e IA nos drones: robôs assassinos estão a caminho? **SWI swissinfo.ch**, 11 jul. 2024. Disponível em: < <https://www.swissinfo.ch/por/genebra-internacional/autonomia-e-ia-nos-drones-rob%C3%B4s-assassinos-est%C3%A3o-a-caminho/89576733> >. Acesso em: 1 de Agosto de 2025.
- USA. Department of Defense. Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering. **Department of Defense Systems Engineering Guidebook**. Washington, DC: DoD, Feb. 2022. Disponível em: <https://ac.cto.mil/wp->

content/uploads/2022/02/Systems-Engineering-Guidebook.pdf. Acesso em: 28 de Outubro de 2025.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. **Unmanned Systems Integrated Roadmap FY 2017-2042**. Washington, DC: Office of the Secretary of Defense, 2017.

VERA, Fabrício. HIMARS: Conheça o lançador de foguetes que está mudando a guerra na Ucrânia. **Jornal Opção**, Goiânia, 4 ago. 2022. Disponível em: <https://www.jornalopcao.com.br/colunas-geral/geopolitica/himars-conheca-o-lancador-de-foguetes-que-esta-mudando-a-da-guerra-na-ucrania-420468/>. Acesso em: 18 de Novembro de 2025.

VOIRON, Jean-Luc. **Model-Based System and Architecture Engineering with the ARCADIA Method**. Londres: ISTE Press-Elsevier, 2017.

ZABRODSKYI, Mykhailo; WATLING, Jack; DANYLYUK, Oleksandr V.; DAVYDYUK, Vira. Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia's Invasion of Ukraine: February–July 2022. **Royal United Services Institute (RUSI)**, Londres, Special Report, 30 nov. 2022. Disponível em: < <https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022> >. Acesso em: 1 de Agosto de 2025.

ZABRODSKYI, Mykhaylo; WATLING, Jack; DANYLYUK, Oleksandr V.; REYNOLDS, Nick. **Meatgrinder: Russian Tactics in the Second Year of Its Invasion of Ukraine**. London: Royal United Services Institute for Defence and Security Studies (RUSI), 2023.

WALDEN, David D. et al. (Ed.). **INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities**. 5. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2023.

Figura A 1 – Organograma da Marinha do Brasil.



APÊNDICE A – Problemas, Objetivos e Requisitos do Sistema

Tabela A 1 - Funções exercidas pelos *Stakeholders*.

STAKEHOLDERS	FUNÇÃO
Comandante da Marinha (CM)	Preparar a Marinha para o cumprimento da sua destinação constitucional e atribuições subsidiárias.
Estado Maior da Armada (EMA)	Assessorar o Comandante da Marinha na direção do Comando da Marinha e no desempenho de suas atribuições no Conselho Militar de Defesa e no Conselho de Defesa Nacional.
Comando de Operações Navais (ComOpNav)	Aprestar as Forças Navais, Aeronavais e de Fuzileiros Navais para o adequado emprego do Poder Naval
Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais (CGCFN)	Dirigir, em âmbito setorial, objetivando a excelência, as atividades relativas à Gestão Estratégica de Recursos Humanos, do Material de uso exclusivo ou preponderante do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) e buscar a eficácia das atividades de Educação Física e Desportiva na Marinha do Brasil, bem como orientar o Desenvolvimento Doutrinário do CFN, a fim de contribuir para o preparo e emprego de Fuzileiros Navais, com vistas ao cumprimento das tarefas básicas do Poder Naval.
Secretaria-Geral da Marinha (SGM)	Contribuir para o preparo e a aplicação do Poder Naval
Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM)	Atuar como o órgão central executivo do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SCTMB), exercendo a administração estratégica das atividades científicas, tecnológicas e de inovação da Marinha.
Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM)	Contribuir para o preparo e aplicação do Poder Naval, no tocante às atividades relacionadas com o material e a tecnologia da informação da Marinha.
Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha (DGPM)	Contribuir para o preparo e a aplicação do Poder Naval no tocante às atividades relacionadas com o pessoal da Marinha do Brasil
Diretoria-Geral de Navegação (DGN)	Contribuir para o preparo e aplicação do Poder Naval e do Poder Marítimo, no tocante às atividades relacionadas com os assuntos marítimos, à segurança da navegação, à hidrografia, à oceanografia e à meteorologia.
Comando da Força Aeronaval (ComForAerNav)	Prover o apoio aos Comandos Operativos, a fim de contribuir para os diversos empregos do Poder Naval.
STAKEHOLDERS EXTRA-MB	
Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI)	Prestar serviços e realizar Pesquisa de Tecnologia Industrial Básica nas áreas de normalização, metrologia, certificação e coordenação industrial, para produtos e

	sistemas aeronáuticos militares e espaciais, a fim de fomentar o desenvolvimento de soluções científico-tecnológicas no campo do Poder Aeroespacial.
Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)	Contribuir para a garantia da soberania nacional, por meio do gerenciamento do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.
Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV)	Prestar serviços tecnológicos especializados na área de ensaios em voo, instrumentação de aeronaves e telemetria de dados para apoio à pesquisa, ao desenvolvimento e à certificação de produtos aeronáuticos.

Fonte: AUTOR, 2025.

Tabela A 2 – Áreas de interesse no sistema pelos *Stakeholders*.

STAKEHOLDERS	PRINCIPAL ÁREA DE INTERESSE NO SISTEMA	IDENTIFICAÇÃO
Comandante da Marinha (CM)	Ampliação do Poder Naval e apoio a execução das missões da MB.	1
Estado Maior da Armada (EMA)	Planejamento estratégico e desenvolvimento da doutrina de operações aéreas não tripuladas.	2
Comando de Operações Navais (ComOpNav)	Suporte ao processo de Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência (C4I) das operações navais e a interoperabilidade dos SANT com demais meios operativos.	3
Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais (CGCFN)	Suporte ao processo de Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência (C4I) de operações militares dos Fuzileiros Navais e a interoperabilidade dos SANT com demais meios operativos.	4
Secretaria-Geral da Marinha (SGM)	Gestão dos recursos orçamentários, financeiros e logísticos do programa de SANT.	5
Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM)	Pesquisa, desenvolvimento e modernização tecnológica de SANT.	6
Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM)	Gestão do Ciclo de Vida (GCV) e integração com a força naval.	7
Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha (DGPM)	Formação, treinamento, capacitação e gestão de carreira do pessoal envolvido em operações aéreas não tripuladas.	8
Diretoria-Geral de Navegação (DGN)	Suporte à segurança da navegação e às pesquisas realizadas no ambiente marinho.	9
Comando da Força Aeronaval (ComForAerNav)	Gerenciamento operacional, desenvolvimento de doutrina de operações aéreas não tripuladas, padronização de adestramento e integração dos SANT com meios aéreos tripulados.	10

STAKEHOLDERS EXTRA-MB		
Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI)	Certificação, qualificação técnica e de aeronavegabilidade militar dos SANT e seus componentes.	11
Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)	Regulação, gerenciamento e controle do acesso dos SANT ao espaço aéreo brasileiro.	12
Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV)	Realização de ensaios em voo em SANT e auxiliar no aprimoramento desses sistemas.	13

Fonte: AUTOR, 2025.

Tabela A3 – Problemas e objetivos.

	Classificação	Problema	Objetivo	Stakeholder(s)
Estratégico	E1-2	Inexistência de um arcabouço doutrinário consolidado para operações aéreas não tripuladas no âmbito da Marinha do Brasil, resultando em disparidades de Táticas, Técnicas e Procedimentos.	Consolidar e disseminar a doutrina de operações aéreas não tripuladas no âmbito da Marinha do Brasil, visando à padronização e harmonização de procedimentos, táticas e técnicas.	EMA
	E2-2	Inexistência de uma doutrina militar consolidada para operações conjunta de SNT, resultando em disparidades táticas e procedimentais entre as Forças Singulares.	Adequar a uma doutrina de operações conjunta com SNT, visando à harmonização e à interoperabilidade procedimental entre Marinha, Exército e Aeronáutica.	EMA
	E3-3	Estrutura de Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência (C4I) fragmentada e inadequada à agilidade exigida pelas operações com SANT, prejudicando a sincronização e o processo decisório.	Projetar e implementar um centro de operações integradas de missões aéreas não tripuladas dotado de sistemas que possibilitem o C4I centralizado, alimentando a consciência situacional e otimizando a tomada de decisão.	ComOpNav
	E4-2	Ausência de um comando unificado com autoridade sobre todos os aspectos das operações com SANT, desde a concepção doutrinária até o assessoramento do escalão superior.	Implantar um comando que centralize o planejamento, a coordenação, a execução e a análise pós-missão de operações aéreas não tripuladas, servindo como órgão de assessoramento de escalões superiores.	EMA
	E5-6	Carência de uma estrutura formal para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em tecnologias de SANT, limitando o avanço tecnológico e a soberania nacional nesse setor.	Implantar um centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) para SANT, com o objetivo de fomentar o desenvolvimento de tecnologias autóctones e aprimorar os sistemas existentes.	DGDNTM

	E6-2	Proliferação de doutrinas de defesa para ataques de sistemas não tripulados não difundidas e assimiladas em nível nacional, representando uma vulnerabilidade estratégica.	Desenvolver e disseminar uma doutrina nacional de defesa de SANT, integrando capacidades de detecção, identificação e neutralização.	EMA
	E7-2	Lacuna no arcabouço jurídico e ético para o emprego de força letal por sistemas não tripulados, gerando incerteza jurídica e limitando a segurança operacional.	Estabelecer um protocolo ético-jurídico para o emprego de SANT, em conformidade com as legislações internacionais e nacionais vigentes.	EMA
	E8-2	Lacuna no desenvolvimento de um pensamento estratégico-tático aprofundado, que fundamente a doutrina de emprego para SNT em cenários de conflito de alta intensidade.	Consolidar um núcleo de estudos e pesquisas para o desenvolvimento da doutrina de emprego em combate de SNT.	EMA
Operativo	O1-3	Inexistência de um centro de operações que possibilite aos escalões superiores o acesso em tempo real e a consciência situacional plena sobre as missões aéreas não tripuladas em curso.	Desenvolver um centro de controle operacional que garanta o acesso rápido, completo e seguro às informações das missões aéreas não tripuladas em andamento por parte dos comandos superiores.	ComOpNav
	O2-3.10	Baixa interoperabilidade entre os diferentes tipos de SANT e os demais meios operativos (navais, aéreos e terrestres).	Desenvolver e implementar uma arquitetura de sistemas abertos que assegure a interoperabilidade e a sinergia entre as diversas plataformas não tripuladas e tripuladas, permitindo a comunicação e operação conjunta.	ComOpNav, ComForAerNav
	O3-3	Ausência de uma arquitetura de sistemas que permita a centralização, o processamento e a disseminação eficientes do fluxo de dados e informações dos SANT.	Desenvolver um sistema centralizado que gerencie o fluxo de dados e as informações dos SANT durante a missão, otimizando o ciclo de inteligência.	ComOpNav
	O4-3.6	Inexistência de uma arquitetura de <i>software</i> unificada que permita o controle e a exploração de dados de diferentes modelos de SANT.	Desenvolver ou adquirir uma Estação de Controle Terrestre (GCS) universal ou um <i>software</i> de código aberto que permita a integração de diferentes plataformas de SANT.	ComOpNav, DGDNTM
	O5-3.6	Defasagem na capacidade de processamento, análise e disseminação do elevado volume de dados oriundos dos SANT.	Implementar ferramentas de Inteligência Artificial e <i>Machine Learning</i> para automatizar e otimizar a análise e o tráfego de dados.	ComOpNav, DGDNTM

	O6-3	Carência de um portfólio diversificado de plataformas aéreas não tripuladas, restringindo a flexibilidade e a capacidade da Força para atender a um amplo espectro de missões (estratégicas, táticas etc.).	Desenvolver e operar um portfólio de SANT com diferentes capacidades (estratégicas, táticas, de asa fixa/rotativa), visando ao atendimento de missões especializadas.	ComOpNav
	O7-3.6	Infraestrutura de apoio e procedimentos operacionais existentes não adequados ou consolidados para as especificidades das operações aéreas não tripuladas.	Promover a adequação dos meios operativos e da infraestrutura de apoio existentes e incluir, em projetos futuros, os requisitos específicos para operações aéreas não tripuladas.	ComOpNav, DGDNTM
	O8-3.6	Insuficiência de simuladores de alta fidelidade que repliquem cenários operacionais complexos e ameaças emergentes (guerra eletrônica e ciberataques).	Adquirir ou desenvolver sistemas de simulação avançados para treinamento tático, técnico e de tomada de decisão em ambientes virtuais realistas.	ComOpNav, DGDNTM
	O9-3.10	Treinamento desintegrado entre os diversos atores de uma missão com a presença de SANT (operadores, analistas de inteligência, pessoal de guerra eletrônica e cibernética), limitando a sinergia e a eficácia operacional.	Desenvolver e executar exercícios conjuntos e em ambiente simulado que integrem todos os componentes de uma missão com SANT, promovendo o trabalho em equipe e a compreensão mútua das funções.	ComOpNav, ComForAerNav
	O10-3.4	Elevada latência e complexidade no ciclo de aquisição de alvos e avaliação de danos de batalha, em função da dependência de meios aéreos não integrados à cadeia de comando do Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais.	Utilizar os SANT integrados para otimizar o ciclo "sensor-atirador", provendo uma capacidade expedita de detecção, identificação e projeção de alvos para os sistemas de Apoio de Fogo (fogos navais, artilharia e aéreos), bem como a avaliação de sua eficácia.	ComOpNav, CGCFN
	O11-3.9	Elevado tempo de resposta para a verificação de perigos à navegação reportados, impactando a celeridade do ciclo de atualização dos Avisos aos Navegantes.	Implementar um sistema de pronta-resposta baseado na integração de informações de SANT para a verificação expedita de anomalias e perigos à navegação, otimizando o processo de emissão e atualização de alertas de segurança marítima.	ComOpNav, DGN
	O12-3.9	Inexistência de uma arquitetura de informações integrada que harmonize os múltiplos canais de dados meteorológicos e de auxílio à navegação, comprometendo a formação de uma consciência situacional ambiental unificada para o planejamento e a	Implementar um centro de fusão de dados que promova a integração de informações METOC (Meteorológicas e Oceanográficas) e de segurança da navegação, provendo um produto consolidado para a otimização do processo decisório e a mitigação de riscos	ComOpNav, DGN

		condução de operações navais com SNT.	ambientais nas operações navais com SNT.	
	O13-4	Vulnerabilidade da arquitetura de C4I em ambientes expedicionários, caracterizados por grandes distâncias e obstáculos do terreno que limitam o alcance dos sistemas de comunicações táticas das forças desembarcadas.	Empregar plataformas de SANT integrados como nós de comunicação aerotransportados, a fim de garantir a extensão, a resiliência e a confiabilidade dos enlaces de dados e voz entre os elementos de manobra e o comando da Força Anfíbia.	CGCFN
	O14-4	Déficit de capacidade de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR) orgânica, persistente e em tempo real na zona litorânea e sobre os objetivos em terra, gerando uma vulnerabilidade crítica durante as fases de planejamento e execução de uma Operação Anfíbia.	Integrar, via um centro integrador, um fluxo de dados ISR contínuo e em tempo real diretamente na arquitetura de Comando e Controle (C2) da Força de Desembarque, otimizando o processo decisório do comandante e a consciência situacional das frações em terra.	CGCFN
	O15-3	Largura de banda de comunicação via satélite (SATCOM) insuficiente e cara para suportar operações simultâneas de múltiplos SNT de alta definição.	Otimizar os protocolos de compressão de dados e buscar parcerias estratégicas para garantir a capacidade de comunicação SATCOM necessária para as operações não tripuladas.	ComOpNav
	O16-3.6	Vulnerabilidade dos enlaces de dados e dos sistemas de controle de SNT a ações de Guerra Eletrônica e Cibernética, comprometendo a segurança e a eficácia das missões.	Consolidar uma Célula de Defesa Cibernética e Guerra Eletrônica para SNT, responsável por garantir a segurança e a resiliência dos enlaces de comunicação e dos sistemas de controle em ambientes eletromagneticamente contestados.	ComOpNav, DGDNTM
	O17-10.12	Risco de colisão devido aos múltiplos SANT e aeronaves tripuladas em operação no mesmo espaço aéreo tático.	Realizar o gerenciamento do espaço aéreo tático, garantindo a separação segura entre meios tripulados e não tripulados na área de operação.	ComForAerNav, DECEA
Administrativo	A1-7	Ausência de padronização nos procedimentos técnicos de operação e manutenção dos diferentes modelos de SANT em inventário, aumentando os custos de treinamento e a complexidade logística.	Desenvolver um modelo de padronização técnica para o efetivo de SANT da Marinha do Brasil, unificando procedimentos de manutenção, configuração e emprego, a fim de otimizar a logística e a intercambialidade de pessoal.	DGMM
	A2-5	Inexistência de um processo centralizado para a gestão financeira e orçamentária das missões com SNT, dificultando o controle de	Criar uma célula de gestão de recursos para centralizar o planejamento financeiro e orçamentário das operações não tripuladas,	SGM

		custos e a alocação eficiente de recursos.	garantindo o uso eficiente dos meios e a transparência dos gastos.	
A3-7		Carência de uma estrutura logística dedicada e especializada para prover o suporte necessário às operações com SNT.	Estruturar um núcleo de especialistas para planejar e coordenar a cadeia logística de suprimentos de SNT, desde o material de consumo até os componentes de reposição.	DGMM
A4-5.7		Inexistência de um programa de articulação e equipamento que oriente, de forma coordenada, a expansão do inventário de SANT na Força.	Estruturar um programa de gestão e aquisição de meios que coordene a expansão quantitativa do inventário de SANT, em alinhamento com as necessidades estratégicas da Força.	SGM, DGMM
A5-5.6.7		Dependência tecnológica e vulnerabilidade logística em relação a fornecedores internacionais, comprometendo a soberania, a capacidade de manutenção e a prontidão operacional.	Fomentar a autonomia tecnológica por meio de parcerias estratégicas com a Base Industrial de Defesa (BID) e instituições de pesquisa, objetivando o desenvolvimento e a produção nacional de componentes críticos de SANT.	SGM, DGDNTM, DGMM
A6-2.5		Déficit quantitativo de SANT, o que impõe limitações à capacidade de Inteligência, Reconhecimento e Vigilância (IRS) e à dissuasão estratégica em áreas de interesse.	Executar um plano plurianual de aquisição de novas plataformas não tripuladas para atingir o número de meios necessários à garantia da segurança e da defesa do território.	EMA, SGM
A7-2.5.7.8		Dificuldade em mensurar a eficácia e o custo-benefício do emprego dos SANT devido à falta de métricas e indicadores de desempenho claros.	Definir e implementar um sistema de métricas para mensurar a eficiência da aeronave, dos sistemas e dos operadores, permitindo a avaliação do desempenho e a otimização de processos.	EMA, SGM, DGMM, DGPM
A8-3.7		Inexistência de uma cadeia logística ágil e integrada para a mobilização e instalação de infraestrutura de apoio às operações aéreas não tripuladas em locais remotos ou desprovidos de suporte.	Desenvolver um sistema de desdobramento rápido, baseado em módulos e contêineres operacionais padronizados, que permita a pronta instalação de uma capacidade de SANT em qualquer teatro de operações.	ComOpNav, DGMM
A9-5		Carência de uma visão de longo prazo para a aquisição e o desenvolvimento de novas capacidades em SANT, resultando em um inventário de meios não padronizados e com potencial de obsolescência.	Elaborar um plano estratégico de articulação e equipamento de SANT, alinhado às necessidades do cenário prospectivo e às capacidades tecnológicas emergentes, orientando futuras aquisições e desenvolvimentos.	SGM

	A10-7	Inexistência de uma governança unificada para a Gestão do Ciclo de Vida (GCV) dos SANT, criando um vácuo no planejamento de modernizações, no tratamento da obsolescência tecnológica acelerada e no processo de desativação dos sistemas.	Projetar um órgão de GCV para os ativos SANT, tornando-a a principal interlocutora para o planejamento de longo prazo, a prospecção de novas tecnologias e a gestão da obsolescência de componentes e <i>softwares</i> .	DGMM
	A11-7	Dificuldade na catalogação de itens segundo os padrões do Sistema de Catalogação da Defesa (SISCADE), devido à natureza pulverizada e não coordenada das aquisições de oportunidade.	Implantar um polo técnico para apoiar a catalogação e, principalmente, na identificação de oportunidades para a padronização de componentes e subsistemas de SANT.	DGMM
	A12-7	Proliferação de vetores SANT não padronizados, adquiridos de forma descentralizada pelos diversos setores da Marinha, resultando em uma arquitetura logística insustentável, com múltiplas cadeias de suprimento e elevada complexidade de manutenção.	Implementar a racionalização e padronização do arsenal de SANT, consolidando requisitos para viabilizar a aquisição de uma "família de sistemas" com alto grau de comunalidade de componentes, otimizando o processo de obtenção e a sustentabilidade logística.	DGMM
	A13-7	Dispersão e complexidade da estrutura de Manutenção, Reparo e <i>Overhaul</i> para sistemas de alta tecnologia e rápida evolução, gerando uma multiplicidade de contratos, diluição da expertise técnica e incapacidade de gerar economia de escala.	Estruturar um modelo de Manutenção por Níveis (Organizacional, Intermediário e de Depósito) centralizado e eficiente, que otimize a alocação de recursos, concentre o conhecimento e reduza o custo médio do ciclo de vida dos ativos SANT.	DGMM
	A14-11.12.13	Risco de aquisição de SANT em desacordo com as normas de tráfego aéreo ou de certificação técnica, impedindo sua operação legal.	Garantir que os requisitos de aquisição de SANT já prevejam o cumprimento das normas do DECEA e IFI.	IFI, DECEA, IPEV
	A15-11.13	Utilização de SANT sem a devida certificação de emprego militar, não atendendo as expectativas da Força Naval em operações e expondo-a riscos e questionamentos legais.	Centralizar e supervisionar o processo de certificação e homologação de todos os SANT a serem adquiridos ou desenvolvidos pela MB.	IFI, IPEV
Organizacional	P1-7.8	Carência de um sistema formalizado para a gestão do conhecimento e a capitalização das lições aprendidas, oriundas das operações aéreas não tripuladas.	Implementar um sistema de gestão do conhecimento técnico-operacional, a fim de centralizar, analisar e disseminar as informações e experiências adquiridas em missões.	DGMM, DGPM

P2-8	Inexistência de uma instituição de ensino militar dedicada à formação e à capacitação de recursos humanos para a operação de SANT, gerando uma dependência de cursos externos e falta de padronização.	Estruturar um Centro de Instrução e Adestramento especializado em SANT, responsável pela formação, qualificação e adestramento contínuo de operadores, analistas e mantenedores.	DGPM
P3-2.8	Insuficiência de pessoal com competências para desenvolver e otimizar capacidades militares relativas a SANT.	Projetar um grupo de recursos humanos responsável por desenvolver e otimizar as capacidades militares intrínsecas aos SANT, atuando como um núcleo de excelência.	EMA, DGPM
P4-2.8	Falta de uma estrutura de carreira conjunta que integre todo o pessoal das Forças Armadas (Marinha, Exército, Aeronáutica) operadores de SANT.	Estruturar um plano de carreira específico para o pessoal de SANT, que promova a interoperabilidade e a cooperação entre as Forças.	EMA, DGPM
P5-8	Alto nível de estresse e fadiga cognitiva entre os operadores de SANT, decorrente da natureza exigente das missões, com potencial impacto no desempenho e na saúde mental.	Implementar um programa de apoio psicológico e de monitoramento da saúde mental e física, com foco na resiliência e na prevenção da fadiga de combate para os operadores.	DGPM
P6-8	Rápida obsolescência do conhecimento técnico devido à evolução constante da tecnologia de SANT.	Implementar um programa de educação continuada e certificação periódica para todos os profissionais envolvidos na operação, manutenção e análise de dados.	DGPM

Fonte: AUTOR, 2025.

Tabela A 4 – Definição dos requisitos.

Identificação	Requisito	Justificativa	Problema
ESTRATÉGICOS (EST)			
REQ-EST-01	A OM deve dispor de mais esquadrões de SANT para ampliar a cobertura aeronaval do território nacional.	Atender ao problema da centralização e da insuficiência de cobertura para vigilância contínua.	A6-2.5
REQ-EST-02	Os esquadrões de SANT devem manter um portfólio diversificado de plataformas aéreas para atender a múltiplos perfis de missão.	Otimizar a gestão de contratos, focando nos resultados de prontidão e na absorção de tecnologia.	O7.3
REQ-EST-03	Os esquadrões de SANT devem operar com um número de plataformas suficiente para garantir a vigilância e dissuasão contínua em áreas estratégicas.	Resolver o déficit quantitativo de SANT que compromete a segurança nacional.	A6-2.5

REQ-EST-04	A OM deve possuir um centro de estudos dedicado ao desenvolvimento de doutrina e táticas para a guerra de sistemas não tripulados.	Suprir a lacuna no desenvolvimento de pensamento estratégico sobre o emprego das novas tecnologias.	E9-2
REQ-EST-05	A OM deve desenvolver e manter um arcabouço ético-jurídico para o emprego de SANT em missões.	Garantir a legalidade e a legitimidade das operações aeronavais.	E8-2
REQ-EST-06	A OM deve ser integrada a longo prazo à uma estrutura de comando que opere sistemas não tripulados.	Otimizar o cumprimento das missões com a integração de diferentes plataformas.	E7.2
REQ-EST-07	A OM deve fomentar a participação da Base Industrial de Defesa no desenvolvimento e manutenção de componentes críticos dos esquadrões de SANT.	Reduzir a dependência estratégica de fornecedores externos.	A5-5.6.7
REQ-EST-08	A OM deve estabelecer um canal de integração de dados para compartilhamento de inteligência com o Ministério da Defesa e outras Forças.	Otimizar o fluxo de dados de inteligência durante as operações.	O4-3
REQ-EST-09	A OM deve ser a autoridade para redigir e disseminar a doutrina de emprego de SANT, garantindo integração com a doutrina aeronaval existente.	Estruturar uma doutrina de operações aéreas não tripuladas não consolidada na Marinha do Brasil.	E1-2
OPERAÇÕES (OPE)			
REQ-OPE-01	Os SANT devem interoperar plenamente com os meios operativos da Força Naval.	Resolver a ausência de integração completa das SANT com os demais meios operativos.	O2-3.10
REQ-OPE-02	Os SANT devem operar a partir de plataformas dotadas de infraestrutura adequada.	Sanar o despreparo dos meios operativos para manusear diferentes modelos de SANT.	O9-3.6
REQ-OPE-03	Os SANT devem manter a capacidade de operar em conjunto com demais aeronaves.	Mitigar o risco de conflito no espaço aéreo e garantir a liberdade de ação.	O20-10.12
REQ-OPE-04	A rede tática da OM deve dispor de enlaces de comunicação via satélite (SATCOM) com largura de banda suficiente para operações de múltiplos SANT.	Suprir a carência de banda SATCOM, que limita o alcance e a qualidade das missões.	O18-3
REQ-OPE-05	A OM deve considerar a necessidade estratégica da região antes de distribuir SANT no esquadrão local.	Atender ao problema da centralização e da insuficiência de cobertura para vigilância contínua.	A6-2.5
REQ-OPE-06	A OM deve otimizar sistemas e procedimentos operacionais dos SANT.	Atender o sucesso da missão e justificar o investimento em SANT.	A7-2.5.7.8
REQ-OPE-07	A OM deve monitorar os rodízios de funções entre	Cuidar do bem-estar do pessoal submetido a	P5-8

	os operadores de SANT durante as missões.	missões de longa duração e alta carga cognitiva.	
REQ-OPE-08	A OM deve realizar treinamentos conjuntos e integrados entre operadores de SANT, analistas de inteligência e forças em campo.	Resolver a falta de integração no treinamento, que prejudica a sinergia em operações reais.	O11-3.10
REQ-OPE-09	A OM deve coordenar adestramentos e instruções contínuas para os operadores de SANT.	Contribuir para a prontidão operacional dos operadores de SANT e a aplicação de doutrinas.	E1-2
REQ-OPE-10	Todos os SANT em operação devem repassar informações e dados brutos à uma central de integração.	Centralizar as informações coletadas, otimizando a tomada de decisão	E3-2
REQ-OPE-11	O centro integrado da OM deve ser alimentado com informações complementares de coleta.	Otimizar as missões e evitar perda de poder de decisão.	E3-2
REQ-OPE-12	A OM deve orientar os pilotos para o emprego correto de sistemas de armas das ARP.	Garantir a legalidade e a legitimidade das operações, atendendo à falta de diretrizes claras.	E8-2
REQ-OPE-13	A OM deve contribuir para a segurança de outros meios militares e de pessoal.	Assessorar a segurança marítima e terrestre através do emprego de SANT em diferentes ambientes de operação.	A6-2.5
REQ-OPE-14	A OM deve ser capaz de operar com aeronaves de engajamento remoto ou autônomo.	Atender à flexibilidade de emprego de aeronaves em diferentes perfis de missão.	O7-3
REQ-OPE-15	A OM deve coordenar a aquisição de SANT com um robusto sistema de gerenciamento de dados e informações.	Atender à carência de aeronaves para um espectro maior de missões.	A6-2.5
REQ-OPE-16	A OM deve coordenar a aquisição de SANT com capacidade de transporte de material de forma remota ou autônoma.	Atender à carência de aeronaves para um espectro maior de missões.	A6-2.5
RECURSOS HUMANOS (RH)			
REQ-RH-01	A OM deve coordenar um centro de formação para qualificar operadores, mantenedores e analistas de SANT.	Suprir a carência de um centro de formação especializado para o pessoal de SANT.	P2-8
REQ-RH-02	Os militares integrantes da OM devem possuir um plano de carreira específico.	Resolver a ausência de um plano de carreira, visando a retenção de talentos.	P4-2.8
REQ-RH-03	A OM deve implementar um programa de apoio à saúde física e mental dos militares.	Cuidar do bem-estar do pessoal submetido a missões de longa duração e alta carga cognitiva.	P5-8
REQ-RH-04	A OM deve ser integrada logisticamente e	Garantir a interoperabilidade e a cooperação	P4-2.8

	operacionalmente às demais Forças.	entre às Forças.	
REQ-RH-05	A OM deve orientar a capacitação técnica da tripulação em SANT e sistemas não tripulados.	Reduzir a dependência estratégica de fornecedores externos, tanto de transferência de material como de conhecimento.	A5-5.6.7
REQ-RH-06	O centro de formação da OM deve capacitar operadores e mantenedores em diferentes modelos de SANT.	Atender à carência de um modelo único que sirva para todas as missões, garantindo flexibilidade.	O7-3
REQ-RH-07	Os militares integrantes da OM devem realizar estudos avançados em SANT.	Suprir a lacuna no desenvolvimento de pensamento estratégico sobre o emprego das novas tecnologias.	E9-2
REQ-RH-08	A OM deve dispor de militares que fiscalizem os procedimentos técnicos e operativos de SANT.	Garantir a legalidade e a legitimidade das operações, atendendo à falta de diretrizes claras.	E8-2
REQ-RH-09	A OM deve investir em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de novas tecnologias.	Reduzir a dependência estratégica de fornecedores externos.	E5-6
REQ-RH-10	O centro de formação da OM deve dispor de programas de capacitação para todos os militares que operem em conjunto com SANT.	Sanar o despreparo dos meios operativos para manusear ou operar conjuntamente com diferentes modelos de SANT.	O3-3.10
REQ-RH-11	A OM deve capacitar militares em programas de defesa cibernética e eletrônica de SANT.	Resolver o problema da inexistência de uma célula exclusiva para tarefas de proteção cibernética e eletrônica de SANT.	O19-3.6
LOGÍSTICA E MATERIAL (LOG)			
REQ-LOG-01	A OM deve coordenar a manutenção orgânica de 1º e 2º escalões de todas as plataformas SANT.	Reduzir a dependência de empresas externas para a manutenção e aumentar a prontidão.	A5-5.6.7
REQ-LOG-02	A OM deve manter um sistema de gerenciamento logístico que controle o inventário de sobressalentes e a cadeia de suprimentos.	Suprir a falta de domínio do acervo de manutenção, evitando a indisponibilidade de material.	A3-7
REQ-LOG-03	A OM deve fiscalizar procedimentos operacionais e as instalações de SANT.	Mitigar desvios da doutrina ou consolidá-la.	E1-2
REQ-LOG-04	A OM deve implantar uma cadeia logística ágil de envio de SANT para missões.	Atender à necessidade de desdobramento rápido da força em locais desprovidos de infraestrutura.	A8-3.7
REQ-LOG-05	A OM deve orientar a aquisição de aeronaves e gerenciar o arsenal de SANT.	Suprir a falta de domínio do acervo de manutenção, evitando a indisponibilidade de material e centralizar a padronização do arsenal de SANT de toda a MB.	A3-7/A12-7
REQ-LOG-06	A OM deve realizar um controle e	Resolver a inexistência de métricas para	A7-2.5.7.8

	acompanhamento orçamentário dispendido em cada missão.	mensurar o sucesso e justificar o investimento.	
REQ-LOG-07	A OM deve orientar os meios operativos tripulados com a aquisição de acessórios operacionais de SANT.	Sanar o despreparo dos meios operativos para manusear ou operar conjuntamente diferentes modelos de SANT.	O3-3.10
REQ-LOG-08	A OM deve coordenar um centro de manutenção de diferentes modelos de SANT.	Reduzir a dependência de empresas externas para a manutenção e aumentar a prontidão.	A5-5.6.7
REQ-LOG-09	A OM deve dispor de canais de acesso rápido à órgãos de apoio externo, como forças de segurança, bombeiros, hospitais entre outros.	Atender à necessidade de desdobramento rápido da força em locais desprovidos de infraestrutura.	O8-3
REQ-LOG-10	A OM deve assegurar material e procedimentos de segurança pessoal.	Prezar pela integridade de todos os militares e civis da OM.	P5-8
REQ-LOG-11	A OM deve coordenar a contratação de serviços de empresas terceirizadas ou do próprio fabricante para manutenções de 3º escalão.	Assegurar a continuidade das operações e da organização militar.	A13-7
REQ-LOG-12	A OM deve dispor de fornecimento de energia adicional para centros de inteligência artificial.	Superar a dificuldade na análise e disseminação do grande volume de dados coletados.	O6-3.6
REQ-LOG-13	A OM deve adequar os processos formais de certificação de SANT às necessidades técnicas e operacionais da Força Naval.	Evitar a aquisição de SANT que não atenda as expectativas da Força Naval.	A15-11.13
REQ-LOG-14	A OM deve possuir a atribuição de emitir parecer técnico-regulatório obrigatório para todo processo de aquisição ou desenvolvimento de SANT.	Garantir a segurança jurídica e otimizar o investimento do ativo adquirido, evitando restrições regulatórias inesperadas.	A14-11.12.13
COMANDO, CONTROLE, COMUNICAÇÕES, COMPUTADORES E INTELIGÊNCIA (C4I)			
REQ-C4I-01	O setor operacional da OM deve dotar de uma arquitetura de <i>software</i> que integre diferentes modelos de SANT.	Resolver a inexistência de um sistema unificado, que impede a operação simultânea de múltiplas plataformas.	O5-3.6
REQ-C4I-02	O setor operacional da OM deve possuir uma central de fusão e integração de dados de diferentes modelos de SANT.	Resolver a ausência de integração completa das SANT com os demais meios operativos.	O2-3
REQ-C4I-03	O setor operativo da OM deve empregar ferramentas de inteligência artificial para automatizar a análise de imagens e a identificação de padrões.	Otimizar o processamento e análise de dados de SANT.	O6-3.6
REQ-C4I-04	A OM deve ter canais de acesso à diferentes órgãos operativos da Força Naval.	Resolver a falta de um centro que integre e repasse informações em nível estratégico.	E4-2

REQ-C4I-05	O setor operativo da OM deve integrar dados e informações dos meios operativos tripulados com os SANT.	Resolver a ausência de integração completa dos SANT com os demais meios operativos.	O3-3.10
REQ-C4I-06	A OM deve ter uma cadeia de comando estruturada em setores operacionais e administrativos.	Otimizar a administração da OM e evitar perda de poder de decisão.	E7-2
REQ-C4I-07	A OM deve possuir um banco de armazenamento de dados para o gerenciamento de informação.	Superar a dificuldade na análise e disseminação do grande volume de dados coletados.	O6-3.6
REQ-C4I-08	A OM deve desenvolver uma política de controle e segurança das informações.	Assegurar que a proteção de dados e informações que trafegam na OM.	O19-3.6
REQ-C4I-09	A OM deve assegurar enlaces de dados com criptografia robusta e resilientes à ataques de guerra eletrônica e cibernéticos.	Mitigar a vulnerabilidade dos <i>datalinks</i> a ações de interceptação e interferência.	O19-3.6
REQ-C4I-10	A OM deve orientar a força naval na defesa antiaérea de SANT inimigas(Counter-UAS).	Suprir a baixa capacidade de detecção, identificação e neutralização de SANT inimigas.	E6-2
REQUISITOS DE ÓRGÃOS ESPECÍFICOS			
REQ-DGN-01	O setor operativo da OM deve integrar dados METOC de alta resolução no planejamento das missões com SANT.	Aumentar a segurança de voo e a performance dos sensores, considerando as variáveis do ambiente físico.	O15-3.9
REQ-DGN-02	O setor operativo da OM deve orientar os SANT a retroalimentar os modelos de previsão da DGN com dados atmosféricos em tempo real.	Aumentar a acurácia das previsões da DGN, criando um ciclo de melhoria contínua.	O14-3.9
REQ-CGCFN-01	A OM deve orientar a aquisição de SANT táticos com baixa assinatura e otimizados para operações anfíbias e terrestres.	Atender às necessidades específicas do Corpo de Fuzileiros Navais em combate.	O16-4
REQ-CGCFN-02	A OM deve projetar pessoal especializado e SANT organicamente integrado às tropas de Fuzileiros Navais.	Resolver a falta de uma unidade de SANT dedicada ao apoio direto às operações em terra.	O17-4
REQ-CGCFN-03	A OM deve desenvolver uma doutrina de emprego e defesa de UAV em enxame (<i>swarming</i>).	Preparar a tropa para as táticas mais avançadas e disruptivas da guerra com UAV.	E6-2
REQ-SGM-01	O setor financeiro da OM deve ser capaz de controlar os gastos em operações e manutenções de SANT.	Garantir a sustentabilidade financeira do programa, evitando a criação de capacidades insustentáveis.	A2-5
REQ-SGM-02	O setor financeiro da OM deve ser capaz de controlar os gastos com pessoal.	Garantir a sustentabilidade financeira do programa, evitando a criação de capacidades insustentáveis.	A2-5

REQ-SGM-03	O setor financeiro da OM deve ter capacidade orçamentária para aquisição de novas plataformas e gestão de pessoal.	Assegurar a continuidade das operações mesmo após a perda de plataformas de alto valor.	A4-5.7
REQ-SGM-04	O setor financeiro da OM deve auxiliar na fiscalização de contrato de serviços ou produtos.	Evitar o desperdício financeiro	A2-5

Fonte: AUTOR, 2025.

APÊNDICE B – Arquiteturas do Sistema



Figura B 1 - Arquitetura funcional da OM (Fonte: AUTOR, 2025).

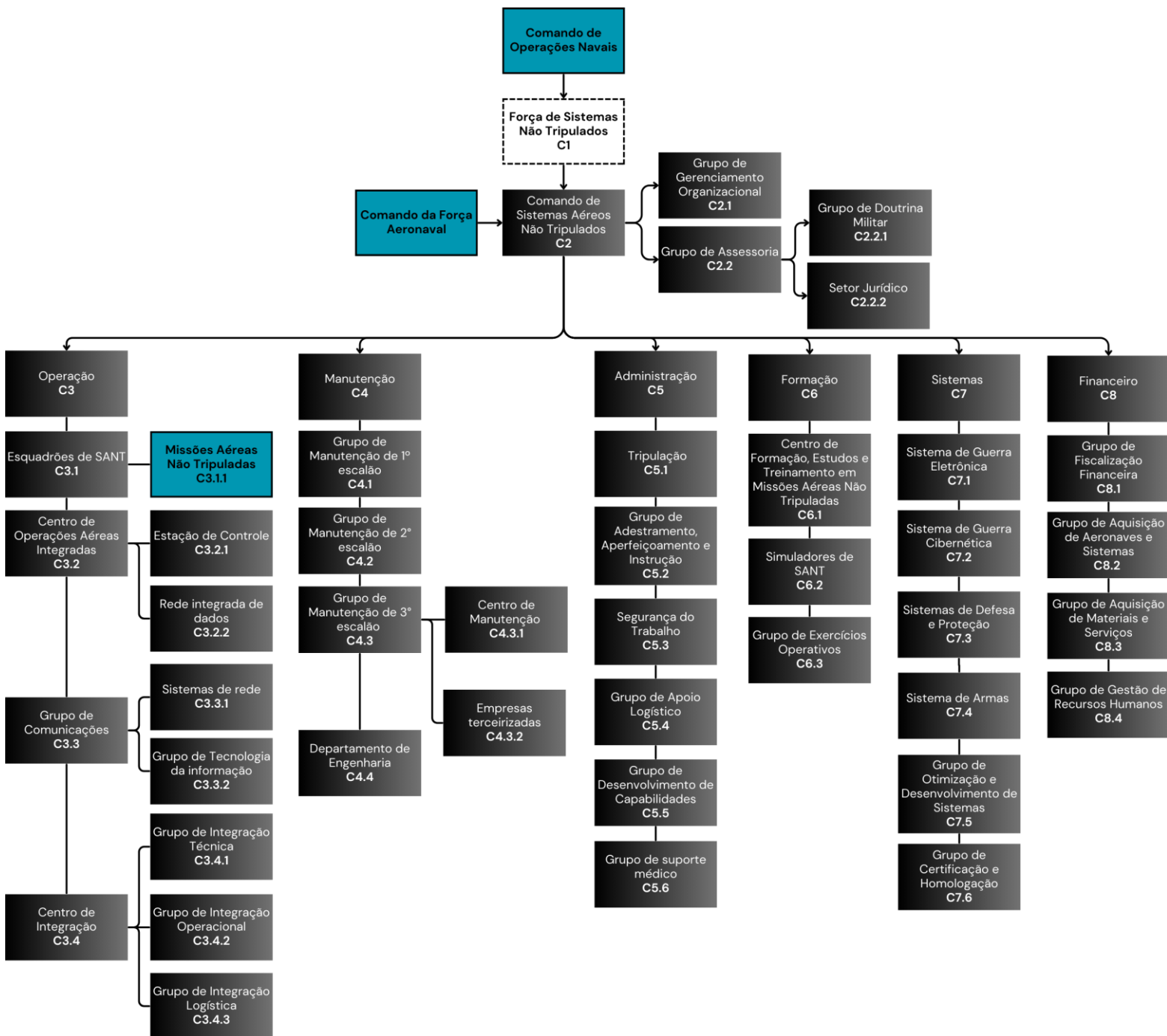


Figura B 2 - Arquitetura física da OM (Fonte: AUTOR, 2025).

APÊNDICE C – Arquiteturas e FFBD das missões

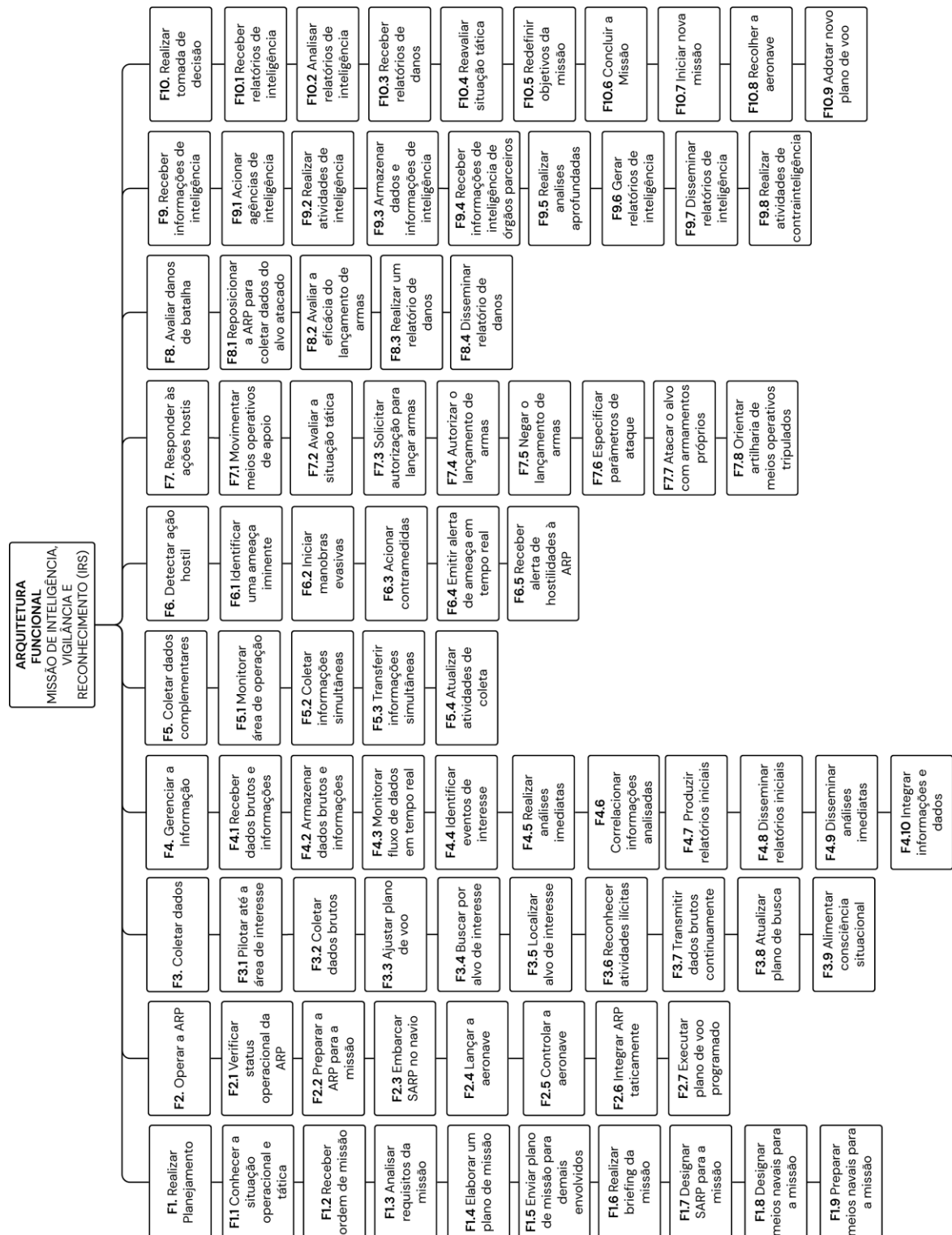


Figura C 1 - Arquitetura funcional da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

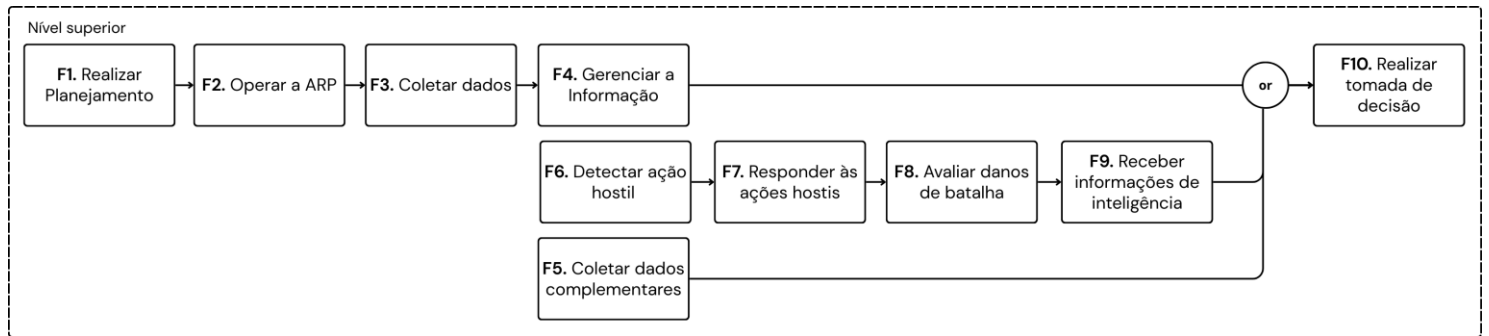


Figura C 2 - FFBD da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

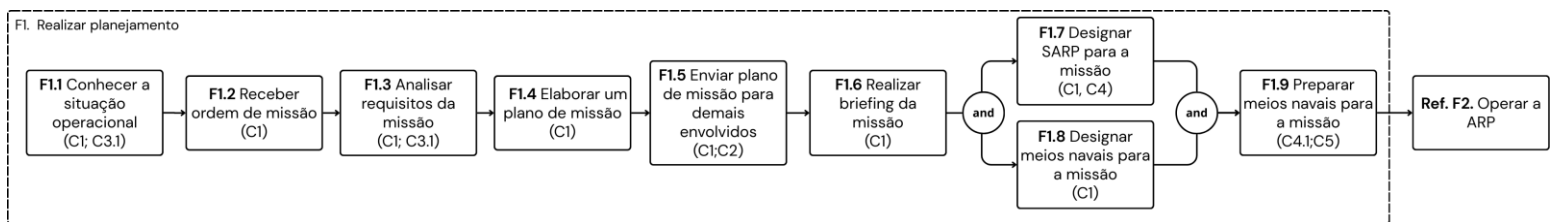


Figura C 3 - FFBD e alocação funcional de F1 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

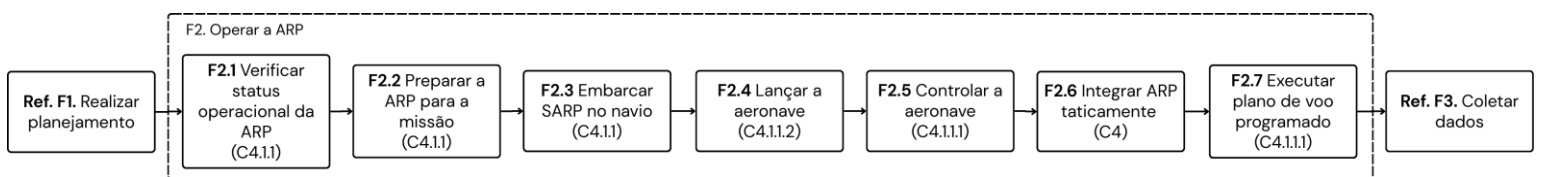


Figura C 4 - FFBD e alocação funcional de F2 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

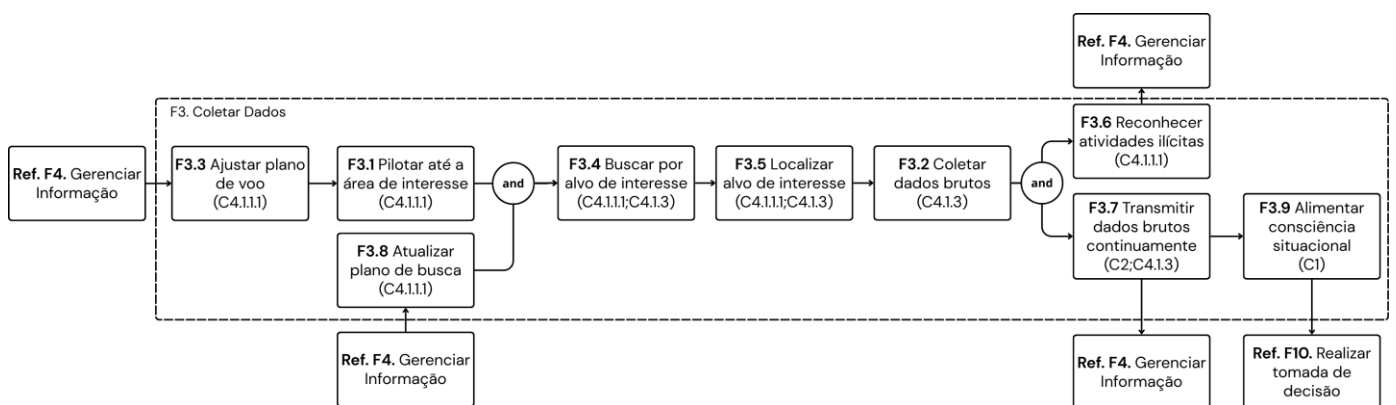


Figura C 5 - FFBD e alocação funcional de F3 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

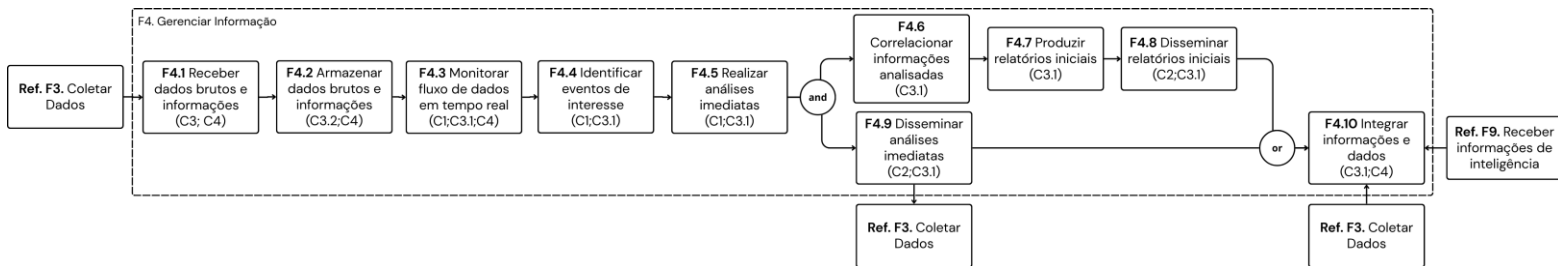


Figura C 6 - FFBD e alocação funcional de F4 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

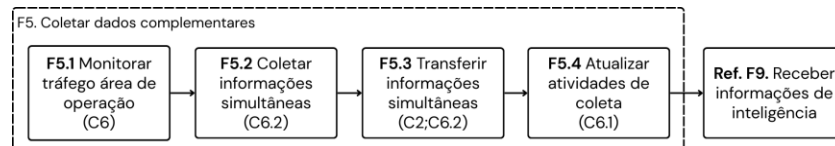


Figura C 7 - FFBD e alocação funcional de F5 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

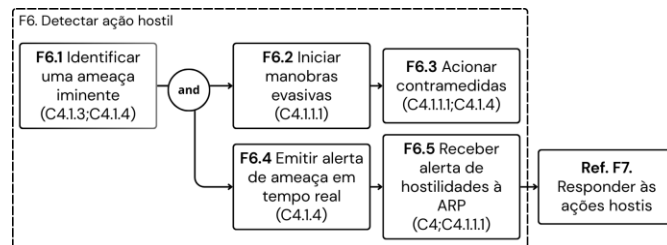


Figura C 8 - FFBD e alocação funcional de F6 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

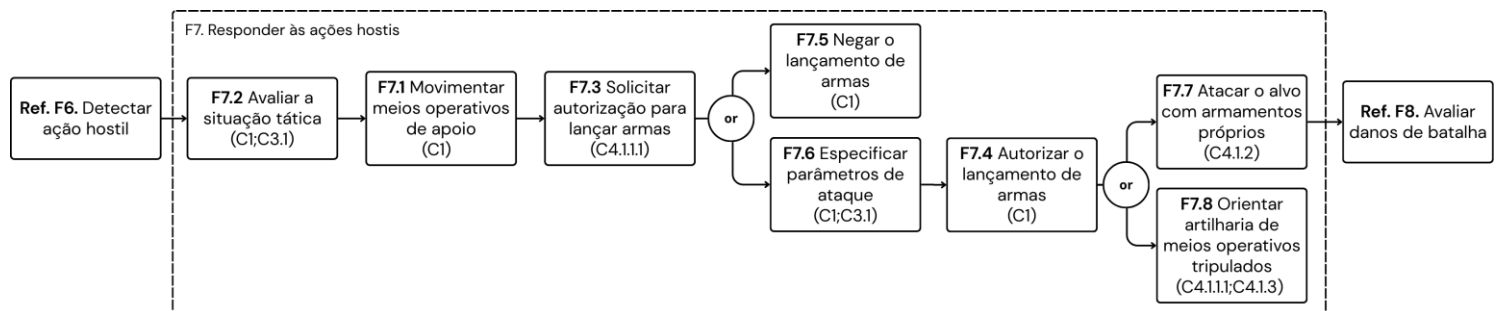


Figura C 9 - FFBD e alocação funcional de F7 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

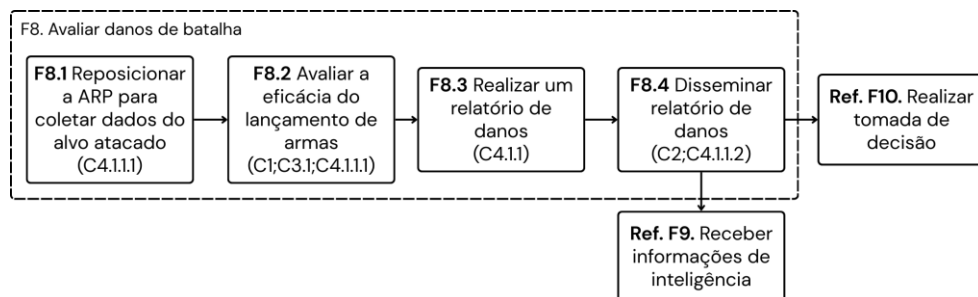


Figura C 10 - FFBD e alocação funcional de F8 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

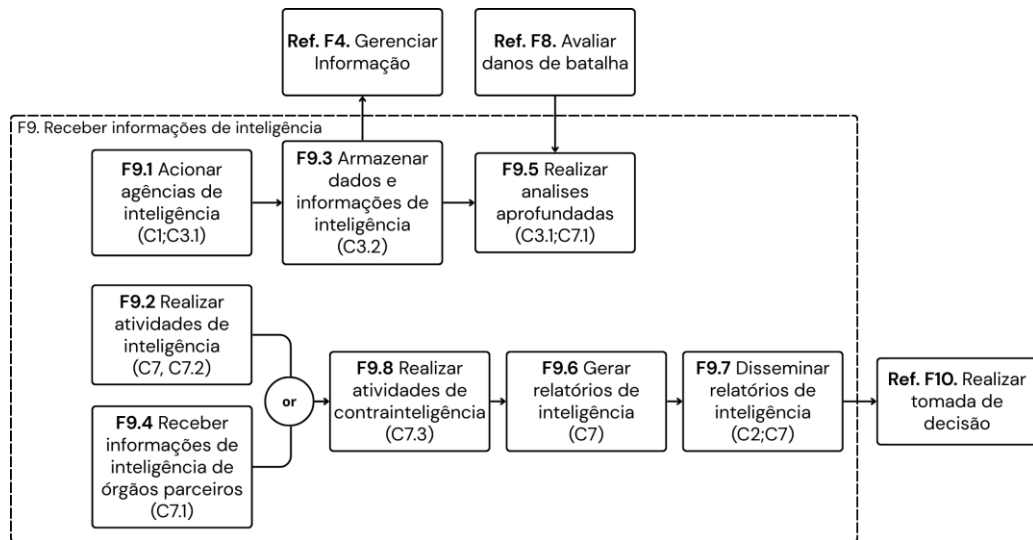


Figura C 11 - FFBD e alocação funcional de F9 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

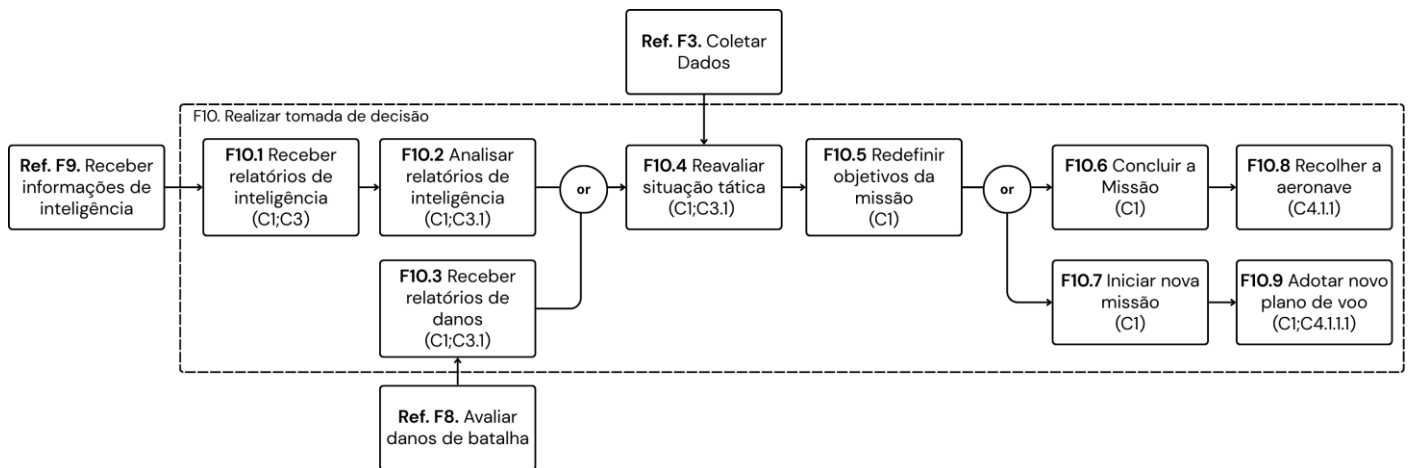


Figura C 12 - FFBD e alocação funcional de F10 da missão IRS (Fonte: AUTOR, 2025).

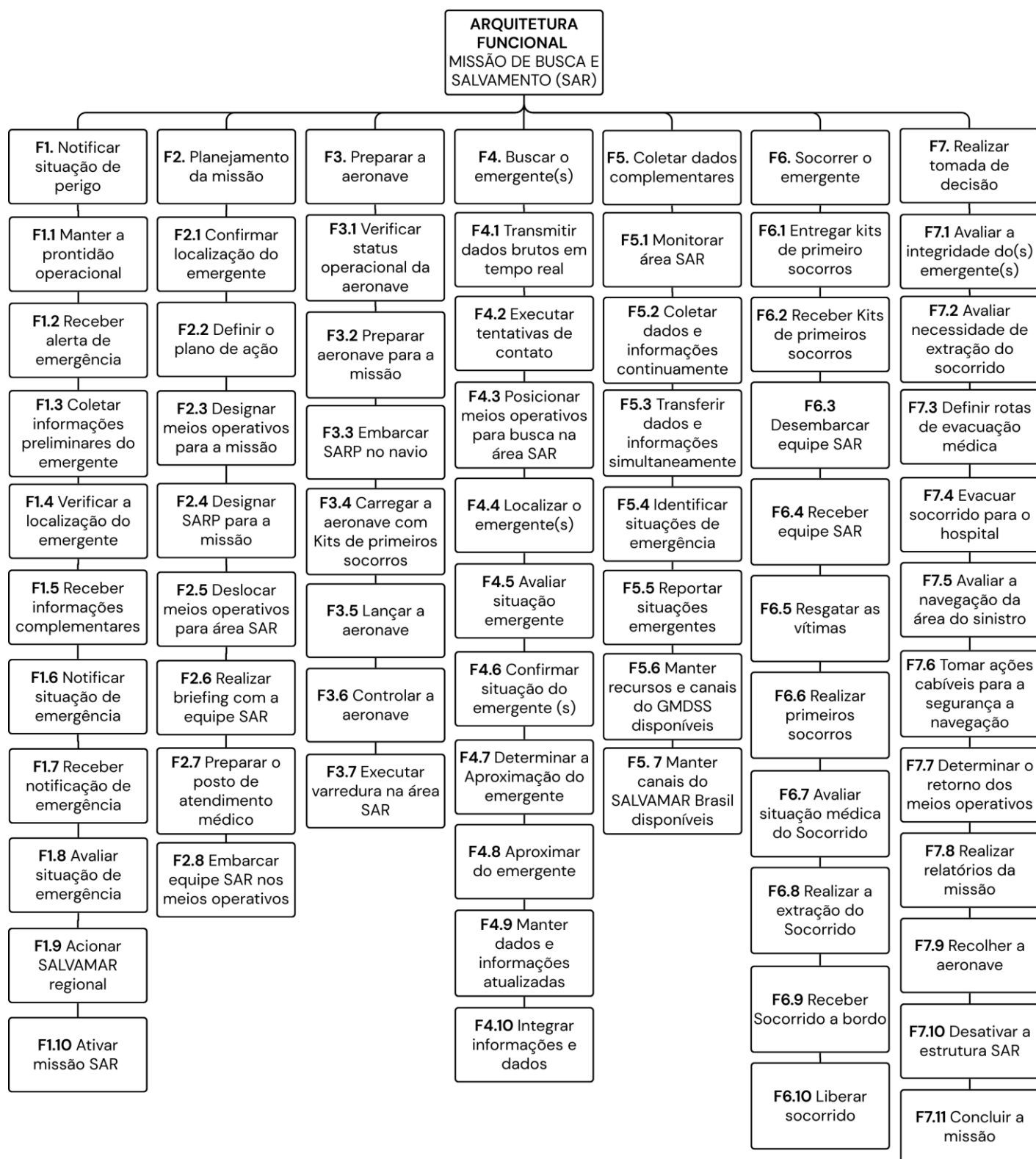


Figura C 13 - Arquitetura funcional da missão SAR (Fonte: AUTOR, 2025).

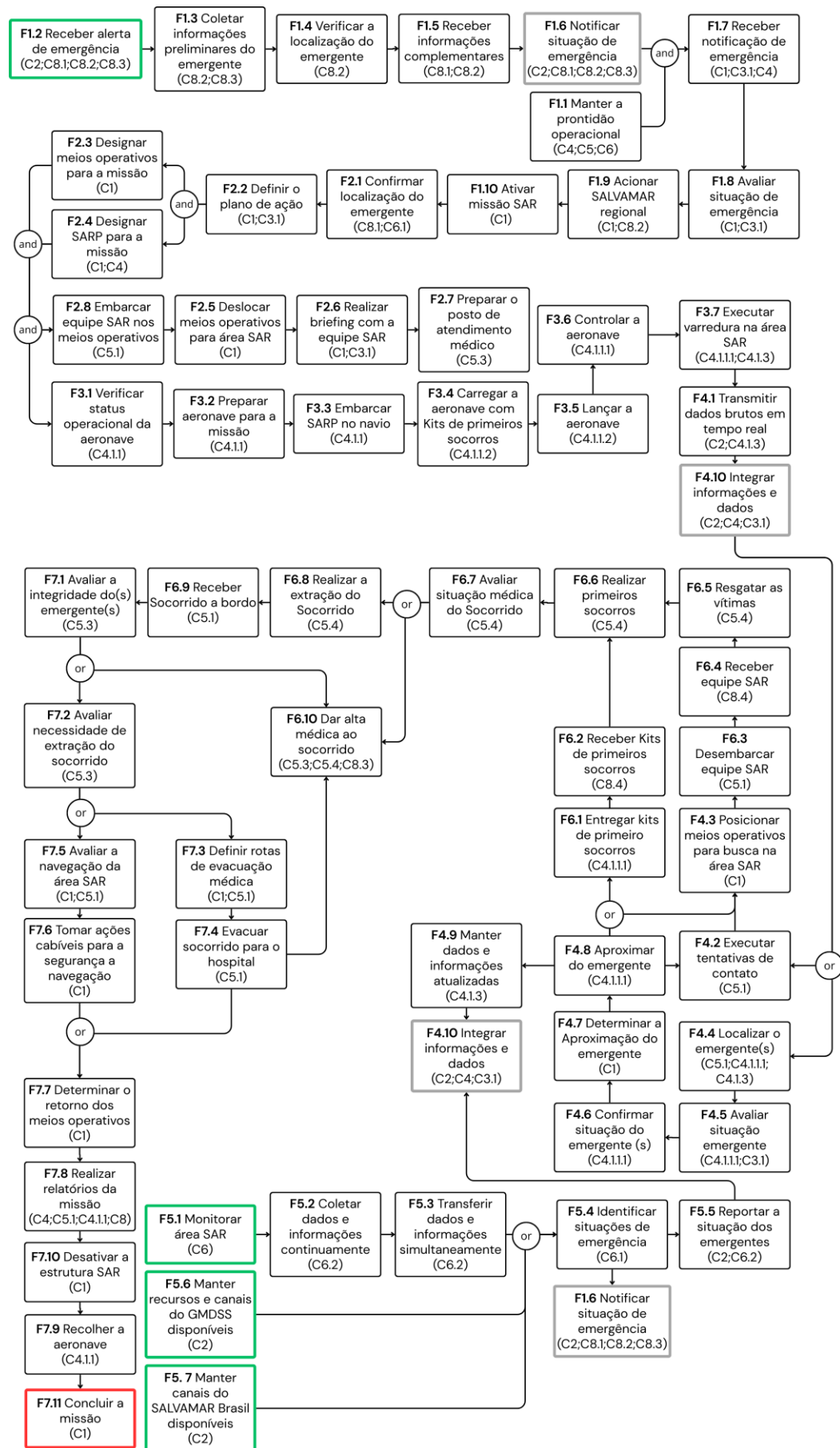


Figura C 14 – FFBD adaptado e alocação funcional da missão SAR (Fonte: AUTOR, 2025).

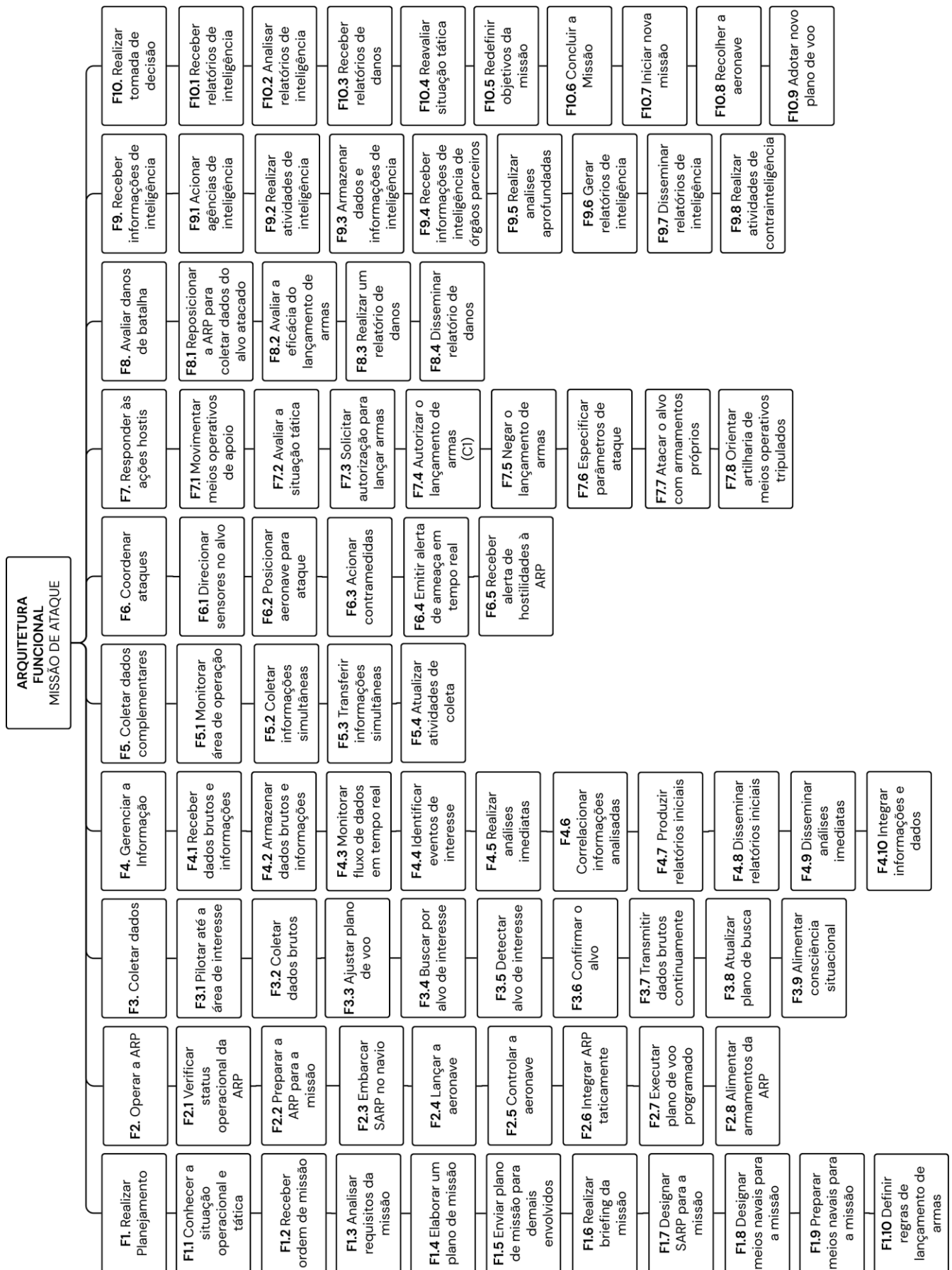


Figura C 15 - Arquitetura funcional da missão de Ataque (Fonte: AUTOR, 2025).

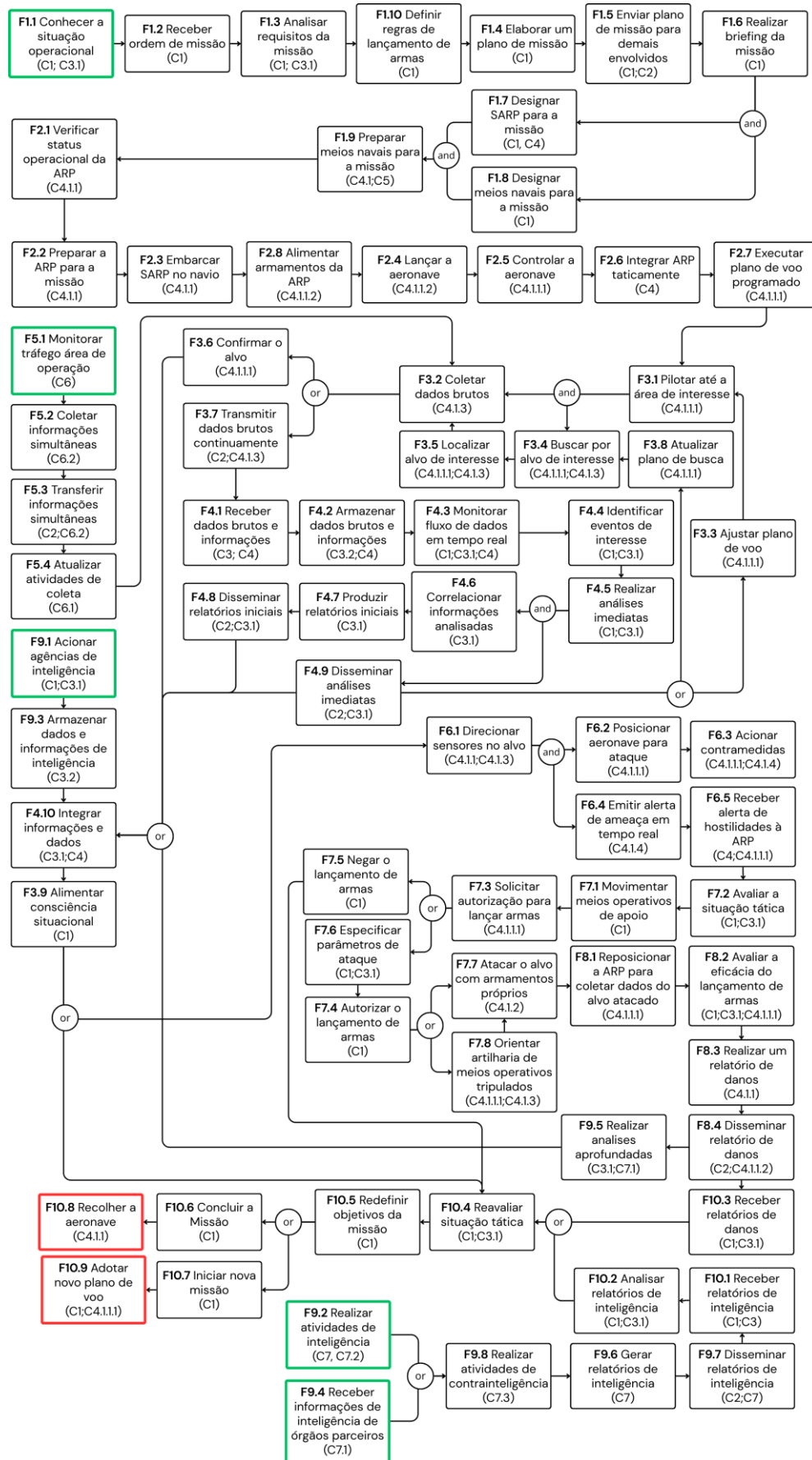


Figura C 16 - FFBD adaptado e alocação funcional da missão Ataque (Fonte: AUTOR, 2025).

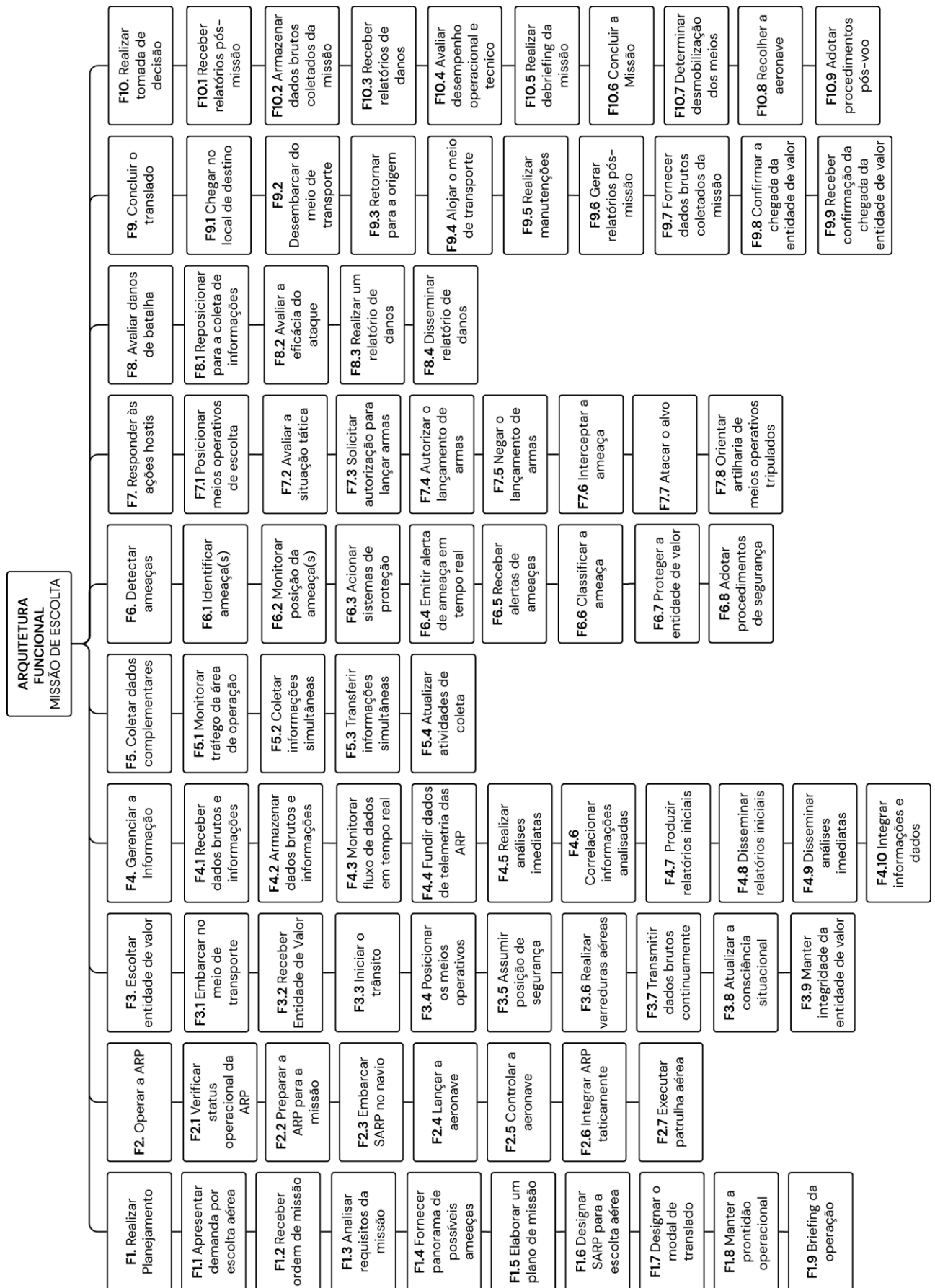


Figura C 17 - Arquitetura funcional da missão de Escolta (Fonte: AUTOR, 2025).

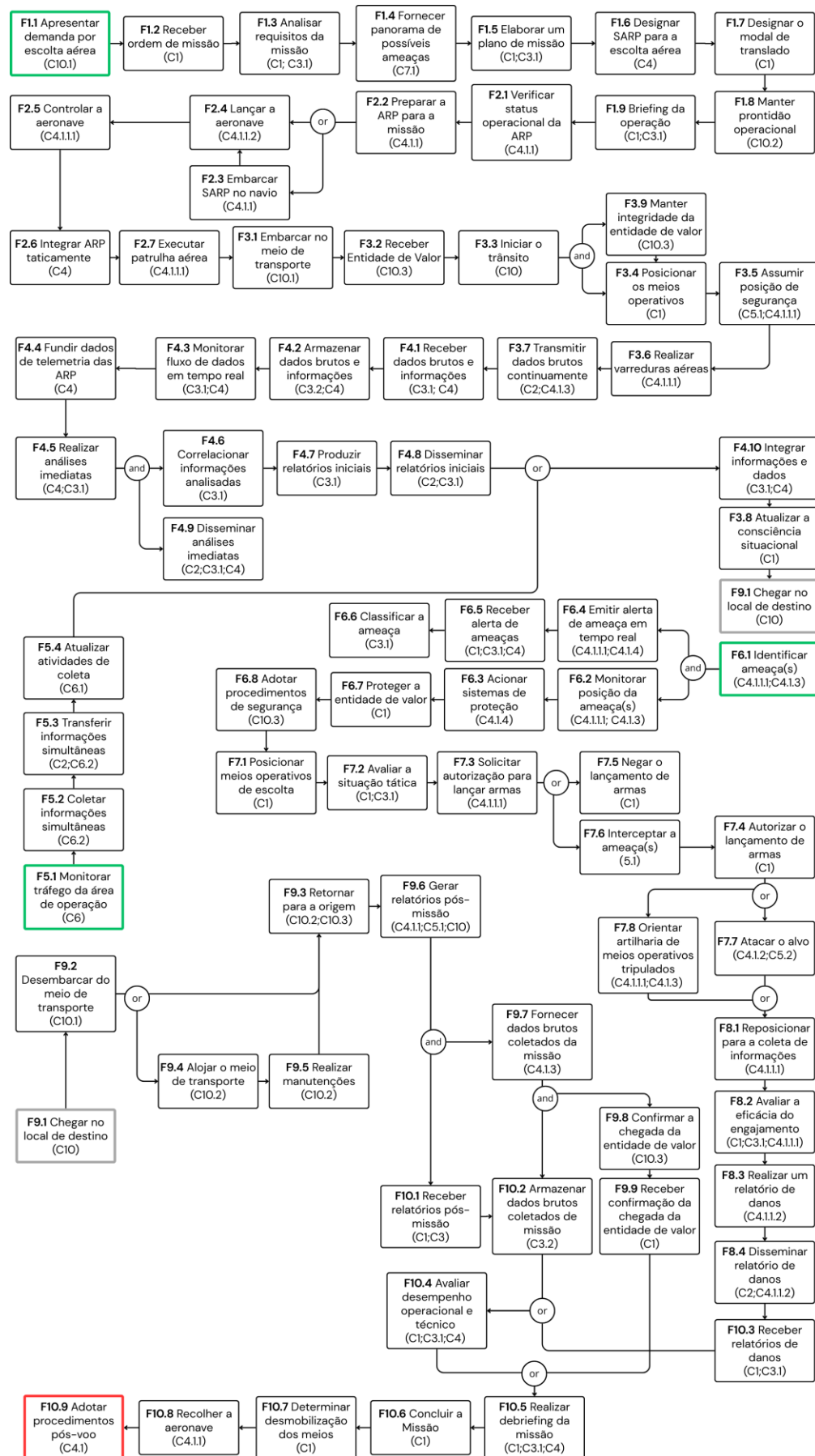


Figura C 18 – FFBD adaptado e alocação funcional da missão Escolta (Fonte: AUTOR, 2025).

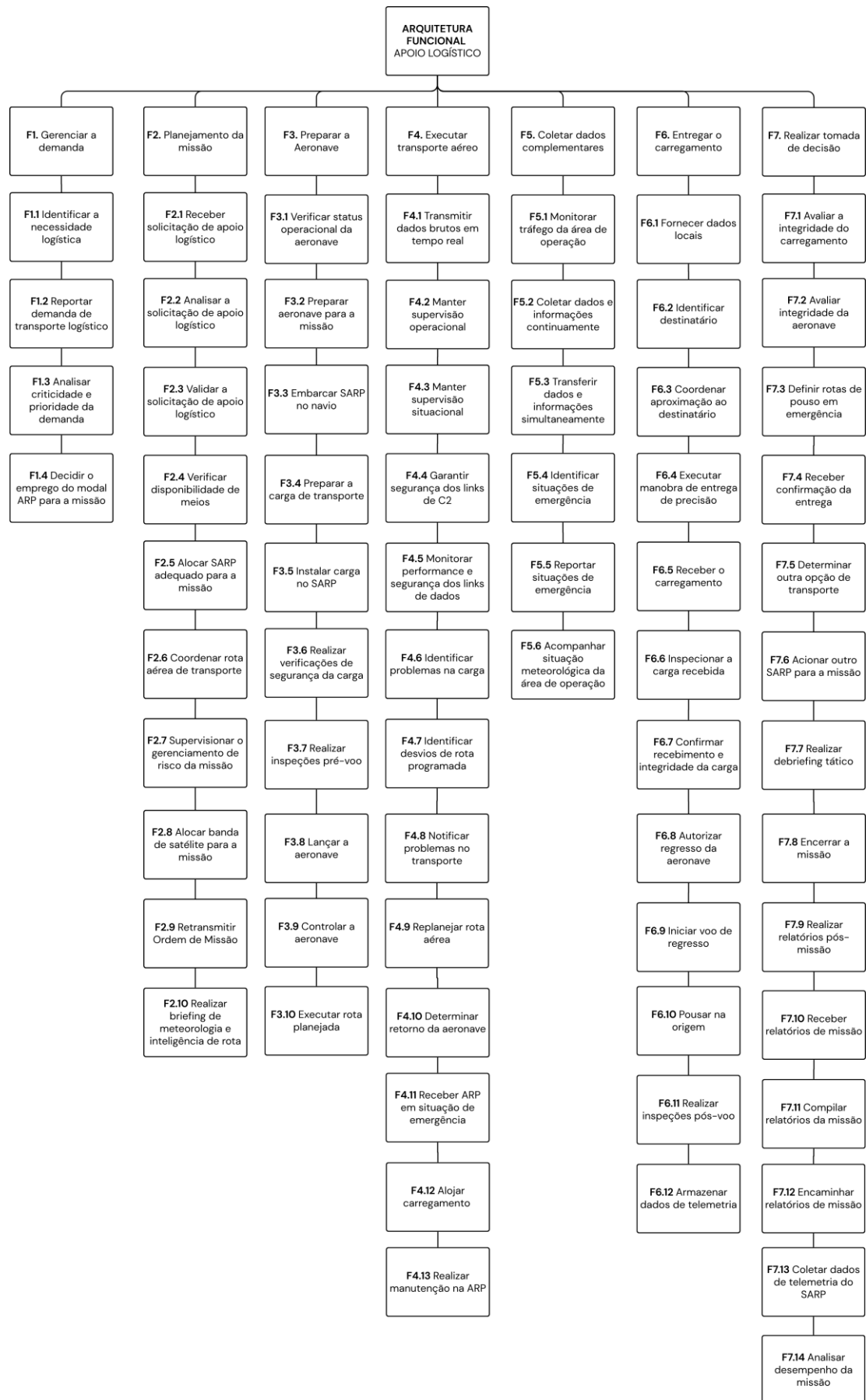
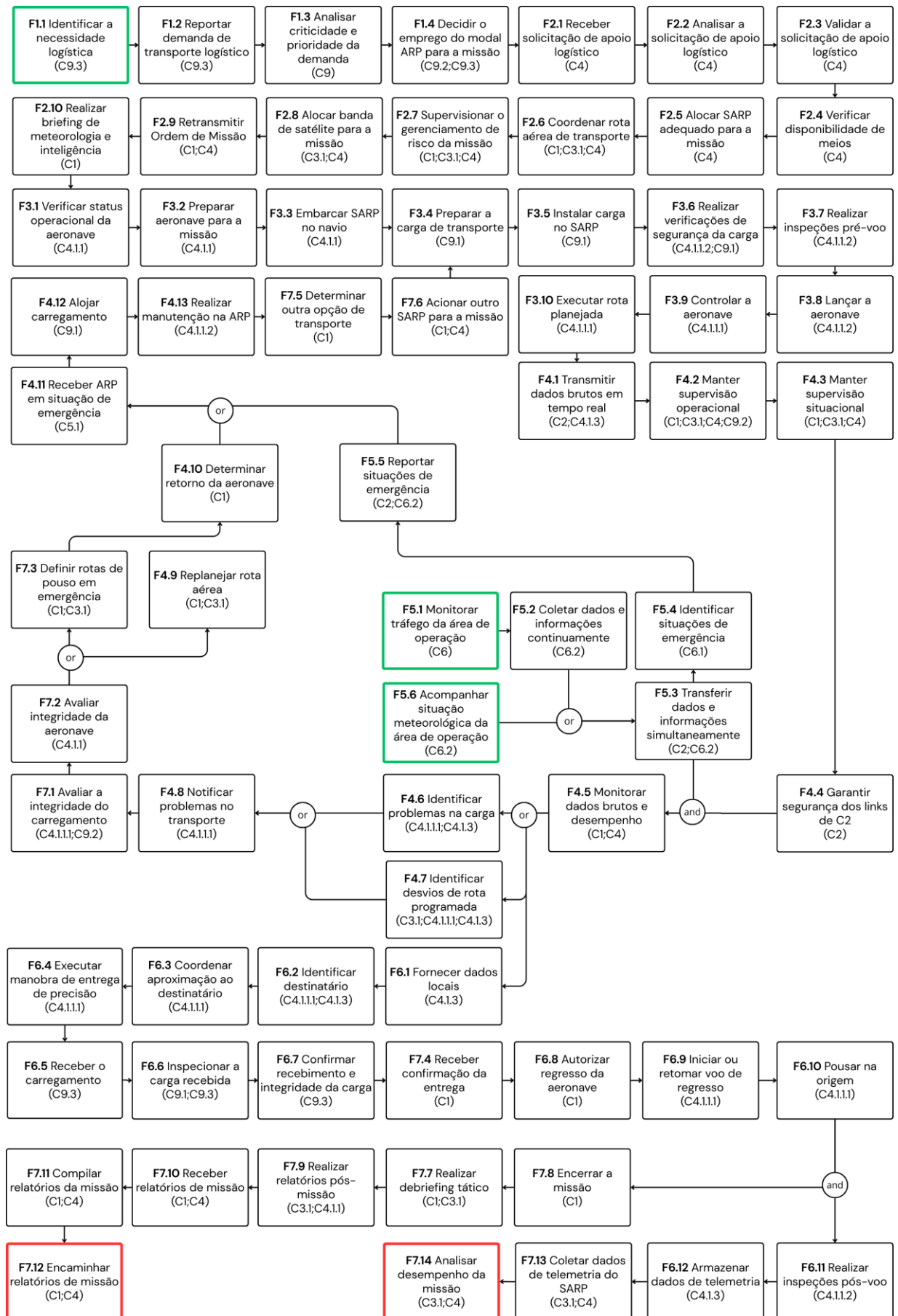


Figura C 19 - Arquitetura funcional da missão de Apoio Logístico (Fonte: AUTOR, 2025).



APÊNDICE D – WBS



Figura D 1 - Pacotes de trabalho do projeto (Fonte: AUTOR, 2025).

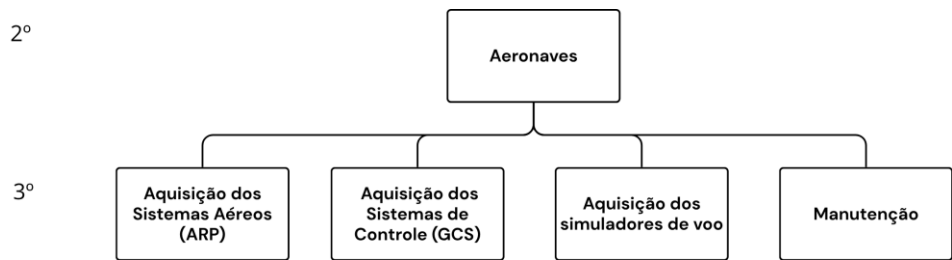


Figura D 2 - Pacotes de trabalho de "Aeronaves" (Fonte: AUTOR, 2025).

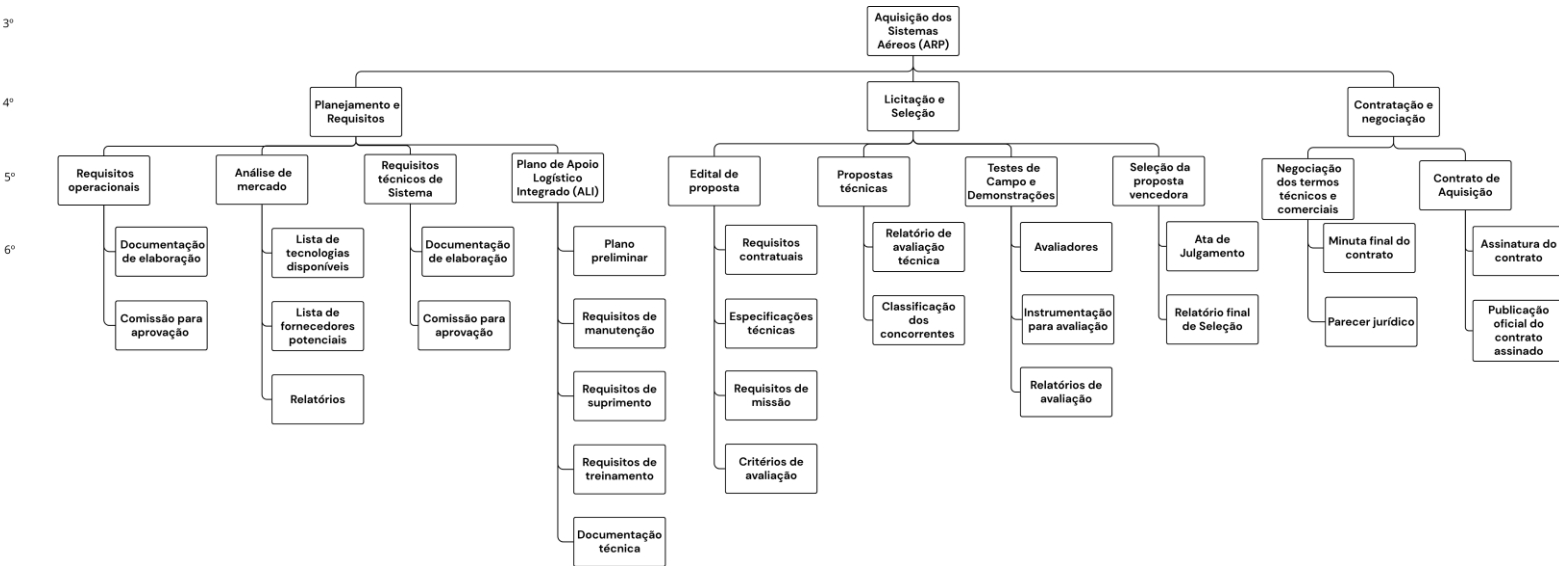


Figura D 3 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Aquisição dos Sistemas Aéreos (ARP)" (Fonte: AUTOR, 2025).

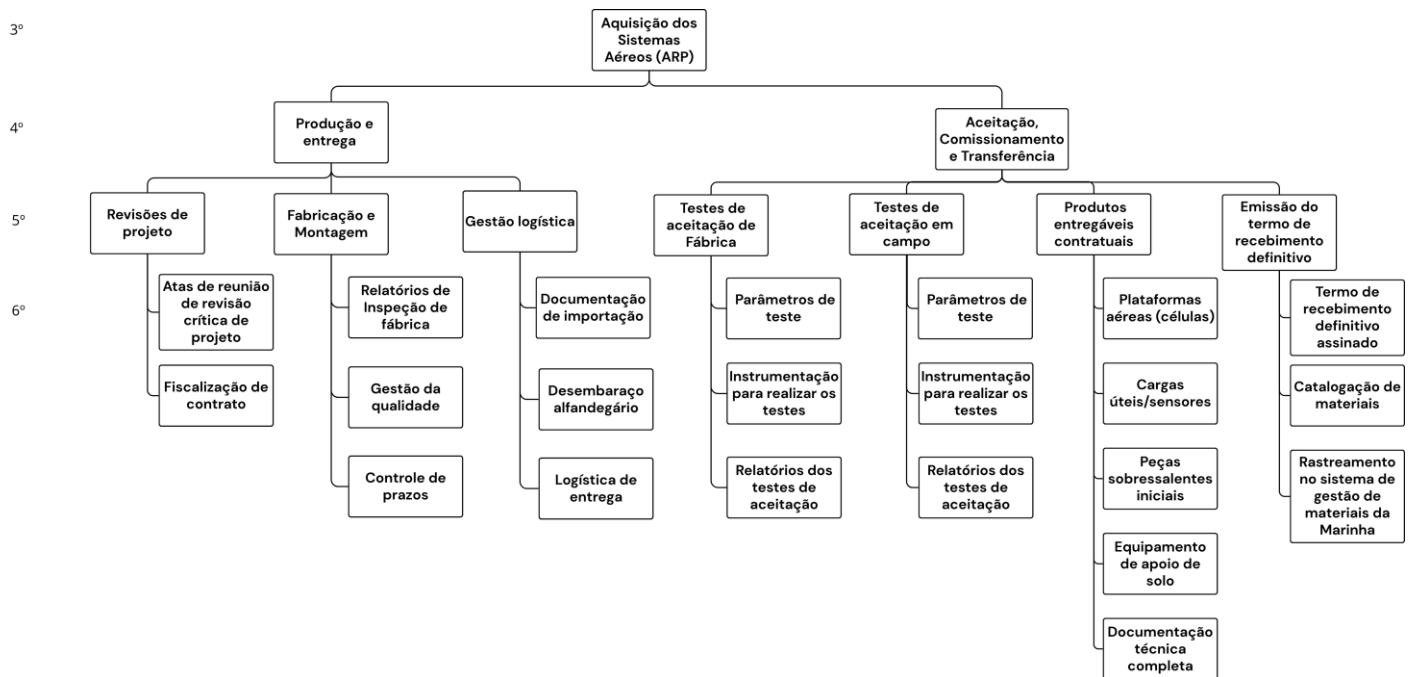


Figura D 4 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Aquisição dos Sistemas Aéreos (ARP)" (Fonte: AUTOR, 2025).

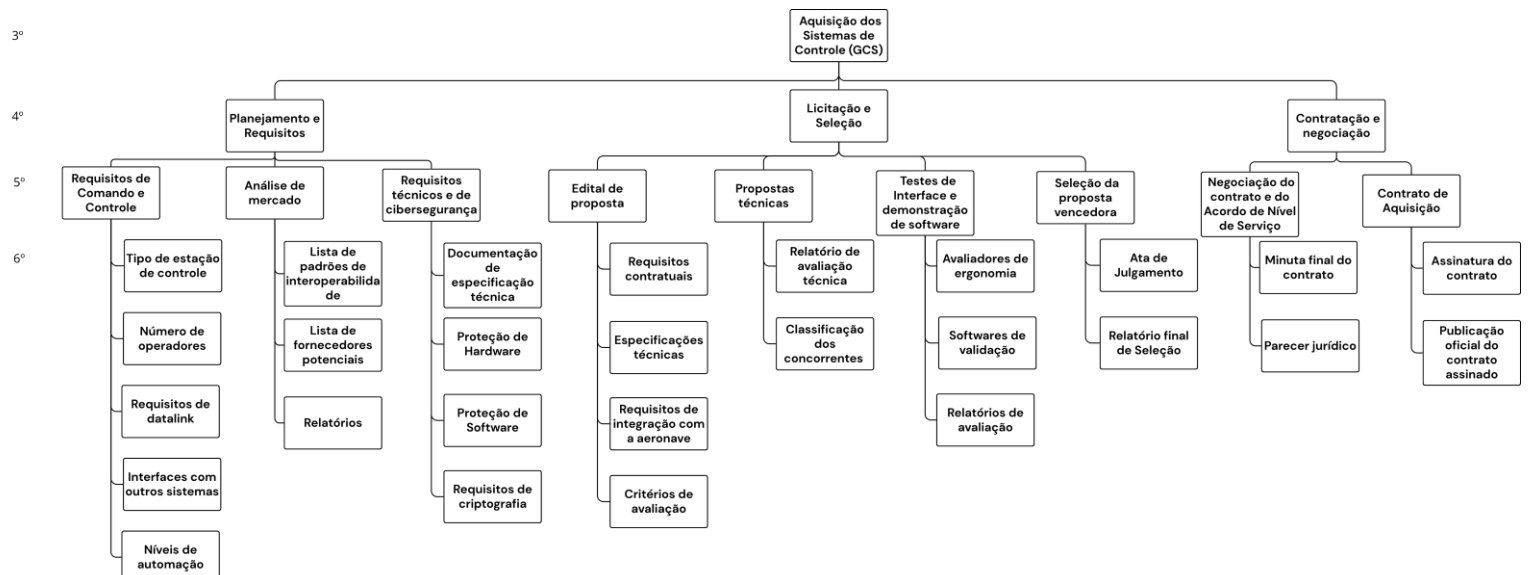


Figura D 5 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Aquisição dos Sistemas de Controle (GCS)" (Fonte: AUTOR, 2025).

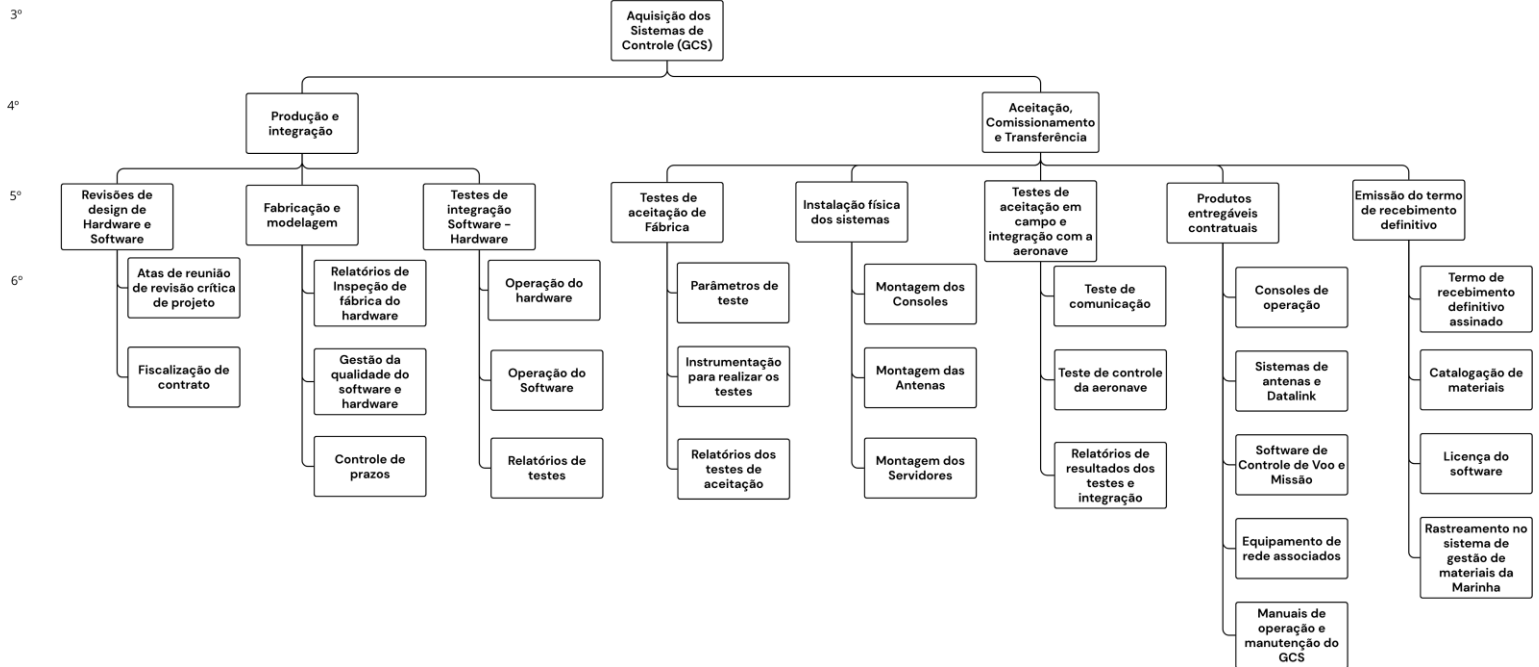


Figura D 6 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Aquisição dos Sistemas de Controle (GCS)" (Fonte: AUTOR, 2025).

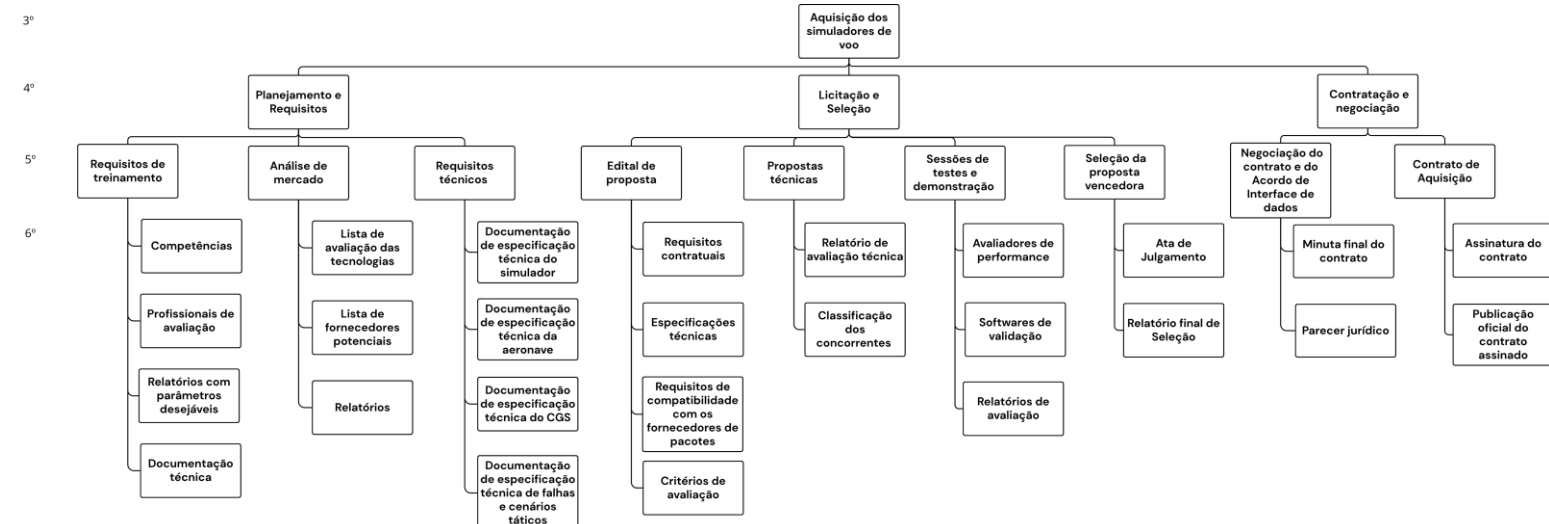


Figura D 7 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Aquisição dos simuladores de voo" (Fonte: AUTOR, 2025).

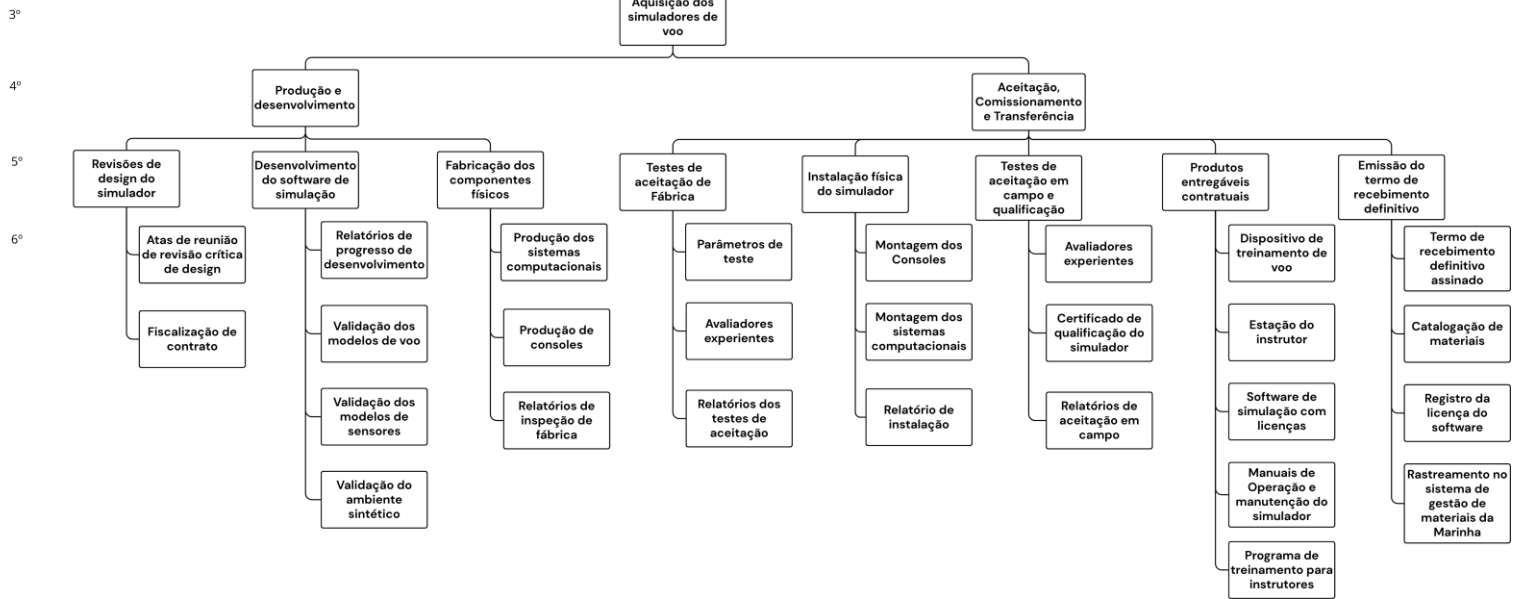


Figura D 8 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Aquisição dos simuladores de voo" (Fonte: AUTOR, 2025).

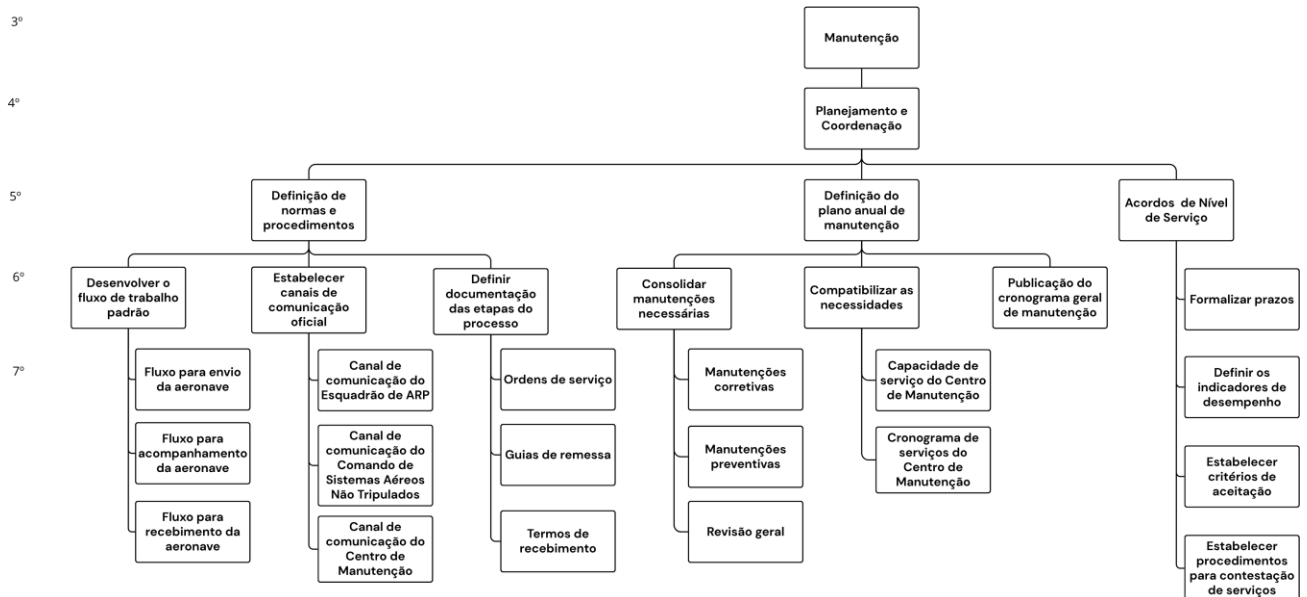


Figura D 9 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Manutenção" (Fonte: AUTOR, 2025).

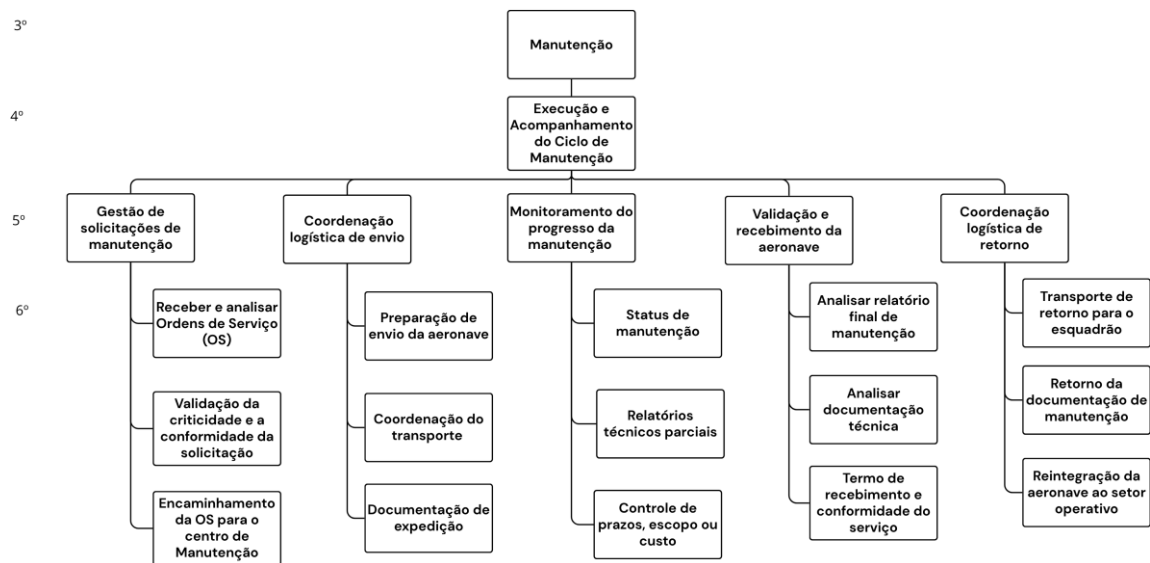


Figura D 10 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Manutenção" (Fonte: AUTOR, 2025).

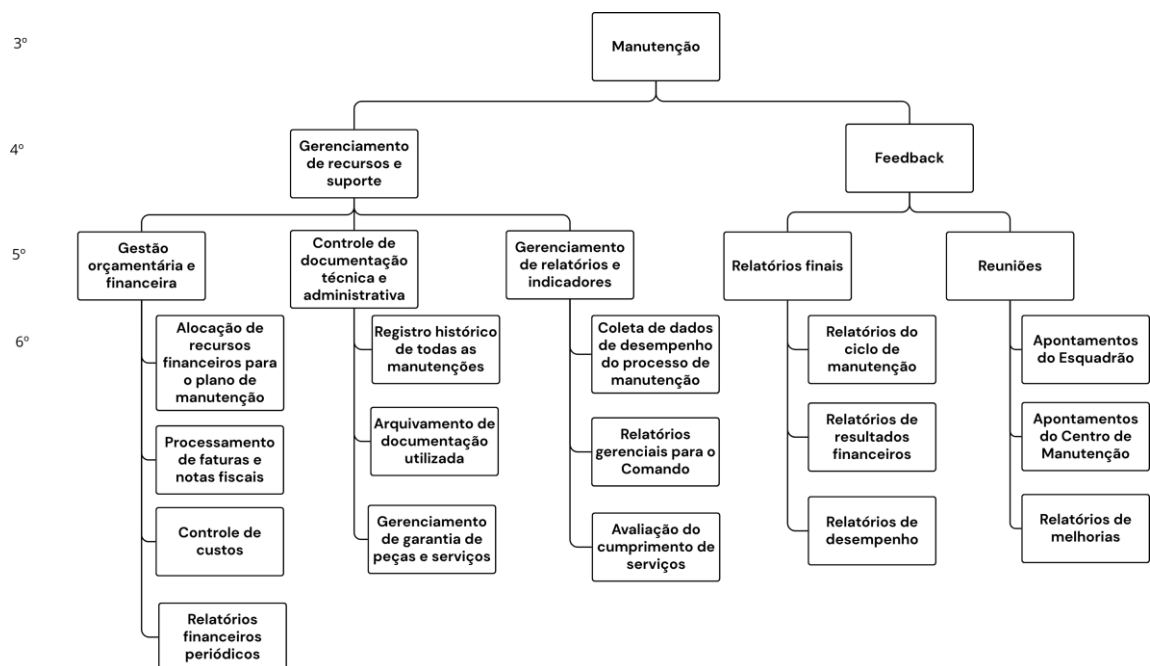


Figura D 11 - Pacotes de Trabalho parte 3 de "Manutenção" (Fonte: AUTOR, 2025).

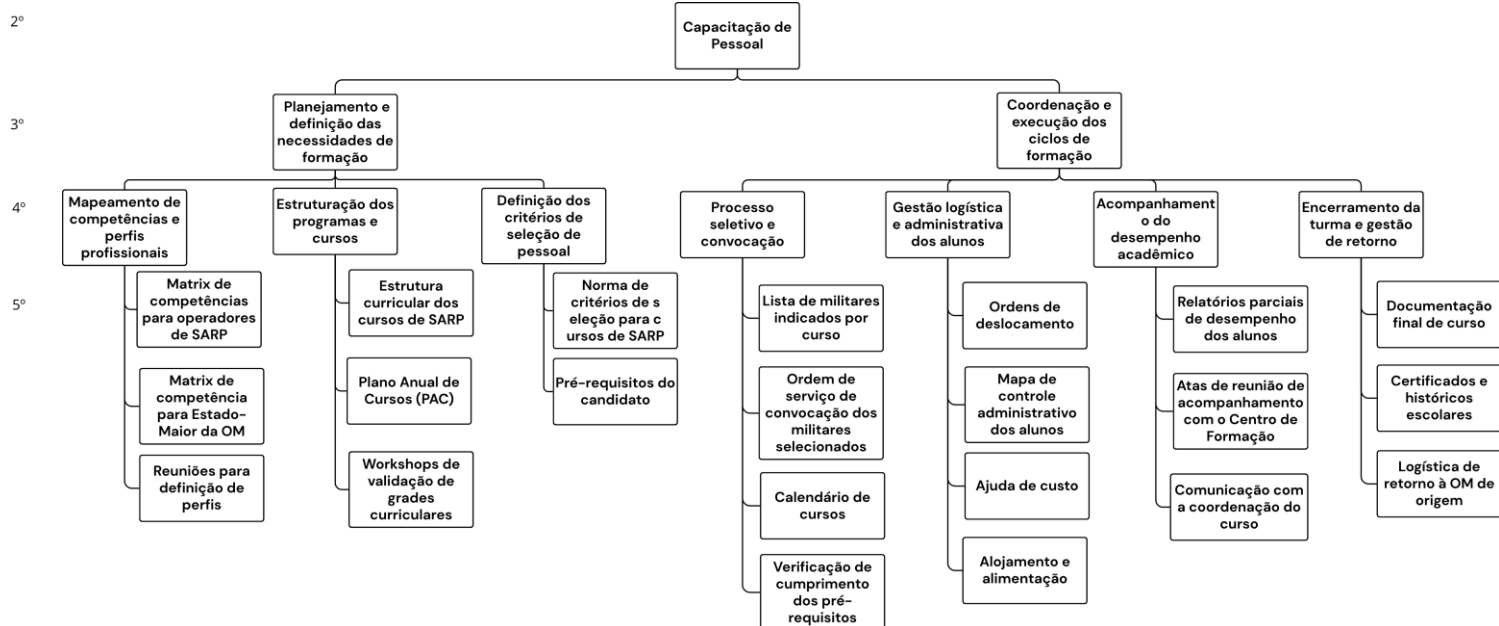


Figura D 12 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Capacitação de Pessoal" (Fonte: AUTOR, 2025).

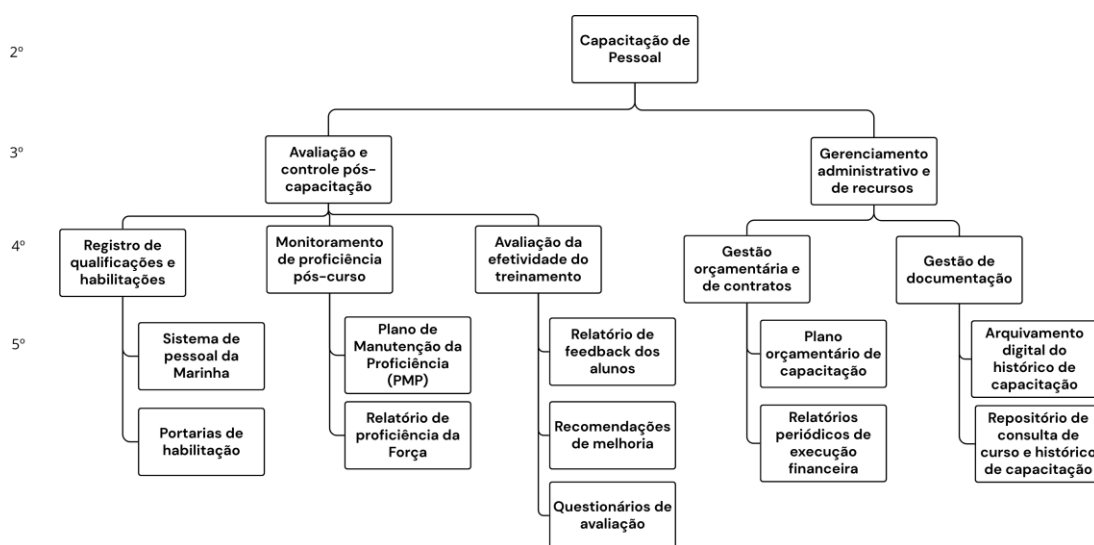


Figura D 13 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Capacitação de Pessoal" (Fonte: AUTOR, 2025).

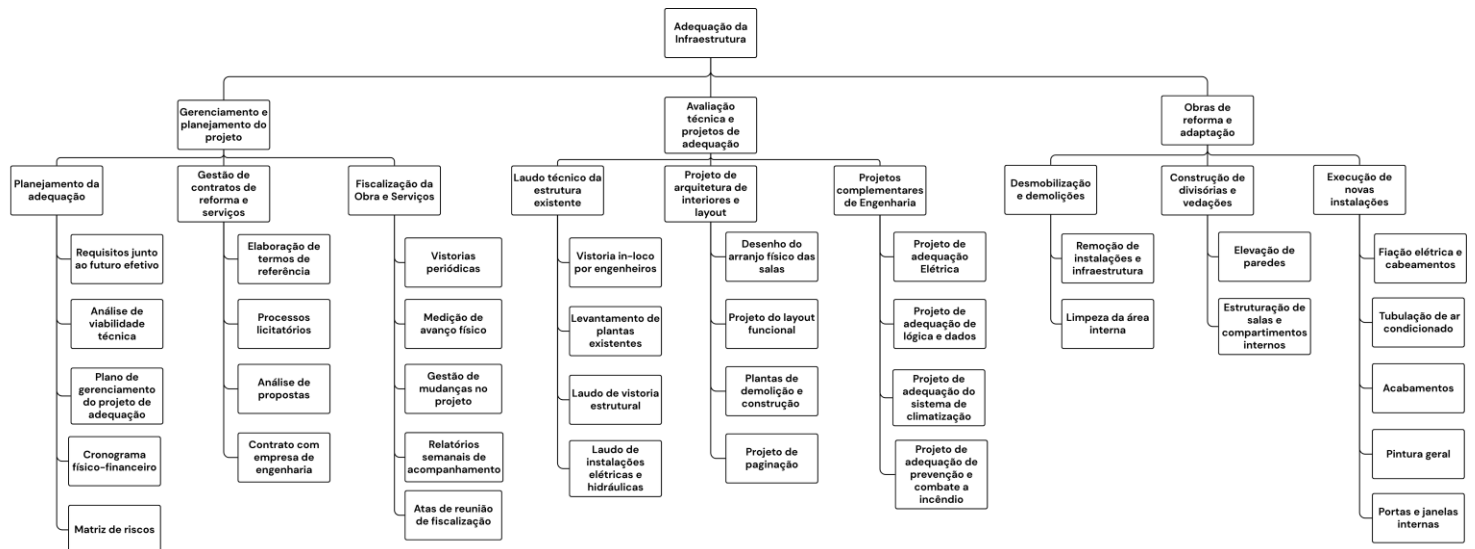


Figura D 14 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Adequação da Infraestrutura" (Fonte: AUTOR, 2025).

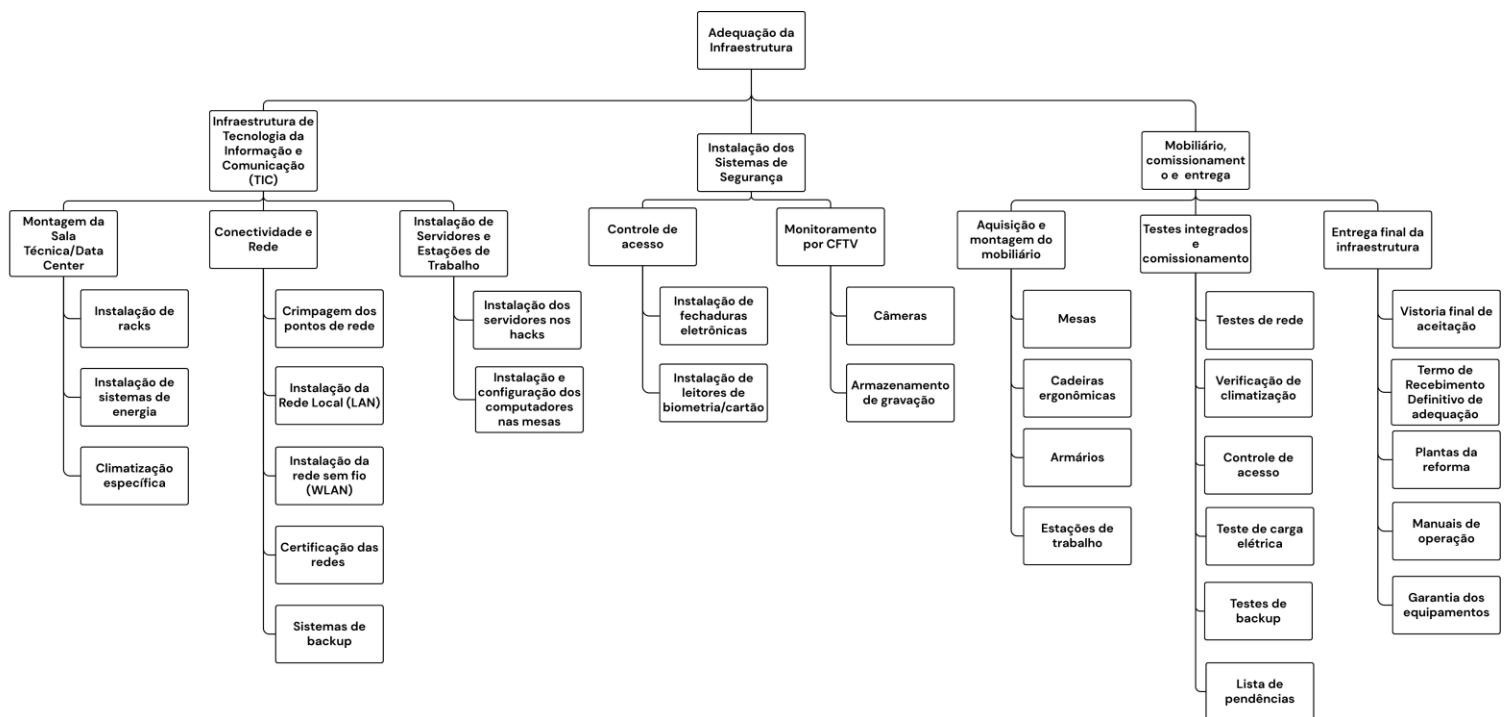


Figura D 15 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Adequação da Infraestrutura" (Fonte: AUTOR, 2025).

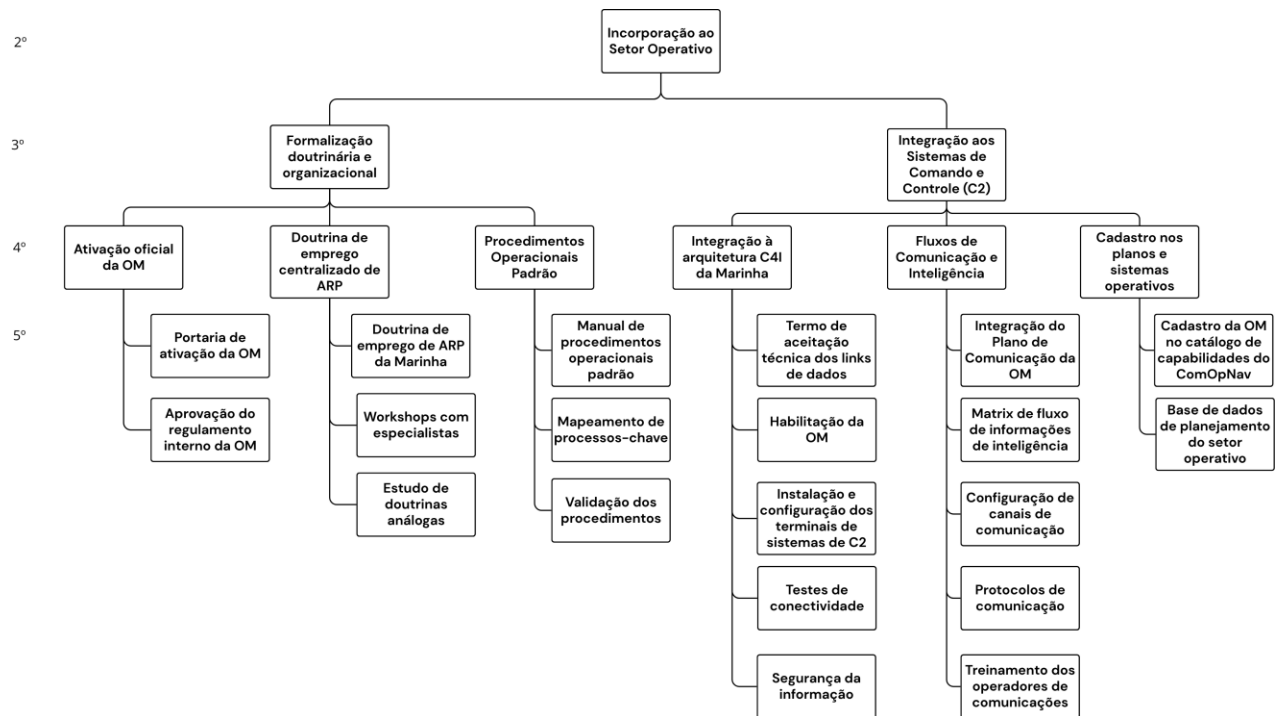


Figura D 16 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Incorporação ao Setor Operativo" (Fonte: AUTOR, 2025).

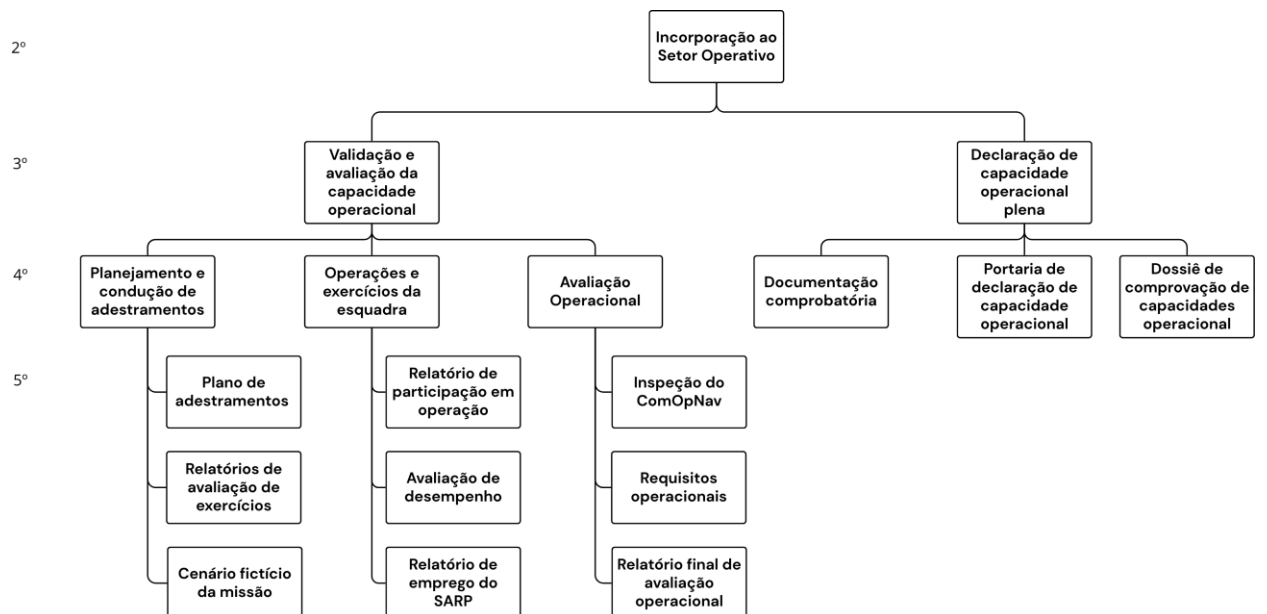


Figura D 17 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Incorporação ao Setor Operativo" (Fonte: AUTOR, 2025).

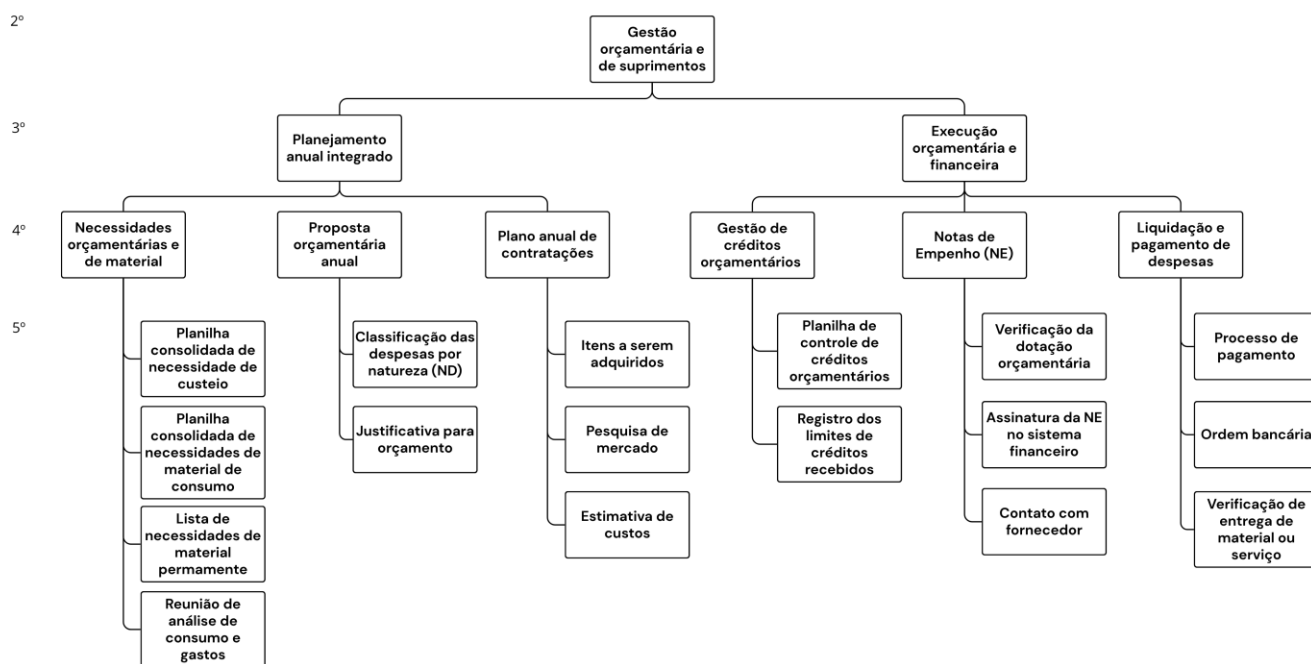


Figura D 18 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Gestão orçamentária e de suprimentos" (Fonte: AUTOR, 2025).

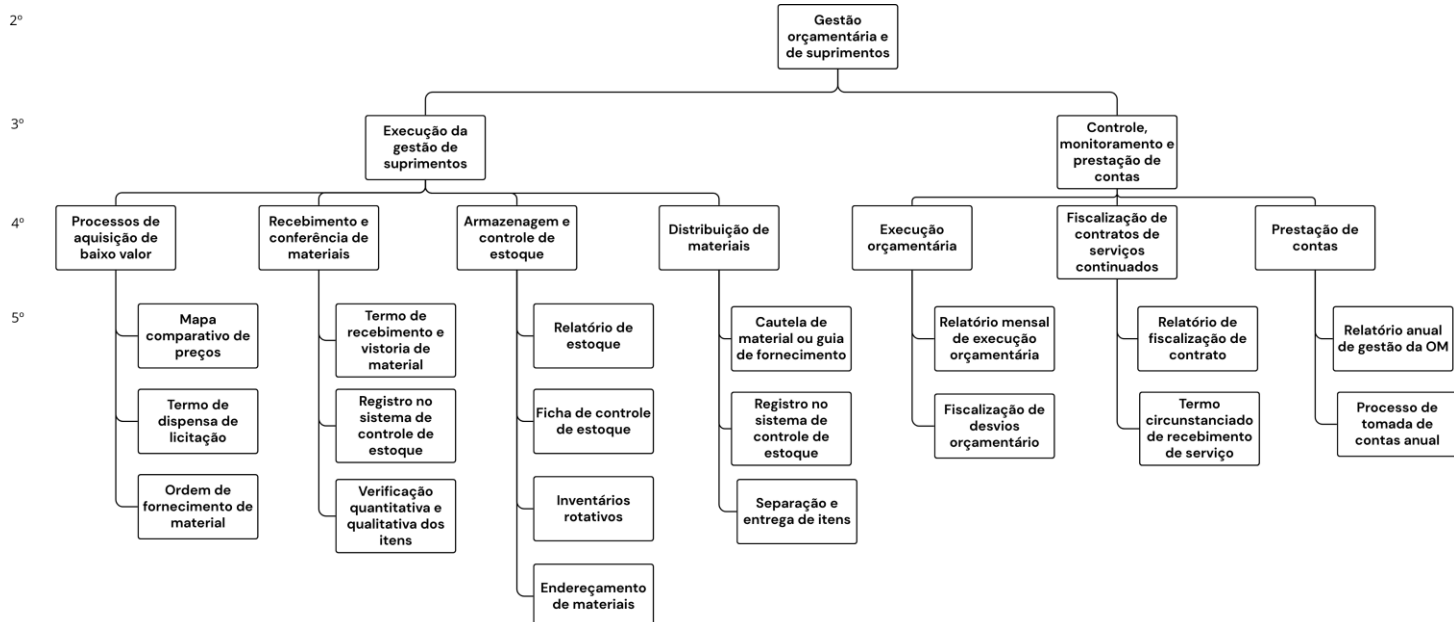


Figura D 19 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Gestão orçamentária e de suprimentos" (Fonte: AUTOR, 2025).

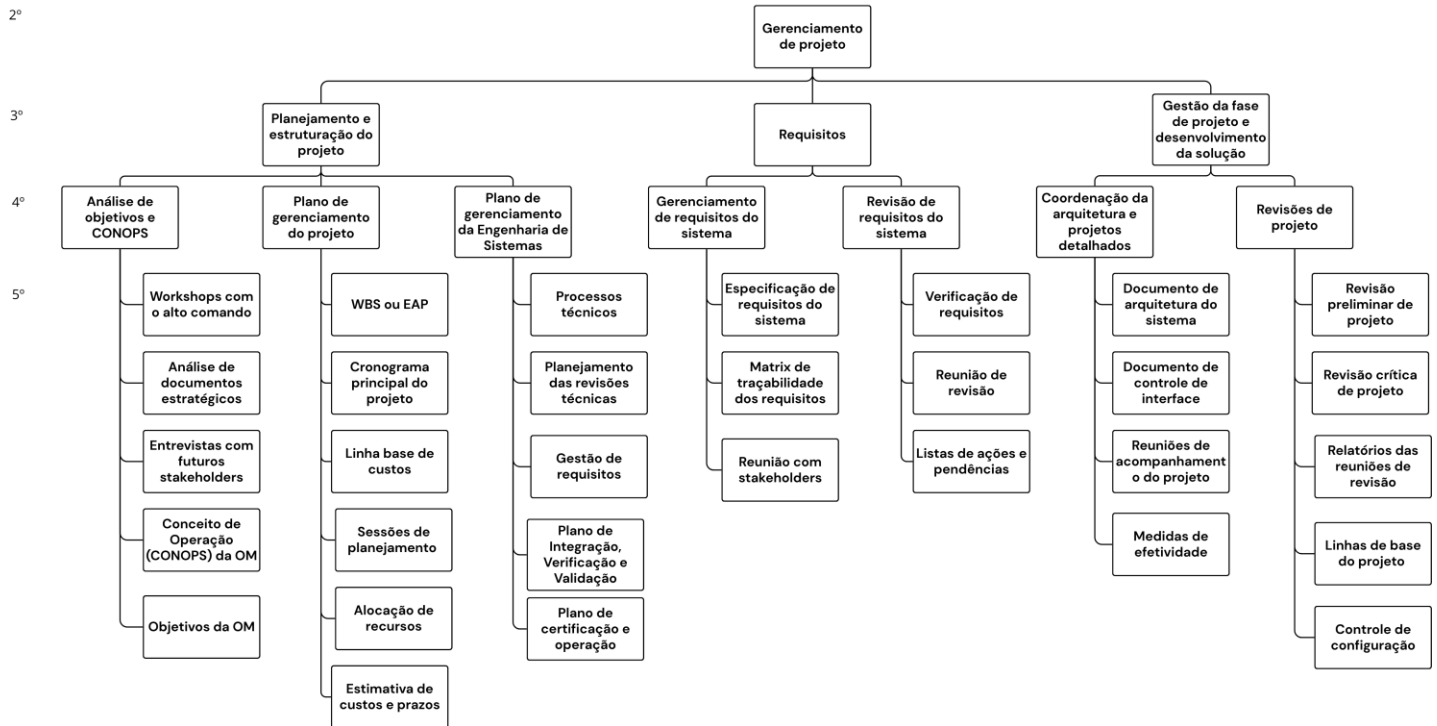


Figura D 20 - Pacotes de Trabalho parte 1 de "Gerenciamento de projeto" (Fonte: AUTOR, 2025).

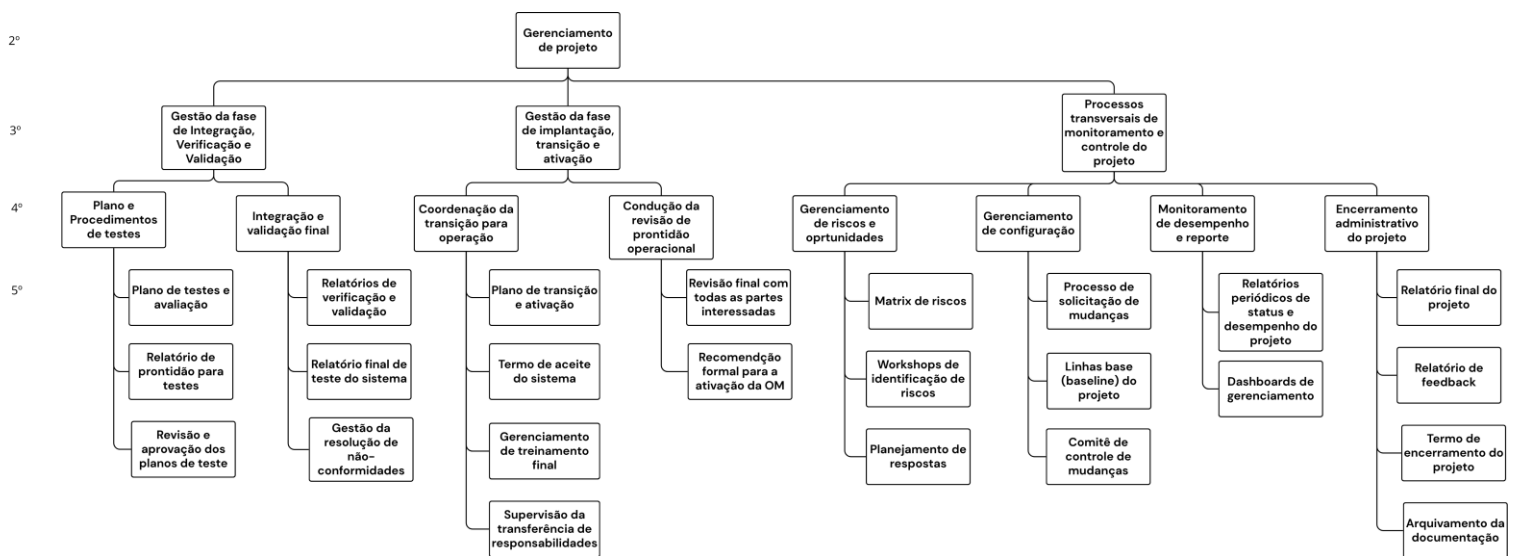


Figura D 21 - Pacotes de Trabalho parte 2 de "Gerenciamento de projeto" (Fonte: AUTOR, 2025).

APÊNDICE E – Rastreabilidade dos Requisitos

Tabela E 1 - Rastreabilidade de requisitos nos componentes físicos da OM.

Problema	ID	Componente
A6-2.5	REQ-EST-01	C3.1
O7-3	REQ-EST-02	C3.1.1
A6-2.5	REQ-EST-03	C2
E9-2	REQ-EST-04	C6.1
E8-2	REQ-EST-05	C2.2.2
E7.2	REQ-EST-06	C1
A5-5.6.7	REQ-EST-07	C4,C7.5
O4-3	REQ-EST-08	C3.2.2
E1-2	REQ-EST-09	C2.2.1
O3-3.10	REQ-OPE-01	C3.4
O9-3.6	REQ-OPE-02	C3.1
O20-10.12	REQ-OPE-03	C6.3
O18-3	REQ-OPE-04	C3.3.1
A6-2.5	REQ-OPE-05	C2.1
A7-2.5.7.8	REQ-OPE-06	C7.5
P5-8	REQ-OPE-07	C3.2.1
O11-3.10	REQ-OPE-08	C6.3
E1-2	REQ-OPE-09	C5.2
E3-2	REQ-OPE-10	C3.2.2
E3-2	REQ-OPE-11	C3.2.2
E8-2	REQ-OPE-12	C3.2.1
A6-2.5	REQ-OPE-13	C2
O7-3	REQ-OPE-14	C2
A6-2.5	REQ-OPE-15	C8.2
A6-2.5	REQ-OPE-16	C8.2
P2-8	REQ-RH-01	C6.1

Problema	ID	Componente
O3-3.10	REQ-RH-10	C6.1
O19-3.6	REQ-RH-11	C7.1,C7.2
A5-5.6.7	REQ-LOG-01	C4.1,C4.2
A3-7	REQ-LOG-02	C5.4
E1-2	REQ-LOG-03	C4.4
A8-3.7	REQ-LOG-04	C3.4.3,C5.4
A3-7/A12-7	REQ-LOG-05	C8.2
A7-2.5.7.8	REQ-LOG-06	C8.1
O3-3.10	REQ-LOG-07	C8.3
A5-5.6.7	REQ-LOG-08	C4.3.1
O8-3	REQ-LOG-09	C3.2.2
P5-8	REQ-LOG-10	C5.3
A13-7	REQ-LOG-11	C4.3.1
O6-3.6	REQ-LOG-12	C8.4
A15-11.13	REQ-LOG-13	C7.6
A14-11.12.13	REQ-LOG-14	C4.4, C7.6
O5-3.6	REQ-C4I-01	C3.2.2
O2-3	REQ-C4I-02	C3.2
O6-3.6	REQ-C4I-03	C3.3.2
E4-2	REQ-C4I-04	C3.3.1
O3-3.10	REQ-C4I-05	C3.2.2
E7-2	REQ-C4I-06	C2.1
O6-3.6	REQ-C4I-07	C3.3.1
O19-3.6	REQ-C4I-08	C7.2
O19-3.6	REQ-C4I-09	C7.1,C7.2
E6-2	REQ-C4I-10	C7.3

P4-2.8	REQ-RH-02	C5.1
P5-8	REQ-RH-03	C5.6
P4-2.8	REQ-RH-04	C2
A5-5.6.7	REQ-RH-05	C5.1,C6.1
O7-3	REQ-RH-06	C6.1
E9-2	REQ-RH-07	C5.1,C6.1
E8-2	REQ-RH-08	C3.2.1
E5-6	REQ-RH-09	C7.5

O15-3.9	REQ-DGN-01	C3.4.1
O14-3.9	REQ-DGN-02	C3.4.2
O16-4	REQ-CGCFN-01	C8.2
O17-4	REQ-CGCFN-02	C2.1
E6-2	REQ-CGCFN-03	C2.2.1
A2-5	REQ-SGM-01	C8.1
A2-5	REQ-SGM-02	C8.1, C8.4
A4-5.7	REQ-SGM-03	C8.2, C8.4
A2-5	REQ-SGM-04	C8.3

Fonte: AUTOR, 2025.

Tabela E 2 - Alocação funcional da OM.

Componente Físico		Funções alocadas
C1	Força de Sistemas Não Tripulados	F1.6, F1.7
C2	Comando de Sistemas Aéreos Não Tripulados	F1.1, F1.5, F1.6, F1.7, F5.12, F7.6, F7.14, F8.10, F8.11, F9.1, F9.2, F9.3, F9.4, F9.11, F10.7, F10.8, F10.10
C2.1	Grupo de Gerenciamento Organizacional	F1.4, F4.10, F5.2, F5.5, F5.12, F6.3, F6.4, F6.5, F6.6, F8.3, F8.4, F10.3, F10.4
C2.2	Grupo de Assessoria	F10.7, F10.8
C2.2.1	Grupo de Doutrina Militar	F5.13, F8.1, F8.2, F8.4, F8.6, F8.7, F8.8, F8.10, F8.11, F8.12, F10.1, F10.2, F10.7
C2.2.2	Setor Jurídico	F8.2, F10.7, F10.8, 10.11
C3	Operação	F10.5
C3.1	Esquadrões de SARP	F1.6, F1.8, F1.14, F2.1, 3.1, F4.7, F4.8, F4.9, F7.6, F8.10, F10.9
C3.1.1	Missões Aéreas Não Tripuladas	F1.14
C3.2	Centro de Operações Aéreas Integradas	F10.5, F10.6
C3.2.1	Estação de Controle	F1.2, F1.3, F1.4, F4.9, F8.3, F9.11
C3.2.2	Rede Integrada de Dados	F1.16, F9.4, F9.6, F9.8, F9.9, F9.10
C3.3	Grupo de Comunicações	F10.7
C3.3.1	Sistemas de Rede	F1.11, F9.7
C3.3.2	Grupo de Tecnologia da Informação	F1.13, F9.4, F9.5, F9.6, F9.8
C3.4	Centro de Integração	F1.12, F5.8, F10.5

C3.4.1	Grupo de Integração Técnica	F1.9, F7.1
C3.4.2	Grupo de Integração Operacional	F1.15, F9.9, F9.10
C3.4.3	Grupo de Integração Logística	F1.10, F3.7, F3.9, F3.10
C4	Manutenção	F10.7
C4.1	Grupo de Manutenção de 1º escalão	F2.4, F7.1
C4.2	Grupo de Manutenção de 2º escalão	F2.5, F7.1
C4.3	Grupo de Manutenção de 3º escalão	F2.6, F7.1, F7.4
C4.3.1	Centro de Manutenção	F2.9, F2.12, F2.13, F7.1, F7.5
C4.3.2	Empresas terceirizadas	F2.9, F2.14, F7.1, F7.5, F7.7
C4.4	Departamento de Engenharia	F2.2, F2.3, F2.7, F2.8, F2.10, F2.11, F7.1, F7.4, F7.5, F7.8, F7.9
C5	Administração	F10.7, F10.8
C5.1	Tripulação	F5.2, F5.7, F6.3, F6.4, F8.10, F10.3, F10.7
C5.2	Grupo de Adestramento, Aperfeiçoamento e Instrução	F5.1, F5.2, F5.4, F5.5, F5.13, F6.7
C5.3	Segurança do Trabalho	F6.6, F6.7, F8.3, F8.5
C5.4	Grupo de Apoio Logístico	F3.2, F3.3, F3.4, F3.5, F3.6, F3.7, F3.9, F3.11
C5.5	Grupo de Desenvolvimento de Capacidades	F5.6, F5.9
C5.6	Grupo de suporte médico	F6.6, F6.8
C6	Formação	F10.7
C6.1	Centro de Formação, Estudos e Treinamento em Missões Aéreas Não Tripuladas	F6.1, F6.2, F6.5, F10.7
C6.2	Simuladores de SANT	F5.3, F5.5
C6.3	Grupo de Exercícios Operativos	F5.4, F5.5, F5.7, F5.8
C7	Sistemas	F10.5, F10.7
C7.1	Sistema de Guerra Eletrônica	F5.7, F5.10, F7.11, F8.7
C7.2	Sistema de Guerra Cibernética	F5.7, F5.11, F7.12, F8.4, F8.6, F9.4, F9.5, F9.7
C7.3	Sistemas de Defesa e Proteção	F5.7, F8.4
C7.4	Sistema de Armas	F5.7, F7.13, F8.2
C7.5	Grupo de Otimização e Desenvolvimento de Sistemas	F4.5, F7.1, F7.2, F7.3, F7.4, F7.5, F7.6, F7.7, F7.8, F7.9, F7.14
C7.6	Grupo de Certificação e Homologação	F7.10, F8.9, F10.5
C8	Financeiro	F10.7
C8.1	Grupo de Fiscalização Financeira	F4.3, F4.10, F4.11

C8.2	Grupo de Aquisição de Aeronaves e Sistemas	F3.8, F3.11, F4.4, F4.5, F7.3
C8.3	Grupo de Aquisição de Materiais e Serviços	F3.4, F4.2, F7.3
C8.4	Grupo de Gestão de Recursos Humanos	F4.1, F4.6

Fonte: AUTOR, 2025.

Tabela E 3 - Alocação funcional das Missões.

Componente Físico		Funções Alocadas				Missão Apoio Logístico	
		Missão IRS	Missão SAR	Missão Ataque	Missão Escola		
C1	Comandante da Missão	F1.1, F1.2, F1.3, F1.4, F1.5, F1.6, F1.7, F1.8, F3.9, F4.3, F4.4, F4.5, F7.1, F7.2, F7.4, F7.5, F7.6, F8.2, F9.1, F10.1, F10.2, F10.3, F10.4, F10.5, F10.6, F10.7, F10.9	F1.7, F1.8, F1.9, F1.10, F3.2, F3.3, F3.4, F3.5, F3.6, F4.3, F4.7, F7.3, F7.5, F7.6, F7.7, F7.10, F7.11	F1.1, F1.2, F1.3, F1.4, F1.5, F1.6, F1.7, F1.10, F3.9, F4.3, F4.4, F4.5, F7.1, F7.2, F7.4, F7.5, F7.6, F8.2, F9.1, F10.1, F10.2, F10.3, F10.4, F10.5, F10.6, F10.7, F10.9	F1.2, F1.3, F1.5, F1.7, F3.4, F3.8, F4.3, F4.4, F4.5, F6.5, F7.7, F7.10, F7.11, F7.12, F7.13, F7.14, F7.5, F7.6, F7.7, F7.8, F7.10, F7.11, F7.12		
		F1.5, F3.7, F4.9, F4.8, F5.3, F8.4, F9.7	F1.2, F1.6, F4.1, F4.10, F5.5, F5.6, F5.7	F1.5, F3.7, F4.8, F4.9, F5.3, F8.4, F9.7	F1.5, F3.7, F4.8, F4.9, F5.3, F8.4	F4.1, F4.4, F5.3, F5.5	
		F4.1, F10.1	-	F4.1, F10.1	F10.1		
C3	Célula de Gerenciamento	F4.1, F10.1	-	F4.1, F10.1	-		
C3.1	Estação de Comando e Controle	F1.1, F1.3, F4.3, F4.4, F4.5, F4.6, F4.7, F4.8, F4.9, F4.10, F7.2, F7.6, F8.2, F9.1, F9.5, F10.2, F10.3, F10.4	F1.7, F1.8, F3.2, F3.6, F4.5, F4.10	F1.1, F1.3, F4.3, F4.4, F4.5, F4.6, F4.7, F4.8, F4.9, F4.10, F7.2, F7.6, F8.2, F9.1, F9.5, F10.2, F10.3, F10.4	F1.3, F1.5, F1.9, F4.1, F4.3, F4.5, F4.6, F4.7, F4.8, F4.9, F4.10, F6.5, F6.6, F7.2, F8.2, F10.3, F10.4, F10.5	F2.6, F2.7, F2.8, F4.2, F4.3, F4.7, F4.9, F7.3, F7.7, F7.9, F7.13, F7.14	
C3.2	Banco de Dados	F4.2, F9.3	-	F4.2, F9.3	-		
C4	Comando de Sistemas Aéreos Não Tripulados	F1.7, F2.6, F4.1, F4.2, F4.3, F6.5, F4.10	F1.1, F1.7, F3.4, F4.10, F7.8	F1.6, F2.6, F4.1, F4.2, F4.3, F4.10, F6.5	F1.6, F2.6, F4.1, F4.2, F4.3, F4.4, F4.5, F4.9, F4.10, F6.5, F10.4, F10.5	F2.1, F2.2, F2.3, F2.4, F2.5, F2.6, F2.7, F2.8, F2.9, F4.2, F4.3, F4.5, F7.6, F7.10, F7.11, F7.12, F7.13	
C4.1	Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas	F1.9	-	F1.8	-		
C4.1.1	Estação de Controle	F2.1, F2.2, F2.3, F10.8	F2.1, F2.2, F2.3, F7.8, F7.9	F2.1, F2.2, F2.3, F10.8	F2.1, F2.2, F2.3, F9.6, F10.8	F3.1, F3.2, F3.3, F7.2, F7.9	
C4.1.1.1	Pilotos	F2.5, F2.7, F3.1, F3.3, F3.4, F3.5, F3.6, F3.8, F6.2, F6.3, F6.5, F7.3, F7.8, F8.1, F8.2, F10.9	F2.6, F2.7, F4.4, F4.5, F4.6, F4.8, F6.1	F2.5, F2.7, F3.1, F3.3, F3.4, F3.5, F3.6, F3.8, F6.2, F6.3, F6.5, F7.3, F7.8, F8.1, F8.2, F10.9	F2.5, F2.7, F3.5, F3.6, F6.1, F6.2, F6.4, F7.3, F7.8, F8.1, F8.2	F3.9, F3.10, F4.6, F4.7, F4.8, F6.2, F6.3, F6.4, F6.9, F6.10, F7.1	
C4.1.1.2	Equipe de Suporte	F2.4, F9.3, F8.4	F2.4, F2.5	F2.4, F2.8, F9.3, F8.4	F2.4, F8.3, F8.4	F3.6, F3.7, F3.8, F4.13, F6.11	
C4.1.2	Sistema de Armas	F7.7	-	F6.1, F7.7	F7.7		
C4.1.3	Sensores	F3.2, F3.4, F3.5, F3.7, F6.1, F7.8	F2.7, F4.1, F4.4, F4.9	F3.2, F3.4, F3.5, F3.7, F6.1, F7.8	F3.7, F6.1, F6.2, F7.8, F9.7	F4.1, F4.6, F4.7, F6.1, F6.2, F6.12	
C4.1.4	Sistema de Proteção	F6.1, F6.3, F6.4	-	F6.3, F6.4	F6.3, F6.4		
C5	Mecos Operativos Tripulados	F1.9	F1.1	F1.8	-		
C5.1	Unidade Tática	-	F3.8, F4.2, F4.4, F6.3, F6.9, F7.3, F7.4, F7.5, F7.8	-	F3.5, F7.6, F9.6	F4.11	
C5.2	Sistema de Armas	-	-	-	F7.7		
C5.3	Equipe Médica	-	F3.7, F6.10, F7.1, F7.2	-	-		
C6	Sistemas de Monitoramento	F5.1	F1.1, F5.1	F5.1	F5.1	F5.1	
C6.1	Operadores	F5.4	F3.1, F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	
C6.2	Sensores	F5.2, F5.3	F5.2, F5.3, F5.5	F5.2, F5.3	F5.2, F5.3	F5.2, F5.3, F5.5, F5.6	
C7	Agências de Inteligência	F9.2, F9.6, F9.7	-	F9.2, F9.6, F9.7	-		
C7.1	Analistas de Inteligência	F9.4, F9.5	-	F9.4, F9.5	F1.4		
C7.2	Órgãos parceiros	F9.2	-	F9.2	-		
C7.3	Sistemas de Contrainteligência	F9.8	-	F9.8	-		
C8	Estrutura de Busca e Salvamento	F7.8	F7.8	-	-		
C8.1	Sistemas de Socorro	F1.2, F1.5, F1.6, F3.1	F1.2, F1.5, F1.6, F3.1	-	-		
C8.2	SALVAMAR Brasil	F1.2, F1.3, F1.4, F1.5, F1.6, F1.9	F1.2, F1.3, F1.4, F1.5, F1.6, F1.9	-	-		
C8.3	Equipe de Busca e Salvamento	F1.2, F1.3, F1.6, F6.10	F1.2, F1.3, F1.6, F6.10	-	-		
C8.4	Órgãos de apoio externo	F6.2, F6.4	F6.2, F6.4	-	-		
C9	Grupo de Apoio Logístico	-	-	-	-	F1.3	
C9.1	Operador de carga útil	-	-	-	-	F3.4, F3.5, F3.6, F4.12, F6.6	
C9.2	Especialista em logística	-	-	-	-	F1.4, F4.2, F7.1	
C9.3	Destinatário	-	-	-	-	F1.1, F1.2, F1.4, F6.5, F6.6, F6.7	
C10	Escola	-	-	-	-		
C10.1	Entidade de Valor	-	-	-	-	F3.3, F9.1, F9.6	
C10.2	Meio de transporte	-	-	-	-	F1.1, F3.1, F9.2	
C10.3	Equipe de transporte	-	-	-	-	F1.8, F9.3, F9.4, F9.5	
		-	-	-	-	F3.2, F3.9, F6.8, F9.3, F9.8	

Fonte: AUTOR, 2025.