UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ELISEU **CAVALCANTI** DE ALBUQUERQUE, Cap Esp CTA

Os impactos da redução das separações no espaço aéreo oceânico para o tráfego aéreo internacional no corredor EUR-SAM

Rio de Janeiro
2022

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ELISEU **CAVALCANTI** DE ALBUQUERQUE, Cap Esp CTA

Os impactos da redução das separações no espaço aéreo oceânico para o tráfego aéreo internacional no corredor EUR-SAM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Força Aérea como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciências Aeroespaciais. Orientador: Brig. Int. R1 Prof. Dr. Pedro Arthur Linhares Lima.

Rio de Janeiro
2022

Ficha catalográfica produzida pela Biblioteca da UNIFA

Albuquerque, Eliseu Cavalcanti de

A345i Os impactos da redução das separações no espaço aéreo oceânico para o tráfego aéreo internacional no corredor EUR-SAM / Eliseu Cavalcanti de Albuquerque – Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2022.

149 f.: il., enc.

Orientadora: Pedro Arthur Linhares Lima.

Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2022.

Referências: f. 118-124

1. Espaço aéreo oceânico. 2. Tráfego aéreo internacional. 3. Corredor EUR-SAM. I. Título. II. Lima, Pedro Arthur Linhares. III. Universidade da Força Aérea.

CDU: 341.226

ELISEU **CAVALCANTI** DE ALBUQUERQUE, Cap Esp CTA

Os impactos da redução das separações no espaço aéreo oceânico para o tráfego aéreo internacional no corredor EUR-SAM

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais.

Aprovado por:

ASSINADO DIGITALMENTE
PEDRO ARTHUR LINHARES LIMA
SERPRO

_____
Presidente, Professor Doutor Pedro Arthur Linhares Lima, Brig. Int. R1 - UNIFA

gov.br Documento assinado digitalmente
PETERSON FERREIRA DA SILVA
Data: 22/11/2022 22:00:37-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

_____
Professor Doutor Peterson Ferreira da Silva - ESD

gov.br Documento assinado digitalmente
FLAVIO NERI HADMANN JASPER
Data: 18/11/2022 17:47:02-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

_____
Professor Doutor Flávio Neri Hadmann Jasper - UNIFA

_____
Professor Doutor Luiz Fernando Póvoas da Silva

gov.br Documento assinado digitalmente
CARLOS EDUARDO VALLE ROSA
Data: 20/11/2022 08:33:42-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

_____
Professor Doutor Carlos Eduardo Valle - UNIFA

Rio de Janeiro
Setembro de 2022

DEDICATÓRIA

Minha esposa e minha filha que sempre acreditaram em mim e compreenderam o tamanho do desafio, dando-me o suporte necessário para a conclusão do curso de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu saúde e força para seguir em frente, mesmo nos momentos de grande dificuldade; ao meu orientador, que direcionou o trabalho com maestria, pelo suporte e pela atenção dedicada a esta pesquisa; ao corpo docente da UNIFA, que prestou total apoio em todas as etapas do curso; e aos meus amigos e familiares que me ajudaram a atingir este objetivo e compreenderam o motivo das minhas ausências.

“No trajeto para a Torre Eiffel, nem uma só vez olhei para os telhados de Paris: eu flutuava sobre um mar de branco e azul, nada mais vendo senão meu objetivo.” Santos Dumont

RESUMO

As conexões aéreas entre os países dos continentes são de suma importância para atenderem os fluxos de pessoas e de cargas que cruzam os espaços aéreos oceânicos do globo. Nesse contexto, face à relevância do tráfego aéreo internacional oceânico no eixo América do Sul e Europa e às diferentes características operacionais em termos de separação entre as aeronaves que operam nos espaços aéreos do Atlântico Norte e do corredor aéreo chamado EUR-SAM, este trabalho de pesquisa iniciou uma investigação para identificar os motivos pelos quais, nos espaços aéreos do Atlântico Norte, empregam-se, entre as aeronaves, as separações longitudinal de 30 milhas e lateral de até 23 milhas sem comprometer a segurança operacional, ao passo que no Corredor EUR-SAM essas separações são de 80 milhas e 50 milhas respectivamente. Para isso, o trabalho foi moldado pelo objetivo geral que visa realizar uma análise comparativa das regras de separação entre as aeronaves que voam nos espaços aéreos do Atlântico Norte e do Corredor EUR-SAM, e dos impactos com o emprego da separação reduzida. A estrutura do trabalho é balizada pelos objetivos específicos concebidos para identificar questões relacionadas aos conceitos de espaços aéreo e exterior e ao regramento da navegação aérea, examinar as características do movimento aéreo e dos requisitos de desempenho das aeronaves que voam nos espaços aéreos do Corredor EUR-SAM e do Atlântico Norte, analisar o risco à segurança operacional com o emprego da separação reduzida com o uso do atual sistema de gestão de tráfego aéreo, identificar as funcionalidades operacionais do atual sistema e realizar as análises quantitativas e comparativas dos relatórios de saída dos cenários hipotéticos e de referência criados no simulador. A metodologia utilizada é do tipo documental, simulação e pesquisa-ação, com o emprego de uma abordagem experimental, derivada das simulações em tempo real, visando identificar o comportamento dos controladores de tráfego aéreo e os aspectos relativos à segurança operacional, e das simulações em tempo acelerado, baseadas em cenários hipotéticos, a fim de serem analisados os resultados, advindos da separação reduzida, no que tange aos impactos no consumo de combustíveis, emissão de gases, carga de trabalho e oferta de níveis de voo. A análise desta pesquisa também recorre à matriz SWOT para identificar os pontos fortes, os pontos fracos, as ameaças e as oportunidades que virão a reboque no caso de uma implementação redução dos mínimos de

separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM. Como contribuição, este trabalho de pesquisa disponibiliza, em anexo, a Proposta de Necessidade Operacional com fulcro nos relatos dos profissionais de segurança de voo e de tráfego aéreo, no que se refere à atualização do sistema de gestão de tráfego aéreo, para viabilizar a redução da separação no Corredor EUR-SAM, com a garantia da manutenção dos Níveis Aceitáveis de Segurança Operacional.
Palavras-chave: Espaço aéreo oceânico; tráfego aéreo internacional; corredor EUR-SAM.

ABSTRACT

Air connections between the countries of the continents are of paramount importance to meet the flows of people and cargo that cross the oceanic airspaces of the globe. In this context, given the relevance of international oceanic air traffic on the South America and Europe axis and the different operational characteristics in terms of separation between aircraft operating in the North Atlantic airspace and the air corridor called EUR-SAM, this work of research started an investigation to identify the reasons why, in the airspaces of the North Atlantic, the longitudinal separations of 30 miles and lateral separations of up to 23 miles are used between aircraft without compromising operational security, while in the EUR-SAM Corridor these separations are of 80 miles and 50 miles respectively. For this, the work was shaped by the general objective that aims to carry out a comparative analysis of the separation rules between aircraft that fly in the airspaces of the North Atlantic and the EUR-SAM Corridor, and the impacts with the use of reduced separation. The structure of the work is guided by the specific objectives designed to identify issues related to the concepts of air and exterior spaces and the regulation of air navigation, to examine the characteristics of air movement and the performance requirements of aircraft that fly in the airspaces of the EUR- SAM and North Atlantic, to analyze the risk to operational safety with the use of reduced separation with the use of the current air traffic management system, to identify the operational functionalities of the current system and carry out quantitative and comparative analyzes of the outputs of the hypothetical and reference created in the simulator. The methodology used is documental, simulation and action research, using an experimental approach, derived from real-time simulations, in order to identify the behavior of air traffic controllers and aspects related to operational safety, and from simulations in accelerated time, based on hypothetical scenarios, in order to analyze the results, arising from the reduced separation, with regard to the impacts on fuel consumption, gas emission, workload and offer of flight levels. The analysis of this research also uses the SWOT matrix to identify the strengths, weaknesses, threats and opportunities that will follow in the event of an implementation of the reduction of separation minima between aircraft in the EUR-SAM Corridor. As a contribution, this research work provides, in annex, the Operational Need Proposal based on the reports from flight safety and air traffic professionals, regarding the update of the air

traffic management system, to enable the reduction of the separation in the EUR-SAM Corridor, with the guarantee of the maintenance of the Acceptable Levels of Operational Safety.
***Keywords**: Oceanic airspace; international air traffic; EUR-SAM corridor.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais Fluxos Aéreos.....39
Figura 2 - Planejamento ATM.....44
Figura 3 - Espaço Aéreo Brasileiro.....46
Figura 4 - Região SAT.....47
Figura 5 - Corredor EUR-SAM 48
Figura 6 - Porção do Corredor EUR-SAM da FIR Atlântico.....49
Figura 7- Separação Longitudinal 53
Figura 8 - Separação Longitudinal em Cruzamento de Subida.....54
Figura 9 - Separação Longitudinal em Cruzamento de Descida 54
Figura 10 - Separação Vertical na Hora do Cruzamento.....54
Figura 11 - Espaço Aéreo Oceânico do Atlântico Norte 60
Figura 12 - Separação no Espaço Aéreo Oceânico de Santa Maria.....68
Figura 13 - Separação entre Aeronaves sem Requisitos PBCS 68
Figura 14 - Separação entre Aeronaves com Requisitos RNP4 e PBCS.....69
Figura 15 - Separação entre Aeronaves com Requisitos PBCS e Diferentes Requisitos PBN 69
Figura 16 - Separação entre Aeronaves sem PBCS e com PBCS e RNP4 70
Figura 17 - Movimento Aéreo Europeu na Região NAT em 2018 70
Figura 18 - TAAM.....78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Separação Longitudinal Baseada em Desempenho 59

Tabela 2 - Separação Lateral de Aeronaves em Trajetórias ou Rotas ATS Paralelas ou que não se Interceptam.....59

Tabela 3 - Requisitos para Separação Longitudinal de 5 Minutos e Lateral de 50NM 63

Tabela 4 - Calibração do Sistema para Separação Longitudinal de 5 minutos e Lateral de 50 NM.....63

Tabela 5 - Requisitos para Separação Longitudinal de 30 NM e Lateral de até 23 NM 63

Tabela 6 - Calibração do Sistema para Separação Longitudinal de 30 NM e Lateral de até 23 NM 63

Tabela 7- Operacionalização das Separações de Acordo com os Requisitos PBCS e PBN.....64

Tabela 8 - Monitoramento dos Requisitos PBS.....64

Tabela 9 - Monitoramento dos Requisitos PBC.....65

Tabela 10 - Separação Longitudinal Aplicada na Santa Maria *Oceanic* FIR.....66

Tabela 11 - Parâmetros de Simulação.....80

Tabela 12 - Detalhamento das Pontuações dos Aspectos de Carga de Trabalho do Cenário 1.....83

Tabela 13 - Detalhamento das Pontuações dos Aspectos de Carga de Trabalho do Cenário 2.....84

Tabela 14 - Detalhamento das Pontuações dos Aspectos de Carga de Trabalho do Cenário 3.....85

Tabela 15 - Detalhamento das Pontuações dos Aspectos de Carga de Trabalho do Cenário 4.....86

Tabela 16 - Detalhamento das Pontuações dos Aspectos de Carga de Trabalho do Cenário 5.....87

Tabela 17 - Detalhamento das Pontuações dos Aspectos de Carga de Trabalho dos Cenários 88

Tabela 18 - Comparação dos Aspectos de Carga de Trabalho dos Cenários 89

Tabela 19 - Detalhamento do Consumo de Combustíveis das Aeronaves por Cenário de Simulação 93

Tabela 20 - Consumo de Combustíveis por Milhas Voadas para cada Cenário de Simulação 93

Tabela 21 - Comparativo de economia de combustíveis das aeronaves por cenário de simulação 94

Tabela 22 - Detalhamento das Emissões de Gases Poluentes, em Kg, por Cenário de Simulação 96

Tabela 23 - Matriz SWOT 110

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de Voos entre o Brasil e outros Países, por Continente, 2018 e 2019 38

Gráfico 2 - Quantidade de Voos Realizados entre o Brasil e os 20 Principais Destinos Internacionais, 2018 e 2019 39

Gráfico 3 - Movimento Aéreo 2019, 2020, 2021 e Janeiro de 2022. 40

Gráfico 4 - Projeção de Crescimento da Aviação Doméstica no Brasil em 2022 41

Gráfico 5 - Projeção de Crescimento da Aviação Internacional em 2022 41

Gráfico 6 - Capacidades embarcadas nas aeronaves que voaram em Santa Maria. 71

Gráfico 7- Indicadores de Carga de Trabalho do Cenário 1 83

Gráfico 8 - Indicadores de Carga de Trabalho do Cenário 2 84

Gráfico 9 - Indicadores de Carga de Trabalho do Cenário 3 85

Gráfico 10 - Indicadores de Carga de Trabalho do Cenário 4 86

Gráfico 11 - Indicadores de Carga de Trabalho do Cenário 5 87

Gráfico 12 - Comparação dos Indicadores de Carga de Trabalho 88

Gráfico 13 - Números de Aeronaves Instantâneas no Cenário 1 89

Gráfico 14 - Números de Aeronaves Instantâneas no Cenário 2 90

Gráfico 15 - Números de Aeronaves Instantâneas no Cenário 3 90

Gráfico 16 - Números de Aeronaves Instantâneas no Cenário 4 90

Gráfico 17 - Números de Aeronaves Instantâneas no Cenário 5 91

Gráfico 18 - Total de Consumo de Combustíveis por Cenário de Simulação 92

Gráfico 19 - Comparativo de Economia de Combustíveis entre os Cenários de Simulação 94

Gráfico 20 - Detalhamento das Emissões de Gases Poluentes por Cenário de Simulação 95

Gráfico 21 - Percentuais de Aeronaves que Conseguiram Atingir os Níveis Ótimos de Voo 96

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACC-AO - Centro de Controle de Área Atlântico

ADS-C - Vigilância Dependente Automática - Contrato

AFI - Região África - Oceano Índico

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

ANC - Comissão de Navegação Aérea

ATC - Controle de Tráfego Aéreo

ATCO - Controlador de Tráfego Aéreo

ATM - Gerenciamento de Tráfego Aéreo

ATS - Serviço de Tráfego Aéreo

BADA - *Base of Aircraft Data*

CAR - Região Caribe

CGNA - Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

CINA - Comissão Internacional de Navegação Aérea

CINDACTA - Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo

COPUOS - *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*

CPDLC - Comunicação Piloto-Controlador por Enlace de Dados

COVID - *Corona Virus Disease*

CT - Carga de Trabalho

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DGRSO - Documento de Gerenciamento de Risco de Segurança Operacional

EUR - Região Europa

FANS - Sistema de Navegação Aérea do Futuro

FIR - Região de Informação de Voo

GOLD - *Global Operational Data Link Document*

HF - *High Frequency*

ICAO - Organização de Aviação Civil Internacional

ICEA - Instituto de Controle do Espaço Aéreo

MID/ASIA - Região Oriente Médio/Ásia

NADSO - Nível Aceitável de Desempenho da Segurança Operacional

NAM - Região América do Norte

NAT - Região Atlântico Norte

NAT SPG - Grupo de Planejamento de Sistemas do Atlântico Norte

NM - Milhas Náuticas

ONU - Organização das Nações Unidas

OCA - Área de Controle Oceânico

PAC - Região Pacífico

PANS - Procedimentos para o Serviço de Navegação Aérea

PAX - Número de Passageiro

PBC - *Performance-Based Comunication*

PBCS - *Performance-based Communication and Surveillance*

PBN - *Performance-Based Navigation*

PNOP - Proposta de Necessidade Operacional

RBS - *Performance-Based Surveillance*

RCP - *Required Communication Performance*

RNA - Reuniões Regionais de Navegação Aérea

RNAV - Navegação de Área

RNP - *Required Navigation Performance*

RSP - *Required Surveillance Performance*

RVSM - Separação Vertical Mínima Reduzida

SAGITARIO - Sistema Avançado de Gerenciamento de Informações de Tráfego Aéreo e Relatórios de Interesse Operacional

SAM - Região Sul-Americana

SARPS - *Standards and Recommended Practices*

SASP - *Separation and Airspace Safety Panel*

SAT - Região Atlântico Sul

SAT- IMG - Grupo de Gerenciamento de Implementação do Atlântico Sul

SATL - *ATM System Atlantico*

SATMA - *South Atlantic Regional Monitoring Agency*

SGSO - Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional

SIPAER - Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

SISCEAB - Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro

STA - Simulação em Tempo Acelerado

STR - Simulação em Tempo Real

SUPPS - Procedimentos Suplementares Regionais

SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*

TAAM - *Total Airspace and Airport Modeler*

VHF - *Very High Frequency*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20

1.1 Problema de Pesquisa 24

1.2 Escopo da Pesquisa 24

1.3 Hipótese 24

1.4 Objetivos da Pesquisa 25

1.4.1 Objetivo Geral 25

1.4.2 Objetivo Específicos 25

1.5 Justificativa 25

1.6 **Metodologia doTrabalho de Pesquisa** 27

1.6.1 Abordagem da Pesquisa 27

1.6.2 Objeto da Pesquisa 27

1.6.3 Tipo de Pesquisa 27

1.6.4 Validação da Simulação 28

1.7 **Estrutura do Trabalho de Pesquisa** 29

2 O PODER AEROESPACIAL E O REGRAMENTO DA NAVEGAÇÃO AÉREA MUNDIAL 30

2.1 O Espaço Aéreo e o Espaço Exterior 30

2.2 A História do Regramento da Navegação Aérea 33

3 MOVIMENTOS AÉREOS E OS ESPAÇOS AÉREOS DA REGIÃO OCEÂNICOS DA REGIÃO NAT E DO CORREDOR EUR-SAM 37

3.1 Movimentos Aéreos Continentais e os Impactos da Pandemia da COVID-19 37

3.2 Planejamento Estratégico do Departamento de Controle do Espaço Aéreo 42

3.3 Estrutura do Espaço Aéreo Brasileiro 44

3.3.1 Espaço Aéreo Brasileiro 44

3.4 Espaço Aéreo Oceânico Brasileiro 46

3.4.1 Área de Responsabilidade 46
3.4.2 Movimento no Espaço Aéreo Oceânico Brasileiro 47
3.4.3 Setorização da FIR Atlântico 50
3.5 Características do Espaço Aéreo Oceânico do Corredor EUR-SAM 50
3.6 Regras de Separação entre as Aeronaves no Corredor EUR-SAM 52
3.7 Especificações do Requisitos de Comunicação, Navegação e Vigilância para os Usuários do Corredor EUR-SAM 55
3.7.1 Especificações dos Requisitos de Navegação, Comunicação e Vigilância 56
3.7.2 Separações Mínimas Longitudinais e Laterais com Base em Requisitos de Desempenho 58
3.8 Características do Espaço Aéreo da Região NAT 60
3.9 Regras de Separação entre as Aeronaves na Região NAT 61
3.10 Especificações do Requisitos de Comunicação, Navegação e Vigilância para os Usuários da Região NAT 63
3.11 O Emprego da Separação no Espaço Aéreo Oceânico de Santa Maria com o *ATM System Atlantico* 65
3.12 Movimento Aéreo no Espaço Aéreo Oceânico da Europa e a Discussão sobre o Corredor EUR-SAM 70
4 SIMULAÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEPARAÇÃO REDUZIDA EM ESPAÇO AÉREO OCEÂNICO 72
4.1 Simulação da Redução da Separação entre as Aeronaves em Tempo Real 75
4.1.1 Preparação para a Simulação em Tempo Real 75
4.1.2 Observações da Equipe de Simulação em Tempo Real 76
4.2 Simulação da Redução da Separação entre as Aeronaves em Tempo Acelerado 77
4.2.1 Definição do Objeto de Estudo da Simulação em Tempo Acelerado 79
4.2.2 Premissas do Projeto de Simulação e Validação da Base de Dados 79
4.2.3 Cenários de Simulação e as Regras de Operação 80
4.2.4 Estudo da Carga de Trabalho 82

4.2.5 Movimento Instantâneo no Setor Estudado.....89
4.2.6 Estudo do Consumo de Combustível e das Emissões de Gases Poluentes....91
4.2.7 Percentual de Aeronaves que Alcançaram os Níveis Ótimos de Voo.....96
5 ANÁLISES DOS IMPACTOS DA APLICAÇÃO DAS SEPARAÇÕES REDUZIDAS NO CORREDOR EUR-SAM 97
5.1 Atualização do Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo.....99
5.2 Os Impactos da Redução da Separação no Corredor EUR-SAM.....100
5.2.1 Os Impactos da Redução da Separação para a Carga de Trabalho.....101
5.2.2 Os Impactos da Redução da Separação no Consumo de Combustível.....102
5.2.3 Os Impactos da Redução da Separação na Emissão de Poluentes na Atmosfera.....103
5.2.4 Percentual de Aeronaves que Alcançaram os Níveis Ótimos de Voo.....103
5.2.5 Níveis de Segurança Operacional.....104
5.3 Análise SWOT para Eventual Implementação da Separação Reduzida no Corredor EUR-SAM 105
5.3.1 Pontos Fortes e Fracos do Projeto de Redução da Separação no Corredor EUR-SAM.....106
5.3.2 Ameaças e Oportunidades para o Projeto de Redução da Separação no Corredor EUR-SAM.....108
5.4 Harmonização dos Mínimos de Separação dos Espaços Aéreos do Atlântico Norte e do Corredor EUR-SAM 112
6 CONCLUSÃO 113
REFERÊNCIAS.....119
ANEXO I - Proposta de Necessidade Operacional 126

1 INTRODUÇÃO

As conexões aéreas com países de diferentes continentes são realizadas por meio das redes de rotas oceânicas que, sob os efeitos da globalização, ganharam um relevante protagonismo, em função do crescimento do tráfego aéreo transoceânico, que transporta um altíssimo fluxo diário de pessoas e mercadorias ao redor do mundo. Sob essa ótica, definir o espaço aéreo oceânico como o ambiente de pesquisa e buscar compreender os requisitos operacionais e o regramento aéreo para o uso desse espaço aéreo está em linha com o entendimento de Poder Aéreo na visão de Jasper (2010, p.40), que sintetiza as reflexões dos teóricos Giulio Douhet e Alexandre Seversky ao explicar que "o uso da atmosfera pelos equipamentos que ali transitam está no domínio do Poder Aéreo".

As regras de utilização do espaço aéreo oceânico são definidas pelo Anexo 2 (Regras do Ar) da Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO), órgão regulador das atividades aeronáuticas no mundo, criado em 1944 pela Convenção de Chicago. Como características operacionais, há de se destacar que os espaços aéreos oceânicos, diferente dos espaços aéreos continentais, não dispõem de recursos de navegação, comunicação e vigilância estruturados no oceano, para apoio à prestação dos serviços de controle de tráfego aéreo.

Os Provedores dos Serviços de Navegação Aérea, que representam os países responsáveis pela gestão aérea dos espaços aéreos oceânicos não dispõem, em suas estruturas, de suporte de radares para a provisão do serviço de vigilância.Dessa forma, os controladores de tráfego aéreo não possuem a visualização digital progressiva e contínua das posições das aeronaves nas telas dos sistemas de controle de tráfego aéreo.

A monitoração do tráfego aéreo oceânico realizada pelos órgãos de controle de tráfego aéreo ocorre a partir de dados dos planos de voo das aeronaves extraídos do sistema de gestão de tráfego aéreo. Esse monitoramento é chamado, de acordo com o *Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management* (ICAO, 2016a), de serviço de Vigilância Dependente Automática - Contrato (ADS-C) estabelecido para as aeronaves com sistema ADS-C embarcado, o qual projeta, por meio de satélites, as futuras posições das aeronaves nas telas de monitoramento dos controladores de tráfego aéreo, auxiliando-os na rastreabilidade das aeronaves

ao longo da rota planejada. O sistema ADS-C não é capaz de apresentar eventuais desvios realizados pelas aeronaves, em função de, por exemplo, formações meteorológicas na rota. Face a essa limitação, os controladores de tráfego aéreo fazem o monitoramento contínuo das posições das aeronaves com auxílio do sistema de comunicação.

Outra característica importante dos Provedores dos Serviços de Navegação Aérea no espaço aéreo oceânico está associada às comunicações, entre pilotos e controladores de tráfego aéreo, em frequência *Very High Frequency* (VHF), que não são efetivadas por falta de alcance, devido à distância das estações de rádio instaladas no continente. Em virtude dessa deficiência, os contatos entre pilotos e controladores de tráfego aéreo são estabelecidos por meio das comunicações por Enlace de Dados Controlador-Piloto, chamadas CPDLC, ou por frequências *High Frequency* (HF), segundo ressalta as Publicações de Informações Aeronáuticas (BRASIL, 2022c). A comunicação HF ocorre principalmente nas regiões oceânicas, pois este comprimento de onda possui um alcance maior em relação ao VHF, porém a sua qualidade é inferior, conforme destaca GIL (2011, p.28).

Do ponto de vista da navegação aérea, nos espaços aéreos oceânicos, as aeronaves deverão possuir, compulsoriamente, capacidade de navegação que permita operar em uma rota específica, criada por pontos geográficos no espaço, com a garantia de um monitoramento contínuo de suas posições. Essa exigência faz-se necessária, porque não há auxílios à navegação instalados no oceano. Estes recursos estão, normalmente, disponíveis no solo para apoiar os voos continentais.

Visando a segurança da navegação aérea, a ICAO, face às características operacionais do espaço aéreo oceânico citadas, definiu as regras de separação entre as aeronaves que trafegarem por esse espaço aéreo. A ICAO estabeleceu, no seu Anexo 2(Regras do Ar), a padronização das regras de separação longitudinal de 80 milhas náuticas e de separação lateral de 50 milhas náuticas entre as aeronaves.

Em função do acelerado crescimento do movimento aéreo no espaço aéreo oceânico do Atlântico Norte, por onde passa a malha aérea que liga a Europa à América do Norte e a Europa à América do Sul, a ICAO criou um grupo de estudo, com o propósito de promover melhorias para o espaço aéreo oceânico do Atlântico, que concluiu, recentemente, que as separações no espaço aéreo oceânico poderiam

ser reduzidas desde que as aeronaves possuíssem capacidades de comunicação, navegação e vigilância embarcadas, com específicos requisitos de desempenho.

Ao final dos estudos sobre a viabilidade da redução das separações, foi elaborado o *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019) que detalha os critérios exigidos para que a separação longitudinal seja reduzida de 80 para 30 milhas e a separação lateral diminua de 50 para até 23 milhas. O resultado do trabalho veio ao encontro das necessidades dos Provedores dos Serviços de Navegação Aérea dos espaços aéreos oceânicos do Atlântico Norte que, em 29 de março de 2018, implementaram as separações reduzidas entre as aeronaves com capacidades de navegação, comunicação e vigilância embarcadas. A redução das separações possibilitou a aproximação entre aeronaves na mesma rota, acomodando um maior número de equipamentos no espaço aéreo, e dessa forma, tem atendido a crescente demanda de tráfego aéreo que, de acordo dados do Grupo de Planejamento de Sistemas do Atlântico Norte, registrou, em 2017, cerca de 730.000 voos.

Conforme já foi dito, o espaço aéreo oceânico do Atlântico Norte conecta o movimento aéreo dos eixos Europa/América do Norte e Europa/América do Sul. Isso denota que, no trecho Europa/América do Norte, as aeronaves, com capacidades embarcadas, poderão ser separadas entre si por 30 milhas longitudinal e até 23 milhas lateral. Por outro lado, quando o fluxo de tráfego aéreo é deslocado da Europa para a América do Sul, a demanda de tráfego aéreo é afunilada para passar por um corredor aéreo, tecnicamente, chamado Corredor EUR-SAM, onde está concentrado o conjunto de 4 aerovias que canalizam os voos do eixo Europa/América do Sul. O Corredor EUR-SAM é constituído por espaços aéreos oceânicos sob jurisdição das Ilhas Canárias, Cabo Verde, Senegal e Brasil, segundo a SATMA (2022). Sendo assim, o serviço de controle de tráfego aéreo é compartilhado e é prestado dentro dos limites jurisdicionais de cada país.

Os Provedores dos Serviços de Navegação Aérea dos países do Corredor EUR-SAM não avançaram na implementação da separação reduzida entre as aeronaves com capacidades embarcadas como ocorreu com os Provedores dos Serviços de Navegação Aérea do Atlântico Norte. Diante dessa desarmonização das regras de separação, antes que os tráfegos ingressem e sejam acomodados nas aerovias do estreito Corredor EUR-SAM, os órgãos de controle de tráfego aéreo do

Atlântico Norte devem adotar procedimentos operacionais para ampliar as separações longitudinal e lateral, tais como ajustes de velocidades, ou aplicar da separação vertical entre as aeronaves, conforme previsto em norma atualmente.

De forma análoga, esses procedimentos são empregados no sentido América do Sul/Europa, na transição da separação reduzida empregada no espaço aéreo continental do Brasil para o Corredor EUR-SAM, contudo os reflexos são discretos, em função do menor volume de tráfego aéreo concentrado ao longo do dia, e porque as separações entre as aeronaves são criadas pelos controladores de tráfego aéreo no espaço aéreo continental do Brasil, onde há o auxílio de radares. Os profissionais de tráfego aéreo recorrem a essas medidas para garantirem as separações adequadas antes que as aeronaves ingressem no Corredor EUR-SAM.

Obviamente, é razoável admitir que a iniciativa de se implementar a redução das separações entre as aeronaves no espaço aéreo do Atlântico Norte está associada ao fato de ser o espaço aéreo oceânico do Atlântico Norte o mais movimentado do mundo, de acordo dados estatísticos publicados no *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019). Por essa razão, a adequação das regras do ar para o uso do espaço aéreo do Atlântico Norte foi necessária para gerenciar o crescimento da demanda de tráfego aéreo. Isso mostra que à medida que as necessidades operacionais surgem, as regras do ar devem ser revisitadas, a fim de se ajustarem às novas características da operação.

Contudo, a desarmonização das regras do ar entre dos espaços aéreos do Atlântico Norte e do Corredor EUR-SAM provoca descontinuidade na acomodação das aeronaves em níveis mais apropriados e aumenta a interferência dos órgãos de controle de tráfego aéreo, que empregam procedimentos operacionais, a fim de ampliar as separações entre as aeronaves, por meio do uso da redução de velocidades ou mudança de níveis de voo, para garantir que todas as aeronaves prestes a adentrar ao Corredor EUR-SAM estejam separadas 80 milhas longitudinal e 50 milhas lateral ou com a separação vertical adequada. Há de se considerar que, embora o Corredor EUR-SAM não possua um elevado movimento aéreo ao longo do dia, a concentração de tráfego aéreo em determinados horários é extremamente relevante.

Os impactos advindos da desarmonização das separações ainda não são conhecidos e, por essa razão, serão objetos de estudo desta pesquisa. Diante

desse quadro, as investigações serão aprofundadas para identificar as possíveis melhorias que poderão ser implementadas, a fim de evitar que, com o aumento do fluxo de tráfego aéreo, o Corredor EUR-SAM, de importância estratégica para os países da Europa e da América do Sul, transforme-se em um "gargalo" para o crescimento das operações aéreas.

Nessa acepção, trocar informações com os profissionais de tráfego aéreo, analisar modelos implementados por outros países e as soluções tecnológicas e operacionais empregadas, bem como identificar os impactos, para usuários e Provedores de Navegação Aérea, com o auxílio de ferramentas que simulem os cenários de operação com a separação reduzida, em tempo real e em tempo acelerado, calibradas com as métricas adequadas para explorar aspectos relacionados à segurança operacional, ao consumo de combustível e à emissão de gases constituem pontos críticos deste exame.

Agora, com o cenário de pesquisa totalmente contextualizado, passa-se a tratar do problema de pesquisa, dos objetivos geral e específicos que conduzirão o desenvolvimento do trabalho científico.

1.1 Problema de Pesquisa

O problema de pesquisa deste estudo é o seguinte: quais impactos, para o sistema de controle de tráfego aéreo e para os usuários do espaço aéreo, poderão ocorrer com a redução dos mínimos de separação longitudinal entre as aeronaves que voam no Corredor EUR-SAM?

1.2 Escopo da Pesquisa

Aprofundar os estudos científicos com fulcro no corredor aéreo que conecta o espaço aéreo do Atlântico Norte ao espaço aéreo do Atlântico Sul, chamado Corredor EUR-SAM, por onde passam os fluxos aéreos entre a Europa e a América do Sul. As análises dos impactos da aplicação das separações reduzidas, as quais serão realizadas neste trabalho, estarão pautadas no aprofundamento das investigações de uma porção amostral do espaço aéreo oceânico brasileiro que constitui parte do Corredor EUR-SAM.

1.3 Hipótese

A hipótese de pesquisa deste projeto é: a redução dos mínimos de separação no espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM poderá provocar variações no

consumo de combustíveis das aeronaves e na emissão de gases na atmosfera, bem como afetar os níveis aceitáveis de segurança operacional.

1.4 Objetivos da Pesquisa

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho de pesquisa visa: realizar uma análise comparativa das regras de separação, entre as aeronaves que voam sobre o Atlântico Norte e as que voam no Corredor EUR-SAM, e dos impactos que poderão ocorrer, com o emprego da separação reduzida, para os usuários e Provedores dos Serviços de Navegação Aérea do Corredor EUR-SAM.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos têm a finalidade de:

a) identificar as questões relacionadas aos conceitos de espaço aéreo e espaço exterior, sob a lente do Poder Aeroespacial, e ao regramento da navegação aérea;
b) examinar as características do movimento aéreo e os requisitos de navegação, comunicação e vigilância para a operação nos espaços aéreos do Corredor EUR-SAM e do Atlântico Norte;
c) analisar o risco à segurança operacional a partir da aplicação da separação reduzida com o auxílio do sistema simulação em tempo real;
d) identificar, por meio da simulação em tempo real, as funcionalidades operacionais do atual sistema de gestão de tráfego aéreo do Centro de Controle de Área Atlântico; e
e) realizar as análises quantitativa e comparativa dos relatórios de saída dos cenários hipotéticos e de referência criados no simulador *Total Airspace and Airport Modeler* (TAAM), destacando as informações sobre emissão de gases na atmosfera, consumo de combustível de aviação, disponibilidade de níveis de voo e carga de trabalho.

1.5 Justificativa

A proposta acadêmica e profissional do Projeto é desenvolver uma pesquisa científica com fulcro nas características operacionais do Corredor EUR-SAM e no regramento aéreo ao qual as aeronaves, que por ele transitam, estão submetidas.

O Corredor EUR-SAM, sob a perspectiva estratégica, é de elevada importância para conexão do principal fluxo aéreo internacional no eixo Europa/América do Sul. Esse cenário desperta o pensamento geopolítico contemporâneo, por apresentar-se como um ambiente fértil para investimentos em melhorias e expansão do Poder Aéreo, principalmente, na Região do Atlântico Sul.

Desenvolver ações colaborativas visando otimizar o ambiente operacional para a navegação aérea no Corredor EUR-SAM fortalece as relações internacionais entre o Brasil, Senegal,Ilhas Canárias e Cabo Verde por compartilharem o principal corredor que conecta o espaço aéreo do Atlântico Norte com o espaço aéreo do Atlântico Sul, bem como estreitam os laços de amizade e cooperação entre o Brasil e os países da América do Sul, que possuem espaços aéreos adjacentes, conforme determina a Política Nacional de Defesa (BRASIL, 2020c, p.17).

> No âmbito regional, a convergência de interesses contribui para o incremento da cooperação entre os países sul-americanos,o que poderá promover a consolidação da confiança mútua e a execução de projetos de defesa, visando, entre outros, ao desenvolvimento tecnológico e industrial,além de estratégias para a solução de problemas comuns.

A convergência de interesses regionais une os Estados vizinhos em torno do mesmo propósito, o qual está centrado no desenvolvimento de estratégicas que busquem a otimização do Corredor EUR-SAM, por ser este o responsável pela canalização da demanda de tráfego aérea no eixo Europa/América do Sul. A sensibilidade do Corredor EUR-SAM ao aumento sazonal do movimento aéreo é o principal fator motivador deste estudo, além da despadronização das regras de separação entre as aeronaves, que transitam do espaço aéreo do Atlântico Norte para o Corredor EUR-SAM e vice-versa. A desarmonização das regras de separação poderá provocar sérios congestionamentos no espaço aéreo e, sobretudo, diminuir as ofertas de níveis de voo.

No espaço aéreo oceânico, é aplicada a maior separação regulamentar entre as aeronaves, em função da impossibilidade de se implantar uma infraestrutura de radares capaz de cobrir todo o espaço aéreo oceânico. Nessa direção, esta pesquisa visa examinar bibliografias nacionais e internacionais que auxiliem na busca por soluções tecnológicas que poderão viabilizar a aplicação de separações reduzidas. Para enrijecer as bases científicas deste trabalho, serão realizadas simulações em tempo acelerado com o objetivo de identificar se haverá impactos

para os usuários com a redução da separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM.

Nesse contexto, os estudos aqui descritos visam esmiuçar, para melhor entendimento da comunidade aeronáutica , as análises dos resultados gerados pela simulação, com o emprego da separação reduzida em uma porção amostral do Corredor EUR-SAM sob jurisdição do Brasil. Do ponto de vista social e prático, caso as investigações realizadas apontem que, com a aplicação da separação reduzida, ocorrerão diminuição do consumo de combustíveis e da emissão de gases na atmosfera, espera-se que, consequentemente, o custo operacional para os operadores aéreos e os efeitos destrutivos ao meio ambiente sejam reduzidos.

Esse último benefício está em linha com as diretrizes estabelecidas pelo Acordo de Paris (BRASIL, 2017), assinado por vários países, dentre eles o Brasil, que fixou metas para mitigar as mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global, com o objetivo de promover a resiliência à mudança do clima por meio do desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa, visando manter a elevação da temperatura abaixo de 2 graus centígrados.

1.6 Metodologia do Trabalho de Pesquisa

1.6.1 Abordagem da Pesquisa

Os estudos do trabalho científico serão abordados de maneira quantitativa. Pois, com o auxílio do TAAM, serão criados 05 cenários de simulação. O simulador produzirá gráficos e tabelas que apresentarão resultados acerca da carga de trabalho, consumo de combustíveis, emissão de gases e oferta de níveis ótimos de voo (onde há o menor consumo de combustíveis por milha voada). De posse desses indicadores e por meio do método comparativo, será possível depreender sobre os resultados da simulação.

1.6.2 Objetivo da Pesquisa

Do ponto de vista do objetivo, a pesquisa será experimental, pois cenários experimentais serão simulados no TAAM, com o objetivo de identificar os resultados com a aplicação da separação atual e com a separação reduzida. Ao final, os relatórios de saída serão comparados.

1.6.3 Tipo de pesquisa

Quanto ao tipo, a pesquisa será documental, modelagem ou simulação e pesquisa-ação. Do ponto de vista teórico, para construir uma base científica, serão

estudados os relatórios de simulação do TAAM, documentos nacionais do Comando da Aeronáutica do Brasil e da Organização de Aviação Civil Internacional que tratarão sobre o tema, bem como os escritos relacionados ao Poder Aéreo, sob a ótica dos teóricos Giulio Douhet e Alexandre Seversky, aos conceitos de espaço aéreo e espaço exterior e ao regramento da navegação aérea mundial.

A simulação e pesquisa-ação será realizada em duas etapas. Na primeira, questões ligadas à segurança operacional serão investigadas através da execução da simulação em tempo real (STR), a qual será desenvolvida no laboratório de simulação do Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA III), com a participação dos controladores de tráfego aéreo e da equipe de segurança operacional. Na segunda etapa, será empreendida a simulação em tempo acelerado (STA), com o auxílio do TAAM, onde serão testados cenários hipotéticos, com a separação atualmente aplicada e com as separações reduzidas propostas.

Visando obter diferentes resultados, haverá intervenção por parte do pesquisador na preparação desses cenários, com o objetivo de examinar o comportamento operacional da aviação, sob efeito das interferências realizadas, no espaço aéreo estudado.

1.6.4 Validação da Simulação

Os cenários de simulação para as análises em tempo real e em tempo acelerado serão construídos com os dados de coordenadas geográficas, de uma porção amostral do espaço aéreo do Corredor EUR-SAM pertencente ao Brasil, de planos de voo e de movimento de aeronaves extraídos do Sistema Avançado de Gerenciamento de Informações de Tráfego Aéreo e Relatórios de Interesse Operacional (SAGITARIO), *software* utilizado no Brasil para a prestação do serviço de tráfego aéreo.

Nesse contexto, para que os cenários construídos, em ambientes simulados, retratem a operação real, todo o processo de criação de cenários e elaboração de exercícios passará por uma avaliação criteriosa dos controladores de tráfego aéreo do CINDACTA III. Somente após a constatação da equivalência entre os cenários hipotéticos e o real, os controladores de tráfego aéreo do CINDACTA III validarão os exercícios para a simulação.

1.7 Estrutura do Trabalho de Pesquisa

O trabalho de pesquisa será dividido em 6 tópicos.No capítulo 1, Introdução, destacou-se, de forma resumida, a importância das redes de rotas oceânicas para conexão dos países de diferentes continentes, bem como a relevância da compreensão dos requisitos operacionais e do regramento aéreo para o uso do espaço aéreo oceânico. Ressaltou a visão dos teóricos do Poder Aéreo sobre o uso da atmosfera pelas aeronaves e detalhou as características operacionais, dos espaços aéreos oceânicos do Atlântico Norte e do Chamado Corredor EUR-SAM, que poderão provocar impactos, em função do emprego de diferentes regras de separação. Por último, foram apresentados o problema de pesquisa, a hipótese, os objetivos da pesquisa, a justificativa, a metodologia e a estrutura da pesquisa científica.

Os escritos do capítulo 2, O Poder Aeroespacial e o Regramento da Navegação Aérea Mundial, serão dedicados à abordagem das questões relacionadas aos conceitos de espaço aéreo e espaço exterior e à discussão sobre Poder Aéreo e Poder Aeroespacial. Na mesma seção, discorrer-se-á sobre a história do regramento da navegação aérea e a relevância da Organização de Aviação Civil Internacional desde a sua criação até os dias de hoje.

No capítulo 3, Movimentos Aéreos e os Espaços Aéreos Oceânicos da Região NAT e do Corredor EUR-SAM, serão apresentados os movimentos aéreos e as estruturas dos espaços aéreos oceânicos do Corredor EUR-SAM e do Atlântico Norte, assim como serão investigados os sistemas de gestão de controle de tráfego aéreo utilizados no Brasil e em Portugal. Nessa seção, serão examinados as separações e os requisitos de desempenho de aeronaves e de solo utilizados para a navegação nos espaços aéreos do Corredor EUR-SAM e do Atlântico Norte.

O capítulo 4, Simulação da Aplicação da Separação Reduzida em Espaço Aéreo Oceânico, tratará da preparação e execução da simulação com o propósito de identificar os impactos que poderão ocorrer ao ser aplicada a separação longitudinal reduzida entre as aeronaves no espaço aéreo do Corredor EUR-SAM. Nesta seção, serão abarcados dois modelos de simulação: a simulação em tempo real (STR) e a simulação em tempo acelerado (STA).

Na simulação em tempo real, será observado o comportamento operacional dos controladores frente ao cenário onde a separação entre as aeronaves foi

reduzida. Já na simulação em tempo acelerado, serão criados cenários hipotéticos na base de dados do simulador *Total Airspace and Airport Modeller* (TAAM), *software* licenciado pela empresa *Jeppesen*, com o objetivo de verificar os resultados gerados pelas simulações relacionados ao consumo de combustíveis, à emissão de gases, à utilização de níveis ótimos de voo e à carga de trabalho.

O capítulo 5, Análises dos Impactos da Aplicação das Separações Reduzidas no Corredor EUR-SAM, será destinado às análises do pesquisador, no que tange aos relatórios de saída das simulações, ancoradas sob a égide dos conceitos da análise SWOT, que auxiliarão na interpretação dos resultados ao mostrar os efeitos que poderão eclodir de uma eventual implementação da redução da separação no Corredor EUR-SAM.

No capítulo 6, Conclusão, serão revisitados a hipótese e o problema inicial, bem como verificados os objetivos e apresentados os destaques relevantes de cada capítulo, que desencadearão profundas investigações e trarão dados suficientes para inferir sobre as principais questões arvoradas no trabalho de pesquisa.

2 O PODER AEROESPACIAL E O REGRAMENTO DA NAVEGAÇÃO AÉREA MUNDIAL

2.1 O Espaço Aéreo e o Espaço Exterior

As questões relacionadas aos conceitos de espaço aéreo e espaço exterior permeiam o complexo ramo do Poder Aeroespacial que a Doutrina Militar de Defesa (BRASIL, 2007, p.15) o define como "projeção do Poder Nacional que se expressa com a capacidade resultante da integração dos recursos de que a Nação dispõe, para a utilização do poder aéreo e do espaço exterior, quer como instrumento de ação política e militar, quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando conquistar e manter os Objetivos Nacionais".

A Doutrina Militar de Defesa traz dentro do conceito de Poder Aeroespacial as expressões poder aéreo e espaço exterior. Para compreender o significado de cada uma delas, é preciso esmiuçar melhor esses dois assuntos. As primeiras contestações em torno do tema poder aéreo foram arvoradas pelos teóricos Giulio Douhet e Alexandre Seversky. Na visão desses pensadores, o poder aéreo constitui-se da capacidade de projeção de poder em uma terceira dimensão, sendo a primeira o poder marítimo e a segunda o poder terrestre. Rosa (2020, p.21) destaca que"essa concentração do foco geopolítico nas superfícies terrestre e marítima seria

contestada, particularmente durante as guerras mundiais de 1914 e 1939, quando se inicia o debate sobre a importância da terceira dimensão geográfica em razão do desenvolvimento tecnológico da aviação e sua incorporação às estratégias militares".

Nesse imbróglio, com a amplificação do entendimento de poder aéreo, Douhet (1988, p.58) define a Força Aérea como "[...] uma organização capaz de combater no novo campo de batalha [...] onde nem o Exército, nem a Marinha podem, em absoluto, operar". A Segunda Guerra Mundial, nesse contexto, foi palco de grandes demonstrações do poder aéreo. Os bombardeios realizados por aeronaves alemãs à cidade Rotterdam, na Holanda, em 1940, e a destruição às cidades de Berlim e Dresden, entre final de1943 e o início de 1945, projetaram a terceira dimensão de poder. A guerra, com a ativa participação da aviação nos combates, foi redesenhada com contornos mais agressivos e determinantes. Essas características bélicas do poder aéreo foram evidenciadas pelo lançamento das ogivas nucleares que causaram a aniquilação das cidades de Hiroshima e Nagasaki em agosto de 1945.

Esse evento destacou bem a capacidade operacional engajada da terceira dimensão de poder na Segunda Guerra Mundial, contudo a relação poder aéreo e espaço exterior, como bases do poder aeroespacial, não fora clarificada. Nessa perspectiva, Rosa (2020, p.26), em sua tese, salienta que " Desde os aeróstatos até os foguetes espaciais, utiliza, para tanto, a teoria do poder aéreo (DOUHET, 1988), a incorporação desta teoria ao cenário geopolítico pós Segunda Guerra Mundial (2ª GM) (SEVERSKY, 1950), e a passagem do poder aéreo para o poder aeroespacial [...], a fim de destacar que a tecnologia representada pela aviação, e a consequente expansão ao espaço exterior, alterou a compreensão de poder advinda dos teóricos da geopolítica clássica (MAHAN, 1890) (MACKINDER, 1904), assim como as estratégias militares".

Rosa (2020, p.217) ainda repercute que, na Guerra Fria, "[...]o poder aéreo nos vetores dos mísseis balísticos, que cruzavam a estratosfera, e dos bombardeiros estratégicos de longo alcance que protagonizavam a cena, a perspectiva se elevou ao espaço exterior, naquilo que ficou conhecido como corrida espacial". Diante desse quadro, a discussão sobre o ambiente transicional que envolve o espaço aéreo, utilizado por aviões e equipamentos congêneres, e espaço

exterior, empregado por foguetes, trouxe à baila questões relacionadas territorialidade (SACK, 1986), além de fatores relativos à tecnologia e à economia, componentes básicos da geopolítica aeroespacial.

O debate sobre essa matéria permite uma profunda exploração de outras problemáticas as quais não serão abordadas neste estudo, entretanto, como ponto de partida para as próximas reflexões, vale destacar Jasper (2010, p.40), que em síntese, explica que "o uso da atmosfera pelos equipamentos que ali transitam está no domínio do Poder Aéreo, enquanto o domínio do espaço exterior é considerado como Poder Espacial". Diante desse recorte, há de se pensar, em um primeiro momento, que Poder Aéreo e o Poder Espacial serão classificados de acordo com os ambientes que estarão inseridos; podendo ser o espaço aéreo, limitado ao uso da atmosfera, para o Poder Aéreo ou o espaço aéreo exterior, adjacente ao espaço aéreo, para o uso do Poder Espacial.

Aparentemente, pode parecer que se trata de uma divisão simples separar o Poder Aéreo do Poder Espacial, todavia a definição de limite varia de acordo com dispositivos normativos dos Estados. Jasper (2010, p.40) ressalta que a Rússia limita o espaço exterior a partir de 110 Km. Em contrapartida, os Estados Unidos consideram esse limite, em seus projetos, na altitude de 90 milhas náuticas. O arcabouço jurídico internacional que discorre sobre esse assunto é inconsistente e não favorece o entendimento, no que se refere à delimitação entre o espaço aéreo e o espaço exterior.

Para a Organização de Aviação Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* – ICAO), organismo responsável pela regulamentação do uso do espaço aéreo, o seu principal dispositivo regulatório, a *Convention International Civil Aviation* (Convenção de Aviação Civil Internacional) de 1944 (ICAO, 2006), não estabelece um limite superior para o espaço aéreo.No que tange ao espaço exterior, Rosa (2020, p.50) ressalta que o "Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (*Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* – COPUOS), colegiado da Organização das Nações Unidas (ONU) para o trato da regulamentação do uso do Espaço, também não traz uma definição do ponto de transição entre atmosfera e espaço exterior. Tal demanda já foi identificada em relatório de 2001, que apontou uma premente necessidade de delimitação do

espaço exterior, como forma de dar base legal às ações dos Estados (COPUOS, 2001)".

Como pode-se perceber, a linha imaginária divisória entre o espaço aéreo, destinado ao Poder Aéreo, e o espaço exterior, vinculado ao Poder Espacial, flutua de Estado para Estado. Nesse ambiente, Al-Rodhan (2011, p. 212) afirma que “O poder [aero]espacial continuará a modificar a dinâmica do relacionamento geopolítico entre os Estados”. Após a exegese desses recortes, é possível identificar que o estudo sobre o espaço aéreo oceânico, escopo desta pesquisa, está instalado no âmbito do Poder Aéreo, por ser utilizado dentro dos limites da atmosfera e estar organizado verticalmente por camadas isobáricas bem definidas, que permitem a navegação aérea além das fronteiras jurisdicionais dos Estados, de forma a construir uma gigante rede de rotas, que viabiliza a circulação de pessoas e mercadorias ao redor do mundo.

2.2 A História do Regramento da Navegação Aérea

O espaço aéreo disponível limitado ao uso da atmosfera por onde transitam os equipamentos está no domínio do Poder Aéreo e emoldurado sob a égide do conceito de Poder Aeroespacial que, nesta pesquisa, está atrelado à projeção de poder e a fatores de desenvolvimento econômicos, tecnológicos e sociais. Dito isso, descortina-se a discussão acadêmica sobre o espaço aéreo, dedicado ao trânsito de aeronaves civis e militares não engajadas em missões de defesa aeroespaciais, sobre o continente e o oceano, e ao fomento da indústria aeronáutica, que se submete ao regramento do organismo conhecido como Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO).

A instituição criada em 07 de dezembro de 1944, como agência especializada da Organização das Nações Unidas, com sede em Montreal, Canadá, a ICAO, constituída por 191 Estados Signatários, é o órgão regulador das atividades aeronáuticas no mundo. Atualmente, de acordo com a Agência Especializada da Nações Unidas (ICAO, 2022a), os procedimentos e as regras de navegação aérea para o uso da rede de rotas estabelecidas pelos Estados em espaço aéreo continental ou oceânico são discutidos por painéis da Comissão de Navegação Aérea (ANC) constituídos por grupos técnicos de especialistas capacitados formados pela ANC. Esta Comissão convida os Estados e Organizações a nomearem seus membros, bem como Estados e Organizações também podem

solicitar a nomeação de especialistas para os painéis. Cada painel possui entre 15 e 20 membros.

Os técnicos devem possuir experiência em uma ou mais das seguintes disciplinas: gerenciamento de tráfego aéreo; gerenciamento de informações aeronáuticas; comunicação e navegação; operações de voo; desenho e operações de aeródromo; educação, treinamento e competência pessoal; gerenciamento da qualidade; gerenciamento da segurança; e regulamentação de supervisão. Esse modelo de excelência foi construído ao longo do tempo, em meio a duas guerras mundiais.

O livro *International Air Law and* ICAO (Milde, 2007, p.8) remonta a história e reaviva a lembrança de que o primeiro esforço diplomático internacional para formular a principal lei relativa à navegação aérea foi apresentado na Conferência Internacional de Navegação Aérea de Paris em 1910. A proposta da criação do fórum de discussão partiu do governo francês que esboçou preocupação quanto a questões operacionais de voo dentro e sobre território estrangeiro. Milde (2007, p.8) relata que o fator gerador dessa demanda, que tomou o centro do debate no fórum, estava associado ao desconforto diplomático por parte do governo francês com o episódio ocorrido entre abril e novembro de 1908 quando, ao menos, 10 balões alemães cruzaram as fronteiras do país e pousaram em território francês carregando mais de 25 aviadores, sendo, ao menos a metade, oficiais alemãs.

A Conferência Paris de 1910 contou com a participação de 19 Estados e concluiu um projeto com 55 artigos e 3 anexos. Além disso, os Estados, em comum acordo, estabeleceram alguns princípios que reapareceram na Convenção de Paris de 1919 e influenciaram a Convenção de Chicago de 1944 que foram: criação de zonas proibidas pelos Estados, acima das quais nenhum voo internacional poderia trafegar; cabotagem reservada a aeronaves nacionais; e estabelecimento de companhias aéreas internacionais sujeito ao consentimento dos Estados envolvidos. Para Cooper (1968), a Conferência de Paris de 1910 evidenciou, pela primeira vez, que o espaço aéreo acima das terras e das águas de um Estado faz parte desse Estado.

A obra *An Historical Survey of International Air Law Before the Second World War* (Sand, Freitas, Pratt, 1960, p.33) destaca que durante a primeira guerra mundial, entre os anos de 1914 e 1918, o emprego de aeronaves aumentou

significativamente. A Grã-Bretanha que possuía 12 aeronaves militares, no final da guerra, já somava 22 mil equipamentos. Com o crescimento da demanda aérea juntamente com o início do primeiro serviço regular de transporte internacional em 22 de março de 1919 e o primeiro voo através do Atlântico por Alcock e Brown entre 14 e 15 de junho do mesmo ano, tornou-se necessário o desenvolvimento da regulamentação para fins aéreos.

Frente a esse novo desafio, por iniciativa do governo francês, foi realizada uma conferência com a participação de 38 Estados que deliberaram a favor da abertura da Primeira Convenção Internacional sobre Navegação Aérea em 13 de outubro de 1919. Os princípios fundamentais oriundos da Convenção de Paris de 1919 foram os seguintes: o reconhecimento de que todo Estado tem soberania completa e exclusiva sobre o espaço aéreo acima do seu território; a liberdade de passagem inocente de aeronaves de Estados contratantes sobre o território de outros Estados contratantes e o direito de usar aeródromos públicos desse Estado; por razões militares ou de interesse da segurança pública, aeronaves podem ser proibidas de sobrevoar em certas áreas do território de um Estado, sem distinção entre aeronaves nacionais e estrangeiras; aeronaves de Estados não contratantes não deveriam ser autorizadas a entrar no espaço aéreo dos Estados contratantes; foi imposta a regulamentação uniforme e obrigatória da navegação aérea para garantir a segurança de voo; e outras questões legais tratadas pela Convenção incluíram o registro de aeronaves, certificados de aeronavegabilidade, certificados de competência e licenças.

Sand, Freitas e Pratt (1960, p.34) ressaltam que "a conquista mais importante da Convenção foi a criação de uma Comissão Internacional de Navegação Aérea, comumente conhecida como CINA. Suas principais funções eram: a preparação de emendas à Convenção para submissão aos Estados para ratificação; a elaboração e revisão dos regulamentos técnicos e de segurança; a interpretação desses regulamentos e a circulação de informações relativas à navegação aérea". Na visão desses estudiosos, os trabalhos desenvolvido pela CINA e por suas subcomissões provaram ser muito úteis para a elaboração dos Anexos da Convenção de Chicago de 1944. Dentro da história, foram realizadas outras Convenções como a Ibero Americana de 1926, a Pan-Americana de 1928 e Internacional Sanitária as quais pouco influenciaram a Convenção de Chicago de 1944.

Diante do contexto histórico, é possível notar que a ICAO atua no sentido de harmonizar, no mundo, as regras de utilização do espaço aéreo pelas aeronaves, em consenso e com a ativa participação dos países signatários. A Convenção de Chicago de 1944, documento deliberativo que deu origem ao organismo regulador, estabelece “princípios e arranjos de modo que a aviação civil internacional possa ser conduzida de forma organizada e segura” (ICAO, 2006, p. 1).

Esses princípios e arranjos são traduzidos por normas e práticas recomendadas na aviação civil internacional (*Standards and Recommended Practices* – SARPS) aprovadas pela ICAO após análises do corpo técnico específico e das instâncias consultivas, nas quais atuam as autoridades de aviação civil de seus Estados membros e diversos órgãos interessados, como associações de classe e organizações não governamentais.

Segundo o Plano de Atuação Internacional (BRASIL, 2018), há atualmente mais de 10 mil SARPS que estão distribuídas nos 19 Anexos da Convenção de Chicago. Por meio dessas normas e de políticas complementares, auditorias e esforços estratégicos de desenvolvimento, a rede global de transporte aéreo consegue operar cerca de 100 mil voos por dia, de maneira segura e eficiente.

Face às especificidades dos assuntos abordados nesta pesquisa, as discussões orbitarão em torno do Anexo 2 (Regras do Ar) e do Anexo 11 (Serviços de Tráfego Aéreo). As regras do Anexo 2 juntamente com as Normas e Práticas Recomendadas do Anexo 11 regem a aplicação dos Procedimentos para Serviços de Navegação Aérea - Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ICAO, 2016a) e Procedimentos Regionais Suplementares (ICAO, 2008), no qual, neste último documento, são encontrados procedimentos subsidiários de aplicação regional.

A coletânea de Procedimentos Suplementares Regionais (SUPPS) (ICAO, 2008) é organizada por regiões que são denominadas como: Região África - Oceano Índico (AFI), Região Caribe (CAR), Região Europa (EUR), Região Oriente Médio/Ásia (MID/ASIA), Região América do Norte (NAM), Região Norte Atlântico (NAT), Região do Pacífico (PAC) e Região Sul-Americana (SAM). Os SUPPS constituem parte processual do Plano de Navegação Aérea desenvolvidos em Reuniões Regionais de Navegação Aérea (RAN) para atender necessidades específicas que não foram abrangidas pelas disposições mundiais.

Nessa perspectiva, embora haja uma variedade de assuntos, por Regiões, que poderiam ser abordados como diferenças, esta pesquisa foi dedicada à investigação das regras de utilização dos espaços aéreos oceânicos das Regiões NAT, EUR e SAM com foco nas questões relacionadas ao serviço de controle de tráfego aéreo, aos sistemas de comunicação, navegação e vigilância, além de analisar os movimentos aéreos das Regiões selecionadas e outras características relevantes para o estudo.

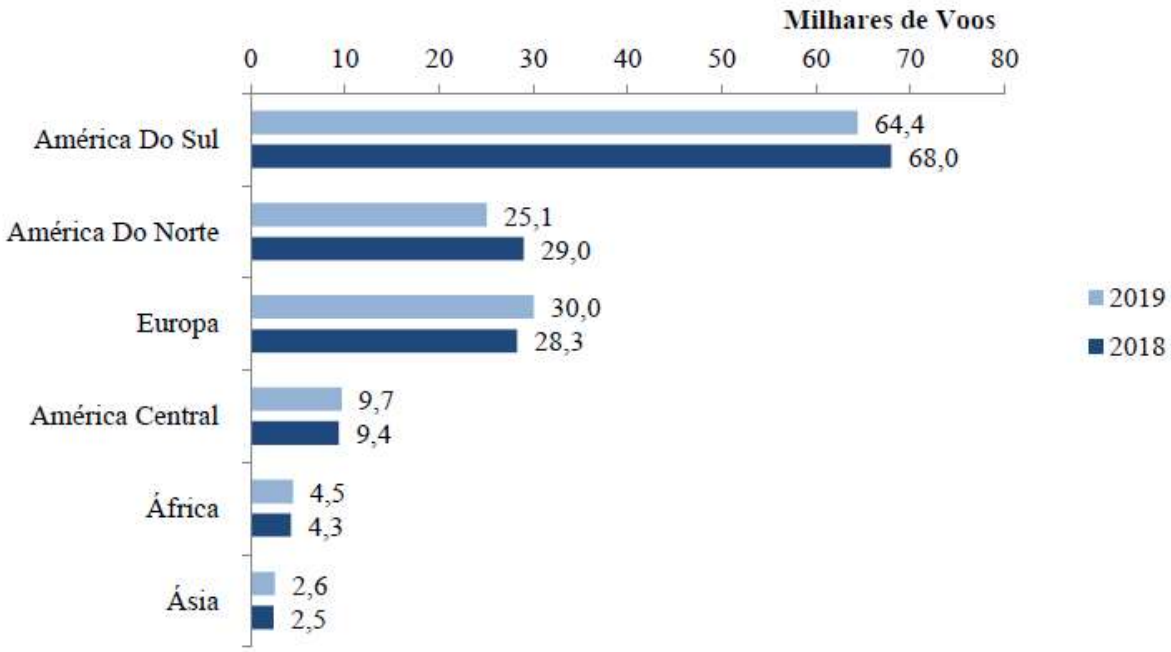
3 MOVIMENTOS AÉREOS E OS ESPAÇOS AÉREOS OCEÂNICOS DA REGIÃO NAT E DO CORREDOR EUR-SAM

3.1 Movimentos aéreos continentais e os impactos da pandemia da COVID-19

No mundo globalizado, há uma premente necessidade de se estabelecer conexões entre os países, para garantir o fluxo de pessoas e mercadorias, a fim de movimentar a economia mundial. Nesse sentido, este estudo traz para investigação o movimento aéreo internacional com passagem pelo Brasil, que se ramifica para outros continentes.

De acordo com dados extraídos do Anuário Estatístico de Transporte Aéreo da Agência Nacional de Aviação Civil (BRASIL, 2019a, p.36), é possível observar a importante relação propulsada pela indústria de transporte aéreo, principalmente, nos países da América do Sul, da América do Norte e da Europa. Considerando os anos de 2018 e 2019, a ANAC destaca a situação do movimento aéreo entre o Brasil e outros países, por continente.

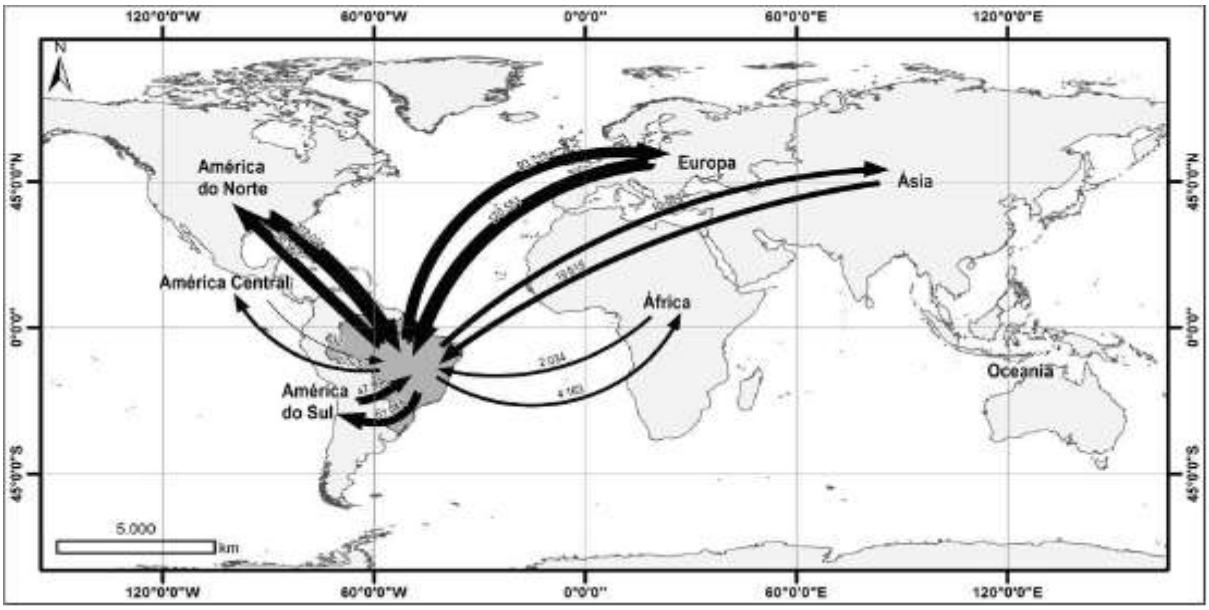
Gráfico 1 - Quantidade de voos entre o Brasil e outros países, por continente, 2018 e 2019



Fonte: Anuário de Transporte Aéreo da ANAC (2019).

O gráfico 1 mostra que a América do Sul, em 2018 e 2019, representou o maior mercado aéreo para o Brasil, chegando a 68 mil voos em 2018 e a 64 mil em 2019. A América do Norte ocupou a segunda posição no *ranking* em 2018, totalizando 29 mil voos, enquanto a Europa ficou em terceiro lugar com um pouco mais de 28 mil voos no mesmo período. Em 2019, o movimento aéreo entre o Brasil e a Europa superou a concentração de aeronaves entre o Brasil e a América do Norte, chegando a 30 mil voos, passando a ocupar a segunda posição no *ranking*. Esse movimento foi responsável pela criação de fortes correntes de fluxo de tráfego aéreo, principalmente, nos eixos Brasil/Europa, Brasil/América do Norte e Brasil/América do Sul, conforme destaca a figura 1 abaixo:

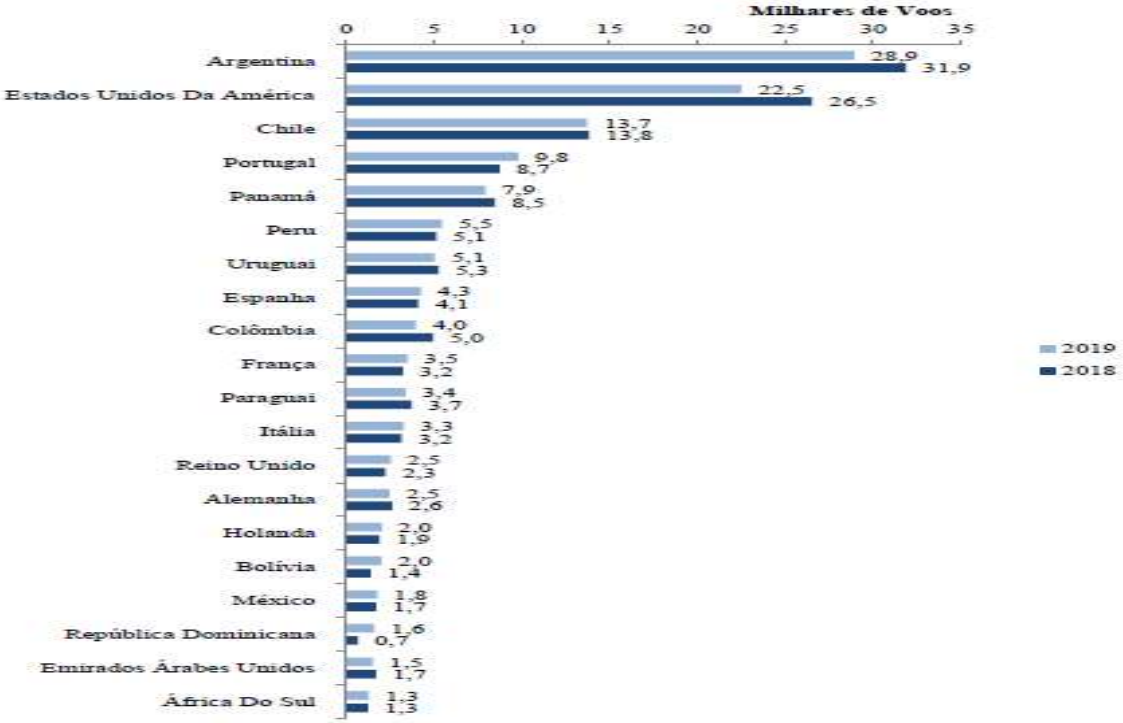
Figura 1- Principais fluxos aéreos



Fonte :ANAC (2019).

O Anuário de Transporte Aéreo (BRASIL, 2019a) ainda destaca o movimento aéreo entre o Brasil e os principais destinos internacionais, conforme aponta o gráfico 2 a seguir:

Gráfico 2 - Quantidade de voos realizados entre o Brasil e os 20 principais destinos internacionais, 2018 e 2019

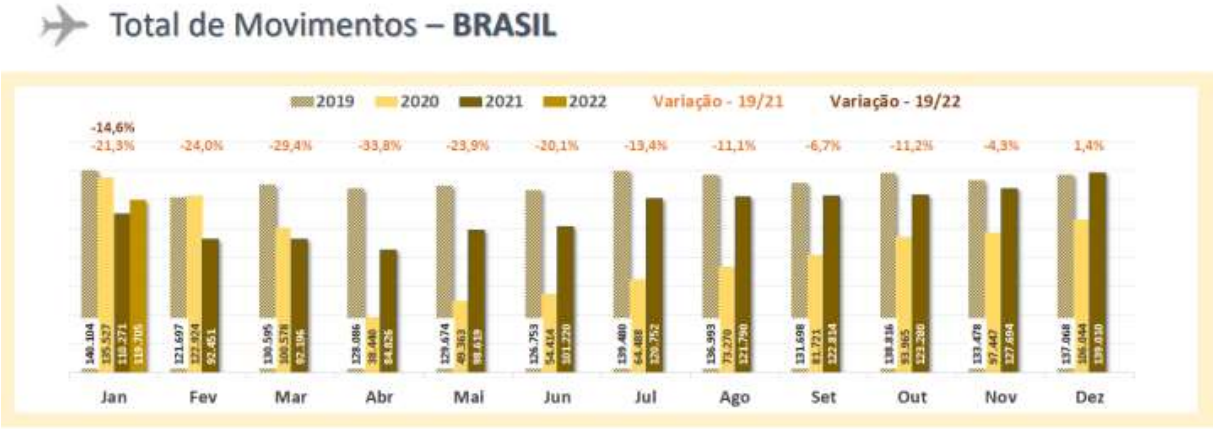


Fonte: Anuário de Transporte Aéreo da ANAC (2019).

A partir de fevereiro de 2020, o movimento aéreo que circulava entre o Brasil e os 20 principais destinos internacionais sofreu forte redução, em função dos

impactos causados pela pandemia da COVID-19. O Relatório Comparativo do Movimento Aéreo (BRASIL, 2021b) apresenta, no gráfico 3, os indicadores de movimentos no Brasil em 2019, 2020, 2021 até janeiro de 2022, que apontaram o encolhimento da malha aérea no país, a qual chegou a operar com 30% da frota em abril de 2020, quando comparado ao mesmo período de 2019.

Gráfico 3- Movimento aéreo 2019, 2020, 2021 e janeiro de 2022.



Fonte:Relatório Comparativo do Movimento Aéreo (2021).

Com o arrefecimento da emergência sanitária da COVID-19 a partir do segundo semestre de 2021, houve uma significativa retomada das operações aéreas, chegando, em dezembro de 2021, a ultrapassar o movimento aéreo de dezembro de 2019 em 1,4%. Em janeiro de 2022, a demanda de tráfego aéreo superou o movimento de janeiro de 2021, porém aparece com uma defasagem de 14,6% quando comparado ao mesmo mês de 2019.

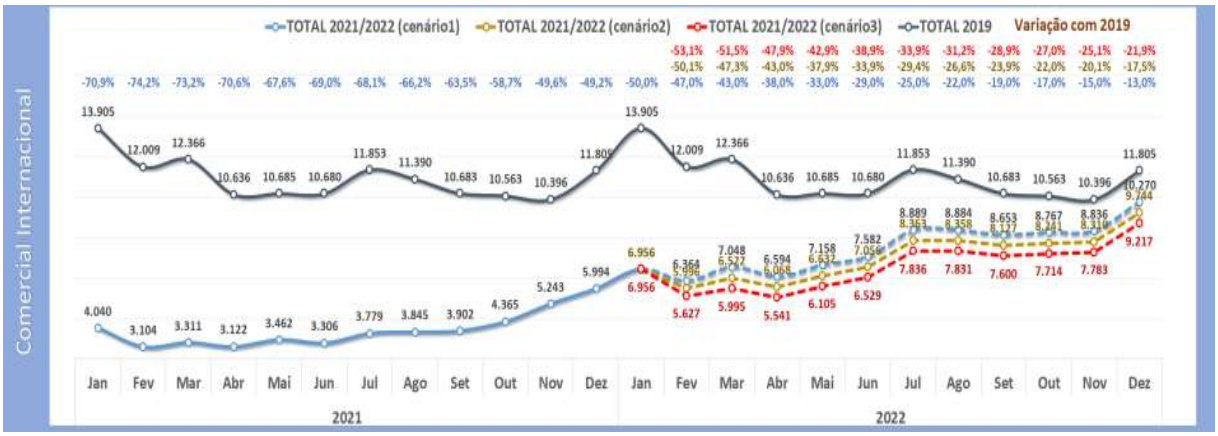
A Previsão de Demanda Anual (BRASIL, 2022b), mostra o crescimento sustentável da aviação comercial doméstica com a previsão de três cenários: ótimo, regular e ruim. No cenário 1 (ótimo), a previsão é de que, em outubro de 2022, o movimento da aviação comercial atinja o mesmo patamar de 2019 e, em dezembro de 2022, haja um crescimento de 1% quando comparado ao mesmo mês de 2019. No cenário 2 (regular), a previsão é de que o movimento aéreo esteja com uma defasagem de 4,2% e no cenário 3 (ruim) com redução de 9,3% ambos em dezembro de 2022, quando comparado ao mesmo mês de 2019, conforme apresenta o gráfico 4.

Gráfico 4- Projeção de crescimento da aviação doméstica no Brasil em 2022.

Fonte:Previsão de Demanda Anual (2022).

A Previsão de Demanda Anual (BRASIL, 2022b), da mesma forma, projeta os três cenários de movimento da aviação comercial internacional para 2022, conforme destaca o gráfico 5 a seguir:

Gráfico 5- Projeção de crescimento da aviação internacional em 2022.



Fonte:Previsão de Demanda Anual (2022).

Nesse gráfico, nota-se um crescimento gradual, que prevê uma desfasagem entre os cenários que pode variar de 13% a 21,9% em dezembro de 2022, quando comparado ao mesmo mês de 2019. Diante das projeções, as expectativas da indústria de transporte aéreo são boas para os próximos anos. Por outro lado, surge o desafio de buscar melhorias para o sistema de controle de tráfego aéreo por meio de estudos e parcerias com outros países.

No Brasil, essa atribuição fica a cargo da Força Aérea Brasileira, representada pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) (BRASIL, 2022) que "é a organização responsável pelo controle do espaço aéreo brasileiro, provedora dos serviços de navegação aérea que viabilizam os voos e a ordenação dos fluxos de tráfego aéreo no País". As ações estratégicas promovidas pelo

DECEA e por outros organismos congêneres de outros Estados, face à necessidade de otimização da provisão dos serviços de navegação aérea prestados aos usuários do sistema, serão de vital importância para o destravamento do crescimento do movimento aéreo doméstico e internacional.

3.2 Planejamento Estratégico do Departamento de Controle do Espaço Aéreo

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo reconhece a importância de construir, por meio da eficiência na prestação dos serviços de navegação aérea, um ambiente promissor para os operadores aéreos com vista à ampliação do comércio entre os Estados, à locomoção de pessoas e à redução de danos causados ao meio ambiente. Nessa Perspectiva, a Concepção Operacional de Gerenciamento de Tráfego Aéreo Nacional (BRASIL, 2021c, prefácio) evidencia que

> a aviação é parte integrante da sociedade. Com operações cada vez mais seguras e confiáveis, conecta pessoas e viabiliza negócios ao redor do mundo, sendo um importante motor do crescimento econômico, do desenvolvimento sustentável e da melhoria da qualidade de vida das pessoas.

Em virtude da relevância singular da aviação para sociedade, principalmente, no atual momento de recuperação econômica, o DECEA, como órgão gestor do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), admite as previsões de crescimento do tráfego aéreo, mesmo diante dos efeitos causados pela emergência sanitária da COVID-19, e requisita às administrações nacionais a adoção de medidas, visando melhorias nos sistemas de navegação aérea e de controle de tráfego aéreo. A Concepção Operacional de Gerenciamento de Tráfego Aéreo Nacional (BRASIL, 2021c, prefácio), que abarca a questão ressalta que

> mesmo diante dos desafios atuais causados pela pandemia da COVID-19, as previsões apontam para o crescimento do volume de tráfego aéreo nos próximos 20 anos, requerendo das administrações nacionais a adoção de ações para o estabelecimento de sistemas de navegação aérea e de controle do espaço aéreo de alta *performance*. Para atender a essa realidade, a indústria da aviação tem unido esforços com o intuito de conceber e construir uma infraestrutura de navegação aérea ágil, segura, sustentável, de alto desempenho e interoperável.

O esforço conjunto do DECEA e da indústria aeronáutica será de suma importância para conceber uma navegação aérea mais ágil, segura e de alto desempenho.Nesse sentido, levando-se em consideração a importância geoestratégica do Brasil para outros países, principalmente, das Regiões EUR e SAM, a Concepção Operacional de Gerenciamento de Tráfego Aéreo Nacional (BRASIL, 2021c, p.22) aponta que

> [...]os impactos da implementação desta Concepção Operacional podem se estender além das fronteiras nacionais, requerendo intensa coordenação e cooperação em nível mundial e, notadamente, em nível regional, incluindo o exame de sua repercussão nas áreas ou espaços aéreos vizinhos, considerando, inclusive, os planejamentos existentes nos respectivos Estados.

Haja vista que a Concepção Operacional de Gerenciamento de Tráfego Aéreo Nacional (Concepção Operacional ATM Nacional) (BRASIL, 2021c) possui em sua composição diversas áreas de atuação, este estudo reduziu o escopo e tratou do espaço aéreo oceânico brasileiro e das relações com os espaços aéreos oceânicos do Atlântico Norte, bem como da importância da evolução do SISCEAB para Região SAM diante da expectativa da retomada do crescimento da navegação aérea no espaço aéreo oceânico do Atlântico Sul, atrelada ao aquecimento da economia mundial. Com fulcro nesse cenário, o Plano de Implementação ATM Nacional (BRASIL, 2012, p.15) orienta que

> o Brasil, sendo parte do sistema global de navegação aérea, necessita fazer-se representar nos foros internacionais que tratam de assuntos referentes a esse tema, não apenas para aquilatar interesses políticos, técnicos e operacionais que possam interferir no gerenciamento do tráfego aéreo nacional, mas, também, para contribuir em prol de uma maior eficiência e evolução da navegação aérea, tanto no contexto nacional como regional.

Atualmente, a participação do Brasil nesses fóruns tem sido ativa e de grande interesse, por possuir espaços aéreos semelhantes aos espaços aéreos oceânicos das Regiões NAT (Norte Atlântico) e SAT (Sul Atlântico), classificados como aéreas homogêneas que, conforme definição estabelecida pelo Plano de Implementação ATM Nacional (BRASIL, 2012, p.23), são

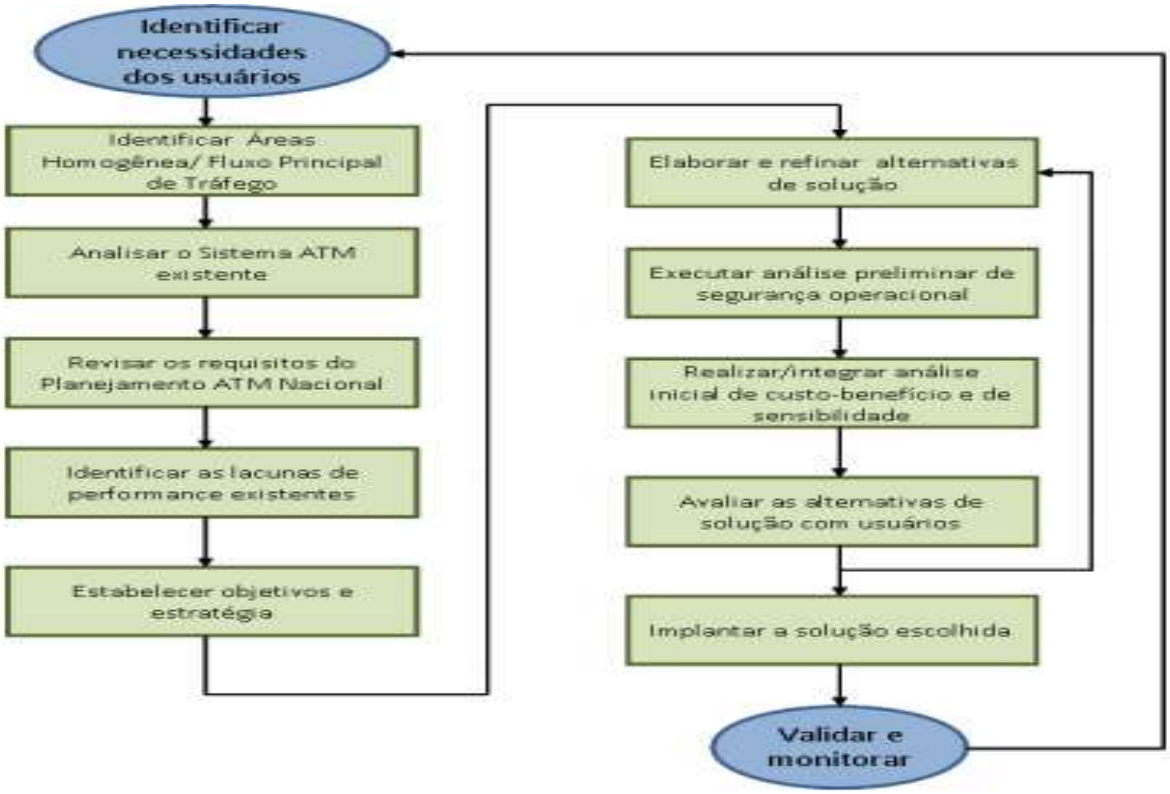
> áreas com um interesse ou requisitos comuns sob a perspectiva do usuário e podem se estender sobre porções de um Estado ou Grupo de Estados e abrigar extensas áreas oceânicas e continentais. De igual modo, os fluxos principais de tráfego podem cruzar diversas Áreas Homogêneas ATM, com diferentes características.

Por se tratar de áreas de interesses comuns sob a perspectiva dos usuários e dos Estados que conectam, principalmente, as malhas aéreas norte-americanas e européias aos países da América do Sul, os espaços aéreos oceânicos dessas regiões, constituídos de importantes redes de rotas transatlânticas, foram selecionados para serem investigados nesta pesquisa científica.

A investigação proposta permeia as diretrizes estabelecidas pelo DECEA, que busca o desenvolvimento de atividades para a evolução do Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo Nacional (Sistema ATM Nacional), com base no

processo de planejamento estruturado por meio do Plano de Implementação ATM Nacional (DECEA, 2012, p.20), conforme ilustrado pela figura 2.

Figura 2- Planejamento ATM



Fonte :DECEA (2012).

O esquema acima extraído do Plano de Implementação ATM Nacional (BRASIL, 2012, p.20) define o processo de evolução do Sistema ATM Nacional, com vistas à implementação de melhorias. Sob essa lente, o DECEA destaca a importância de apresentar assuntos de relevância, como é o caso das questões relacionadas aos espaços aéreos oceânicos, em fóruns internacionais, com objetivo de contribuir com a evolução e a eficiência da navegação aérea no contexto nacional e regional.

3.3 Estrutura do Espaço Aéreo Brasileiro

3.3.1 Espaço Aéreo Brasileiro

O espaço aéreo brasileiro, de acordo com o preconizado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (BRASIL, 2022d), possui uma área além dos limites do continente.

> [...]Ultrapassa a área sobre seu território e alcança uma significativa parte do Oceano Atlântico, perfazendo um total de 22 milhões de km2, sobre terra e mar, acordados em tratados internacionais.

Nesse contexto, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (BRASIL, 2022d) reafirma a sua posição como a organização do Comando da Aeronáutica responsável pelo controle dos 22 milhões de km2 sobre terra e mar.

> O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) é a organização do Comando da Aeronáutica responsável pelo controle desta área. Congrega recursos humanos, equipamentos, meios acessórios e infraestrutura com a missão de prover a segurança e a fluidez dos voos da região.

Frente ao enorme desafio de promover a eficiência e a qualidade dos serviços de tráfego aéreo, para prover a segurança e a fluidez dos voos em todas as regiões do país, o DECEA, como órgão central, criou uma estrutura operacional apoiada por quatro bases regionais subordinadas, denominadas Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA).

Estrategicamente, o DECEA distribuiu os CINDACTA em quatros áreas, subdividiu o espaço aéreo brasileiro em Regiões de Informação de Voo (FIR) e delegou a gestão operacional de cada área a um CINDACTA. Nesse ambiente, o DECEA (BRASIL, 2022d) enfatiza que

> a evolução do fluxo de tráfego aéreo no espaço aéreo nacional é controlada diariamente por quatro grandes bases operacionais, subordinadas ao DECEA: os centros integrados de defesa aérea e controle de tráfego aéreo, também conhecidos como CINDACTA.Eles atuam sobre subdivisões de espaço aéreo denominadas regiões de informação de voo, ou FIR do inglês *Flight Information Region*, conforme nomenclatura oficial.

A estrutura do espaço aéreo brasileiro definida pelo DECEA prevê a divisão da imensa área de jurisdição em cinco FIR, sobre as quais operam quatro CINDACTA, conforme detalha o DECEA (BRASIL, 2022d).

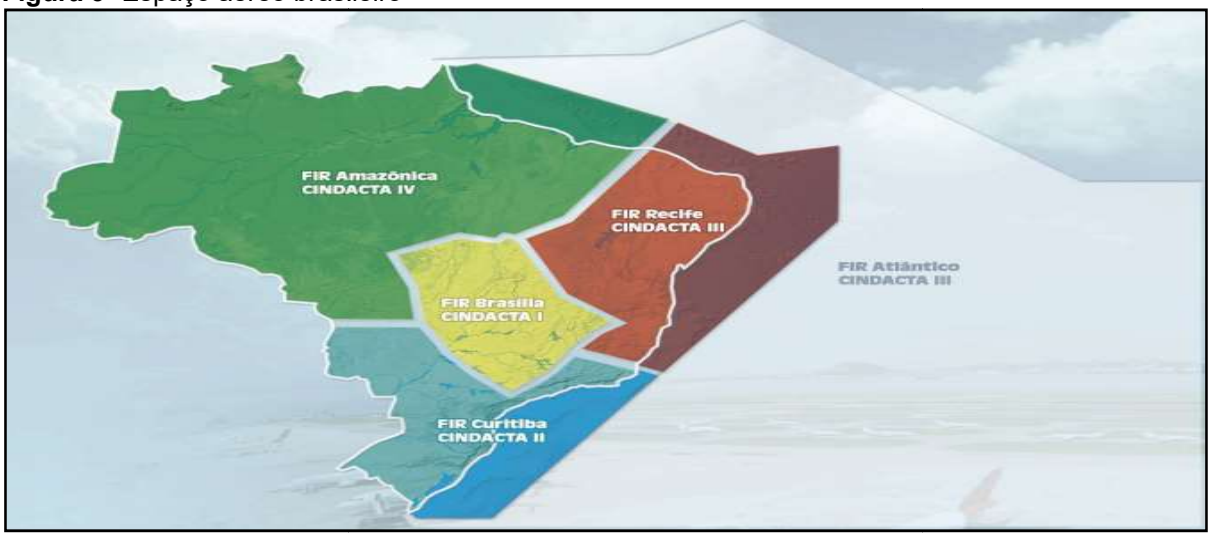
> **CINDACTA I (Brasília-DF)** Responsável pela FIR Brasília, que abrange a região central do Brasil;
>
> **CINDACTA II (Curitiba-PR)** Responsável pela FIR Curitiba, que abrange o Sul e parte do centro-sul brasileiro;
>
> **CINDACTA III (Recife-PE)** Responsável pelas FIR Recife e Atlântico, que abrangem o Nordeste e área sobrejacente ao Atlântico;
>
> **CINDACTA IV (Manaus-AM)** Responsável pela FIR Manaus, que se estende sobre grande parte da região amazônica.

Os CINDACTA fazem gestão sobre o controle de tráfego aéreo civil e militar, além de garantir a vigilância, a integridade e a soberania do espaço aéreo brasileiro nas respectivas áreas de responsabilidade. O DECEA (BRASIL, 2022d) explica que, com essa estrutura,

> a um só tempo, os CINDACTA unem o controle do tráfego aéreo civil e as operações militares de defesa aérea. Uma solução bem-sucedida de integração que vem sendo recomendada pela Organização de Aviação Civil Internacional (órgão da ONU regulador da atividade) aos demais países signatários, como modelo de economia de meios e segurança operacional.

O modelo exclusivo utilizado pelo Brasil, que integra o controle de tráfego aéreo e as operações de defesa aérea, promove maior agilidade no trânsito de informações entre os núcleos de defesa aérea e os organismos responsáveis pelo monitoramento do tráfego aéreo civil. Essa estrutura eminentemente brasileira é discutida em fóruns internacionais da ICAO, e é pautada como exemplo de sucesso, que poderá ser seguido por outros Estados. A figura 3 ilustra a divisão do espaço aéreo brasileiro em FIR atrelando cada uma delas ao CINDACTA responsável.

Figura 3- Espaço aéreo brasileiro



Fonte: DECEA (2021).

3.4 Espaço Aéreo Oceânico Brasileiro

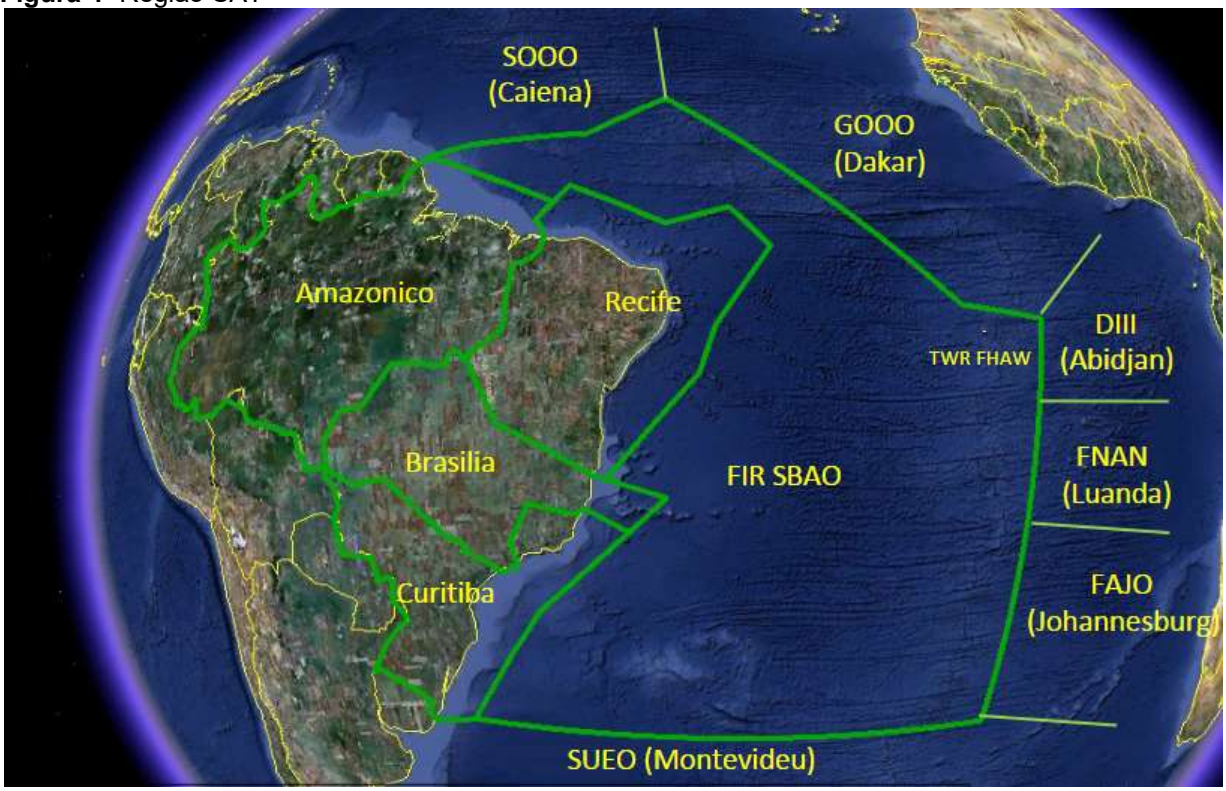
3.4.1 Área de Responsabilidade

O espaço aéreo oceânico brasileiro está limitado à FIR Atlântico, área estendida por meio de Acordo Regional de Navegação Aérea, que está sob a égide do Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA III). O Relatório de *Performance* ATM do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (BRASIL, 2019c) ressalta que o CINDACTA III é o único Centro Regional que possui duas Regiões de Informação de Voo, e é o braço operacional do DECEA

> responsável pelo controle e gerenciamento do espaço aéreo de uma área que totaliza 14,3 milhões de quilômetros quadrados, sendo 12,2 milhões de metros quadrados da FIR Atlântico e 2,1 milhões de metros quadrados da FIR-RE.

Com 12, 2 milhões de metros quadrados, a FIR Atlântico é a maior Região de Informação de Voo do país. A área de responsabilidade do Brasil faz fronteira com os espaços aéreo oceânicos de Caiena (SOOO), Guiana Francesa; de Dakar (GOOO), Senegal; Abidjan (DIII), Costa do Marfim; Luanda, Angola (FNAN); Johannesburg (FAJO), África do Sul; e Montevideo (SUMU), Uruguai, conforme apresentado na figura 4, o que garante ao Estado brasileiro uma posição geoestratégica na Região SAT.

Figura 4- Região SAT



Fonte: ICAO (2012).

3.4.2 Movimento no Espaço Aéreo Oceânico Brasileiro

O movimento aéreo do principal espaço aéreo oceânico da Região SAT, chamado de FIR Atlântico (FIR SBAO) registrou a marca de **55.834** voos em 2019, representando um aumento de 7,8% de crescimento comparado ao ano anterior. Segundo Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2019b, p.212),

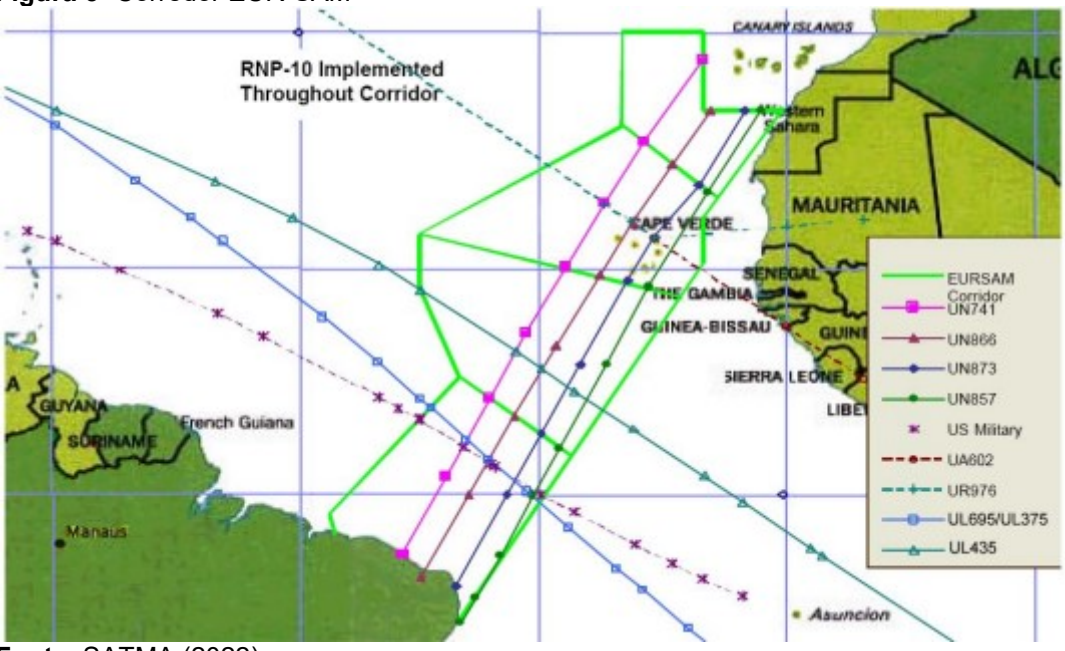
> os movimentos da FIR Atlântico em 2019 seguiram, predominantemente, fluxos internacionais (97,0%). As rotas mais utilizadas foram registradas entre os Aeroportos de Guarulhos e Frankfurt (Alemanha), com 1.448 movimentos e entre os Aeroportos Ezeiza (Argentina) e Roma (Itália), com 1.421 movimentos, O principal fluxo internacional foi a ligação entre a Europa e a FIR Curitiba, com 41,1% de participação. Os cruzamentos, voos com origem e destino fora do Brasil, somaram 30,2% dos voos internacionais.

Esses dados mostram que o principal eixo aéreo da FIR Atlântico está no trecho Europa e sudeste/sul do Brasil com 22.248 voos, além de um total de 16.354 voos que cruzaram o espaço aéreo oceânico brasileiro.

Levando-se em conta o tamanho do FIR Atlântico e o equivalente a 41,1% do total de movimento aglutinado no eixo Europa/Brasil, bem como a forte demanda aérea entre a Europa e a Argentina, em detrimento dos demais trechos de voos que passaram pela FIR Atlântico com procedências ou destinos dedicados aos outros países, é notável que havia, até 2019, uma forte concentração de tráfego aéreo em uma determinada porção da FIR Atlântico.

Nesse sentido, para delimitar a região em pauta, foram identificadas as rotas aéreas que conectam os países da Europa aos da América do Sul em ambos os sentidos. Essas rotas, chamadas de aerovias, estão contidas em determinada porção limitada do espaço aéreo oceânico, que perpassa pelas Ilhas Canárias, Cabo Verde, Senegal e Brasil, formando um longo corredor aéreo, tecnicamente, conhecido como Corredor EUR-SAM. A figura 5 destaca as quatro aerovias que pertencem ao referido Corredor EUR-SAM.

Figura 5- Corredor EUR-SAM



Fonte: SATMA (2022).

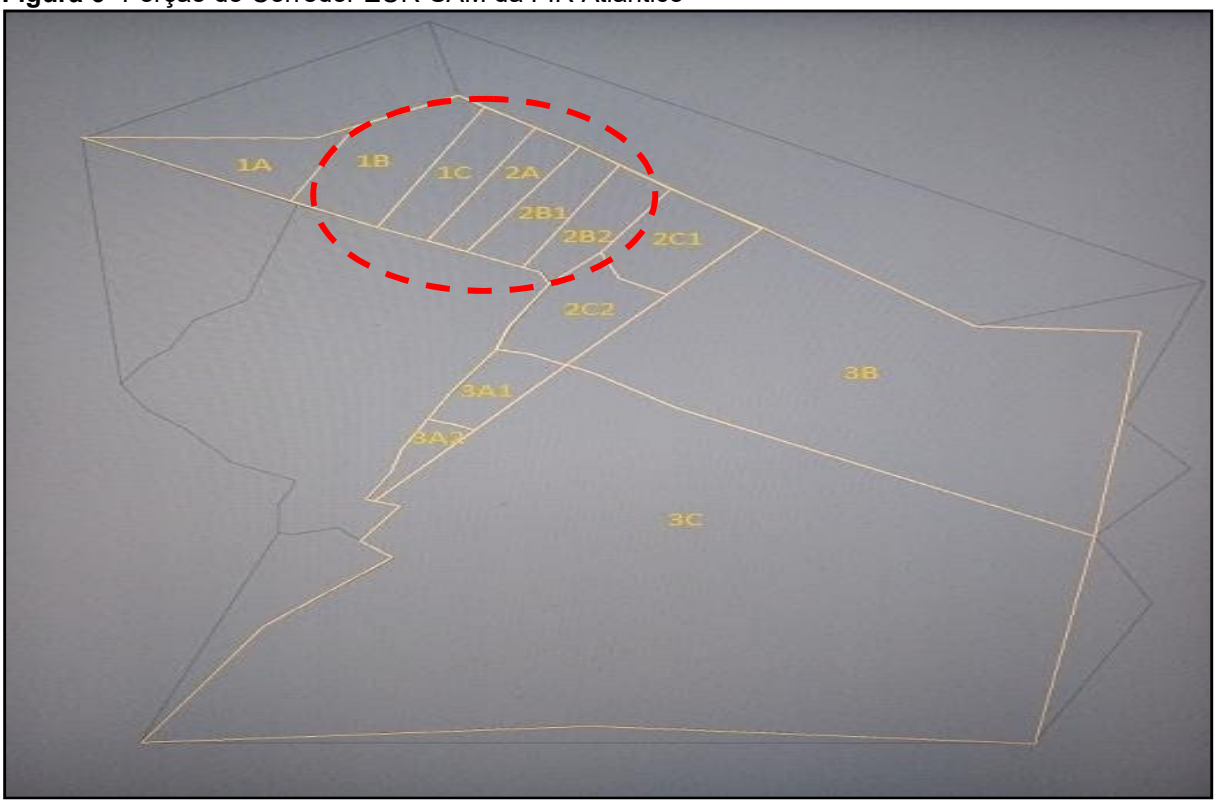
As aerovias que ligam a América do Sul à Europa são identificadas da seguinte forma: UN866, UN873 e UN857. Algumas aerovias como UN873 e a UN857, por serem de mão dupla, também conectam a Europa à América do Sul juntamente com a aerovia UN741 de mão única.Essa estrutura de rede de rotas

realça a posição geoestratégica do Brasil, por competir ao Brasil o recebimento dos voos procedentes da Europa para a América do Sul e a transferência do tráfego aéreo da América do Sul para a Europa.

3.4.3 Setorização da FIR Atlântico

A FIR Atlântico, em virtude da sua dimensão, está dividida em partes chamadas de setores. Segundo a Publicação de Informação Aeronáutica (BRASIL, 2022c), a FIR- Atlântico está segregada em 03 setores (1, 2 e 3) e estes estão subdivididos em 9 subsetores (1A,1B, 1C, 2A, 2B, 2C e 3A, 3B, 3C). As principais rotas aéreas oceânicas estão acomodadas ao longo do Corredor EUR-SAM e, dentro dos limites da FIR Atlântico, o Corredor EUR-SAM é constituído pelos subsetores1B, 1C, 2A e 2B (com subdivisões 2B1 e 2B2), conforme mostra a figura 6 abaixo:

Figura 6- Porção do Corredor EUR-SAM da FIR Atlântico



Fonte:SAGITARIO (2021).

A figura 6 destaca a elipse tracejada que demarca parte do Corredor EUR-SAM pertencente ao Brasil, por onde passam as quatro aerovias responsáveis pelo trânsito de quase 50% do movimento aéreo de toda FIR Atlântico. Embora fora de escala, é possível notar que a área de concentração de voos é, proporcionalmente, muito menor do que o restante da FIR Atlântico, o que leva ao aprofundamento

desta investigação, que visa melhor compreender as características do Corredor EUR-SAM.

3.5 Características do Espaço Aéreo Oceânico do Corredor EUR-SAM

Atualmente, os requisitos de comunicação, navegação e vigilância, contidos no *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a), para a utilização do espaço aéreo oceânico brasileiro, são os mesmos exigidos para o uso do espaço aéreo oceânico em todo o corredor EUR-SAM. Essa congruência está atrelada à paridade das características do espaço aéreo oceânico brasileiro com os espaços aéreos oceânicos dos Estados que conectam com o Corredor EUR-SAM.

O espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM é desprovido de auxílio de radares, portanto, os controladores de tráfego aéreo não possuem a visualização digital progressiva e contínua das posições das aeronaves nas telas dos sistemas de controle de tráfego aéreo. A monitoração do tráfego aéreo realizada pelos órgãos de controle ocorre por meio do serviço de Vigilância Dependente Automática - Contrato (ADS-C), que auxilia na rastreabilidade das aeronaves ao longo da rota planejada.

A Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.42,) define o serviço ADS-C como "Um termo usado para indicar um Serviço ATS que fornece uma informação de vigilância por meio da aplicação do ADS-C". A Publicação de Informação Aeronáutica (BRASIL, 2022c) destaca que as operações com ADS-C deverão ser conduzidas de acordo com o *Global Operational Data Link Document (GOLD) Manual* (ICAO, 2017a). Esta norma estabelece procedimentos padronizados, que deverão ser aplicados pelos países signatários da ICAO na prestação do serviço ADS-C.

Devido à distância das estações de rádio instaladas no continente, as comunicações em frequência *Very High Frequency* (VHF) no Corredor EUR-SAM não são efetivadas por falta de alcance. Sendo essa uma limitação comum a todo o espaço aéreo oceânico, as comunicações, entre pilotos e controladores, são estabelecidas através das comunicações por Enlace de Dados Controlador-Piloto chamadas CPDLC e das frequências *High Frequency* (HF). O equipamento de comunicação em HF, embora possua longo alcance, poderá não possuir boa qualidade de sinal, resultando em uma comunicação deficiente entre pilotos e controladores de tráfego aéreo.

Segundo Guilherme (2019), "o sinal HF pode alcançar distâncias ilimitadas dependendo da potência de emissão do sinal, das condições de propagação, da atividade solar e de outros interferidores que estão ao longo do percurso das ondas eletromagnéticas, resultando em uma comunicação deficiente, na qual o sinal chega ao destino com falhas, ruídos e perdas". Por esses motivos em destaque, as comunicações através de enlace de dados, que não estão suscetíveis a essas variáveis, são priorizadas no espaço aéreo oceânico.

A Publicação de Informação Aeronáutica (BRASIL, 2022c) esclarece que "os operadores devem observar que em toda a FIR Atlântico, as aeronaves equipadas com o ADS/CPDLC são a forma principal de vigilância/ comunicação. Neste caso, as comunicações em HF serão consideradas como meio secundário de comunicação". Sendo o Corredor EUR-SAM parte da FIR Atlântico, as mesmas regras aplicadas na FIR Atlântico são aplicadas em todo o Corredor EUR-SAM.

Nessa direção, a Publicação de Informações Aeronáutica (BRASIL, 2022c) destaca que as aeronaves devem estar equipadas com o Sistema de Navegação Aérea do Futuro/1A (FANS/1A) para que sejam prestados os serviços de CPDLC e ADS-C. Caso não possuam capacidades CPDLC e ADS-C, será compulsório que as aeronaves sejam capazes de estabelecer comunicação em HF, para voarem no Corredor EUR-SAM.

Do ponto de vista da navegação aérea, no Corredor EUR-SAM, as aeronaves deverão possuir, compulsoriamente, capacidade de navegação que permita operar em uma rota específica, criada por pontos geográficos no espaço, com a garantia de um monitoramento contínuo de suas posições. De acordo com a Publicação de Informação Aeronáutica (BRASIL, 2022c),

> com exceção de Aeronaves de Estado, nenhuma aeronave deverá preencher plano de voo para operar no espaço aéreo RNP10 do corredor EUR/SAM a menos que seja certificada RNP10 para operar neste espaço aéreo pelo Estado de Registro ou o Estado do operador (...)

As aeronaves deverão possuir certificação de *performance* de navegação requerida (RNP10) para operarem no espaço aéreo oceânico. Esse requisito estabelece o limite para os desvios laterais das aeronaves em relação ao eixo da aerovia.Essa exigência está em conformidade com o *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a) e foi imposta pelos Estados que compartilham a responsabilidade de prestar os serviços de tráfegos aéreo no Corredor EUR-SAM.

Em função das características do espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM, análogas a toda FIR Atlântico, as separações horizontais entre as aeronaves são diferentes daquelas estabelecidas para o tráfego aéreo em operação no espaço aéreo continental, em razão do espaço aéreo oceânico não possuir cobertura radar. E, nesse sentido, considera-se de enorme importância examinar os parâmetros e os procedimentos que são empregados para assegurar que a separação aplicada entre as aeronaves não infrinja o Nível Aceitável de Desempenho da Segurança Operacional (NADSO), assim como deve ser aprofundado o estudo sobre as novas especificações dos requisitos de navegação, comunicação e vigilância disponíveis para indústria aeronáutica, que poderá contribuir para a redução dos mínimos de separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM.

3.6 Regras de Separação entre as Aeronaves no Corredor EUR-SAM

O emprego da separação entre as aeronaves na prestação do serviço de controle de tráfego aéreo, no espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM, obedece a regras que estão em consonância com o *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a). Por ser o Brasil signatário da ICAO e possuir parte do seu espaço aéreo oceânico pertencente ao Corredor EUR-SAM, todos os procedimentos e regras de separação foram recepcionados pela Publicação de Informação Aeronáutica (BRASIL, 2022c) que define que

> a separação lateral mínima aplicada entre aeronaves equipadas RNAV, certificadas para operações RNP10 é de 50NM.

A Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.98) complementa a informação e detalha que

> a separação lateral será aplicada de maneira que a distância entre aeronaves, nos trechos de rota previstos para que as aeronaves estejam separadas lateralmente, nunca seja menor que as distâncias estabelecidas, levando-se em consideração as inexatidões dos meios de navegação e mais uma área de proteção.

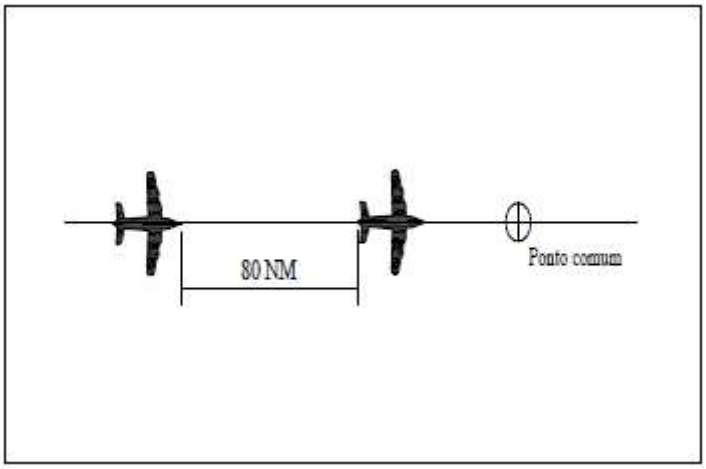
A separação lateral de 50 milhas náuticas (NM) garante que as aeronaves equipadas RNAV (navegação de área) e certificadas para operações RNP10, afastadas lateralmente em até 10 NM do eixo da aerovia, estejam dentro dos limites da margem de segurança da zona de proteção.

Para a separação longitudinal, conforme mostra a figura 7, são adotados procedimentos e separações específicos. Nesse contexto, a Publicação de Informação Aeronáutica (BRASIL, 2022c) enfatiza que

> a separação longitudinal mínima é de 10 minutos, com a aplicação da Técnica do Número MACH ou 80 NM RNAV.

As Técnicas do Número Mach que ressalta a literatura estão associadas a procedimentos adotados pelos controladores de tráfego aéreo para garantirem a separação longitudinal entre as aeronaves, no mesmo nível e seguindo a mesma rota, por meio do controle das velocidades dos equipamentos envolvidos.

Figura 7- Separação longitudinal



Fonte: DECEA (2020).

Adicionalmente, a Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.105) esclarece que

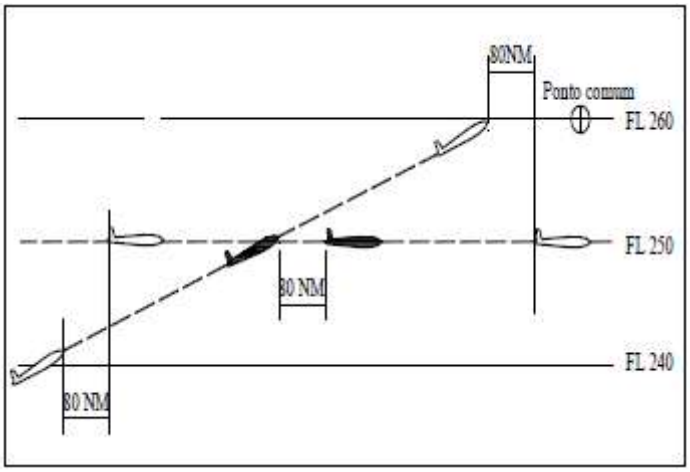
> a separação longitudinal deverá ser aplicada de modo que o espaçamento entre as posições estimadas das aeronaves que estão sendo separadas nunca seja menor do que um mínimo prescrito. A separação longitudinal entre aeronaves que seguem a mesma rota ou rotas divergindo pode ser mantida pela aplicação do controle de velocidade, bem como a técnica do número Mach.

Por meio do controle da velocidade, os controladores de tráfego aéreo garantem a separação longitudinal entre os tráfegos que estão na mesma rota ou em rotas divergentes, antes que sejam emitidas autorizações de subida e descida, conforme ilustram as figuras 8 e 9. Levando-se em conta que as separações lateral e longitudinal estão no mesmo plano, a Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.98) define que

> A separação horizontal consiste em espaçar as aeronaves entre si no plano horizontal, por meio da separação lateral ou da separação longitudinal.

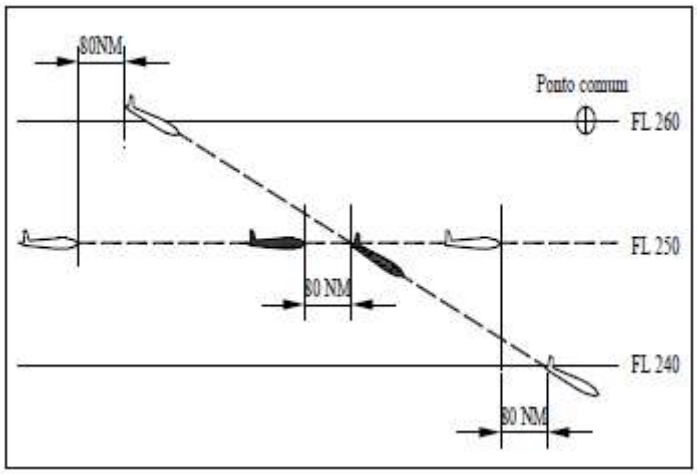
Embora possuam parâmetros diferentes e técnicas próprias, as separações lateral e longitudinal, por pertencerem ao mesmo plano, são também chamadas de separação horizontal.

Figura 8- Separação longitudinal em cruzamento de subida



Fonte: DECEA (2020).

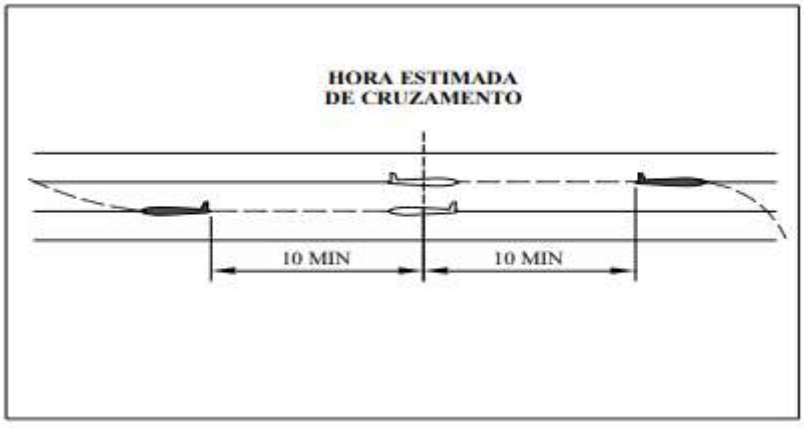
Figura 9- Separação longitudinal em cruzamento de descida



Fonte: DECEA (2020).

No plano vertical, é importante compreender que as aeronaves no espaço aéreo oceânico ou continental estão acomodadas em camadas isobáricas bem definidas na atmosfera, como mostra a figura 10.

Figura 10- Separação vertical na hora do cruzamento



Fonte: DECEA (2020).

A Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.33) classifica cada uma dessas camadas como nível de voo, e define que se trata de uma

> Superfície de pressão atmosférica constante, relacionada com uma determinada referência de pressão, 1013.2 hectopascais, e que está separada de outras superfícies análogas por determinados intervalos de pressão.

Considerando a premissa de que a separação vertical ocorre por meio da acomodação de aeronaves em camadas isobáricas distintas da atmosfera, a Publicação de Informação Aeronáutica (BRASIL, 2022c) destaca que no espaço aéreo oceânico ou continental poderá ser aplicada a separação de 300 metros (1000 pés) entre as aeronaves que estejam aprovadas para o uso da Separação Vertical Mínima Reduzida (RVSM) ou poderá ser empregada a separação de 600 metros (2000 pés) entre as aeronaves que não possuam tal aprovação e as demais.

> Será aplicada a separação vertical mínima de 2000 pés entre as aeronaves não aprovadas RVSM e entre estas e as demais aeronaves.

A despeito da margem de segurança aumentar ao afastar verticalmente duas ou mais aeronaves a uma distância de 2000 pés, esta separação dificilmente é adotada, porque este distanciamento diminui, sensivelmente, a oferta de níveis de voo nas rotas desejadas.

No que se refere à separação horizontal em espaço aéreo oceânico, de acordo com o *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a), novas especificações dos requisitos de comunicação, navegação e vigilância poderão contribuir para redução das separações lateral e longitudinal. As regras de separação vinculadas às novas especificações constam na Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a), contudo, as separações reduzidas no espaço aéreo oceânico brasileiro e ao longo do Corredor EUR-SAM ainda não são empregadas, o que exige deste trabalho uma análise ampliada em torno da importância das capacidades de comunicação, navegação e vigilância dos operadores aéreos para melhoria da prestação do serviço de controle de tráfego aéreo.

3.7 Especificações dos Requisitos de Comunicação, Navegação e Vigilância para os Usuários do Corredor EUR-SAM

Os requisitos de comunicação, navegação e vigilância são responsáveis pela regulação dos procedimentos operacionais e do emprego das separações horizontais adotados pelos órgãos de controle de tráfego aéreo. O Estado, no uso de

suas atribuições, define as regras para a utilização do espaço aéreo sob sua jurisdição ao determinar as especificações dos requisitos que deverão ser exigidos para a navegação aérea.

Entretanto, no Corredor EUR-SAM, embora parte dos usuários possua capacidades de comunicação, navegação e vigilância embarcadas e certificadas, não é compulsório, por parte dos Estados provedores dos serviços de navegação aérea, que aeronaves possuam requisitos de comunicação, navegação e vigilância; o que significa dizer que os tráfegos com capacidades embarcadas não estão sujeitos a separações ou procedimentos operacionais diferentes dos demais equipamentos que estiverem evoluindo no Corredor EUR-SAM.

3.7.1 Especificações dos Requisitos de Navegação, Comunicação e Vigilância

Os requisitos de navegação, comunicação e vigilância, com suas respectivas especificações, referem-se às exigências estabelecidas pelos Estados aos operadores para o uso dos espaços aéreos de responsabilidade. As especificações dos requisitos de navegação, comunicação e vigilância exigidas são aquelas expressas em termos de integridade, precisão, continuidade, disponibilidade e funcionalidade.

Os requisitos e as respectivas especificações de navegação estão apoiados no conceito de *Performance-Based Navigation (PBN)*, previsto no *Performance-Based Navigation Manual (PBN)* (ICAO, 2013), o qual está relacionado ao desempenho do sistema de navegação para operação no espaço aéreo designado. Segundo a Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.26),

> o conjunto de requisitos relativos à aeronave e à tripulação de voo necessários para apoiar operações PBN, dentro de um espaço aéreo definido, possui dois tipos de especificação:
>
> a) Especificação RNP – Especificação de Navegação baseada em Navegação de Área que inclui os requisitos para monitoração e alerta de *performance*, designada pelo prefixo RNP. Por exemplo: RNP 4, RNP APCH; e
>
> b) Especificação RNAV – Especificação de Navegação baseada em Navegação de Área que não inclui os requisitos para monitoração e alerta de *performance*, designada pelo prefixo RNAV. Por exemplo: RNAV 5, RNAV 1.

Na atualidade, para operar no espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM, os Estados, dentro de suas jurisdições, exigem que todas as aeronaves e tripulações estejam certificadas RNP10. Este requisito define que as aeronaves que

navegarem no Corredor EUR-SAM poderão desviar lateralmente do eixo da aerovia por até 10 milhas náuticas. Isso significa que o erro total do sistema lateral associado à navegação deverá estar dentro de mais ou menos 10 milhas durante 95% do tempo total de voo.

Os requisitos de comunicação estão apoiados no conceito de *Performance-Based Comunication* (PBC), previsto no *Performance-Based Comunication and Surveilance* (ICAO, 2017b), o qual está relacionado ao desempenho do sistema de comunicação para operação no espaço aéreo designado. De acordo a Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.22),

> uma especificação de *Perfomance* de Comunicação Requerida (RCP) inclui requisitos de desempenho de comunicação que são alocados aos componentes do sistema, em termos de comunicação a ser fornecida e tempo associado de transação, continuidade, disponibilidade, integridade, segurança e funcionalidade necessária para a operação proposta no contexto de um determinado conceito de espaço aéreo.

Hoje, para operar no espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM, os Estados, dentro de suas jurisdições, não exigem requisitos de desempenho de comunicação. Contudo, é compulsório que as aeronaves possuam, a bordo e em funcionamento, o equipamento para a comunicação em HF. Para o emprego das CPDLC que são utilizadas no Corredor EUR-SAM, mas não são compulsórias, será necessário que as aeronaves possuam *Performance* de Comunicação Requerida (RCP). O *Global Operational Data Link Document* (ICAO, 2017a, tradução nossa) detalha que

> o RCP240 inclui um requisito de tempo de quatro minutos para que um controlador possa intervir com uma aeronave; o requisito é especificado desde quando o controlador inicia a comunicação até quando o controlador recebe a resposta operacional da tripulação de voo[...]

Esse requisito define, por meio da sua especificação, o intervalo entre o início da comunicação do controlador de tráfego aéreo com o piloto até o recebimento da resposta operacional da tripulação. Para o RCP240, normalmente utilizado para a CPDLC, esse tempo máximo é de quatro minutos.

Os requisitos de vigilância, *Required Surveillance Performance (RSP)*, estão apoiados em especificações de *Performance-based Surveillance*(PBS), previstas no *Performance-Based Comunication and Surveilance* (ICAO, 2017b), as quais estão relacionadas ao sistema de vigilância para operação no espaço aéreo designado. A Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.47) ressalta que

> uma especificação de Performance de Vigilância Requerida (RSP) inclui requisitos de desempenho de vigilância que são alocados aos componentes do sistema em termos da vigilância que será fornecida e o tempo de entrega de dados associado, continuidade, disponibilidade, integridade, precisão dos dados de vigilância, segurança e funcionalidade, necessários à operação proposta no contexto de um conceito específico de espaço aéreo.

O requisito de desempenho de vigilância define, por meio da sua especificação, o intervalo máximo de tempo que o sistema leva para informar ao controlador de tráfego aéreo que a aeronave está passando por determinado ponto de reporte obrigatório, planejado em seu plano de voo. Para o RSP180, normalmente utilizado no Corredor EUR-SAM, esse tempo máximo é de três minutos.

3.7.2 Separações mínimas laterais e longitudinais com base em requisitos de desempenho

Embora os Estados responsáveis por proverem os serviços de navegação aérea no Corredor EUR-SAM não exijam dos usuários do espaço aéreo a certificação dos requisitos de comunicação, navegação e vigilância, boa parte da frota que voa no eixo Europa/América do Sul possui a certificação de todas essas capacidades embarcadas. O *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a), que trata do assunto, associa a utilização dos requisitos de comunicação, navegação e vigilância à possibilidade de serem aplicadas separações longitudinais e laterais reduzidas.

As novas regras de separação estabelecidas pela ICAO vinculadas aos requisitos de comunicação, navegação e vigilância foram recepcionadas pela Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a), contudo o Brasil, bem como os outros países responsáveis pelo espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM, não designou, em publicações específicas, o espaço aéreo onde poderá ser aplicada a separação reduzida. De acordo com a Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a, p.121), a redução dos mínimos de separação longitudinal baseados em desempenho, poderá ocorrer em linha com as seguintes condicionantes:

> Os seguintes mínimos de separação podem ser usados para aeronaves em voo nivelado, subindo ou descendo:
>
> a) na mesma rota; ou
>
> b) cruzando rotas, desde que o ângulo relativo entre as rotas seja inferior a 90 graus.

A partir desses termos, os mínimos de separação entre as aeronaves poderão ser reduzidos, em consonância com os requisitos de desempenho, conforme ilustra a tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Separação longitudinal baseada em desempenho

Mínimos de separação	RNP	RCP	RSP	Intervalo máximo de informe periódico ADS-C
93 km (50 NM)	10 4	240 240	180 180	27 minutos 32 minutos
55,5 Km (30 NM)	2 ou 4	240	180	12 minutos
37 km (20 NM)	2 ou 4	240	180	192 segundos (3,2 minutos)
5 minutos	2 ou 4 ou 10	240	180	14 minutos

Fonte: DECEA (2020)

Estudos recentes desenvolvidos pelo *Separation and Airspace Safety Panel* (SASP) da ICAO concluíram que a separação longitudinal entre as aeronaves poderá ser reduzida para 20NM desde que o intervalo máximo de informe periódico ADS-C seja de 192 segundos. A nova separação foi validada pela ICAO e incorporada em 2020 na Instrução do Comando da Aeronáutica de Serviços de Tráfego Aéreo (BRASIL, 2020a), entretanto não está em vigor nos manuais de operações dos órgãos de controle dos Estados responsáveis pela gestão do tráfego aéreo no espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM.

As separações laterais também poderão sofrer reduções ao associá-las aos novos requisitos de desempenho de navegação, comunicação e vigilância. A tabela 2 a seguir apresenta as separações laterais que poderão ser aplicadas, conforme as especificações dos requisitos.

Tabela 2 -Separação lateral de aeronaves em trajetórias ou rotas ATS paralelas ou que não se interceptam

Espaçamento mínimo entre trajetórias		Requisitos de Performance			Requisitos Adicionais
Espaço Aéreo onde SLOP não é autorizado, ou é somente autorizado até 0.5 NM	Espaço Aéreo onde SLOP até 2 NM é autorizado	Navegação	Comunicação	Vigilância	
93 km (50 NM)	93 km (50 NM)	RNAV 10 (RNP 10) RNP 4 RNP 2	Tipos de comunicação que não seja de voz VHF direta controlador-piloto.		
37 km (20 NM)	42.6 km (23 NM)	RNP 4 RNP 2	RCP 240	RSP 180	O monitoramento de conformidade deverá ser garantido pelo estabelecimento de um contrato de evento ADS-C especificando um evento de mudança de desvio lateral com um máximo de 5 NM da cabeceira e um evento de mudança de *waypoint*.

Fonte: DECEA (2020)

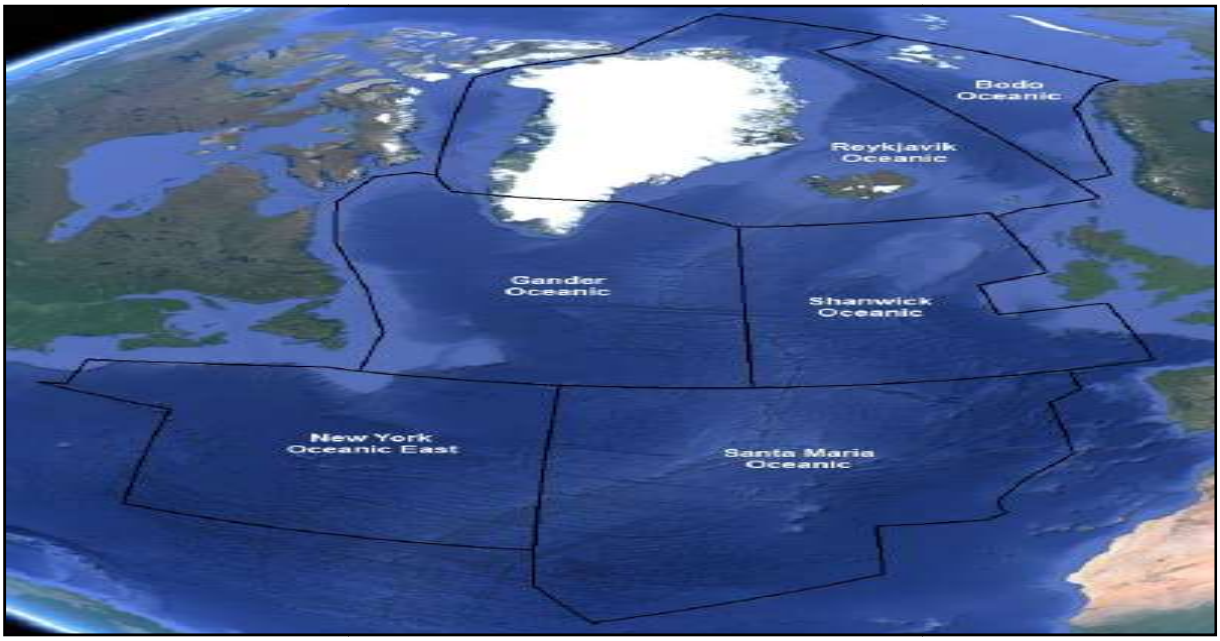
Conforme foi dito, a despeito das separações reduzidas não serem aplicadas no espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM, muitas aeronaves que voam nesse espaço aéreo possuem capacidades de comunicação, navegação e vigilância certificadas por seus respectivos Estados, por voarem no espaço aéreo da Região NAT onde é aplicada a redução dos mínimos de separação.

Diante do cenário, faz-se necessária uma análise mais apurada para identificar as características do espaço aéreo da Região NAT e os critérios estabelecidos pelos provedores dos serviços de navegação aérea, para operacionalizar a aplicação das separações entre as aeronaves que possuem diferentes especificações de requisitos de desempenho.

3.8 Características do Espaço Aéreo da Região NAT

O espaço aéreo da Região NAT é constituído pelos espaços aéreos oceânicos de *Gander* (CZQX), Canadá; *Bodo* (ENOB), Noruega; *Reykjavik* (BIRD), Islândia; *Shanwick*(EGGX), Irlanda; *New York East* (KZWY), Estados Unidos; e *Santa Maria* (LPPO), Portugal, conforme mostra a figura 11.

Figura 11- Espaço aéreo oceânico do Atlântico Norte



Fonte: ICAO (2019).

O *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019) ressalta que o espaço aéreo oceânico do Atlântico Norte, que conecta a Europa à América do Norte, é o mais movimentado do mundo, e que estudos estatísticos realizados em 2017 pelo Grupo de Planejamento de Sistemas do Atlântico Norte (NAT SPG) concluíram que cerca de 730.000 voos cruzaram o espaço aéreo da Região NAT.

Assim como ocorre no Corredor EUR-SAM, grande parte do espaço aéreo do Atlântico Norte não possui cobertura de radares ou de sistemas similares capazes de proverem o monitoramento contínuo do tráfego aéreo na área de interesse. Devido a essas circunstâncias, a separação entre as aeronaves evoluindo na mesma porção de espaço aéreo é garantida por meio da exigência dos mais altos padrões de desempenho/precisão de navegação horizontal e vertical, além da disciplina operacional.

O *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019, Tradução Nossa) destaca que "a grande maioria dos voos do Atlântico Norte são realizados por aviões comerciais de transporte a jato na faixa de altitudes FL290 – FL410. Para garantir a capacidade adequada do espaço aéreo e fornecer separações verticais seguras, o Mínimo de Separação Vertical Reduzida (RVSM) é aplicado em toda a região NAT da ICAO". Esses dados revelam que, em função do grande volume de aeronaves no espaço aéreo concorrendo as mesmas rotas, o Mínimo de Separação Vertical Reduzida necessita ser aplicado para acomodar, nas altitudes adequadas, a alta demanda de tráfego aéreo da Região NAT.

Semelhantemente ao Corredor EUR-SAM, a monitoração do tráfego aéreo realizada pelos órgãos de controle ocorre por meio do serviço de Vigilância Dependente Automática - Contrato (ADS-C), e as comunicações são estabelecidas por CPDLC e através das frequências HF. Consequentemente, as aeronaves devem estar equipadas com o Sistema de Navegação Aérea do Futuro/1A (FANS/1A), para que sejam prestados os serviços de CPDLC e ADS-C pelos controladores de tráfego aéreo.

Análoga às regras do Corredor EUR-SAM, na Região NAT, as aeronaves também deverão possuir certificação dos requisitos de desempenho de navegação, o que significa dizer que o uso do espaço aéreo da Região NAT está condicionado ao cumprimento das mesmas exigências mínimas para voar no Corredor EUR-SAM, contudo, na Região NAT, diferentes especificações de requisitos de desempenho de navegação podem ensejar em separações longitudinal e lateral reduzidas, as quais não se aplicam ao tráfego aéreo no Corredor EUR-SAM.

3.9 Regras de Separação entre as Aeronaves na Região NAT

As separações reduzidas, baseadas em desempenho de navegação, comunicação e vigilância e suas especificações, foram implementadas na Região

NAT em 29 de março de 2018 e, com isso, entre as aeronaves certificadas PBCS e PBN pelos seus Estados, a separação longitudinal empregada foi reduzida de 80 milhas náuticas para 30 milhas náuticas ou 5 minutos; e a separação lateral foi reduzida de 50 milhas para até 23 milhas náuticas.

Os requisitos de desempenho e as especificações exigidos seguem as diretrizes do *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a) e estão apoiados no *Global Operational Data Link (GOLD) Manual* (ICAO, 2017a) e no *Performance-Based Communication and Surveillance (PBCS) Manual* (ICAO, 2017b). Sob essa égide normativa, o Grupo de Planejamento de Sistemas do Atlântico Norte (NAT SPG), constituído por representantes do Escritório da ICAO Europa e Atlântico Norte, preparou o *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019, p.27) com as exigências necessárias para operacionalizar o emprego dos novos mínimos de separação na Região NAT.

> [...] em 29 de março de 2018, mínimos de separação baseados no desempenho de 42,6 km (23 NM) laterais, 5 minutos e 30/93 km (50 NM) longitudinais previstos no PBCS e PBN, de acordo com os Procedimentos ICAO Doc 4444 para Serviços de Navegação Aérea - Gerenciamento de Tráfego Aéreo (PANS-ATM) foram implementados na Região NAT da ICAO. Os operadores devem consultar o AIS dos Estados fornecedores do NAT relevantes para a aplicação detalhada destes mínimos de separação em cada um dos NAT OCAs. Para se beneficiar dessas separações, os Operadores devem obter Aprovações Estaduais de acordo com o Anexo 6 para inserir no plano de voo as capacidades RCP / RSP, incluindo equipamentos da aeronave onde as especificações RCP e / ou RSP são prescritas para as comunicações e / ou capacidades de vigilância que suportam esta disposição ATS. O material de orientação para a implementação da capacidade de comunicação e vigilância que apoia esses mínimos de separação está contido no Manual de Comunicação e Vigilância Baseada em Performance (PBCS) (Doc 9869) e no Manual Global Operational Data Link (GOLD) (Doc 10037).

O *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019) adverte aos usuários do espaço aéreo das Áreas de Controle Oceânico (OCAs) da Região NAT que os operadores aéreos serão beneficiados pelas separações reduzidas, caso obtenham de seus Estados as aprovações dos requisitos de comunicação (RCP) e vigilância (RSP) de acordo com Anexo 6 da ICAO. Além disso, para que possa ser aplicada a menor separação horizontal possível, determinada especificação dos requisitos de navegação (RNP) também será exigida.

3.10 Especificações dos Requisitos de Comunicação, Navegação e Vigilância para os Usuários da Região NAT

A despeito de não ser mandatório para usuários do espaço aéreo da Região NAT os requisitos de *performance* de navegação (RNP4), comunicação e vigilância (RCP240 e RSP180), desde 2018, conforme consta no *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019), as aeronaves que possuem capacidades de comunicação, navegação e vigilância embarcadas e certificadas são beneficiadas com o emprego das separações longitudinal e lateral reduzidas.

As especificações dos requisitos de comunicação, navegação e vigilância determinam o tipo de separação horizontal (lateral e longitudinal) que o controlador de tráfego aéreo poderá empregar. Isso só é possível porque que os sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo da Região NAT possuem ferramentas de apoio à tomada de decisão, e estão calibrados para monitorarem os protocolos temporais dos requisitos de comunicação e vigilância e para identificarem as especificações dos requisitos de navegação, conforme exibem as tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 3 - Requisitos para separação longitudinal de 5 minutos e lateral de 50 NM

	RNP	RCP	RSP
AERONAVES	10	240	180

Fonte: ICAO (2019)

Tabela 4 - Calibração do sistema para separação longitudinal de 5 minutos e lateral de 50 NM

	RCP	RSP	Intervalo máximo de informe periódico ADS-C
SISTEMAS	240seg	180seg	14 minutos

Fonte: ICAO (2019)

Tabela 5 - Requisitos para separação longitudinal de 30 NM e lateral de 23 NM

	RNP	RCP	RSP
AERONAVES	4	240	180

Fonte: ICAO (2019)

Tabela 6 - Calibração do sistema para separação longitudinal de 30 NM e lateral de até 23 NM

	RCP	RSP	Intervalo máximo de informe periódico ADS-C
SISTEMAS	240seg	180seg	14 minutos

Fonte: ICAO (2019)

A operacionalização do emprego das separações na Região NAT ocorre após uma análise sistêmica e automática das informações disponíveis nos planos de voo sobre as certificações das aeronaves, definindo, entre elas, as separações longitudinal e lateral com base nos requisitos de desempenho de navegação, comunicação e vigilância constantes nos planos de voo. A tabela 7 a seguir

apresenta as separações que devem ser aplicadas entre pares de aeronaves, em função das suas certificações PBCS e PBN.

Tabela 7 - Operacionalização das separações de acordo com os requisitos PBCS e PBN

Certificação das aeronaves	Separação longitudinal	Separação Lateral
Entre aeronaves RCP240, RSP180 e RNP4	30 NM	23 NM
Entre aeronaves RCP240, RSP180 e RNP10	5 MINUTOS	50 NM
Entre aeronaves RCP240, RSP180 e RNP4/ RCP240, RSP180 e RNP10	5 MINUTOS	50 NM
Entre aeronaves sem PBCS e as demais	10 MINUTOS	50 NM

Fonte: ICAO (2019)

Para garantir a segurança operacional no emprego das separações baseadas em desempenho, os Estados da Região NAT monitoram os requisitos desempenho, de acordo com as especificações RSP180 e RCP240, as quais estão em linha com o *Global Operational Data Link (GOLD) Manual* (ICAO, 2017a) e com o *Performance-Based Communication and Surveillance (PBCS) Manual* (ICAO, 2017b). O monitoramento leva em consideração o número de mensagens processadas e os percentuais de mensagens que tramitaram por ele que obedeceram aos critérios estabelecidos para os requisitos de desempenho de vigilância e comunicação, conforme apresentados nas tabelas 8 e 9 abaixo:

Tabela 8 - Monitoramento dos requisitos PBS

REQUIRED SURVEILLANCE PERFORMANCE						
Region	NAT					
Performance Measure	ASP					
Performance Criteria	RSP180					
Time Period	2020 January-June			2020 July-December		
	No. Messages	No. Messages		No. Messages	Criteria	
		95% (% < 90 sec)	99.90% (% < 180 sec)		95% (% < 90 sec)	99.90% (% < 180 sec)
Aggregate NAT	***5,338,594***	***98.5%***	***99.5%***	***4,078,697***	***98.8%***	***99.6%***
Reykjavik	459,416	98.3%	99.4%	333,424	98.8%	99.7%
Santa Maria	853,964	98.4%	99.5%	570,672	98.7%	99.6%
Gander	1,401,887	98.7%	99.5%	1,074,857	99.0%	99.7%
New York	1,417,043	98.5%	99.5%	1,019,366	98.8%	99.7%
Shanwick	1,206,284	98.3%	99.5%	1,080,377	98.7%	99.6%

Fonte: ICAO (2020).

Tabela 9 - Monitoramento dos requisitos PBC

REQUIRED COMMUNICATION PERFORMANCE										
Region	NAT									
Performance Measures	ACP, ACTP									
Performance Criteria	RCP240									
Time Period	2020 January-June					2020 July-December				
	No. Transactions	ACP Criteria		ACTP Criteria		No. Transactions	ACP Criteria		ACTP Criteria	
		95% (% < 180 sec)	99.9% (% < 210 sec)	95% (% < 120 sec)	99.9% (% < 150 sec)		95% (% < 180 sec)	99.9% (% < 210 sec)	95% (% < 120 sec)	99.9% (% < 150 sec)
Aggregate NAT	***474,309***	***98.9%***	***99.2%***	***99.3%***	***99.6%***	***353,106***	***99.0%***	***99.3%***	***99.4%***	***99.7%***
Reykjavik	76,384	98.7%	99.1%	99.1%	99.4%	55,002	99.0%	99.3%	99.3%	99.6%
Santa Maria	60,473	99.0%	99.4%	99.3%	99.6%	40,673	99.0%	99.4%	99.5%	99.7%
Gander	141,595	98.8%	99.2%	99.5%	99.7%	108,750	98.9%	99.2%	99.6%	99.7%
New York	86,308	99.2%	99.4%	99.6%	99.7%	60,300	99.4%	99.6%	99.7%	99.8%
Shanwick	109,549	98.7%	99.0%	98.9%	99.3%	88,381	98.8%	99.1%	99.1%	99.5%

Fonte: ICAO (2020).

As tabelas 8 e 9 mostram os números de mensagens apresentadas pelos Estados da Região NAT em 2020, e como foram monitorados os protocolos temporais exigidos para RSP180 e RCP240.

Segundo o *Performance-Based Communication and Surveillance (PBCS) Manual* (ICAO, 2017b), o sistema de monitoramento deve ser capaz de detectar falhas e alterações de configuração que comprometam o atendimento das especificações RCP e RSP pretendido. Quando isso ocorrer, a tripulação de voo e o controlador de tráfego aéreo devem ser alertados para que possam tomar as medidas adequadas à situação.

Para isso, o sistema de monitoramento deve estar integrado ao *software* desenvolvido para a prestação do serviço de tráfego aéreo, a fim de que seja capaz de alertar o controlador de tráfego aéreo, em tempo real, quando os serviços de comunicação e vigilância não atenderem os requisitos de desempenho para o emprego da separação reduzida, e, dessa forma, o profissional de tráfego aéreo, em tempo hábil, tome as medidas necessárias para se obter uma separação alternativa entre as aeronaves e garanta a segurança operacional.

3.11 O Emprego da Separação no Espaço Aéreo Oceânico de Santa Maria com o *ATM System Atlantico*

A NAV Portugal, provedora dos serviços de navegação aérea no espaço aéreo oceânico de Santa Maria, pertencente à Região NAT, contratou a empresa ADACEL em 2015, para desenvolver uma grande atualização do sistema de

automação *ATM System Atlantico* (SATL), utilizado para a prestação do serviço de tráfego aéreo no espaço aéreo oceânico.

Com a atualização do sistema, novas funcionalidades, alertas e ferramentas de apoio à tomada de decisão foram disponibilizados para monitorar a integridade, continuidade e disponibilidade dos sistemas de comunicação e vigilância, a fim de assegurar que a separação reduzida somente estará em curso, enquanto os requisitos de desempenho dos sistemas de comunicação e vigilância estiverem operando em conformidade com os parâmetros estabelecidos pelo *Performance-Based Communication and Surveillance (PBCS) Manual* (ICAO, 2017b).

À demanda de tráfego aéreo na Região de Informação de Voo de Santa Maria, são aplicados mínimos de separação baseados nas especificações dos requisitos de desempenho de comunicação, navegação e vigilância, e, com o auxílio do *ATM System Atlantico* (SATL), os profissionais de tráfego aéreo fazem uso de novas ferramentas que dão suporte à tomada de decisão, com a garantia do monitoramento dos sistemas de comunicação e vigilância. Com esse auxílio, caso haja falhas ou alterações de configuração, os controladores de tráfego aéreo serão alertados pelo SATL, em tempo hábil, para empregarem separações alternativas.

À luz do *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a), o *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2019, p.173) prevê que as separações mínimas longitudinais baseadas em desempenho na Santa Maria *Oceanic* FIR são de 30NM, entre aeronaves capacitadas PBCS e com RNP4; e de 50NM, entre aeronaves capacitadas PBCS com RNP10, conforme mostra a tabela 10 abaixo:

Tabela 10- Separação longitudinal aplicada na Santa Maria *Oceanic* FIR

New York Oceanic East KZWY	**LATERAL SEPARATION** (pairs of aircraft on Tracks or Random Route)	30 NM	RCP 240	RNP 4	RSP 180 with ADS-C	Whole or Half Degrees of Latitude
	LONGITUDINAL SEPARATION (pairs of aircraft in trail)	30 minutes for non-turbo-jet aircraft				
Santa Maria Oceanic FIR		50 NM	RCP 240	RNP 10 or RNP 4	RSP 180 with ADS-C	ADS-C Contract set to 14 minutes
LPPO		30 NM	RCP 240	RNP 4	RSP 180 with ADS-C	ADS-C Contract set to 14 minutes

Fonte: ICAO (2018)

Vale destacar que, caso o emprego da separação envolva aeronaves que não possuam requisitos de comunicação e vigilância, a separação longitudinal aplicada

entre as aeronaves será de 10 minutos ou 80NM, conforme estabelece o *Air Traffic Management* (ICAO, 2016a).

Em se tratando de separação lateral, o *North Atlantic Operations and Airspace Manual* (ICAO, 2018a, p.07, tradução nossa) aponta que, desde que os tráfegos envolvidos possuam os requisitos de desempenho RNP4, CPDLC com RCP240 e ADS-C com RSP180, conectados com CPDLC e ADS-C, e que a operação ocorra inteiramente nas Áreas de Controle Oceânico (OCA) de Santa Maria, *Gander*, Reykjavik e *Shanwick* a separação lateral mínima entre as aeronaves poderá chegar a 23NM.

> Os seguintes mínimos de separação lateral se aplicam a todas as aeronaves(...):23 NM: entre aeronaves operando inteiramente dentro de *Gander* OCA, *Reykjavik* OCA, Santa Maria OCA e *Shanwick* OCA, autorizado RNP 4, CPDLC RCP240, ADS-C RSP180, e conectado com sucesso ao CPDLC e ADS-C com um desvio lateral de 5 NM estabelecido em contrato de evento.

As ressalvas destacadas pelo *North Atlantic Operations and Airspace Manual*(ICAO, 2018a) condicionam a separação lateral reduzida. Do contrário, a separação lateral primária de 50NM será adotada.

Diante do exposto, é possível depreender que, em função das capacidades embarcadas, os tráfegos do espaço aéreo oceânico de Santa Maria poderão ser submetidos a separações distintas pelo *ATM System Atlantico* após uma avaliação crítica dos requisitos de comunicação, navegação e vigilância das aeronaves registrados nos planos de voo. As figuras 13, 14, 15, 16 e 17 ilustram como o *ATM System Atlantico* de Santa Maria da NAV Portugal realiza a leitura das capacidades embarcadas nas aeronaves e as associa às separações apropriadas conforme o caso.

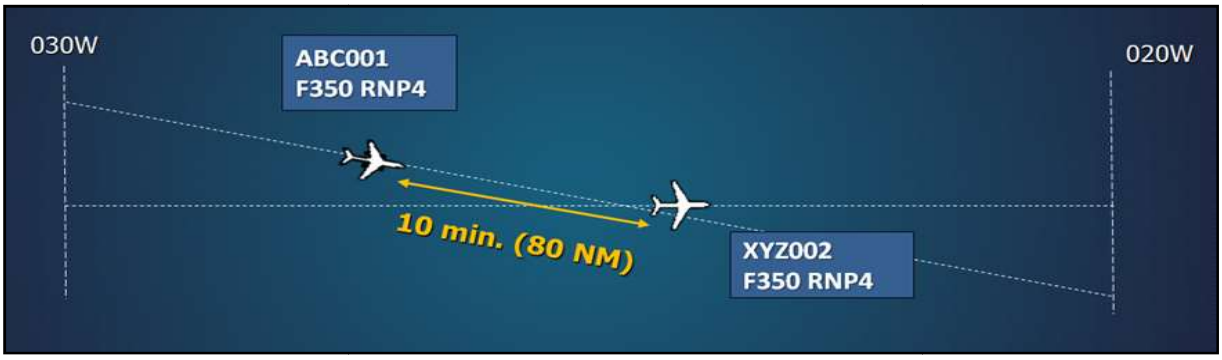
A figura 12 a seguir mostra três aeronaves com desempenho de navegação RNP4 e com requisitos de comunicação e vigilância (PBCS). Para essa combinação, o SATL, após a leitura das capacidades embarcadas, indica que a separação lateral aplicada entre elas poderá ser de até 23 milhas. Por outro lado, há duas aeronaves com desempenho de navegação RNP10. Para esses casos, o SATL indica que a separação lateral de 50NM deverá ser adotada entre aquelas aeronaves e as demais.

Figura 12- Separação no espaço aéreo oceânico de Santa Maria

Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

A figura 13 apresenta duas aeronaves sem requisitos PBCS, mas com desempenho de navegação RNP4. Após a leitura das capacidades, o SATL aponta que a separação longitudinal aplicada entre as aeronaves, para esse caso, deverá ser de, no mínimo, 80 milhas ou 10 minutos.

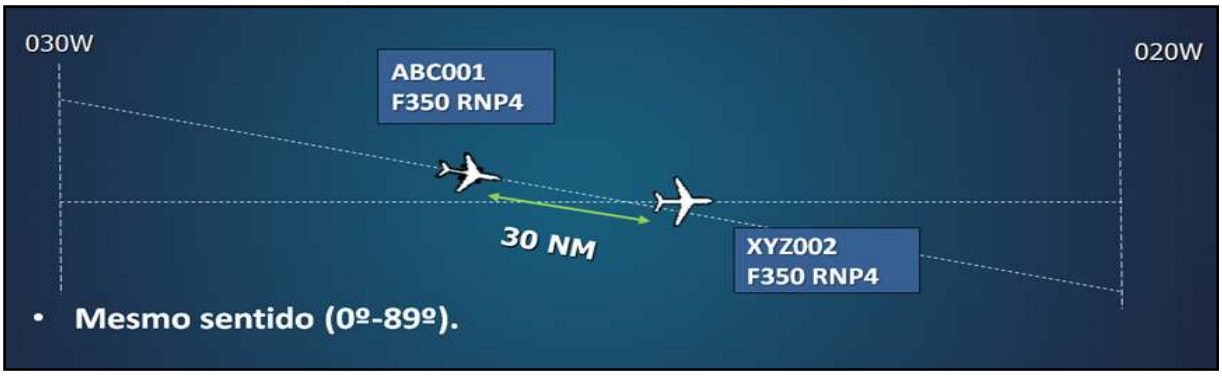
Figura 13- Separação entre aeronaves sem requisitos PBCS



Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

Na figura 14, duas aeronaves apresentam-se com requisitos de desempenho de navegação RNP4 e PBCS. Para esse cenário, após identificar a existência de todos os requisitos de desempenho a bordo, o SATL indica a possibilidade de reduzir a separação longitudinal entre as aeronaves para 30 milhas.

Figura 14- Separação entre aeronaves com requisitos RNP4 e PBCS



Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

A figura 15 a seguir mostra duas aeronaves com requisitos de desempenho de navegação (RNP4), comunicação e vigilância e uma aeronave com requisitos de desempenho de navegação (RNP10), comunicação e vigilância. O SATL, neste caso, após a análise das capacidades embarcadas, indica separações mais conservadoras, de 5 minutos, entre a aeronave com RNP10 e requisitos PBCS e a aeronave com RNP4 e requisitos PBCS. Já entre as aeronaves com RNP4 e requisitos PBCS, o SATL prevê a possibilidade de reduzir a separação entre as aeronaves em até 30 milhas.

Figura 15- Separação entre aeronaves com requisitos PBCS e diferentes requisitos PBN

Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

Por último, na figura 16, são apresentadas duas aeronaves com requisito de desempenho de navegação RNP10, mas sem PBCS, em rumos opostos, aguardando a separação longitudinal regulamentar para efetuar o cruzamento de níveis. O SATL, após a crítica das capacidades das aeronaves envolvidas no cruzamento, aponta, para esse caso, a necessidade de que seja garantida a separação longitudinal mínima de 80 milhas ou 10 minutos.

Em contrapartida, simultaneamente, o SATL identifica que, para as outras duas aeronaves, com requisitos de desempenho de navegação RNP4 e com PBCS, em rumos opostos, a separação longitudinal mínima de 30 milhas poderá de empregada.

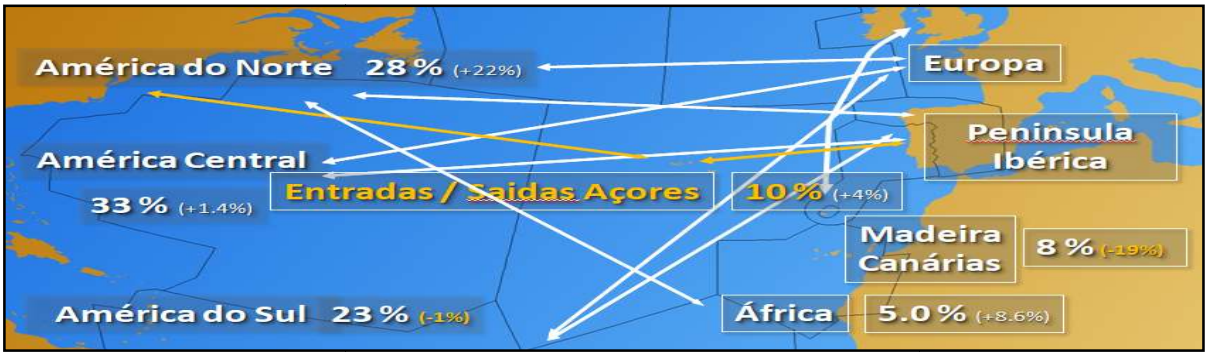
Figura 16- Separação entre aeronaves sem PBCS e com PBCS e RNP4

Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

3.12 Movimento Aéreo no Espaço Aéreo Oceânico da Europa e a Discussão sobre Corredor EUR-SAM

Conforme dados estatísticos apresentados no *North Atlantic Operational Forum* (2019), em Londres, no Reino Unido, o movimento de tráfego aéreo do ano de 2018 foi muito representativo nos eixos Europa- América do Norte e Europa- América Central. Às aeronaves capacitadas com os requisitos de comunicação, navegação e vigilância que trafegaram inteiramente na Região NAT, foram aplicadas separações horizontais reduzidas. A figura 17 abaixo mostra a distribuição do movimento aéreo europeu na Região NAT.

Figura 17- Movimento aéreo europeu na Região NAT em 2018

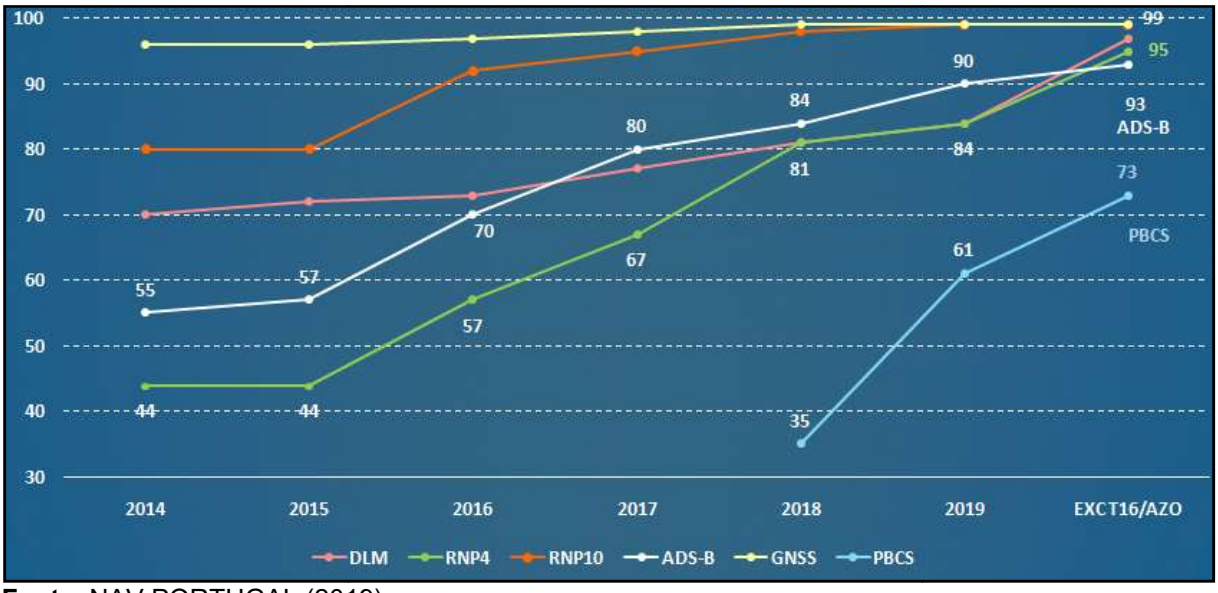


Fonte: NAV PORTUGAL (2018).

Os dados levantados também apontaram uma parcela expressiva de 23% do movimento aéreo europeu que cruzou o Atlântico Norte em direção à América do Sul e vice-versa. Isso significa que procedimentos operacionais precisaram ser aplicados pelos Centros de Controle Oceânicos na Região NAT para que as aeronaves, mesmo capacitadas com requisitos de navegação, comunicação e vigilância, programadas para ingressar no Corredor EUR-SAM, na mesma rota e no mesmo nível de voo, fossem separadas, lateralmente, em 50 milhas e, longitudinalmente, em 80 milhas, para cumprir as exigências dos Estados responsáveis pela gestão do tráfego aéreo no Corredor EUR-SAM.

Em 2018, com a separação horizontal reduzida recentemente implementada na Região NAT, cerca de 35% das aeronaves que voaram no espaço aéreo oceânico de Santa Maria, Portugal, estavam capacitadas com PBCS; e 81% já possuíam capacidade de navegação RNP4. Contudo, a adesão dos usuários do espaço aéreo oceânico de Santa Maria aos novos requisitos de comunicação, navegação e vigilância foi muito positiva, saltando, em 2019, para 73% das aeronaves com capacidades PBCS; e para 95% das aeronaves com capacidade RNP4, conforme ilustra o gráfico 6 a seguir.

Gráfico 6- Capacidades embarcadas nas aeronaves que voaram em Santa Maria



Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

A Região de Informação de Voo (FIR) de Santa Maria, de responsabilidade do Centro de Controle Oceânico, possui um considerável movimento aéreo. De acordo com os dados de tráfego da NAV Portugal (2022), em abril de 2022, o movimento aéreo foi de 12.835 voos, que representa o equivalente a 94,2% da demanda de

tráfego aéreo do mesmo período de 2019. A evolução anual 2019/2022 do tráfego aéreo na FIR Santa Maria foi de - 7,6%, o que significa uma retomada de 92,4% das operações aéreas, que ainda sofrem os efeitos da crise sanitária causada pela pandemia da COVID-19.

Embora seja importante analisar as características do espaço aéreo oceânico de Santa Maria para compreender as regras do ar dos Estados que constitui a Região NAT, o objetivo desta pesquisa não é comparar o espaço aéreo oceânico de Santa Maria ao Corredor EUR-SAM, mas, sim, trazer à pauta a discussão de que é necessário identificar os impactos para os usuários do sistema, que cruzam da Europa para América do Sul e vice-versa, por meio de um corredor aéreo constituído por 04 aerovias onde a demanda de tráfego aéreo internacional, atualmente, está canalizada e não se emprega a separação horizontal reduzida como ocorre na Região NAT.

Diante desse problema, a linha metodológica adotada para analisar os impactos para o tráfego aéreo internacional no Corredor EUR-SAM, se aplicada a separação reduzida, foi pautada na simulação pesquisa-ação, a fim de que, com o suporte do simulador equivalente ao sistema de gestão de tráfego aéreo, fosse possível identificar as necessidades de novos dispositivos de segurança e de novas funcionalidades para o atual sistema; e, por intermédio da simulação em tempo acelerado, os indicadores relacionados à emissão de gases, ao consumo de combustíveis, a procedimentos operacionais, entre outros, pudessem ser observados.

4 SIMULAÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEPARAÇÃO REDUZIDA EM ESPAÇO AÉREO OCEÂNICO

Em função da impossibilidade de reduzir, na operação real, as separações entre as aeronaves que voam no espaço aéreo oceânico brasileiro, foi utilizado, para testar a hipótese deste trabalho, o recurso da simulação, conforme modelo adotado pelo DECEA expresso na Instrução do Comando da Aeronáutica de Simulação ATM no Âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (BRASIL, 2020b, p.17), que preconiza que o estudo da simulação

> é um modelo matemático desenvolvido com a ajuda de um software. Modelos matemáticos são classificados como: determinista(variáveis de entrada e de saída são valores fixos) ou estocástico (pelo menos uma das variáveis de entrada ou de saída é probabilística); estático (tempo não é levado em conta) ou dinâmico(interações variáveis no tempo entre as

> variáveis são levadas em conta). Normalmente, modelos de simulação são estocásticos e dinâmicos.

Os modelos matemáticos aplicados nas simulações aqui descritos são estocásticos e dinâmicos, conforme destaca a Instrução do Comando da Aeronáutica de Simulação ATM no Âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (2020b, p.17), nesse espectro, espera-se a estratificação de percentuais dos indicadores de desempenho selecionados, considerando a variação dos procedimentos aplicados nos diversos cenários de simulação. Sob essa lente, foram preparadas a simulação em tempo real (STR) e a simulação em tempo acelerado (STA).

A simulação em tempo real (utilizada com a participação ativa dos controladores de tráfego aéreo no laboratório de simulação do CINDACTA III) tinha como objetivo observar o comportamento dos controladores de tráfego aéreo, do ponto de vista do fator humano e da segurança operacional, quando submetidos à operação com a separação reduzida, utilizando o atual *software* de controle de tráfego aéreo (SAGITARIO). Por outro lado, a simulação em tempo acelerado foi elaborada para que as variáveis de entrada fossem processadas para produzir resultados probabilísticos para as variáveis de saída. Nessa simulação, foi observado se houve ou não a ocorrência dos fenômenos a seguir, sugeridos em consequência da redução dos mínimos de separação entre as aeronaves no espaço aéreo oceânico brasileiro, tais como:

a) variação na capacidade de absorção de aeronaves no espaço aéreo para a prestação do serviço de controle de tráfego aéreo;
b) variação na disponibilidade de níveis ótimos de voo;
c) variação no consumo de combustíveis para as operações aéreas;
d) variação na emissão de gases na atmosfera; e
e) variação na carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo.

As atividades de simulação foram realizadas de acordo com o previsto na Instrução do Comando da Aeronáutica de Simulação ATM no Âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (BRASIL, 2020b), que estabelece processos, critérios e requisitos para a aplicação da simulação. Segundo Instrução do Comando da Aeronáutica de Simulação ATM no Âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (2020b, p.17), simulação ATM é

> o processo de reproduzir em um modelo computacional o ambiente operacional de um ou mais órgãos ATC, de determinada porção do espaço aéreo e seu fluxo de tráfego aéreo ou, ainda, o meio ambiente da cabina de pilotagem de um determinado tipo de aeronave a fim de realizar capacitação ATC, treinamento ATC ou ensaio ATM.
>
> a modelagem é o processo de produção de um modelo. Por sua vez, o modelo é uma representação da construção e de funcionamento de algum sistema, que se traduz em um conjunto de elementos ou processos interconectados de forma organizada, porém mais simples do que o sistema que ele representa. Um dos propósitos de um modelo é permitir prever o efeito de alterações no sistema.
>
> Um modelo deve ser uma boa aproximação para o sistema real e incorporar a maioria de suas características mais relevantes. No entanto, não deve ser tão complexo que seja impossível de compreender e experimentar. Um bom modelo é aquele que representa a realidade de forma simples. Dependendo do objetivo da modelagem, é recomendado o aumento de sua complexidade.
>
> A simulação de um sistema é a operação de um modelo que pode ser reconfigurado e experimentado, o que, normalmente, é dispendioso e/ou impraticável ao fazer uso do sistema real.
>
> A simulação é usada antes de um sistema existente ser alterado ou um novo sistema ser construído, para reduzir as chances de fracasso, atender às especificações, eliminar gargalos imprevistos e para melhorar o desempenho do sistema. As vantagens do modelo de simulação podem ser pontuadas como:
>
> a) análise dos NADSO;
>
> b) economia nos custos operacionais antes da implementação de um projeto;
>
> c) ganho de conhecimento sobre a operação de um sistema;
>
> d) desenvolvimento de estratégias operacionais e/ou de recursos para melhorar o desempenho do sistema;
>
> e) possibilidade de diagnóstico de problemas;
>
> f) visualização do plano através de animação;
>
> g) teste de novos conceitos e/ou sistemas antes da implementação;
>
> h) obtenção de informações sem perturbar o sistema real;
>
> i) possibilidade de experimentação em curto espaço de tempo;
>
> j) treinamento de equipes e operadores; e
>
> k) fácil demonstração de modelos.

O modelo computacional utilizado para a simulação em tempo real foi o SAGITARIO, versão simulação, e o modelo usado para a simulação em tempo acelerado foi o *Total Airspace and Airport Modeler*® (TAAM).

4.1 Simulação da Redução da Separação entre as Aeronaves em Tempo Real

Com a participação de controladores de tráfego aéreo e de instrutores do Centro de Controle de Área Atlântico (ACC-AO), órgão responsável pela prestação do serviço de tráfego aéreo na FIR Atlântico, foi realizada, no período de 03 a 06 de novembro de 2020, uma simulação em tempo real com a aplicação da separação reduzida entre as aeronaves na porção EUR-SAM do espaço aéreo oceânico brasileiro. O objetivo era simular, com o atual sistema, a aplicação da separação de 5 minutos entre as aeronaves que possuíssem requisitos de navegação, comunicação e vigilância; e o emprego de 10 minutos de separação entre os tráfegos sem os requisitos de desempenho embarcados, bem como observar o trabalho dos controladores de tráfego aéreo para gerenciar um maior volume de aeronaves nos setores de controle com menor separação entre si.

Para cumprir essa proposta, Elementos Credenciados de segurança operacional e de fator humano do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) acompanharam a simulação em tempo real e puderam observar, no ambiente virtual, situações de alta complexidade e com o movimento aéreo incrementado nos setores do corredor EUR-SAM. Esse cenário exigiu dos controladores de tráfego aéreo maior atenção e raciocínio expedito para empregar, simultaneamente, diferentes separações no mesmo setor de controle. Vale destacar que todas essas observações foram registradas em relatórios e constam esmiuçadas neste trabalho.

4.1.1 Preparação para a Simulação em Tempo Real

Os cenários de simulação foram construídos com o auxílio da equipe de instrutores do Centro de Controle de Área Atlântico, e, dessa maneira, foi possível refletir, em ambiente simulado, todas as características presentes na operação real. Para esta simulação, foram preparados 5 exercícios na base de dados do SAGITARIO com diferentes objetivos e níveis de complexidade, conforme descritos abaixo:

a) 1001 - exercício de ambientação com movimento aéreo equivalente a 80% do maior movimento aéreo registrado em 2019, nos setores do corredor EUR-SAM;

b) 1002 - exercício com movimento aéreo equivalente a 100% do maior movimento aéreo registrado em 2019, nos setores do corredor EUR-SAM;
c) 1003 - exercício com movimento aéreo equivalente a 100% do maior movimento aéreo registrado em 2019, nos setores do corredor EUR-SAM e com situações operacionais que aumentam a complexidade das operações;
d) 1004 - exercício com movimento aéreo equivalente a 110% do maior movimento aéreo registrado em 2019, nos setores do corredor EUR-SAM e com situações operacionais que aumentam a complexidade das operações; e
e) 1005 - exercício com movimento aéreo equivalente a 120% do maior movimento aéreo registrado em 2019, nos setores do corredor EUR-SAM.

4.1.2 Observações da Equipe de Simulação em Tempo Real

Durante a simulação, os instrutores identificaram que os operadores tiveram dificuldade para aplicar as separações adequadas. Eles associaram esta dificuldade à falta de ferramentas apropriadas no atual sistema, para facilitar a identificação das aeronaves com requisitos de desempenho.

Os instrutores observaram que os controladores, por vezes, autorizavam, equivocadamente, separações menores do que as previstas para o cenário avaliado, infringindo as regras de tráfego aéreo. Os controladores de tráfego aéreo relataram, por sua vez, que essa confusão operacional foi causada em função da falta de funcionalidades no atual *software* de controle de tráfego aéreo. Segundo eles, novas funcionalidades deveriam ser desenvolvidas para auxiliar na gestão automática e eficaz do monitoramento das separações e detecções de conflitos, e, consequentemente, na tomada de decisão no que tange ao emprego da redução da separação entre as aeronaves, de acordo com seus desempenho*s*.

Do ponto de vista da segurança operacional, vale ressaltar que a análise desse aspecto foi fundamentada com base na cultura organizacional do Centro de Controle de Área Atlântico, no uso adequado das ferramentas operacionais para manutenção dos níveis de segurança aceitáveis, e na supervisão do desempenho

do Sistema Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) definido, de acordo as Diretrizes do Comando da Aeronáutica (BRASIL, 2015, prefácio), como

> um conjunto integrado, formal e explícito que inclui a estrutura orgânica, as linhas de responsabilidade, as políticas e os procedimentos necessários para um gerenciamento eficaz da segurança operacional.

Balizados por esse entendimento, os Elementos Credenciados que acompanharam a simulação identificaram a necessidade de serem criados alertas no SAGITARIO com o objetivo de chamar a atenção dos controladores de tráfego aéreo para as aeronaves que não possuam requisitos de desempenho.

Por fim, foi recomendado pela equipe de segurança operacional que fosse elaborado, em tempo oportuno, o Documento de Gerenciamento do Risco de Segurança Operacional (DGRSO), uma vez que medidas corretivas ou/e preventivas deverão ser aplicadas para a manutenção do Nível Aceitável de Desempenho da Segurança Operacional (NADSO), o qual tem o objetivo de eliminar os riscos ou mitigá-los a um nível tão baixo quanto ao razoavelmente praticável, por meio de processos contínuos de monitoramento, garantindo a continuidade do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO), em conformidade plena com os requisitos, normas e regulamentos estabelecidos pelo Estado.

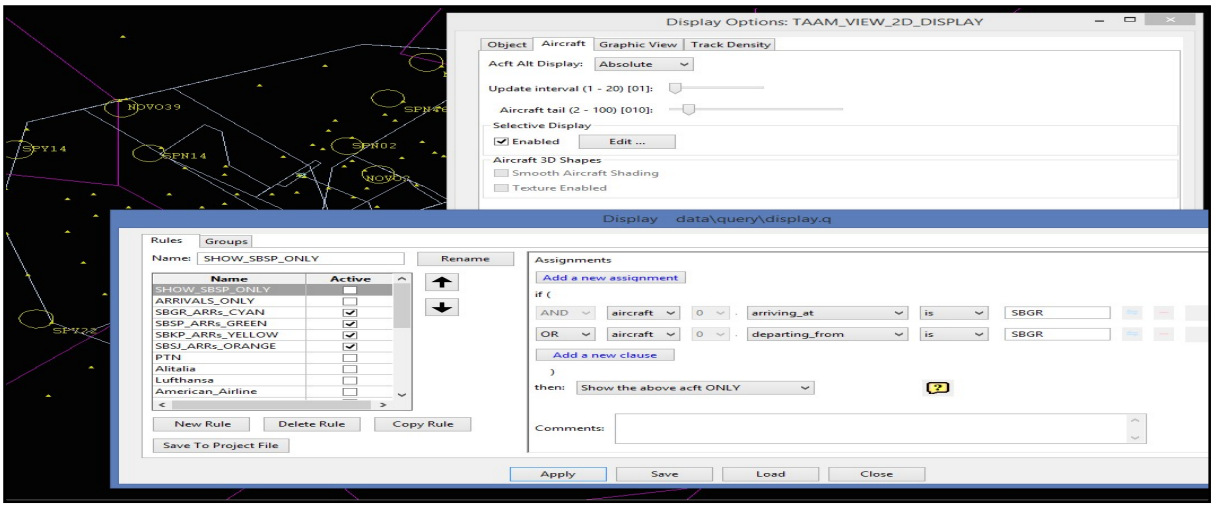
4.2 Simulação da Redução da Separação entre as Aeronaves em Tempo Acelerado

A simulação em tempo acelerado, no Brasil, é realizada com a utilização do *softwareTotal Airspace and Airport Modeler* (TAAM), versão 2019.2.0 Release 23 (64-bit), patenteado pela empresa americana *Jeppesen*, desde 2000, em parceria com a *Boeing*. Atualmente, o TAAM está disponível no CGNA e no Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) para apoiar os projetos do DECEA. Segundo a *Jeppesen* (2022, tradução nossa), o

> *Total Airspace and Airport Modeler*® (TAAM) é uma ferramenta de simulação gate to gate em tempo rápido que prevê e analisa com precisão o impacto do espaço aéreo atual e futuro e das operações aeroportuárias. TAAM apresenta modelos 4D realistas de espaço aéreo e aeroportos para facilitar o apoio à decisão, planejamento e análise, atuando efetivamente como um “laboratório virtual” para avaliação de cenários.

O *Total Airspace and Airport Modeler*, apresentado na figura 18, modela o cenário futuro e permite que sejam configuradas as regras de operação que deverão ser obedecidas pelas aeronaves ao longo da simulação, para que sejam analisados os relatórios de saída pesquisados.

Figura 18- TAAM



Fonte: JEPPESEN (2021).

A *Jeppesen* (2022, tradução nossa) destaca que a ferramenta de simulação oferece as seguintes vantagens:

> a) a análise do crescimento do tráfego aéreo global;
>
> b) a análise do aumento do fluxo de tráfego aéreo dentro dos limites da segurança operacional;
>
> c) a análise da capacidade dos sistemas de rotas nacionais com os níveis de tráfego atual e futuro;
>
> d) a análise do redesenho, da ressetorização e da classificação do espaço aéreo.
>
> e) a análise dos benefícios da separação mínima reduzida;
>
> f) a avaliação das implicações advindas da introdução de novos procedimentos de rota e terminais; e
>
> g) a avaliação dos impactos das mudanças na carga de trabalho do controlador de tráfego aéreo devido ao crescimento do tráfego e aos novos desenho e procedimentos do espaço aéreo.

No SISCEAB, a Instrução do Comando da Aeronáutica de Simulação ATM no Âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (2020b, p.12) define a Simulação em Tempo Acelerado (STA) como um

> processo baseado em um sistema computacional no qual um ambiente operacional é reproduzido em tempo acelerado, sem a influência direta das intervenções táticas do ATCO e cujas decisões são baseadas em regras que controlam as ações simuladas nos cenários em estudo.

O processo computacional simula as ações de "um controlador de tráfego aéreo perfeito", abreviado por ATCO, que cumpre rigorosamente as regras configuradas no simulador, a fim de identificar a melhor desempenho do cenário estudado.

4.2.1 Definição do Objeto de Estudo da Simulação em Tempo Acelerado

A simulação em tempo acelerado das operações aéreas no espaço aéreo oceânico brasileiro teve por objetivo auxiliar na análise dos impactos causados pelo emprego da redução das separações entre as aeronaves. A STA apresentou indicadores que destacaram as tendências de capacidade de absorção de aeronaves no espaço aéreo oceânico, de disponibilidade de níveis ótimos de voo, de consumo de combustível, de emissão de gases na atmosfera e de carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo.

O objeto de estudo da simulação foi o corredor EUR-SAM da FIR Atlântico. Atualmente, a FIR Atlântico está dividida em três setores (1, 2 e 3), os quais estão subdivididos em 09 subsetores (1A,1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B e 3C). A FIR Atlântico representa, de acordo com o Decreto n.º 95.864, de 23 de março de 1988, uma área de 12,2 milhões de quilômetros quadrados, contudo a porção mais movimentada desse espaço aéreo concentra-se nos limites setoriais que constitui parte do corredor EUR-SAM, representado pelos subsetores 1B, 1C, 2A e 2B da FIR Atlântico.

Por se tratar de áreas homogêneas, estrategicamente, foi realizada a redução do escopo da pesquisa, limitando o estudo de simulação ao subsetor 2B, a fim de que os fenômenos a serem avaliados fossem observados com mais clareza. Criteriosamente, o subsetor 2B foi selecionado para modelagem dos cenários de simulação, por ser a porção de espaço aéreo oceânico onde, normalmente, ocorre a maior concentração de aeronaves do eixo Europa e a América do Sul.

Para o cenário de referência, que remete ao espaço aéreo oceânico atual, os mínimos de separação longitudinal de 10 minutos ou 80 milhas e de 50 milhas lateral foram aplicados, contudo foram testados cenários com o emprego das separações reduzidas e os resultados da simulação de cada cenário, posteriormente, foram comparados entre si.

4.2.2 Premissas do Projeto de Simulação e Validação da Base de Dados

Os cenários propositivos nesta simulação foram modelados de acordo com as seguintes premissas:

a) o subsetor 2B, os fluxos de tráfego aéreo das aerovias UN873 e UN857 foram utilizados como referência neste projeto;

b) o projeto previu a criação de 5 cenários. Para cada um, foram aplicadas regras de separação distintas, entre as aeronaves, conforme mostra a tabela 11. As separações longitudinais aplicadas foram de 10 minutos/80 milhas, de 5minutos/40 milhas e de 30 milhas. Conforme o caso, as separações foram empregadas isoladamente ou combinadas; e

c) a simulação previu a possibilidade de mudança de nível de voo, buscando sempre o nível ótimo, de acordo com a especificação do BADA (*Base of Aircraft Data*), aplicativo do TAAM que relaciona os melhores níveis de voo para cada tipo de aeronaves, considerando os requisitos de desempenho. A tabela 11 mostra quais separações foram empregadas nas simulações, em função dos requisitos.

Tabela 11- Parâmetros de simulação

PARÂMETROS			
CENÁRIO	TIPO	SEPARAÇÃO	REQUISITOS
1	Referência	10 minutos ou 80 milhas	RNP10
2	Proposto	5 minutos e 10 minutos	RNP10, RCP240 e RSP180 e RNP10
3	Proposto	30 milhas 5 minutos e 10 minutos	RNP4, RCP240 e RSP180 RNP10, RCP240 e RSP180 e RNP10
4	Proposto	5 minutos	Todos RNP10, RCP240 e RSP180
5	Proposto	30 milhas	Todos RNP4, RCP240 e RSP180

Fonte: TAAM (2021).

A base de dados do simulador foi construída pelos técnicos do laboratório de simulação do CGNA, com a inserção de dados reais do movimento aéreo, coordenadas geográficas e aerovias do atual subsetor estudado. Antes de ser iniciada a simulação propriamente dita, todos os cenários construídos passaram por um processo de avaliação conduzido por dois controladores de tráfego aéreo do ACC-AO que, após analisarem cada detalhe, validaram os cenários para a pesquisa.

4.2.3 Cenários de Simulação e as Regras de Operação

A simulação foi realizada com base em cinco cenários distintos, considerando os padrões estabelecidos pelo pesquisador. Cada cenário foi carregado com um total de 21 aeronaves ao longo de 160 minutos de simulação do subsetor de interesse, e, essas aeronaves, com diferentes requisitos de desempenho, foram especificadas no simulador com os seguintes códigos: RRR4 para RCP240, RSP180 e RNP4; RRRX para RCP240, RSP180 e RNPx; e RNP para NULL, NULL e RNP.

O código RRR4 identificava as aeronaves com requisitos de desempenho necessários para o emprego da separação longitudinal de 30 milhas; o RRRX identificava as aeronaves com requisitos de desempenho suficiente apenas para a aplicação da separação longitudinal de 5 minutos; e o RNP identificava as aeronaves que não possuíam requisitos de desempenho de comunicação e vigilância. Para esse caso, foi permitida, somente, a utilização da separação longitudinal de 10 minutos. A separação lateral entre as aeronaves não fez parte do estudo, porque, atualmente, as aerovias do subsetor 2B (UN873 e UN857) estão posicionadas muito distantes entre si.

Além das regras de separação exigidas, o TAAM foi configurado para que as aeronaves tentassem mudar os níveis de voo ao longo da rota, em busca de mais economia de combustível e redução da emissão de gases poluentes na atmosfera. As separações foram gerenciadas pelo simulador, com o recurso de resolução de conflitos habilitado, para evitar o risco de colisão entre duas ou mais aeronaves.

O cenário de referência (cenário 1) representou o atual modelo de operação adotado na FIR Atlântico. Os demais cenários apresentaram diferentes combinações de separação longitudinal propostas pelo pesquisador. Foram eles:

a) cenário 1: os tráfegos não possuíam requisitos de desempenho de comunicação e vigilância;
b) cenário 2: 48% das aeronaves não possuíam requisitos de desempenho de comunicação e vigilância; e 52% dos tráfegos possuíam requisitos de desempenho RNP10, RCP240 e RCP180;
c) cenário 3: 40% dos tráfegos não possuíam requisitos de desempenho de comunicação e vigilância; outros 40% das aeronaves possuíam requisitos de desempenho RNP4, RCP240 e RCP180 e os 20% restantes dos tráfegos possuíam requisitos de desempenho RNP10, RCP240 e RCP180;
d) cenário 4: todos os tráfegos possuíam requisitos de desempenho RNP10, RCP240 e RCP180; e
e) cenário 5: todas os tráfegos possuíam requisitos de desempenho RNP4, RCP240 e RCP180.

Para cada cenário, foram gerados dados de saída (relatórios de saída) em forma de indicadores que auxiliaram nas análises dos seguintes fenômenos relativos

à carga de trabalho (CT), ao movimento por setor/capacidade instantânea (MOV/S_N), ao consumo de combustíveis e à emissão de poluentes (CO2), e ao percentual de aeronaves que conseguiram realizar mudança para o nível de cruzeiro considerado ótimo, especificado no arquivo do BADA.

4.2.4 Estudo da Carga de Trabalho

Este indicador permitiu a verificação da carga de trabalho do "controlador de tráfego aéreo perfeito" do *software*, conforme critérios pré-definidos na ferramenta de simulação, tais como: demanda de tráfego aéreo, ocorrência e resolução de conflitos entre aeronaves, necessidade de coordenação e mudanças de níveis de voo. Os resultados de carga de trabalho extraídos dos cenários foram comparados entre si, a fim de depreender sobre o grau de complexidade operacional de cada um deles. Para fins de análise de carga de trabalho, o TAAM considerou os seguintes aspectos:

a) número máximo de aeronaves no setor;
b) total de conflitos e os respectivos graus de severidade;
c) ações de coordenação; e
d) alterações de nível.

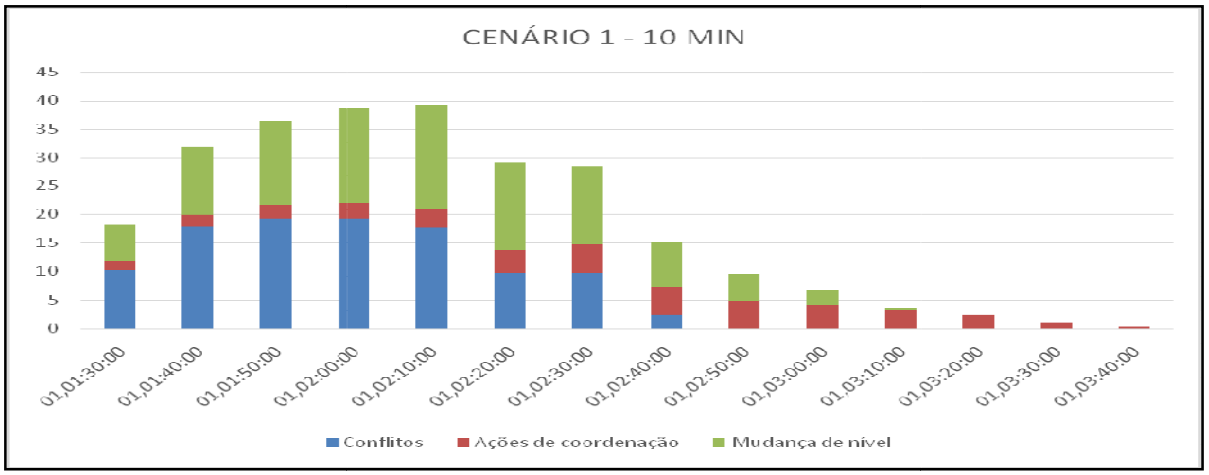
O TAAM atribuiu, para cada um desses aspectos, um cofator, e este foi multiplicado pela frequência dos eventos ocorridos em cada hora. Ao final, todos os valores calculados foram somados para então definir o resultado atribuído a carga de trabalho. Os valores obtidos não devem ser interpretados como valores absolutos e sim como índices para comparação dos cenários, dado que os valores calculados pela ferramenta não possuem uma escala definida.

Os gráficos a seguir apresentam os indicadores do fenômeno analisado. Para compreender o comportamento da carga de trabalho dos 5 cenários de simulação, é importante esclarecer que o TAAM utiliza um sistema de pontuação, e, dessa forma, atribui pontos para cada aspecto estudado. Logo, para interpretar os gráficos e as tabelas abaixo, deverá ser considerado que quanto maior for a pontuação do item analisado, maior será a carga de trabalho atribuída a ele.

Cada cenário foi simulado durante um período de 2 horas e 40 minutos. A simulação iniciou-se às 01:00h e encerrou-se às 03:40h. Os gráficos 7, 8, 9, 10 e 11 mostram, no eixo das abscissas, cada período analisado e, no eixo das ordenadas, as pontuações obtidas para cada aspecto avaliado; e, separadas por cores, as

cargas de trabalho referentes a conflitos, a ações de coordenação e à mudança de nível. Importante salientar que o número máximo de aeronaves no setor estudado foi o mesmo para todos os cenários, ou seja, 21 aeronaves.

Gráfico 7 - Indicadores de carga de trabalho do cenário 1



Fonte: TAAM (2021).

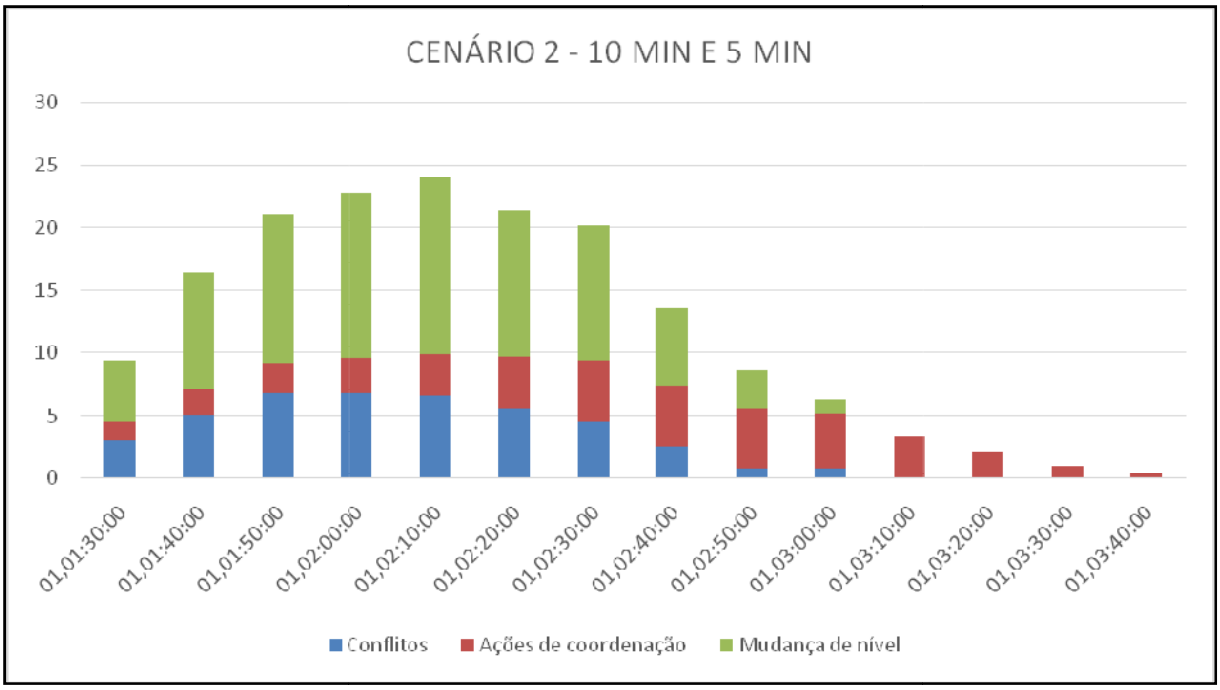
A tabela 12 abaixo apresenta as pontuações atribuídas a cada aspecto estudado no cenário 1.

Tabela 12- Detalhamento das pontuações dos aspectos de carga de trabalho do cenário 1

Hora	Conflitos	Ações de coordenação	Mudança de nível	Total
01,01:30:00	10,31	1,5	6,3	18,11
01,01:40:00	17,71	2,05	12	31,76
01,01:50:00	19,21	2,4	14,7	36,31
01,02:00:00	19,21	2,8	16,5	38,51
01,02:10:00	17,61	3,3	18,3	39,21
01,02:20:00	9,7	3,9	15,6	29,2
01,02:30:00	9,7	4,85	13,8	28,35
01,02:40:00	2,3	4,95	7,8	15,05
01,02:50:00	0	4,75	4,8	9,55
01,03:00:00	0	4,25	2,4	6,65
01,03:10:00	0	3,25	0,3	3,55
01,03:20:00	0	2,25	0	2,25
01,03:30:00	0	1	0	1
01,03:40:00	0	0,25	0	0,25
TOTAL	105,75	41,5	112,5	259,75

Fonte: TAAM (2021)

Gráfico 8 - Indicadores de carga de trabalho do cenário 2



Fonte: TAAM (2021).

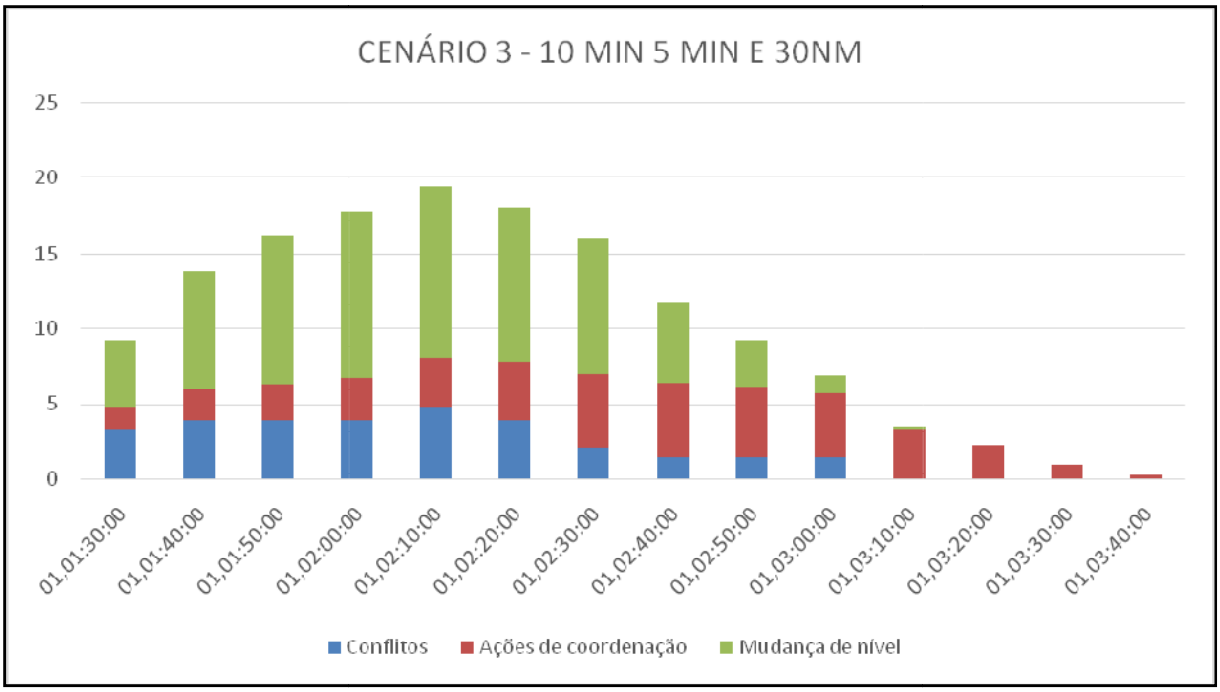
A tabela 13 abaixo apresenta as pontuações atribuídas a cada aspecto estudado no cenário 2.

Tabela 13- Detalhamento das pontuações dos aspectos de carga de trabalho do cenário 2

Hora	Conflitos	Ações de coordenação	Mudança de nível	Total
01,01:30:00	3	1,5	4,8	9,3
01,01:40:00	5	2,05	9,3	16,35
01,01:50:00	6,7	2,4	12	21,1
01,02:00:00	6,7	2,8	13,2	22,7
01,02:10:00	6,5	3,3	14,1	23,9
01,02:20:00	5,5	4,15	11,7	21,35
01,02:30:00	4,5	4,85	10,8	20,15
01,02:40:00	2,5	4,95	6	13,45
01,02:50:00	0,8	4,75	3	8,55
01,03:00:00	0,8	4,25	1,2	6,25
01,03:10:00	0	3,25	0	3,25
01,03:20:00	0	2	0	2
01,03:30:00	0	1	0	1
01,03:40:00	0	0,25	0	0,25
TOTAL	42	41,5	86,1	169,6

Fonte: TAAM (2021).

Gráfico 9 - Indicadores de carga de trabalho do cenário 3



Fonte: TAAM (2021).

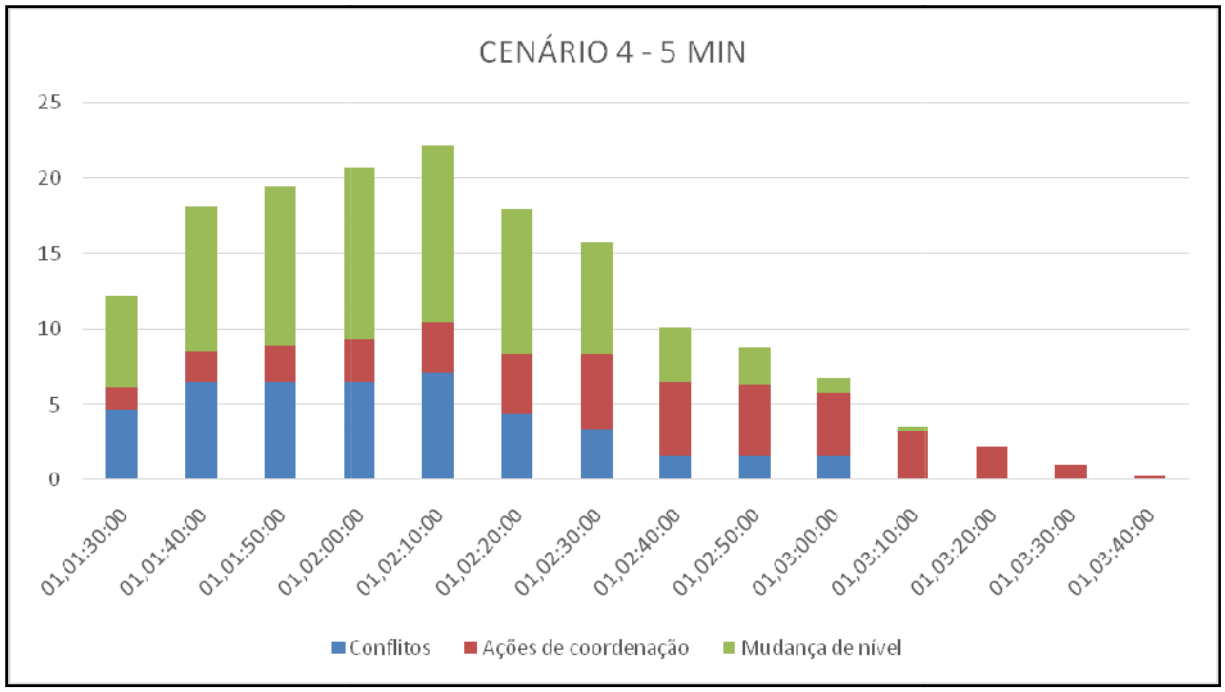
A tabela 14 abaixo apresenta as pontuações atribuídas a cada aspecto estudado no cenário 3.

Tabela 14- Detalhamento das pontuações dos aspectos de carga de trabalho do cenário 3

Hora	Conflitos	Ações de coordenação	Mudança de nível	Total
01,01:30:00	3,25	1,5	4,5	9,25
01,01:40:00	3,9	2,05	7,8	13,75
01,01:50:00	3,9	2,4	9,9	16,2
01,02:00:00	3,9	2,8	11,1	17,8
01,02:10:00	4,7	3,3	11,4	19,4
01,02:20:00	3,9	3,9	10,2	18
01,02:30:00	2,1	4,85	9	15,95
01,02:40:00	1,45	4,95	5,4	11,8
01,02:50:00	1,45	4,75	3	9,2
01,03:00:00	1,45	4,25	1,2	6,9
01,03:10:00	0	3,25	0,3	3,55
01,03:20:00	0	2,25	0	2,25
01,03:30:00	0	1	0	1
01,03:40:00	0	0,25	0	0,25
TOTAL	30	41,5	73,8	145,3

Fonte: TAAM (2021).

Gráfico 10 - Indicadores de carga de trabalho do cenário 4



Fonte: TAAM (2021).

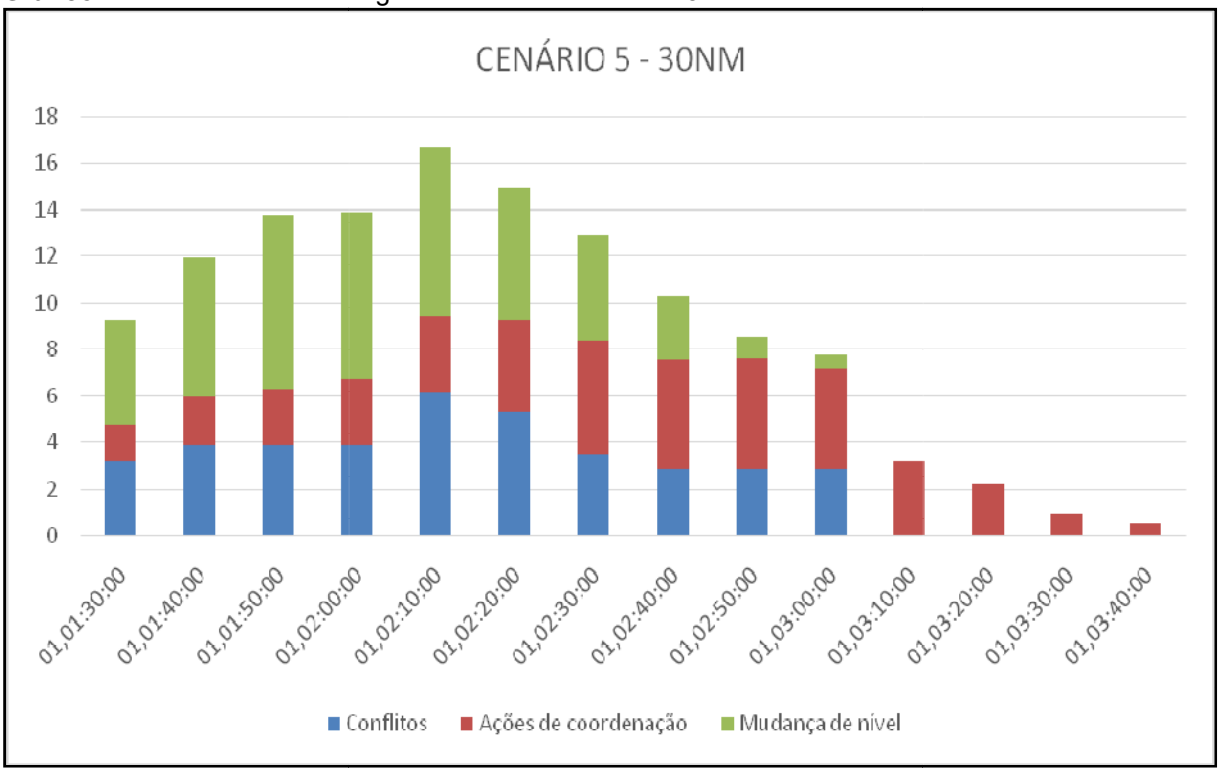
A tabela 15 abaixo apresenta as pontuações atribuídas a cada aspecto estudado no cenário 4.

Tabela 15- Detalhamento das pontuações dos aspectos de carga de trabalho do cenário 4

Hora	Conflitos	Ações de coordenação	Mudança de nível	Total
01,01:30:00	4,7	1,5	6	12,2
01,01:40:00	6,5	2,05	9,6	18,15
01,01:50:00	6,5	2,4	10,5	19,4
01,02:00:00	6,5	2,8	11,4	20,7
01,02:10:00	7,1	3,3	11,7	22,1
01,02:20:00	4,4	3,9	9,6	17,9
01,02:30:00	3,4	4,85	7,5	15,75
01,02:40:00	1,6	4,95	3,6	10,15
01,02:50:00	1,6	4,75	2,4	8,75
01,03:00:00	1,6	4,25	0,9	6,75
01,03:10:00	0	3,25	0,3	3,55
01,03:20:00	0	2,25	0	2,25
01,03:30:00	0	1	0	1
01,03:40:00	0	0,25	0	0,25
TOTAL	43,9	41,5	73,5	158,9

Fonte: TAAM (2021).

Gráfico 11 - Indicadores de carga de trabalho do cenário 5



Fonte: TAAM (2021).

A tabela 16 abaixo apresenta as pontuações atribuídas a cada aspecto estudado no cenário 5.

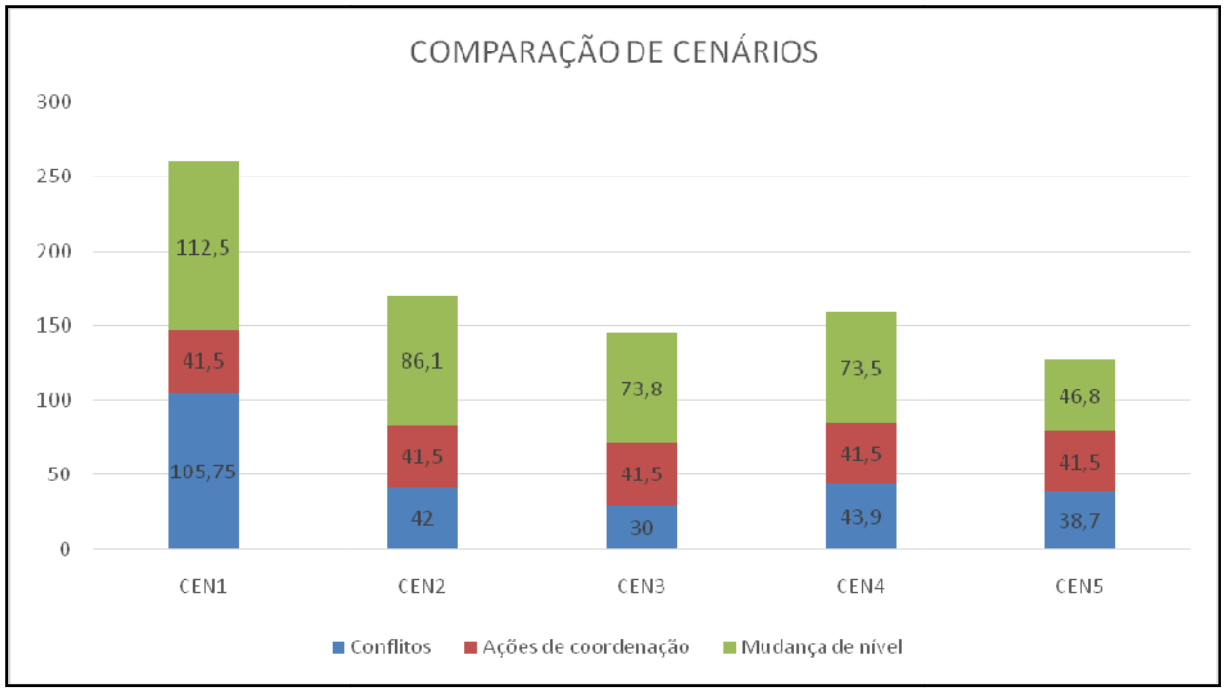
Tabela 16- Detalhamento das pontuações dos aspectos de carga de trabalho do cenário 5

Hora	Conflitos	Ações de coordenação	Mudança de nível	Total
01,01:30:00	3,25	1,5	4,5	9,25
01,01:40:00	3,9	2,05	6	11,95
01,01:50:00	3,9	2,4	7,5	13,8
01,02:00:00	3,9	2,8	7,2	13,9
01,02:10:00	6,15	3,3	7,2	16,65
01,02:20:00	5,35	3,9	5,7	14,95
01,02:30:00	3,55	4,85	4,5	12,9
01,02:40:00	2,9	4,7	2,7	10,3
01,02:50:00	2,9	4,75	0,9	8,55
01,03:00:00	2,9	4,25	0,6	7,75
01,03:10:00	0	3,25	0	3,25
01,03:20:00	0	2,25	0	2,25
01,03:30:00	0	1	0	1
01,03:40:00	0	0,5	0	0,5
TOTAL	38,7	41,5	46,8	127

Fonte: TAAM (2021).

Após finalizar as simulações dos 05 cenários, foram comparados os resultados das cargas de trabalho entre eles, conforme mostram o gráfico 12 e a tabela 18.

Gráfico 12 - Comparação dos indicadores de carga de trabalho



Fonte: TAAM (2021).

O gráfico 12 destaca a alta pontuação da carga de trabalho do cenário 1 comparada aos outros cenários. E a tabela 17 a seguir apresenta a pontuação isolada dos aspectos relativos à carga de trabalho.

Tabela 17- Detalhamento das pontuações dos aspectos de carga de trabalho dos cenários

CENÁRIO	Conflitos	Ações de coordenação	Mudança de nível	Total
CEN1	105,75	41,5	112,5	259,75
CEN2	42	41,5	86,1	169,6
CEN3	30	41,5	73,8	145,3
CEN4	43,9	41,5	73,5	158,9
CEN5	38,7	41,5	46,8	127

Fonte: TAAM (2021).

A tabela 18 mostra a comparação entre cenários e indica tendência de redução das cargas de trabalho. De acordo com a tabela 18, a maior redução da carga de trabalho ocorre quando comparado o cenário 1 (separação mínima aplicada de 10minutos/80 milhas) com o cenário 5 (separação mínima aplicada de 30 milhas).

Tabela 18- Comparação dos aspectos de carga de trabalho dos cenários

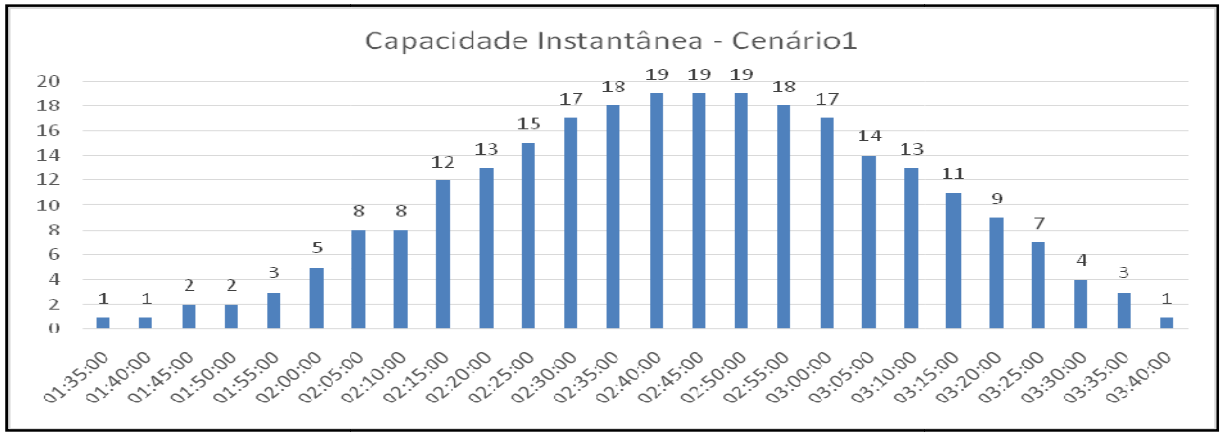
CENÁRIO	Conflitos	Ações de coordenação	Mudança de nível	Total
CEN1xCEN2	-63,75	0	-26,4	-90,15
CEN1xCEN3	-75,75	0	-38,7	-114,45
CEN1xCEN4	-61,85	0	-39	-100,85
CEN1xCEN5	-67,05	0	-65,7	-132,75
CEN2xCEN3	-12	0	-12,3	-24,3
CEN3XCEN5	8,7	0	-27	-18,3
CEN4xCEN5	-5,2	0	-26,7	-31,9

Fonte: TAAM (2021).

4.2.5 Movimento Instantâneo no Setor Estudado

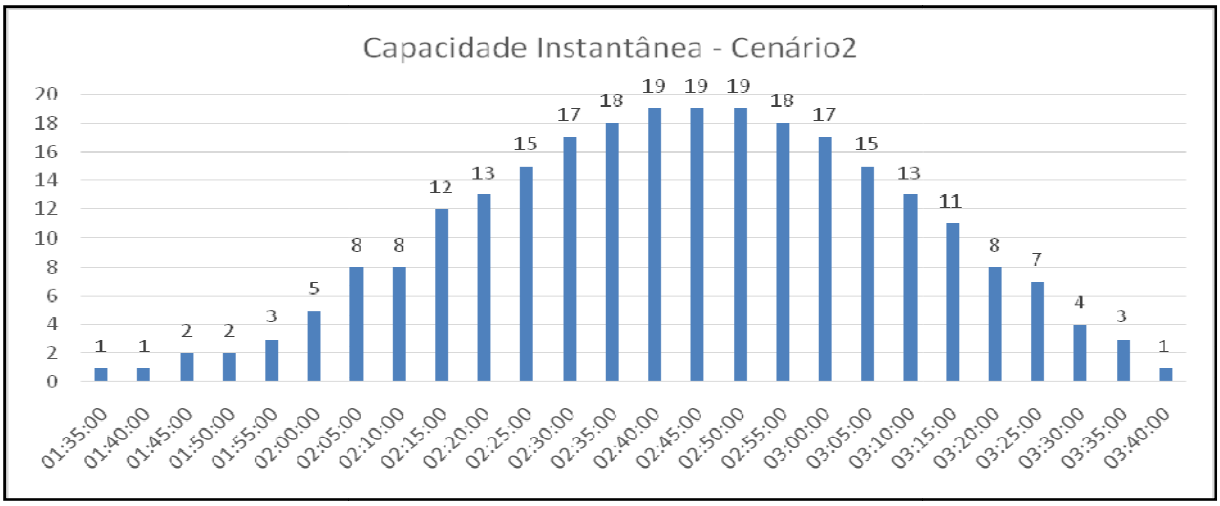
Este indicador permitiu verificar o comportamento do subsetor 2B quando submetido a 19 movimentos instantâneos durante o período da simulação. Os gráficos 13, 14, 15, 16 e 17 a seguir mostram que o volume de tráfego planejado foi o mesmo para todos os cenários, contudo, conforme visto na tabela 17, a prestação do serviço de tráfego aéreo em cada cenário esteve sujeita a cargas de trabalho distintas.

Gráfico 13 - Números de aeronaves instantâneas no cenário 1



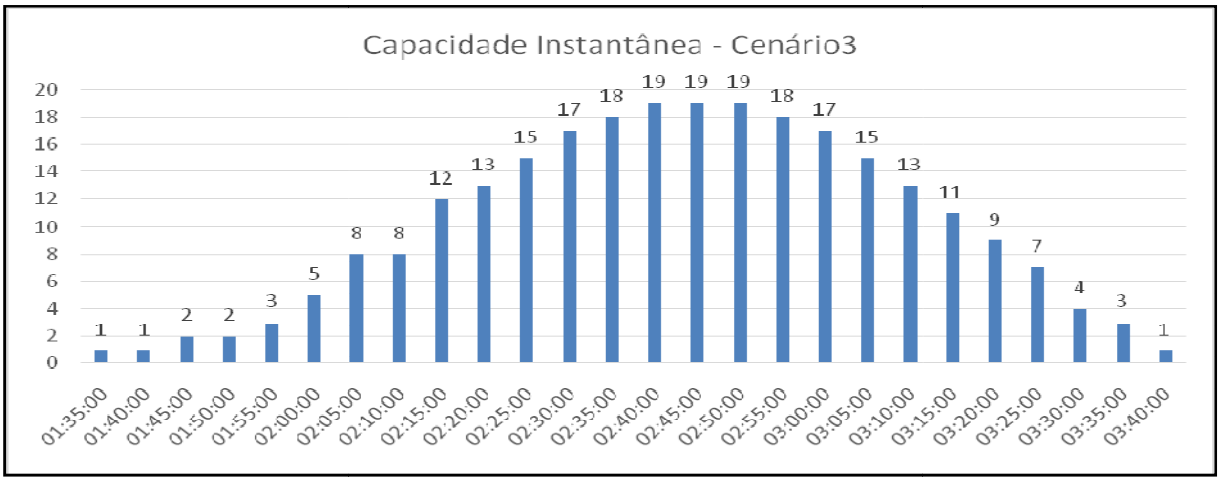
Fonte: TAAM (2021).

Gráfico 14 - Números de aeronaves instantâneas no cenário 2



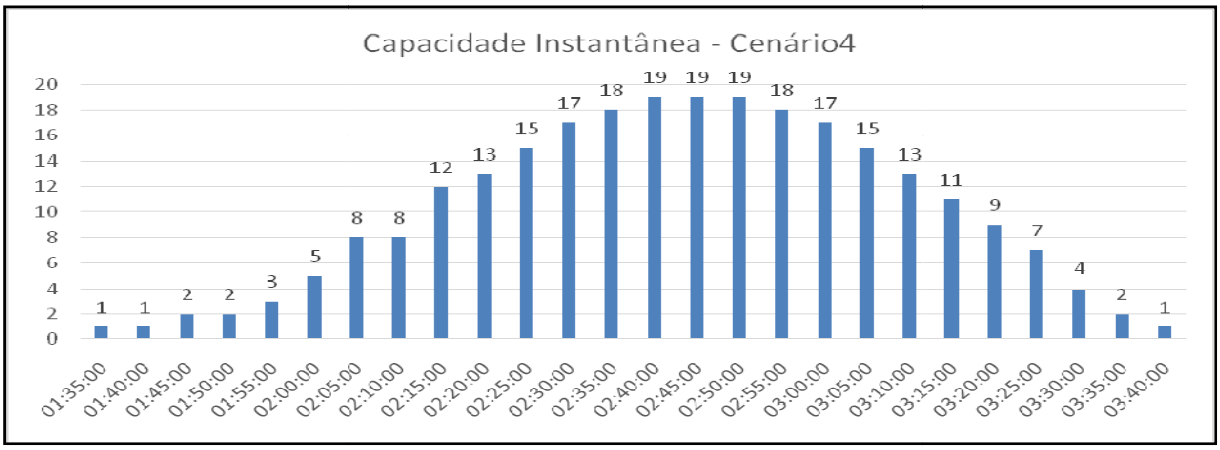
Fonte: TAAM (2021).

Gráfico 15 - Números de aeronaves instantâneas no cenário 3



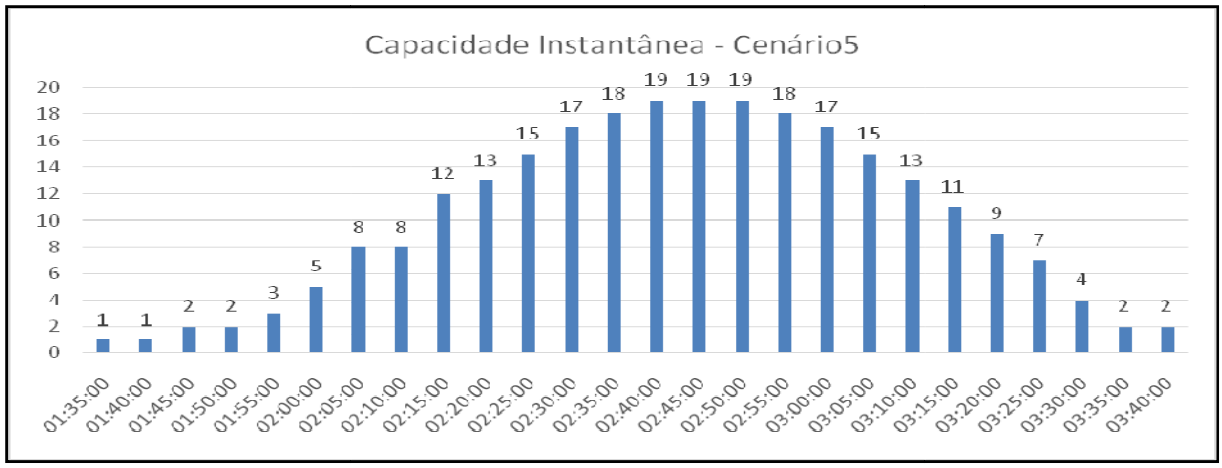
Fonte: TAAM (2021).

Gráfico 16 - Números de aeronaves instantâneas no cenário 4



Fonte: TAAM (2021).

Gráfico 17 - Números de aeronaves instantâneas no cenário 5



Fonte: TAAM (2021).

4.2.6 Estudo do Consumo de Combustível e das Emissões de Gases Poluentes

Este indicador apontou o consumo de combustível das aeronaves nos diferentes cenários de simulação. O TAAM calculou a queima de querosene de cada voo e realizou a comparação dos resultados alcançados no cenário referência com aqueles obtidos nos cenários propostos, a fim de avaliar se houve aumento de eficiência para os voos e a redução de emissão de gases poluentes no meio ambiente.

A metodologia empregada para calcular a emissão de CO2 consta na *Carbon Emissions Calculator Methodology* (ICAO, 2018b), a qual foi desenvolvida para estimar a emissão de CO2 por passageiro, levando-se em conta as seguintes informações: distância percorrida, modelo da aeronave, assentos, passageiros e carga. O modelo matemático expresso na *Carbon Emissions Calculator Methodology* (ICAO, 2018b, p.06, tradução nossa) é representado pela seguinte equação:CO2 per PAX = 3.16 * (*totalfuel* PAX-to-freightfactor*) / (*numberof y-seats* * *PAXloadfactor*). Onde:

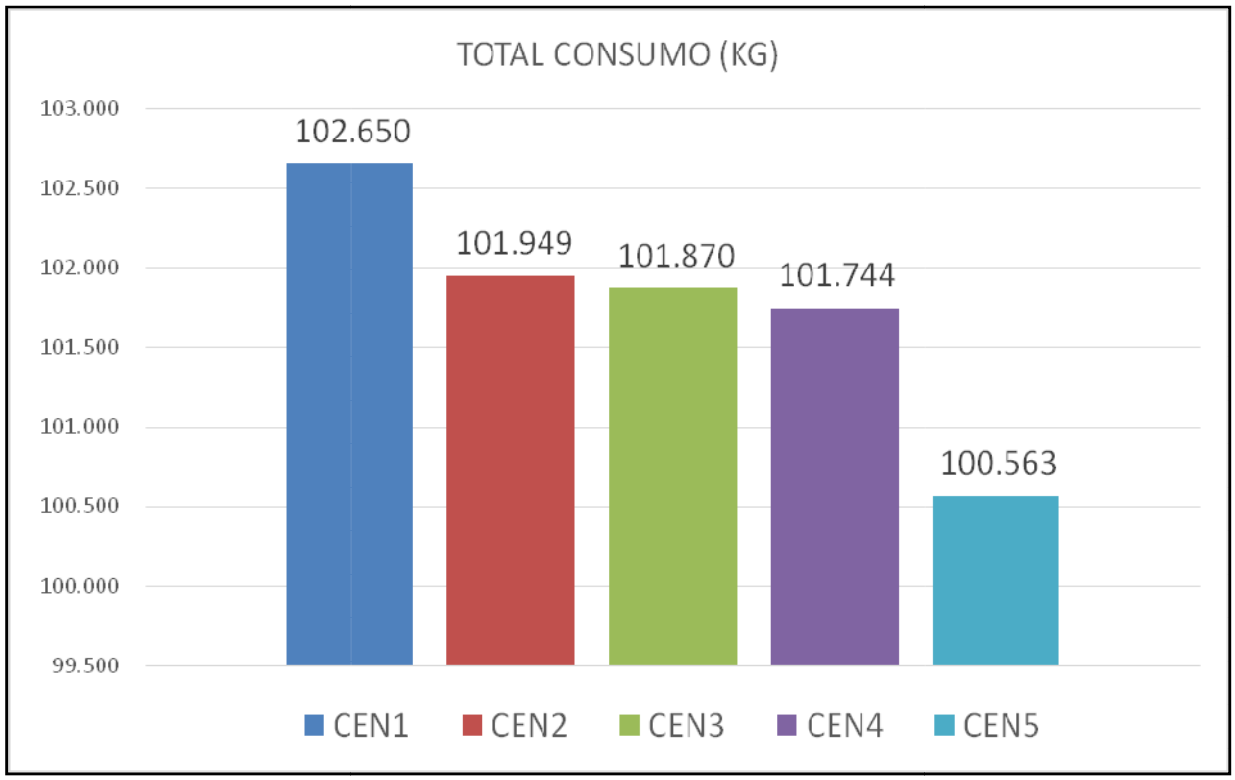
> *Total fuel* = A média ponderada do combustível usado por todos os voos que partiram da origem aeroporto para chegar ao aeroporto de destino. O fator de ponderação é a proporção do número de partidas para cada tipo de aeronave equivalente, ao número total de partidas.
>
> *Pax-to-freight factor* = é a razão calculada a partir do banco de dados estatísticos da ICAO com base no número de passageiros e tonelagem postal e de carga, transportados em uma determinada rota grupo.
>
> *Number of y-seats* = o número total de assentos equivalentes na classe econômica disponíveis em todos os voos servindo a um determinado par de cidades.

3,16 = constante que representa o número de toneladas de CO2 produzidas pela queima de uma tonelada de combustível de aviação.

Considerando que não foi informada a quantidade de passageiros (PAX) nos arquivos de entrada, para efeitos de simulação, todos os assentos estavam vazios. O combustível foi adicionado à massa total da aeronave, decrescendo durante o voo. As distâncias voadas dentro do subsetor eram iguais em todos os cenários e, em função disso, a variável distância foi desconsiderada. Para simplificar os cálculos dos dados obtidos, os especialistas em simulação em tempo acelerado utilizaram apenas 2 variáveis: o total de combustível gasto no trajeto e a constante 3,16 que corresponde a quantidade de CO2 produzida durante a queima de querosene de aviação, em toneladas.

A equação simplificada ficou modelada da seguinte forma: CO2 (Ton) = 3,16 * total de combustível gasto (Ton). É válido registrar que a distância percorrida na aerovia UN873 foi de, aproximadamente, 450 milhas, e na aerovia UN857 de, aproximadamente, 433 milhas. Os gráficos 18, 19 e 20 abaixo mostram, respectivamente, o consumo de combustível e a emissão de gases observados em cada cenário de simulação.

Gráfico 18 - Total de consumo de combustíveis por cenário de simulação



Fonte: TAAM (2021).

A tabela 19 abaixo detalha o consumo, em Kg, de cada tipo de aeronave e os somatórios dos consumos separados por cenários.

Tabela 19- Detalhamento do consumo de combustíveis das aeronaves por cenário de simulação

INDICATIVO	TIPO	CEN1	CEN2	CEN3	CEN4	CEN5
EXT1004	B763	3814	3762	3748	3773	3703
EXT1100	B77W	6164	5934	5828	5931	5828
EXT1005	B763	3827	3956	3799	4085	3771
EXT1011	B788	3945	3922	3922	3945	3922
EXT1101	B77W	6397	6284	6185	6184	6013
EXT1006	B763	4000	4038	4174	3843	3843
EXT1102	B77W	5928	5884	5922	5831	5828
EXT1007	B763	3711	3783	3770	3811	3783
EXT1012	B788	3773	3773	3773	3772	3773
EXT1008	B763	3916	3792	3910	3928	3802
DLH511	B748	7733	7733	7733	7733	7733
EXT1103	B77W	6306	6290	6250	6461	6126
TAM8071	B77W	6095	6095	5921	5923	5828
EXT1013	B788	4180	3843	3843	3843	3843
EXT1009	B763	3843	4003	4053	3843	3843
EXT1001	A359	5268	5257	5437	5325	5339
EXT1010	B763	3929	3839	3840	3784	3771
TAM8101	A359	5168	5131	5132	5106	5106
TAM8063	B763	3733	3710	3710	3703	3703
IBE6024	A332	4630	4630	4630	4630	4673
AFR459	B77W	6290	6290	6290	6290	6332
TOTAL (Kg)		**102.650**	**101.949**	**101.870**	**101.744**	**100.563**

Fonte: TAAM (2021).

Outra variável calculada a partir de dados de cada cenário de simulação foi a média de consumo de combustível por milha náutica (NM) voada. Para obter esse valor, foi dividido o número de aeronaves (21) pelo consumo total de combustível de cada cenário. O resultado dessa operação foi dividido por 440 (representa a média aritmética, em milhas, das distâncias das duas aerovias), e gerou o consumo, por milha náutica, conforme apresentado na tabela 20 abaixo:

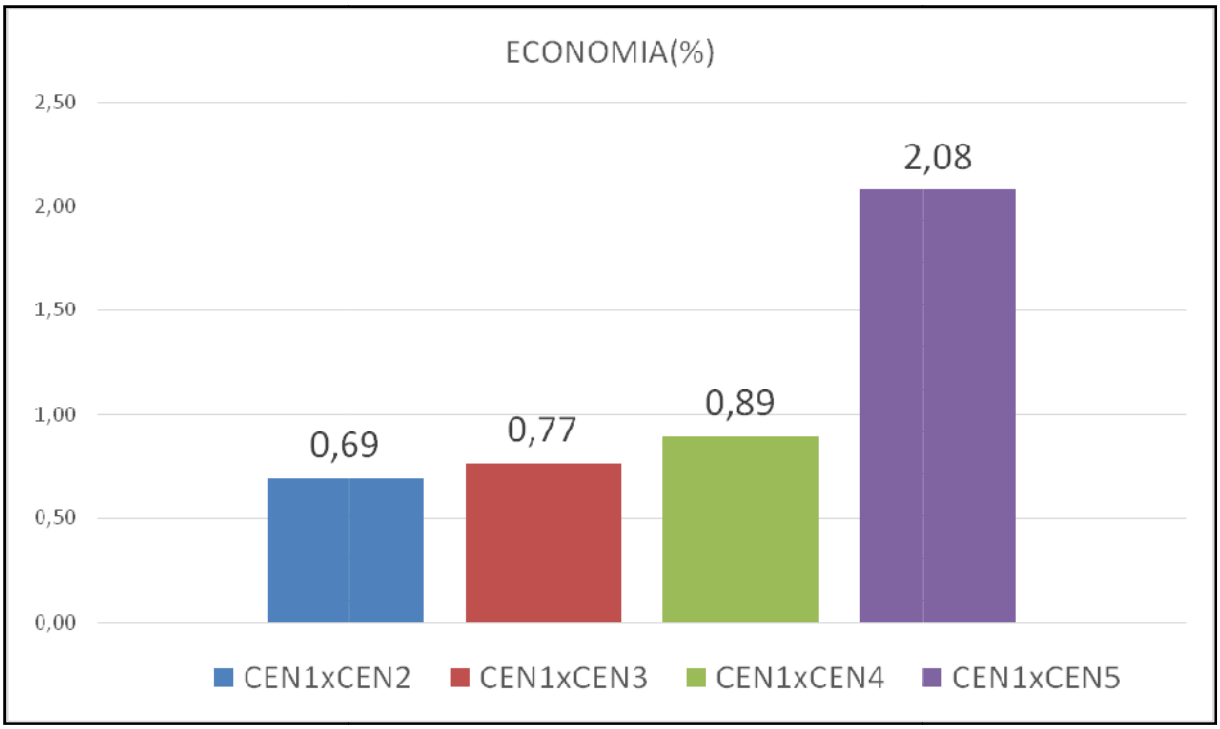
Tabela 20- Consumo de combustíveis por milhas voadas para cada cenário de simulação

CENÁRIOS	TOTAL	TOTAL/21	CONSUMO POR NM (KG)
CEN1	102.650	4.888,10	11,11
CEN2	101.949	4.854,71	11,03
CEN3	101.870	4.850,95	11,02
CEN4	101.744	4.844,95	11,01
CEN5	100.563	4.788,71	10,88

Fonte: TAAM (2021).

A economia global, ao longo de 02:40h de simulação, observada na tabela 20, entre os cenários 1 e 5, chega a 2087Kg. No gráfico 19, a seguir, está representada a diferença percentual do consumo combustível quando comparado os cenários de simulação.

Gráfico 19 - Comparativo de economia de combustíveis entre os cenários de simulação



Fonte: TAAM (2021).

A tabela 21 abaixo mostra todas as aeronaves participantes da simulação e a diferença percentual encontrada ao comparar o consumo de cada aeronave nos diversos cenários.

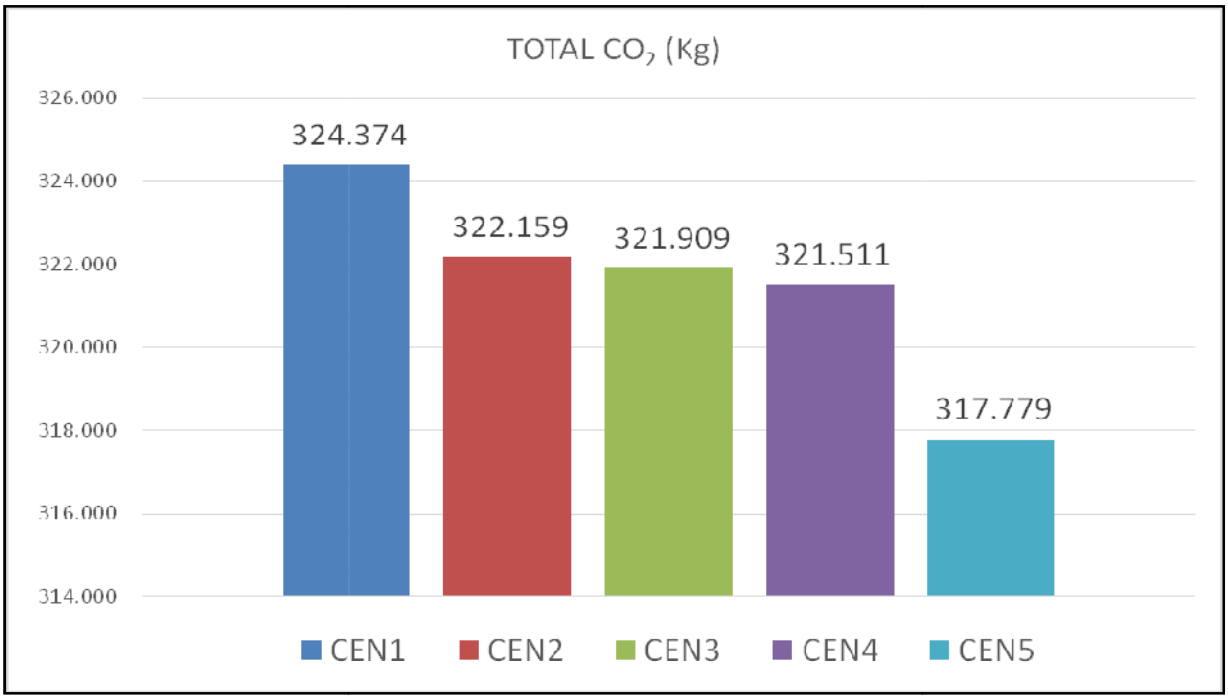
Tabela 21- Comparativo de economia de combustíveis das aeronaves por cenário de simulação

INDICATIVO	TIPO	CEN1xCEN2	CEN1xCEN3	CEN1xCEN4	CEN1xCEN5	CEN2xCEN3	CEN4xCEN5
EXT1004	B77W	-1,36	-1,73	-1,07	-2,91	-0,37	-1,86
EXT1100	B77W	-3,73	-5,45	-3,78	-5,45	-1,79	-1,74
EXT1005	B77W	3,37	-0,73	6,74	-1,46	-3,97	-7,69
EXT1011	B77W	-0,58	-0,58	0,00	-0,58	0,00	-0,58
EXT1101	B77W	-1,77	-3,31	-3,33	-6,00	-1,58	-2,77
EXT1006	B77W	0,95	4,35	-3,93	-3,93	3,37	0,00
EXT1102	B77W	-0,74	-0,10	-1,64	-1,69	0,65	-0,05
EXT1007	B77W	1,94	1,59	2,69	1,94	-0,34	-0,73
EXT1012	B77W	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,03
EXT1008	B77W	-3,17	-0,15	0,31	-2,91	3,11	-3,21
DLH511	B748	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EXT1103	B77W	-0,25	-0,89	2,46	-2,85	-0,64	-5,18
TAM8071	B77W	0,00	-2,85	-2,82	-4,38	-2,85	-1,60
EXT1013	B77W	-8,06	-8,06	-8,06	-8,06	0,00	0,00
EXT1009	B77W	4,16	5,46	0,00	0,00	1,25	0,00
EXT1001	A359	-0,21	3,21	1,08	1,35	3,42	0,26
EXT1010	B77W	-2,29	-2,27	-3,69	-4,02	0,03	-0,34
TAM8101	A359	-0,72	-0,70	-1,20	-1,20	0,02	0,00
TAM8063	B763	-0,62	-0,62	-0,80	-0,80	0,00	0,00
IBE6024	A332	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,93
AFR459	B77W	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,67
ECONOMIA (%)		**0,69**	**0,77**	**0,89**	**2,08**	**0,08**	**1,17**

Fonte: TAAM (2021).

A emissão de gases poluentes apresentada no gráfico 20 abaixo indica o total de CO2 lançado na atmosfera, por todas as aeronaves participantes, em cada cenário de operação.

Gráfico 20 - Detalhamento das emissões de gases poluentes por cenário de simulação



Fonte: TAAM (2021).

O gráfico 20 destaca a redução mais acentuada da emissão de gases poluentes quando comparado o cenário 1 com o cenário 5. A diferença, em Kg, do total de CO2 liberados na atmosfera no cenário 1 foi de 6595 kg a mais, quando comparado ao cenário 5, no período de 02:40h de simulação. A tabela 22 a seguir detalha a emissão de CO2, em Kg, de cada de aeronave participante e o somatório da emissão de gases poluentes por cenário.

Tabela 22- Detalhamento das emissões de gases poluentes, em Kg, por cenário de simulação

INDICATIVO	TIPO	CEN1	CEN2	CEN3	CEN4	CEN5
EXT1004	B763	12.052	11.888	11.844	11.923	11.701
EXT1100	B77W	19.478	18.751	18.416	18.742	18.416
EXT1005	B763	12.093	12.501	12.005	12.909	11.916
EXT1011	B788	12.466	12.394	12.394	12.466	12.394
EXT1101	B77W	20.215	19.857	19.545	19.541	19.001
EXT1006	B763	12.640	12.760	13.190	12.144	12.144
EXT1102	B77W	18.732	18.593	18.714	18.426	18.416
EXT1007	B763	11.727	11.954	11.913	12.043	11.954
EXT1012	B788	11.923	11.923	11.923	11.920	11.923
EXT1008	B763	12.375	11.983	12.356	12.412	12.014
DLH511	B748	24.436	24.436	24.436	24.436	24.436
EXT1103	B77W	19.927	19.876	19.750	20.417	19.358
TAM8071	B77W	19.260	19.260	18.710	18.717	18.416
EXT1013	B788	13.209	12.144	12.144	12.144	12.144
EXT1009	B763	12.144	12.649	12.807	12.144	12.144
EXT1001	A359	16.647	16.612	17.181	16.827	16.871
EXT1010	B763	12.416	12.131	12.134	11.957	11.916
TAM8101	A359	16.331	16.214	16.217	16.135	16.135
TAM8063	B763	11.796	11.724	11.724	11.701	11.701
IBE6024	A332	14.631	14.631	14.631	14.631	14.767
AFR459	B77W	19.876	19.876	19.876	19.876	20.009
TOTAL CO_2 (Kg)		**324.374**	**322.159**	**321.909**	**321.511**	**317.779**

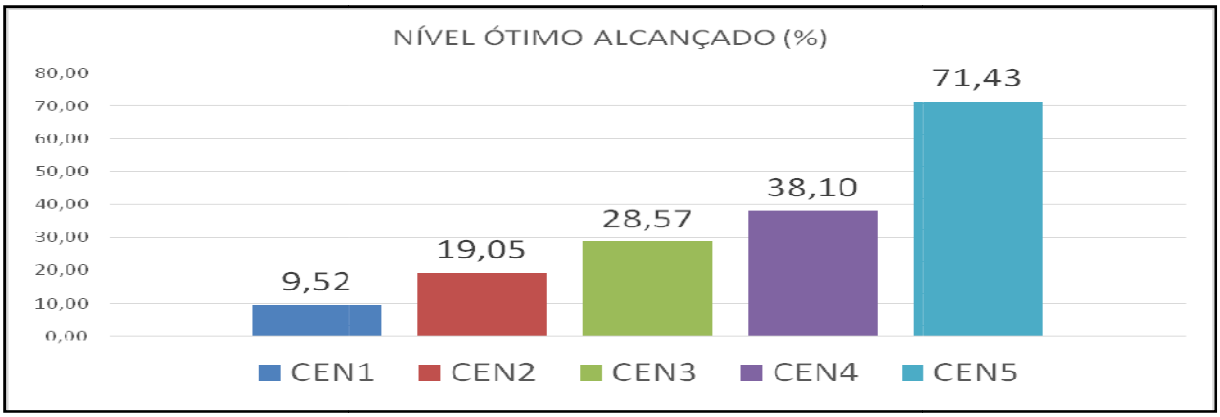
Fonte: TAAM (2021).

4.2.7 Percentual de Aeronaves que Alcançaram os Níveis Ótimos de Voo

Este indicador possibilitou identificar o percentual de aeronaves que alcançaram e mantiveram os níveis de voo ótimos na área do subsetor de interesse. Nos primeiros minutos da simulação, as aeronaves tentavam abandonar os níveis de voo iniciais para alcançarem os níveis de voo "desejáveis", indicados pelo BADA.

O TAAM, como estava calibrado para realizar os cálculos de velocidade, tempo e distância, a fim de que as separações regulamentares entre as aeronaves não fossem infringidas, permitia as mudanças de níveis de voo quando não havia risco de incidentes entre os tráfegos. O gráfico 21 apresenta os percentuais de aeronaves que atingiram os níveis de voo ótimos sem infringir as regras calibradas no TAAM.

Gráfico 21 - Percentuais de aeronaves que conseguiram atingir os níveis ótimos de voo



Fonte: TAAM (2021).

O gráfico 21 revela os percentuais de aeronaves que conseguiram alcançar os níveis ótimos de voo para cada cenário. O simulador obedeceu às regras de separação que nele foram configuradas. O cenário 5, nesta análise, mostrou-se mais flexível para as operações aéreas quando comparados aos demais cenários. Pois, no cenário 5, mais de 70% das aeronaves tiveram as suas solicitações atendidas, enquanto no cenário 1 menos de 10% conseguiram alcançar os seus níveis ótimos.

A seção a seguir fará a interpretação dos indicadores da simulação pesquisa-ação baseados nos cenários hipotéticos, validados pelos controladores de tráfego aéreo do Centro de Controle de Área Atlântico, os quais serão comparados com os indicadores de desempenho do cenário referência.

5 ANÁLISES DOS IMPACTOS DA APLICAÇÃO DAS SEPARAÇÕES REDUZIDAS NO CORREDOR EUR-SAM

Alinhado com o item 1.2 deste trabalho, as análises dos impactos da aplicação das separações reduzidas de que tratam este capítulo estão pautadas no aprofundamento das investigações das operações aéreas em uma porção amostral do Corredor EUR-SAM contornada pelos limites do espaço aéreo oceânico brasileiro.

A questão atribuída a esta pesquisa relaciona-se com os efeitos provocados por procedimentos aplicados pelos Provedores de Navegação Aérea do Atlântico Norte à demanda de tráfego aéreo, procedentes da Europa com destino à América do Sul. Pois, as aeronaves, nesse trecho, enquanto estiverem navegando dentro dos limites do espaço aéreo do Atlântico Norte, poderão ser separadas entre si por 30 milhas longitudinal e até 23 milhas lateral. Entretanto, antes que os tráfegos ingressem e sejam acomodados nas aerovias do estreito Corredor EUR-SAM, os Provedores de Navegação Aérea do Atlântico Norte deverão adotar procedimentos operacionais para ampliar as separações, tais como ajustes de velocidades das aeronaves e aplicação da separação vertical, para garantir que os equipamentos entrem no Corredor EUR-SAM com as separações de 80 milhas longitudinal e 50 milhas lateral, conforme previsto em norma atualmente.

De forma análoga, esses procedimentos são empregados no sentido América do Sul/Europa, contudo os reflexos são discretos, em função do menor volume de tráfego aéreo concentrado ao longo do dia, e porque as separações entre as aeronaves são criadas pelos controladores de tráfego aéreo no espaço aéreo

continental da FIR Recife, onde há o auxílio de radares. Os controladores de tráfego aéreo recorrem a essas medidas para garantirem as separações adequadas antes que as aeronaves ingressem no Corredor EUR-SAM, contudo, de acordo os indicadores da simulação em tempo acelerado apresentados no capítulo anterior, as separações ampliadas no Corredor EUR-SAM produziram significativos efeitos, os quais serão escrutinados mais à frente.

Diante desse contexto, é razoável admitir a importância da redução das separações no Corredor EUR-SAM, não pelo volume do tráfego aéreo que passa por ele ao longo do dia, mas pela concentração de aeronaves afuniladas em poucas aerovias, em determinados horários, e pela relevância da harmonização das regras de separação entre os espaços aéreos do Atlântico Norte e do Corredor EUR-SAM.

Assim sendo, para iniciar as investigações sobre a viabilidade de redução das separações no Corredor EUR-SAM, o desenho da pesquisa deste trabalho sugeriu um amplo aprofundamento das necessidades operacionais, advindas dos apontamentos registrados pelos controladores de tráfego aéreo do CINDACTA III, que participaram da simulação em tempo real com o emprego da separação reduzida entre as aeronaves, apoiados pelo atual SAGITARIO utilizado pelo Centro de Controle de Área Atlântico, para a prestação do serviço de controle de tráfego aéreo em parte do Corredor EUR-SAM, que se encontra dentro dos limites da FIR Atlântico.

De acordo com o item 4.1.2, na primeira fase da simulação com a aplicação dos mínimos de separação reduzido em até 5 minutos, para as aeronaves participantes com requisitos de desempenho, e com simultâneo emprego da separação de 10 minutos entre equipamentos sem requisitos de desempenho, foram percebidos um aumento expressivo da carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo e uma preocupante queda da consciência situacional desses profissionais.

Essa relação de causa e efeito, segundo os especialistas avaliadores, comprometeu a capacidade de controle das aeronaves por parte dos controladores de tráfego aéreo. Os operadores, ao longo da simulação em tempo real, inadvertidamente, permitiram aproximações irregulares entre aeronaves, infringindo os mínimos de separação previstos em norma. Essas fragilidades técnicas mostraram que a falta de um sistema de gestão de tráfego aéreo com as

funcionalidades e alertas adequados para o emprego da separação reduzida provocou a redução dos níveis aceitáveis de desempenho da segurança operacional.

O item 4.2 tratou da segunda fase da avaliação da aplicação da separação reduzida com o auxílio do TAAM, onde foram construídos cinco cenários de simulação para o emprego simultâneo de diferentes separações, com o objetivo de identificar os impactos, para os usuários ou para os provedores de navegação aérea, os quais serão esmiuçados nesta análise.

5.1 Atualização do Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo

No que se refere ao item 4.1.2, os notáveis problemas relacionados à segurança operacional, que foram apontados pelos controladores de tráfego aéreo na simulação em tempo real, levaram a depreender sobre a imprescindível necessidade de investir-se no desenvolvimento de novas funcionalidades, alertas e ferramentas inteligentes para o atual *software* de gestão de tráfego aéreo. A atualização do sistema de gestão de tráfego aéreo será fundamental para a garantia da manutenção dos atuais níveis de segurança e da redução da carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo, em caso de uma eventual implementação da separação horizontal reduzida no Corredor EUR-SAM.

Nessa perspectiva, visando mapear as fragilidades do SAGITARIO e buscar soluções, relacionando os respectivos dispositivos de controle adequados a cada vulnerabilidade do sistema, foi elaborada uma Proposta Necessidade Operacional (PNOP), de acordo com a Instrução do Comando da Aeronáutica (BRASIL, 2008), produto deste trabalho de pesquisa, para viabilizar a futura implementação da separação reduzida no Corredor EUR-SAM. A PNOP, nesse contexto, foi confeccionada para promover o diálogo entre esta pesquisa e a autoridade a qual poderá despertar interesse pelo empreendimento operacional, a fim de que sejam apresentadas as necessidades, avaliados os custos e a viabilidade da implementação do projeto.

As necessidades operacionais, de modo geral, estão relacionadas a alertas de conflito com aeronaves, a alertas de falha ou oscilação do ADS-C e do CPDLC, além de indicações visuais de aeronaves certificadas RCP240, RSP180, RNP4 e RNP10. A PNOP foi produzida com a participação dos controladores de tráfego aéreo do Centro de Controle de Área Atlântico e de representantes da ATECH,

empresa a qual poderá ser a responsável, no Brasil, pelo desenvolvimento dos novos alertas, funcionalidades e de ferramentas inteligentes para o sistema, caso a Proposta de Necessidade Operacional seja aprovada pelo DECEA.

5.2 Os Impactos da Redução da Separação no Corredor EUR-SAM

Conforme premissas apresentadas no item 4.2.2, as análises sobre os impactos da redução dos mínimos de separação no Corredor EUR-SAM foram realizadas, por amostragem, com base nos relatórios de saída extraídos do simulador em tempo acelerado. A porção aérea avaliada constitui o subsetor 2B, onde estão acomodadas duas importantes aerovias, UN873 e UN857, pertencentes ao Corredor EUR-SAM, cujo volume de tráfego aéreo é o mais representativo do eixo Europa-América do Sul. Em razão dessas aerovias estarem posicionadas muito distantes entre si, a redução da separação lateral não fez parte deste estudo. Nesse sentido, a investigação ficou totalmente centrada nos impactos provocados pela redução da separação longitudinal entre as aeronaves.

No TAAM, instrumento utilizado para gerar os indicadores, foram construídos 05 (cinco) cenários, sendo um deles o de referência. Este foi reproduzido pelo simulador com todas as características do cenário real, onde o emprego da separação longitudinal é de 80 milhas ou 10 minutos. Os demais cenários foram derivados do cenário referência, contudo foram empregados diferentes mínimos de separação, em consonância com os requisitos de desempenho de comunicação, navegação e vigilância das aeronaves participantes dos exercícios simulados.

Em conformidade com o item 1.3, a hipótese deste trabalho está pautada na possibilidade de variações no consumo de combustíveis e na emissão de gases que poderão ocorrer em consequência da redução dos mínimos de separação longitudinal entre as aeronaves no espaço aéreo oceânico. Para isso, foram gerados, pelo TAAM, dados de saída (relatórios de saída) em forma de indicadores que auxiliaram nas análises dos seguintes eventos:

a) carga de trabalho (CT);

b) consumo de combustível;

c) emissão de poluentes (CO2); e

d) percentual de aeronaves que alcançaram os níveis ótimos de voo.

A avaliação desses indicadores é essencial para que seja identificado o custo-benefício associado à redução da separação longitudinal no Corredor EUR-

SAM. Em virtude dessa notável importância, os citados fenômenos foram profundamente analisados, separadamente, em cada cenário e comparados entre si.

5.2.1 Os impactos da Redução da Separação para a Carga de Trabalho

Do item 4.2.4, foi analisado o indicador que permitiu a verificação da carga de trabalho do "controlador de tráfego aéreo perfeito" do *software*, atrelada à resolução de conflitos, a ações de coordenação e à mudança de níveis de voo. Os resultados da carga de trabalho extraídos dos cenários foram comparados entre si, a fim de inferir sobre o grau de complexidade operacional de cada um deles.

Conforme mostrou a tabela 17, às cargas de trabalho, foram atribuídos pontos. Desse modo, quanto maior a pontuação, maior a carga de trabalho. Com essa regra configurada no TAAM, foi possível observar que a operação no cenário referência exigiu maior esforço por parte do "controlador de tráfego aéreo" do TAAM, registrando uma altíssima carga de trabalho de 112,5 pontos, vinculada à resolução de conflitos, e de 105,75 pontos relacionada à mudança de nível de voo.

Isso mostra que a atual separação entre as aeronaves diminui a flexibilidade vertical do espaço aéreo, não permitindo que os controladores de tráfego aéreo atendam aos pedidos de mudança de níveis com facilidade, por não haver garantia, na maioria das vezes, da manutenção da separação regulamentar atual. Essa situação aumenta o número de solicitações por parte dos pilotos aos órgãos de controle de tráfego aéreo, na tentativa de obterem autorizações para voarem em níveis de voo mais econômicos e adequados aos seus equipamentos. Consequentemente, isso aumenta rigorosamente a carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo para atender as solicitações de subidas e descidas das tripulações, as quais nem sempre podem ser atendidas, por não existir separação mínima regulamentar entre as aeronaves envolvidas na operação, provocando o aumento da carga de trabalho para pilotos e controladores de tráfego aéreo.

Os valores de carga de trabalho foram, paulatinamente, declinados à medida que as separações reduzidas foram introduzidas à operação, conforme aponta o gráfico 12. O melhor resultado foi apresentado quando empregada a separação longitudinal de 30 milhas entre todas as aeronaves participantes da simulação. Nesse cenário, as cargas de trabalho associadas à resolução de conflitos foram

reduzidas para 46,8 pontos e à mudança de níveis de voo para 38,7 pontos, de acordo com a tabela 17.

Esses dados sinalizam que as solicitações dos pilotos, de mudanças de níveis, foram, na maioria das vezes, atendidas e mais facilmente gerenciadas pelos controladores de tráfego aéreo, o que explica a redução da carga de trabalho apontada pelo TAAM.

Com esses resultados, foi possível concluir que, do ponto de vista da carga de trabalho, uma eventual implementação da redução dos mínimos de separação no Corredor EUR-SAM trará impactos positivos para pilotos e controladores de tráfego aéreo.

5.2.2 Os impactos da Redução da Separação no Consumo de Combustível

O indicador estudado no item 4.2.6 marcou o consumo de combustível das aeronaves nos diferentes cenários de simulação. O TAAM calculou a queima de querosene de cada equipamento, em consequência das mudanças de níveis de voo realizadas pelas aeronaves, e comparou, conforme o gráfico 19, os resultados alcançados no cenário referência com aqueles obtidos nos cenários propostos, a fim de avaliar se houve economia de combustíveis para os usuários.

Em todos os cenários, o TAAM foi configurado para que as aeronaves buscassem, o mais rápido possível, os seus níveis ótimos de voo para a obtenção de economia de combustível. Com essa calibração, observou-se que a operação das aeronaves, no cenário referência, consumiu mais querosene. O somatório do consumo de combustível de todas as aeronaves no cenário referência alcançou cerca de 102.650 kg de querosene, conforme mostrou a tabela 20.

Foi o pior resultado se comparado aos relatórios de saída dos outros cenários onde as separações reduzidas foram aplicadas. Isso denota que as aeronaves demoraram a alcançar os níveis de voo mais econômicos no cenário referência, porque a separação longitudinal mínima de 80 milhas reduziu a possibilidade de cruzamentos de aeronaves por níveis de voo ocupados por outras.

A simulação mostrou que o consumo diminuiu gradativamente ao passo que as separações reduzidas foram empregadas na operação. O melhor resultado foi apresentado quando a separação longitudinal de 30 milhas foi padronizada para todas as aeronaves participantes da simulação. Nesse cenário, o somatório do

consumo de combustível de todas as aeronaves reduziu para 100.563 kg de querosene, de acordo com os dados da tabela 20.

Com esses resultados, foi possível concluir que, do ponto de vista do consumo de combustível, uma eventual implementação da redução dos mínimos de separação no Corredor EUR-SAM trará impactos positivos para os usuários do espaço aéreo oceânico.

5.2.3 Os impactos da Redução da Separação na Emissão de Poluentes na Atmosfera

Conforme destacou o item 4.2.6, o indicador emissão de poluentes na atmosfera tem relação direta com o consumo de combustíveis. Pois, à medida que há maior queima de combustíveis, mais gases poluentes são liberados na atmosfera. Com base nessa premissa, a emissão de gases foi monitorada ao longo da simulação. Observou-se que a operação das aeronaves no cenário referência produziu maior liberação de poluentes na atmosfera.

A tabela 22 mostrou que o somatório da emissão de gases de todas as aeronaves, no cenário referência, atingiu 324.374 Kg de CO2. Este constitui o pior resultado se comparado aos relatórios de saída dos outros cenários onde as separações reduzidas foram empregadas. Isso denota que as aeronaves, em função da atual separação aplicada no Corredor EUR-SAM, tiveram que voar por mais tempo em níveis de voo menos econômicos, forçando uma maior liberação de poluentes na atmosfera. A redução da emissão de gases foi notada ao passo que as separações reduzidas foram aplicadas nos cenários seguintes, conforme detalhado no gráfico 20.

O melhor resultado foi apresentado quando a separação longitudinal de 30 milhas foi padronizada para todas as aeronaves participantes da simulação. Nesse cenário, o somatório da emissão de gases de todas as aeronaves reduziu para 317.779 kg de CO2, conforme indicado na tabela 22.

Com esse resultado, foi possível admitir que, do ponto de vista da liberação de gases na atmosfera, uma eventual implementação da redução dos mínimos de separação no Corredor EUR-SAM trará impactos positivos para o meio ambiente.

5.2.4 Percentual de Aeronaves que Alcançaram os Níveis Ótimos de Voo

Este indicador, observado no item 4.2.7, foi concebido para identificar os registros de todas as variações de níveis de voo ao longo da simulação. O objetivo

deste marcador era mostrar o percentual de aeronaves que conseguiram alcançar os seus respectivos níveis ótimos de voo, para cada cenário de simulação, sem que fossem infringidas as separações parametrizadas.

De acordo com os relatórios de saída do TAAM indicados no gráfico 21, ao longo das 02:40h de simulação no cenário referência, apenas 9,52% da demanda de tráfego aéreo programada, o equivalente a 2 aeronaves, conseguiram alcançar os níveis ótimos de voo. Este foi o pior resultado se comparado aos relatórios de saída dos outros cenários onde as separações reduzidas foram empregadas. Os valores percentuais cresceram gradativamente à medida que as separações reduzidas foram aplicadas à operação.

O melhor resultado foi apresentado quando empregada a separação longitudinal de 30 milhas entre todas as aeronaves participantes da simulação. Nesse cenário, as mudanças de níveis de voo ocorreram de forma mais rápida e, consequentemente, essa flexibilização aumentou de maneira expressiva a acomodação das aeronaves em níveis de voo econômicos, conforme apontou o marcador do gráfico 21 ao registrar que 71,43% da demanda de tráfego aéreo conseguiu alcançar os níveis ótimos de voo, o que equivale a 15 aeronaves de um total de 21.

Com esses resultados, foi possível concluir que, do ponto de vista da flexibilização de níveis de voo no espaço aéreo oceânico, uma eventual implementação da redução dos mínimos de separação no Corredor EUR-SAM trará impactos positivos para os usuários do sistema de controle de tráfego aéreo.

5.2.5 Níveis de Segurança Operacional

No item 4.1.2, foram registrados os aspectos, sob a égide da segurança operacional, observados durante a simulação em tempo real com a aplicação da separação longitudinal de 5 minutos. Constatou-se que, com as atuais ferramentas disponíveis no atual SAGITARIO para a prestação do serviço de tráfego, os controladores tiveram severas dificuldades para garantir a separação regulamentar proposta. Os instrutores que avaliaram a simulação em tempo real concluíram que esses entraves estavam associados à falta de ferramentas apropriadas no atual sistema, para facilitar a identificação das aeronaves com requisitos de desempenho.

Em função da ausência dos recursos necessários no atual sistema para auxiliar na gestão automática e eficaz do monitoramento e detecções de conflitos, os

controladores de tráfego aéreo, equivocadamente, emitiram autorizações às aeronaves que culminaram com a separação entre elas menor do que a permitida em normas, infringindo as regras de tráfego aéreo e comprometendo os níveis aceitáveis de segurança operacional.

Os Elementos Credenciados do SIPAER destacaram que a atualização do sistema de gestão de tráfego aéreo é fator determinante para viabilizar o emprego da redução da separação lateral no Corredor EUR-SAM, e que o projeto de mudança dos mínimos de separação requererá a elaboração do Documento de Gerenciamento do Risco de Segurança Operacional (DGRSO), onde serão apontadas as medidas corretivas ou/e preventivas que deverão ser aplicadas para eliminar os riscos ou mitigá-los a um nível tão baixo quanto ao razoavelmente praticável, em conformidade plena com os requisitos, normas e regulamentos estabelecidos pelo Estado.

Nesse contexto, considerando os atuais recursos disponíveis no sistema de gestão de tráfego aéreo, conclui-se que o emprego da separação reduzida no Corredor EUR-SAM comprometerá a manutenção dos níveis aceitáveis de segurança operacional e trará impactos negativos para os usuários do sistema de controle de tráfego aéreo

5.3 Análise SWOT para Eventual Implementação da Separação Reduzida no Corredor EUR-SAM

Embora os indicadores de desempenho, de uma determinada porção do espaço aéreo do Corredor EUR-SAM examinada na simulação em tempo acelerado, tenham sido favoráveis à redução da separação longitudinal, quando a análise da pesquisa é ampliada e abarca todo o espaço aéreo do Corredor EUR-SAM e parte dos espaços aéreos oceânicos do Atlântico Norte (NAT) e do Atlântico Sul (SAT) que o conectam, nota-se que outras questões genéricas e específicas importantes emergem e devem ser analisadas pelos Estados que compartilham entre si o serviço de controle de tráfego no Corredor EUR-SAM, a fim de que todo o processo decisório sobre uma eventual implementação da separação reduzida ocorra de forma coordenada. Com esse olhar holístico, este projeto acadêmico recorreu à técnica SWOT, a qual é empregada como uma ferramenta gerencial de apoio ao planejamento estratégico, para auxiliar os interessados no processo de tomada de decisão.

De acordo com Hofrichter (2021), a análise SWOT trata-se de um método que investiga o cenário da mudança considerando fatores internos (forças e fraquezas) e externos (ameaças e oportunidades), que apóiam ou dificultam a implementação do projeto. A técnica avalia tendências positivas e negativas, bem como identifica os problemas, e auxilia no direcionamento das respectivas correções, além disso, ressalta as vantagens associadas às mudanças.

O termo SWOT é uma sigla inglesa, derivada das palavras *Strengths* (Forças), que destaca os pontos fortes sob controle da organização; *Weaknesses* (Fraquezas), que evidencia os pontos fracos que prejudicam a capacidade de atingir a meta, mas estão sob o controle da organização; *Opportunities* (Oportunidades), que enfatiza os fatores atrativos externos que podem impactar positivamente o funcionamento da organização e; *Threats* (Ameaças), que frisa as condições externas que podem, quando não mitigadas ou eliminadas, impactar negativamente o funcionamento da organização.

Com base nessa técnica, uma eventual implementação da separação reduzida no Corredor EUR-SAM foi analisada, levando-se em conta o proposto macroambiente operacional, que certamente possui pontos fortes e fracos, o qual estará sensível a fatores externos, os quais poderão gerar oportunidades e ameaças para o novo cenário analisado.

5.3.1 Pontos Fortes e Fracos do Projeto de Redução da Separação no Corredor EUR-SAM

Os pontos fortes e fracos considerados na investigação estão ligados a fatores que oportunizam vantagens ou não para os usuários e para os Provedores dos Serviços de Navegação Aérea dos Estados que compartilham o serviço de controle de tráfego aéreo no Corredor EUR-SAM. É importante observar nesta análise que o desequilíbrio entre os pontos fortes e fracos é de fundamental relevância no processo de tomada de decisão, que poderá ser favorável ou não a uma eventual implementação da redução da separação no Corredor EUR-SAM.

Os pontos fortes da redução da separação no Corredor EUR-SAM estão atrelados a fatores operacionais e de segurança. No que se refere a questões operacionais, é relevante destacar que, com a atualização do sistema de gestão de controle de tráfego aéreo, novas ferramentas inteligentes, sugeridas na Proposta de Necessidade Operacional, produto deste trabalho de pesquisa, disponível no

ANEXO I, poderão ser utilizadas em substituição às atividades manuais atualmente realizadas pelos controladores de tráfego do Centro de Controle de Área Atlântico. Dessa maneira, o prestador do serviço de tráfego aéreo terá mais tempo disponível para dedicar-se ao planejamento da gestão aérea. Já do ponto de vista da eficiência do espaço aéreo, vale ressaltar que o emprego da redução da separação entre as aeronaves permite que mais equipamentos trafeguem na mesma rota estabilizados nas mesmas camadas isobáricas, aumentando a oferta de níveis de voo para os usuários do sistema.

No que se refere a matérias voltadas à segurança operacional, foi sugerido para o sistema de gestão de tráfego aéreo o desenvolvimento de alertas sonoros e visuais que indicarão aos controladores de tráfego aéreo quando os equipamentos de comunicação, navegação e vigilância das aeronaves estiverem inoperantes ou emitindo dados em desacordo com os parâmetros técnicos exigidos. Aqueles alertas auxiliarão os controladores de tráfego aéreo na análise do cenário operacional, de forma antecipada, e na tomada de decisão no sentido de empregar uma separação alternativa visando a garantia dos Níveis Aceitáveis de Desempenho da Segurança Operacional.

Os pontos fracos da redução da separação no Corredor EUR-SAM estão associados a fatores operacionais e financeiros. No que diz respeito a questões operacionais, pesa o fato da possibilidade de ocorrer a adesão da redução da separação por apenas alguns Estados que compartilham o Corredor EUR-SAM e de não haver obrigatoriedade de que os usuários do espaço aéreo em questão possuam todos os requisitos de desempenho de navegação, comunicação e vigilância.

Esse cenário, embora não seja impeditivo para a implementação da redução da separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM, é indesejável, porque a separação reduzida só poderá ser empregada nos limites dos espaços aéreos dos Estados onde houve a adesão dos novos mínimos de separação, e entre aeronaves com requisitos de desempenho de navegação, comunicação e vigilância. Consequentemente, nesse caso, os benefícios esperados com a redução da separação no Corredor EUR-SAM não serão alcançados em sua plenitude.

No que se refere a assuntos voltados à área financeira, espera-se o aumento das despesas dos Provedores dos Serviços de Navegação Aérea com treinamento

dos controladores de tráfego aéreo, a fim de prepará-los para a operação com o emprego da separação reduzida, bem como o aumento dos custos operacionais dos Estados com a atualização do sistema de gestão de controle de tráfego aéreo.

Após a análise de pesos e contrapesos neste estudo, é admissível que os pontos fortes da análise sobrepujam os pontos fracos apresentados, uma vez que as vantagens associadas a fatores operacionais e de segurança operacional, como a redução da carga de trabalho com a atualização do sistema, o aumento da oferta de níveis de voo para os usuários e a atualização dos dispositivos de segurança dos sistemas de gestão de tráfego aéreo, possuem caráter permanente.

Por outro lado, as desvantagens aliadas a fatores operacionais e financeiros, tais como a adesão da redução da separação por apenas alguns Estados que compartilham o Corredor EUR-SAM, a não obrigatoriedade de que os usuários possuam todos os requisitos de desempenho para voar no Corredor EUR-SAM, o custo com a atualização do sistema de gestão de tráfego aéreo e o aumento de despesas com treinamento de controladores de tráfego aéreo, são de natureza transitória.

5.3.2 Ameaças e Oportunidades para o Projeto de Redução da Separação no Corredor EUR-SAM

As ameaças são eventos que poderão ocorrer em função de fatores externos, que estão fora do controle dos gestores do Corredor EUR-SAM, e que precisam ser percebidas para elaboração de estratégias de mitigação ou eliminação de impacto negativo. Já as oportunidades advêm de acontecimentos que poderão trazer efeitos positivos, em função da atratividade derivada das vantagens que o novo cenário operacional poderá oferecer.

As ameaças ao emprego da redução dos mínimos de separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM estão relacionadas a fatores operacionais e financeiros. No que se refere a pautas operacionais, destacam-se a certificação da tripulação para operar os novos componentes de comunicação, navegação e vigilância; a homologação, pelo Estado, das aeronaves com os novos requisitos de desempenho; e a baixa adesão de aeronaves capacitadas com os requisitos de desempenho. Todos esses fatores externos poderão diminuir os impactos positivos esperados, uma vez que a redução da separação entre as aeronaves só ocorrerá se

aquelas condicionantes forem satisfeitas e se houver uma razoável adesão de aeronaves capacitadas.

Em se tratando de assuntos associados à área financeira, espera-se que, por um período transitório, ocorra o aumento do custo operacional para os operadores aéreos, em função das despesas com a certificação de novos requisitos de desempenho de navegação, comunicação e vigilância das aeronaves. Esse é outro fator externo que poderá diminuir os impactos positivos esperados, caso poucos operadores aéreos invistam na modernização dos equipamentos.

Diante disso, é mister que os usuários compreendam os benefícios advindos da redução da separação no Corredor EUR-SAM, para justificar os custos, e, dessa maneira, esforços sejam envidados, por parte dos interessados, no sentido de cumprir os requisitos operacionais, que envolvam as aeronaves e as tripulações, para o emprego da redução dos mínimos de separação no espaço aéreo oceânico.

As oportunidades identificadas com a aplicação da redução dos mínimos de separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM estão atreladas a fatores operacionais, ambientais e econômicos. No que se refere a questões operacionais, observou-se um considerável aumento da probabilidade de as aeronaves alcançarem os níveis ótimos de voo. Verificou-se que, com redução da separação, as aeronaves puderam se acomodar, mais rapidamente, em níveis de voo adequados.

Esse benefício traz a reboque a possibilidade de aumentar o número de aeronaves no mesmo nível de voo e na mesma rota, além de facilitar as autorizações dos controladores de tráfego aéreo para que as aeronaves mudem de camadas isobáricas, a fim de evitar áreas de turbulência. A matriz SWOT ilustrada na tabela 23, além de apresentar os pontos fortes e os pontos fracos, estratifica as ameaças e as oportunidades que orbitam em torno do projeto de redução da separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM.

Tabela 23 - Matriz SWOT

PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	AMEAÇAS	OPORTUNIDADES
-Redução da carga de trabalho com a atualização do sistema para o emprego da separação reduzida; -Aumento da oferta de níveis de voo para os usuários; e -Atualização dos dispositivos de segurança dos sistemas de gestão de tráfego aéreo.	-Adesão da redução da separação por apenas alguns Estados que compartilham o Corredor EUR-SAM; -Não há obrigatoriedade de que os usuários possuam todos os requisitos de desempenho para voar no Corredor EUR-SAM; -Aumento de despesas com treinamento de controladores de tráfego aéreo; e -Custo com a atualização do sistema de gestão de tráfego aéreo.	-Certificação da tripulação para operar os componentes de comunicação, navegação e vigilância com os novos requisitos de desempenho; -Homologação, pelo Estado, das aeronaves com os novos requisitos de desempenho; -Baixa adesão de aeronaves capacitadas com os requisitos de desempenho; e - Custo de capacitação de aeronaves com novos requisitos de desempenho.	-Aumento da probabilidade de as aeronaves alcançarem os níveis ótimos de voo; -Redução do consumo de combustível; e -Redução da emissão de gases poluentes na atmosfera.

Fonte: O autor.

Sob a ótica econômica, notou-se que a operação no Corredor EUR-SAM com o emprego da separação reduzida entre as aeronaves viabilizou a rápida acomodação dos equipamentos nos níveis de voo mais econômicos. De acordo com a tabela 20, ao longo de 02:40h, a operação com 21 aeronaves, no cenário 5, produziu uma economia de 2.087Kg de querosene, voando, cada aeronave, um trecho médio de 440 milhas, que se limita a pequena porção aérea brasileira do Corredor EUR-SAM.

Caso o montante de 2.087 Kg seja multiplicado por 365 dias do ano, pode-se chegar a uma redução de combustíveis 761.755Kg, que representa uma economia de R$ 4.265.828,00, considerando o metro cúbico de querosene no valor de

R$5.600,00, fixado no Brasil, em junho de 2022, de acordo com a CNN Brasil (2022). Levando-se em consideração que esse cálculo está baseado em apenas uma amostra de algumas horas do dia, estima-se que a economia poderá ser muito maior quando o cálculo for extrapolado para o movimento aéreo internacional, no eixo Europa e Sul/Sudeste do Brasil, que registrou, em 2019, 22.248 voos, conforme dados apresentados no item 3.2.2.

Do ponto de vista ambiental, o emprego da separação reduzida entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM contribuiu com a redução da emissão de gases poluentes na atmosfera, em função da menor queima de querosene que ocorre quando as aeronaves estão estabilizadas em níveis de voo mais econômicos. Segundo os dados apresentados no gráfico 20, a redução de poluentes na atmosfera, quando comparado o cenário 1 com cenário 5, foi de 6.595 Kg, ao longo do período de 02:40h de simulação. Caso os 6.595Kg a menos de poluentes na atmosfera sejam multiplicados por 365 dias do ano, a redução da emissão de gases tóxicos pode chegar a 2.407.175 Kg. Partindo do mesmo princípio de que esse cálculo trata-se de uma pequena amostra de algumas horas do dia, espera-se que a redução da liberação de gases na atmosfera seja muito maior quando o cálculo abarcar o movimento aéreo internacional do eixo Europa e Sul/Sudeste do Brasil.

Semelhantemente, como na análise dos pontos fortes e fracos, as oportunidades que o cenário proposto pode oferecer estão relacionadas a benefícios perenes em detrimento de embaraços efêmeros vinculados às ameaças. No que diz respeito a questões econômicas e ambientais, a redução da separação entre as aeronaves em ambiente simulado mostrou-se muito eficiente, principalmente, no que se refere ao consumo de combustível e à emissão de gases na atmosfera.

Para as empresas aéreas que operam no Corredor EUR-SAM, a redução do consumo de combustíveis é um grande incentivo, a fim de que, em um curto prazo, as aeronaves e as tripulações estejam certificadas e homologadas para operar no Corredor EUR-SAM sujeitas a separações reduzidas. Essa experiência foi vivida, em 2018 e 2019, pela NAV Portugal, quando foi implementada a separação reduzida no espaço aéreo oceânico de Santa Maria, Portugal. Naquele período, as aeronaves com capacidade PBCS saltaram de 35% para 73% do total do movimento aéreo, conforme mostrou gráfico 6.

Do ponto de vista de políticas e práticas contínuas da OACI relacionadas à proteção ambiental, a redução da emissão de gases poluentes na atmosfera, com o emprego da separação reduzida, dialoga com a Resolução A40-18 (ICAO, 2022b), que aspira para o setor de aviação internacional uma taxa de melhoria de eficiência combustível de 2% ao ano, de 2021 até 2050.

5.4 Harmonização dos Mínimos de Separação dos Espaços Aéreos do Atlântico Norte e do Corredor EUR-SAM

O DECEA, seguindo recomendações da OACI, iniciou os estudos do espaço aéreo oceânico brasileiro, sob a perspectiva da redução da separação horizontal na FIR Atlântico, e elaborou um planejamento estratégico visando a implementação dos novos mínimos de separação até 2024. Embora essa tenha sido uma excelente iniciativa do Brasil, ações isoladas não são suficientes para gerar impactos positivos para usuários e Provedores de Navegação Aérea do Corredor EUR-SAM. Caso o Brasil implemente a separação reduzida e os demais Estados, responsáveis pela prestação do serviço de tráfego aéreo do Corredor EUR-SAM, não realizem a mudança nos mesmos termos, os usuários só poderão gozar dos benefícios identificados nesta pesquisa quando estiverem navegando, exclusivamente, na porção aérea brasileira do Corredor EUR-SAM.

Face à importância geoestratégica do eixo Europa/América do Sul para as operações aéreas, a ICAO criou o Grupo de Gerenciamento de Implementação do Atlântico Sul (SAT-IMG), conforme especifica o SAT HANDBOOK (ICAO, 2020a), que ficou encarregado de identificar, planejar, desenvolver e implementar, de forma coordenada, projetos que otimizem a navegação aérea na região do Atlântico Sul. Os requisitos abordados pelos especialistas do SAT-IMG estão atrelados a questões relacionadas à capacidade do espaço aéreo oceânico, procedimentos e interoperabilidade no Corredor EUR-SAM e no espaço aéreo oceânico de rotas aleatórias. Estas não exploradas nesta pesquisa.

Embora o interesse e os esforços da ICAO sejam notórios para que a redução da separação horizontal seja implementada no Corredor EUR-SAM, visando à harmonização das regras de separação com as empregadas no espaço aéreo do Atlântico Norte, onde os mínimos de separação horizontal são reduzidos, a ICAO recomenda aos Estados que sejam realizadas as análises de custo-benefício e de viabilidade do projeto, respeitando, dessa forma, a decisão soberana dos países, no

que se refere a uma eventual implementação da separação reduzida no Corredor EUR-SAM.

6 CONCLUSÃO

No primeiro capítulo deste trabalho, definiu-se como objetivo geral: “realizar uma análise comparativa das regras de separação, entre as aeronaves que voam sobre o Atlântico Norte e as que voam no Corredor EUR-SAM, e dos impactos que poderão ocorrer, com o emprego da separação reduzida, para os usuários e Provedores do Serviço de Navegação Aérea do Corredor EUR-SAM”.

Para alcançar esse objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos. O primeiro objetivo específico foi estabelecido com a finalidade identificar as questões relacionadas aos conceitos de espaço aéreo e espaço exterior, sob a lente do Poder Aeroespacial, e ao regramento da navegação aérea. Evidenciou-se, no segundo capítulo, que os conceitos de espaço aéreo e espaço exterior permeiam o complexo ramo do Poder Aeroespacial, e a Doutrina Militar de Defesa o define como projeção do Poder Nacional.

Sob essa perspectiva, foram ressaltadas as primeiras contestações em torno do tema poder aéreo arvoradas pelos teóricos Giulio Douhet e Alexandre Seversky, que defendiam o poder aéreo como a capacidade de projeção de poder em uma terceira dimensão. Nesse contexto, foram discutidos sobre os limites do espaço aéreo e do espaço exterior, mas, em função das inconsistências das informações dos Estados sobre os limites dos espaços aéreo e exterior de suas responsabilidades, os estudos repousaram segundo a visão de Jasper (2010) que ressaltou que "o uso da atmosfera pelos equipamentos que ali transitam está no domínio do Poder Aéreo, enquanto o domínio do espaço exterior é considerado como Poder Espacial". Diante desse recorte, foi possível identificar as questões relacionadas aos conceitos de espaço aéreo e espaço exterior, sob a lente do Poder Aeroespacial.

Na segunda seção, também foram realçadas questões sobre o regramento da navegação aérea, instituído pela Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO), dedicado ao trânsito de aeronaves civis e militares não engajadas em missões de defesa aeroespaciais, sobre o continente e o oceano. Esse tema foi amplamente explorado neste trabalho com base em um contexto histórico que reavivou a lembrança do primeiro esforço diplomático internacional para formular a principal lei

relativa à navegação aérea na Conferência Internacional de Navegação Aérea de Paris em 1910.

As questões discutidas no capítulo 2 estavam associadas à soberania e ao regramento para o uso do espaço aéreo. Foram apresentadas as pautas dos Estados deliberadas em fóruns de discussões, os quais foram fortalecidos com criação do principal organismo regulador das demandas da aviação internacional, estabelecido em 1944, na Convenção de Chicago, conhecido como Organização de Aviação Civil Internacional, a qual, atualmente, é a instituição responsável por garantir, no mundo, a harmonização das regras de utilização do espaço aéreo pelas aeronaves, em consenso e com a ativa participação dos países signatários.

O segundo objetivo específico foi concebido para examinar as características do movimento aéreo e os requisitos de navegação, comunicação e vigilância para a operação nos espaços aéreos do Corredor EUR-SAM e do Atlântico Norte. No terceiro capítulo, constatou-se que, em 2019, o movimento aéreo entre o Brasil e a Europa superou a concentração de voos entre o Brasil e a América do Norte.

Toda essa demanda de tráfego aéreo foi canalizada pelo Corredor EUR-SAM, que conecta os voos procedentes dos países do eixo Europa/América do Sul. O estudo mostrou que quase 50% do movimento aéreo da FIR Atlântico, pertencente ao Brasil, estão aglutinados na porção aérea brasileira, que compõe o estreito Corredor EUR-SAM formado pelo conjunto de 04 aerovias. Dentro dos limites do Corredor EUR-SAM são empregadas separações horizontais entre as aeronaves de 80 milhas longitudinal e 50 milhas lateral.

A investigação identificou que essas separações foram estabelecidas para o uso do espaço aéreo do Corredor EUR-SAM, porque os Provedores de Navegação Aérea, responsáveis pela prestação dos serviços de tráfego aéreo, não implementaram as separações horizontais reduzidas baseadas nos requisitos de desempenho de navegação, comunicação e vigilância das aeronaves.

Verificou-se, na terceira seção, que o espaço aéreo do Atlântico Norte, o qual conecta a Europa à América do Norte, é o mais movimentado do mundo, e que estudos estatísticos, realizados em 2017, concluíram que cerca de 730.000 voos cruzaram aquele espaço aéreo. A pesquisa evidenciou que, para acomodar o volume de aeronaves nas rotas e níveis adequados, os Provedores de Navegação Aérea dos espaços aéreos do Atlântico Norte aplicam separações reduzidas,

baseadas em desempenho de navegação, comunicação e vigilância e suas especificações. Essas separações foram implementadas na Região NAT em 29 de março de 2018 e, desde então, a separação longitudinal aplicada foi reduzida de 80 milhas náuticas para 30 milhas náuticas ou 5 minutos; e a separação lateral foi reduzida de 50 milhas náuticas para até 23 milhas náuticas.

O terceiro objetivo específico foi definido para analisar o risco à segurança operacional a partir da aplicação da separação reduzida, com o auxílio do sistema de simulação em tempo real. Na quarta seção, foi apresentada a simulação em tempo real realizada com a participação ativa dos controladores de tráfego aéreo no laboratório de simulação do CINDACTA III, com objetivo de observar o comportamento dos controladores de tráfego aéreo, do ponto de vista do fator humano e da segurança operacional, quando submetidos à operação com a separação reduzida, utilizando o atual *software* de controle de tráfego aéreo (SAGITARIO).

Evidenciou-se, no quarto capítulo, a necessidade de serem criados alertas no SAGITARIO, com o intuito de chamar a atenção dos controladores de tráfego aéreo para as aeronaves que não possuam requisitos de desempenho. Por fim, concluiu-se que deverá ser elaborado, em tempo oportuno, o Documento de Gerenciamento do Risco de Segurança Operacional (DGRSO) com os registros das medidas corretivas ou/e preventivas, as quais deverão ser aplicadas para a manutenção dos Níveis Aceitáveis de Desempenho da Segurança Operacional.

O quarto objetivo específico foi preparado para identificar, por meio da simulação em tempo real, as funcionalidades operacionais do atual sistema de gestão de tráfego aéreo do Centro de Controle de Área Atlântico. Comprovou-se, no quarto capítulo, que os operadores tiveram dificuldade para aplicar as separações adequadas. Na avaliação dos instrutores, esta dificuldade estava associada à falta de ferramentas apropriadas no atual sistema, para facilitar a identificação das aeronaves com requisitos de desempenho.

Os controladores de tráfego aéreo apontaram a necessidade de novas funcionalidades para atual *software* de controle de tráfego aéreo. Segundo eles, modernas funcionalidades deveriam ser desenvolvidas para auxiliar na gestão automática e eficaz do monitoramento das separações e detecções de conflitos, e,

consequentemente, na tomada de decisão no que tange ao emprego da redução da separação entre as aeronaves, de acordo com seus desempenhos.

Na quinta seção, visando mapear as fragilidades do SAGITARIO e buscar soluções, relacionando os respectivos dispositivos de controle adequados a cada vulnerabilidade do sistema, verificou-se a importância de registrar todas as observações e resoluções por meio da elaboração de uma Proposta Necessidade Operacional (PNOP), produto deste trabalho de pesquisa, disponível no ANEXO I, para promover o diálogo entre esta pesquisa e a autoridade interessada, a fim de avaliar os custos e a viabilidade para implementar a separação reduzida no Corredor EUR-SAM.

O quinto objetivo específico foi idealizado para que fossem realizadas as análises quantitativa e comparativa dos relatórios de saída dos cenários hipotéticos e de referência criados no TAAM, destacando as informações sobre emissão de gases na atmosfera, consumo de combustível de aviação, disponibilidade de níveis de voo e carga de trabalho.

No quinto capítulo, constatou-se que os indicadores de desempenho vinculados à consumo de combustível, emissão de gases, carga de trabalho e disponibilidade de níveis de voo, de uma determinada porção amostral do espaço aéreo brasileiro que constitui parte do Corredor EUR-SAM, examinada na simulação em tempo acelerado, foram favoráveis à redução da separação longitudinal. Adicionalmente, com base na técnica SWOT, uma eventual implementação da separação reduzida no Corredor EUR-SAM foi analisada, levando-se em conta o proposto macroambiente operacional, com pontos fortes e fracos, que estará sensível a fatores externos, os quais poderão gerar oportunidades e ameaças para o novo cenário.

Nesse contexto, verificou-se, como pontos fortes, a redução da carga de trabalho com a atualização do sistema para o emprego da separação reduzida, o aumento da oferta de níveis de voo para os usuários e a atualização dos dispositivos de segurança dos sistemas de gestão de tráfego aéreo.

Como pontos fracos, identificou-se a adesão da redução da separação por apenas alguns Estados que compartilham o Corredor EUR-SAM, a não obrigatoriedade de que os usuários possuam todos os requisitos de desempenho para voar no Corredor EUR-SAM, o aumento de despesas com treinamento de

controladores de tráfego aéreo e o custo com a atualização do sistema de gestão de tráfego aéreo.

Como ameaças, observou-se a certificação da tripulação para operar os componentes de comunicação, navegação e vigilância com os novos requisitos de desempenho; a homologação, pelo Estado, das aeronaves com os novos requisitos de desempenho; a baixa adesão de aeronaves capacitadas com novos requisitos de desempenho; e o custo de capacitação de aeronaves com novos requisitos de desempenho.

Como oportunidades, constatou-se o aumento da probabilidade de as aeronaves alcançarem os níveis ótimos de voo, a redução do consumo de combustível e a redução da emissão de gases poluentes na atmosfera. Esses benefícios fomentarão o crescimento da demanda de tráfego aéreo, em função da redução do custo operacional, e os usuários do sistema estimularão os países, que compartilham a prestação do serviço de tráfego aéreo do Corredor EUR-SAM, a envidarem esforços para ampliar a capacidade do espaço aéreo oceânico visando o fortalecimento do Poder Aeroespacial da região SAM. Além disso, vale destacar que a redução da emissão gases no meio ambiente, advindas da diminuição da queima de combustíveis, estará em linha com as diretrizes estabelecidas pelo Acordo de Paris, que fixou metas para mitigar as mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global.

Dessa forma, confirmou-se a hipótese aventada no primeiro capítulo de que a redução dos mínimos de separação no espaço aéreo oceânico do Corredor EUR-SAM poderá provocar variações no consumo de combustíveis das aeronaves e na emissão de gases na atmosfera, bem como verificou-se que os Níveis Aceitáveis de Segurança Operacional serão afetados, caso não haja a modernização do atual sistema de gestão de tráfego aéreo.

No que se refere ao problema de pesquisa que era: “quais impactos, para o sistema de controle de tráfego aéreo e para os usuários do espaço aéreo, poderão ocorrer com a redução dos mínimos de separação longitudinal entre as aeronaves que voam no Corredor EUR-SAM?” foi solucionado, uma vez que se elencou, no quinto capítulo, uma série de impactos relacionados à carga de trabalho, à emissão de gases, à disponibilidade de níveis de voo e ao consumo de combustível. Paralelamente, a análise foi ampliada com base na matriz SWOT, por meio da qual

verificou-se os pontos fracos e fortes e as ameaças e oportunidades de uma eventual implementação da redução dos mínimos de separação entre as aeronaves no Corredor EUR-SAM.

Diante do exposto, como contribuição deste trabalho científico, foi confeccionada a Proposta de Necessidade Operacional, que visa a redução dos mínimos de separação na porção aérea brasileira do Corredor EUR-SAM, a qual poderá servir de modelo para outros países do Corredor EUR-SAM, visando o fortalecimento do poder aeroespacial da região SAM, com o detalhamento da carência operacional, da deficiência do sistema, dos impactos operacionais, da descrição de emprego e desempenho, dos requisitos e funcionalidades, dos efeitos resultantes da adoção da solução proposta, dos recursos humanos, das considerações sobre integração e interoperabilidade e das soluções existentes no mercado interno e/ou externo.

Por fim, como sugestão para estudos futuros, poderá ser realizada uma análise comparativa do volume máximo de aeronaves, por hora, que os Provedores de Serviços de Navegação Aérea suportariam gerenciar no Corredor EUR-SAM, considerando um cenário operacional com atual separação e outro com a separação reduzida. Essa análise poderá servir de base para que os Provedores de Serviços Navegação Aérea do Corredor EUR-SAM identifiquem os benefícios que poderão trazer os investimentos dos Estados para o sistema de gestão do tráfego aéreo internacional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Anuários Estatístico de Transporte Aéreo: Gráficos e Tabelas. Disponível: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo. 2019a. Acesso em: 22 ago.2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Plano de Atuação Internacional. Disponível: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/internacional/publicacoes/plano-de-atuacao-internacional-1/b-plano-de-atuacao-internacional-2018/Plan_Atuacao_Inter_ANAC_18.pdf. 2018. Acesso em: 22 jun. 2022.

AL-RODHAN, N. R. F. **The Politics of Emerging Strategic Technologies**: Implications for Geopolitics, Human Enhancement and Human Destiny. London: Palgrave Macmillan, 2011

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo.Portaria DECEA nº 137/DGCEA, de 25 de maio de 2015. Aprova a reedição da Diretriz que dispõe sobre o Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional no Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (DCA 63-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 100, 29 mai. 2015.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria GABAER nº 55/GC3, de 10 de março de 2021. Aprova a reedição da Diretriz que dispõe sobre a Concepção Operacional ATM Nacional (DCA 351-2). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 48, 12 mar. 2021c.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº37/DGCEA, de 22 de março de 2012. Aprova a edição do Plano que dispões sobre a Implementação ATM Nacional (PCA 351-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 75, 18 abr. 2012.

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

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria nº 992 /GC3, de 30 dezembro de 2002. Aprova a edição do Plano Nacional que dispõe sobre a Implementação dos Sistemas CNS/ATM (PCA 63-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 8, 13 jan. 2003.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 103/DGCEA, de 15 de maio de 2020. Aprova a Instrução que trata da Simulação ATM no âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (ICA 100-42). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 95, 2 jun. 2020b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Publicação de Informações Aeronáuticas - Brasil**. AIP- BRASIL. Rio de Janeiro, 12 mai.2022c.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Logística. Portaria COMGAR nº32/A6, de 29 de janeiro de 2008. Aprova a Instrução sobre a Proposta de Necessidade Operacional do Comando-Geral de Operações Aéreas (ICA 400-16). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 24, 6 fev. 2008.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Política Nacional de Defesa/Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020c – Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 07 ago. 2020.

BRASIL. Decreto n.º 95.864, de 23 de março de 1988, que dispõe sobre a criação do Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Decreto n.º 9.073, de 05 de junho de 2017, que dispõe sobre a promulgação o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. 2022d. Disponível em: https://www.decea.mil.br/. Acesso em: 29 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo**. Brasília, DF, 2019b.Disponível em: http://portal.cgna.decea.mil.br/files/uploads/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2019.pdf. Acesso em: 30 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo**. Brasília, DF, 2021a.Disponível:http://portal.cgna.decea.mil.br/files/uploads/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2021.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Previsão de Demanda Anual**. Brasília, DF, 2022b. Disponível em: http://portal.cgna.decea.mil.br/files/abas/2022-02-23/painel_prev_anual_demanda/1117-painel_prev_anual_demanda_p1.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Relatório Comparativo de Tráfego Aéreo**. Brasília, DF, 2021b. Disponível em: http://portal.cgna.decea.mil.br/files/uploads/relatorios_trafego_aereo/2021/Relatorio_Comparativo_de_Trafego_Aereo_2021.pdf. Acesso em: 22 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Relatório Comparativo de Tráfego Aéreo**. Brasília, DF, 2022a. Disponível:http://portal.cgna.decea.mil.br/files/uploads/relatorios_trafego_aereo/2022/Relatorio_Comparativo_de_Trafego_Aereo_mai_2022.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Relatório de Performance ATM do SISCEAB**. Brasília, DF, 2019c. Disponível em: http://especiais.decea.gov.br/performance/wp-content/uploads/2020/06/Relatorio_SISCEAB_NET.pdf. Acesso em: 22 ago. 2021.

BRASIL. Portaria Normativa nº. 113/SPEAI/MD, de 1º de fevereiro de 2007. Aprova a Doutrina Militar de Defesa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2007.

CNN BRASIL BUSINESS (CBB). Portal CNN BRASIL: em seis meses, preço do querosene de aviação quase dobra após novo reajuste. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/business/em-seis-meses-preco-do-querosene-de-aviacao-quase-dobra-apos-novo-reajuste/. Acesso em: 29 jun. 2022.

COPUOS (COMMITTEE ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE). **Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space**. General Assembly of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. New York, 2001. (Official Records, Fifty-sixth Session, Supplement No. 20 (A/56/20)).

DOUHET, G. **O domínio do ar**. Tradução de Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais Rio de Janeiro: Instituto Histórico da Aeronáutica, 1988. (Coleção aeronáutica; v. 2).

GUILHERME, R. H. As Vantagens e Desvantagens do Emprego de Satélites como Meio de Comunicação, nas Missões de Combate das Operações Aeromóveis, pela Brigada de Aviação do Exército. **Revista Giro do Horizonte**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p. 1-8, jun. 2016. Disponível em: http://ebrevistas.eb.mil.br/GH/article/view/2265. Acesso em 22 mar. 2021.

GIL, F. O. **Metodologia de avaliação de segurança das comunicações entre controlador e piloto via enlace de dados (CPDLC) aplicada em áreas terminais.** 2011. Dissertação (Mestrado em Sistemas Digitais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-11082011 130403/publico/Dissertacao_Fernando_de_Oliveira_Gil.pdf. Acesso em: 18 jun.2022.

HOFRICHTER, Markus. **Análise SWOT:** quando usar e como fazer. Simplíssimo Livros LTDA, maio de 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Air Traffic Services**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2005. Disponível em: https://store.icao.int/en/annex-11-air-traffic-services. Acesso em: 22 mar. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Application of Separation Minima - North Atlantic Region - (NAT ASM)**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, V.2018a. Disponível em: https://www.icao.int/eurnat/eur%20and%20nat%20documents/forms/allitems.aspx?RootFolder=%2FEURNAT%2FEUR%20and%20NAT%20Documents%2FNAT%20Documents%2FNAT%20Documents%2FNAT%20Doc%20008%20%2D%20NAT%20ASM&FolderCTID=0x012000DAF95319EADD9946B510C5D7B595637D00AA5EB47B299B9A4BAD1968B24E18655C&View=%7BE414A939-5FB4-4CB9-9139-466754ED0FA9%7D. Acesso em: 10 abr. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Carbon Emissions Calculator Methodology**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2018b. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Documents/Methodology%20ICAO%20Carbon%20Calculator_v11-2018.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá). **Consolidated Statement of Continuing ICAO Policies and Practices Related to Environmental Protection — Climate Change.** [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2022b. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climate-change.aspx. Acesso em: 29 jun. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá). **Convention on International Civil Aviation**. [Chicago]: International Civil Aviation Organization, 2006. Disponível em: https://www.icao.int/publications/Documents/7300_9ed.pdf. Acesso em: 19 ago. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **2016–2030 Global Air Navigation Plan**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2016b. Disponível em: https://www.icao.int/publications/Documents/9750_5ed_en.pdf. Acesso em: 08 nov.2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada).**Global Operational Data Link Document**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2017a. Disponível em: https://store.icao.int/en/global-operational-data-link-gold-manual-doc-10037. Acesso em: 27 jun. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Group for the Continued Improvement of Air Traffic Service Over the South Atlantic (SAT)**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2020a. Disponível em: https://www.icao.int/WACAF/Documents/Meetings/2021/SAT-Group/S-SAT%20WP%2002%20APP%20%20A%20%20Proposed%20SAT%20Structure%20and%20Handbook.pdf.Acesso em: 01 jun. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **North Atlantic Operations and Airspace Manual**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization,V.2019-2. Disponível em: https://www.icao.int/WACAF/Documents/Meetings/2019/SAT24/SAT%2024%20WP%2017e%20_APP%20E_NAT%20Doc%20007%20%20(EN)%20-%20Edition%20V.2019-2_eff.pdf. Acesso em: 08 mai. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Performance-Based Comunication and Surveilance (PBCS)**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2017b. Disponível em: https://store.icao.int/en/performance-based-communication-and-surveillance-pbcs-manual-doc-9869. Acesso em: 12 abr. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Performance-Based Navigation (PBN) Manual**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2013. Disponível em: http://khongluuvietnam.com/wp-content/uploads/2015/11/DOC-9613_PBN-MANUA_R04_01JAN13.pdf. Acesso em:12 fev. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Regional Supplementary Procedures.** [Montreal]: International Civil Aviation Organization. 2008. Disponível em: https://www.icao.int/EURNAT/Other%20Meetings%20Seminars%20and%20Workshops/PBN%20TF/PBN%20TF2/PBN%20TF2%20WP04%20-draft%20Doc7030-5%20EUR.pdf. Acesso em: 19 jul. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Rules of the Air**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2005. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/an02_cons%5B1%5D.pdf. Acesso em: 29 jun. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Summary of Discussions of the North Atlantic Implementation Management Group Fifty-Sixth Meeting**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2020b. Disponível em: https://www.icao.int/EURNAT/EUR%20and%20NAT%20Documents/NAT%20Documents/NAT%20SPG%20Reports/NAT%20SPG_56-1%20(2020)%20SoD.pdf.Acesso em: 01 mar. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Traffic Management: Procedures for Air Navigation Services**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2016a. Disponível em: https://store.icao.int/en/procedures-for-air-navigation-services-air-traffic-management-doc-4444. Acesso em: 15 mai. 2021.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). *In*: . INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canada). **Uniting Aviation - A United Nations Specialized Agency**. [Montreal]: International Civil Aviation Organization, 2022a. Disponível em: https://www.icao.int/Pages/default.aspx. Acesso em: 29 jun. 2022.

JASPER, F. N. H. **Defesa Aeroespacial e Gestão do Tráfego Aéreo no Brasil**: evolução institucional e perspectivas. 2010. Dissertação (Doutorado em Ciências Aeroespaciais) - Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, RJ, 2010.

MACKINDER, H. J. The Geographical Pivot of History. **The Geographical Journal**, London, v. 170, n. 4, 2004, p. 298-321, dec. 1904.

MAHAN, A. T. **The Influence of Sea Power upon History - 1660 - 1783**. 12. ed. Boston: Little, Brown and Company, 1890.

MILDE, M. **International Air Law and ICAO**. vol.4.Netherlands: Utretch, 2008.

NAVEGAÇÃO AÉREA DE PORTUGAL (NAV PORTUGAL). Portal NAV PORTUGAL: o céu é o limite e nós que o controlamos. Disponível em: https://www.nav.pt. Acesso em: 29 jun. 2022.

ROSA, Carlos Eduardo Valle. **Geopolítica Aeroespacial**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.

SACK, R. D. **Human Territoriality**: Its theory and history. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

SAGITARIO: software de gerenciamento de tráfego aéreo. Versão 2.6.6.10. São Paulo: ATECH, 2022. Disponível em: https://atech.com.br/. 2022. Acesso em: 22 ago. 2022.

SAND, H.P.; FREITAS, J.S.; PRATT, G.N. An Historical Survey of International Air Law *In*: SAND, H.P.; FREITAS, J.S.; PRATT, G.N **An historical survey of international air law before the second world war**. [Montreal, 1960] Disponível em: https://lawjournal.mcgill.ca/wp-content/uploads/pdf/6355045-sand.pdf. Acesso em: 29 jun. 2022.

SEVERSKY, A. N. P. D. **Air Power**: Key to Survival. New York: Simon and Schuster, 1950.

SOUTH ATLANTIC MONITORING AGENCY (Spain). Corridor map. *In*: SOUTH ATLANTIC MONITORING AGENCY (Spain) **EUR-SAM corridor map** [Canary Island]: South Atlantic Monitoring Agency 2022. Disponível em: http://satmasat.com/. Acesso em: 29 jun. 2022.

TOTAL AIRSPACE AND AIRPORT MODELER: fast-time ATM simulation software. Versão 2019.2.0, release 23 (64-bit). New York: JEPPESEN, 2014. Disponível em: https://ww2.jeppesen.com/airspace-solutions/total-airspace-and-airport-modeler/. 2021. Acesso em: 22 ago. 2021.

ANEXO I – Proposta de Necessidade Operacional

	PROPOSTA DE NECESSIDADE OPERACIONAL	**EMITENTE: PPGCA**
TÍTULO: PROPOSTA DE NECESSIDADE OPERACIONAL PARA IMPLEMENTAR A REDUÇÃO DOS MÍNIMOS DE SEPARAÇÃO ENTRE AS AERONAVES NO ESPAÇO AÉREO OCEÂNICO BRASILEIRO QUE CONSTITUI PARTE DO CORREDOR EUR-SAM		
ELABORAÇÃO:		**ASSINATURA**
Cap Esp CTA Eliseu **Cavalcanti** de Albuquerque		_____
APROVAÇÃO FINAL		**ASSINATURA**
		_____

1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

1.1 FINALIDADE

A presente proposta de necessidade operacional (PNOP) tem por finalidade indicar as medidas necessárias para reduzir, na FIR Atlântico (FIR SBAO), de forma gradativa, as separações longitudinais para 5 minutos e 30NM, e lateral para 30NM, podendo chegar a 23NM.

1.2 CONCEITUAÇÕES E ACRÔNIMOS

ACC - Centro de Controle de Área

ADS-C - Vigilância Dependente Automática - Contrato

AIDC - Aplicação de Comunicação de Dados entre Órgãos de Controle de Tráfego Aéreo

AIP - Publicação de Informação Aeronáutica

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

ATC - Controle de Tráfego Aéreo

ATS - Serviço de Tráfego Aéreo

CINDACTA - Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo

CPDLC - Comunicação entre Controlador e Piloto por Enlace de Dados

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

EUR - Região Europa

FIR - Região de Informação de Voo

FL - Nível de Voo

FT - Pés

HF - Alta Frequência

ITCZ - Zona de Convergência Intertropical

NM - Milha Náutica

PBCS - Comunicação e Vigilância Baseadas em *Performance*

PSNA - Provedor de Serviço de Navegação Aérea

RCP - *Performance* de Comunicação Requerida

RNAV - Navegação de Área

RNP - *Performance* de Navegação Requerida

RSP - *Performance* de Vigilância Requerida

RVSM - Separação Vertical Mínima Reduzida

SAGITARIO - Sistema Avançado de Gerenciamento de Informações de Tráfego Aéreo e Relatórios de Interesse Operacional

SAM - Região Sul-Americana

SDTE - Subdepartamento Técnico do Departamento de Controle do Espaço Aéreo

SIGMA - Sistema Integrado de Gestão de Movimentos Aéreos

2 IDENTIFICAÇÃO DA CARÊNCIA OPERACIONAL OU LOGÍSTICA

2.1 HISTÓRICO

2.1.1 A FIR SBAO presta o serviço de controle de tráfego aéreo e informação de voo e alerta em todo o espaço aéreo oceânico sob jurisdição do DECEA previsto em Acordos Internacionais.

2.1.2 Até meados de 2009, o referido serviço ATS era apoiado somente pelas comunicações via equipamento HF, que possui limitações advindas de interações com a atmosfera, levando à perda de eficiência quanto à clareza e compreensão das comunicações em alguns momentos e em épocas do ano praticamente impossíveis de se prever.

2.1.3 No segundo semestre de 2009, o Centro Controle Atlântico recebeu os sistemas ADS-C, para monitoramento de aeronaves em rota oceânica, e CPDLC, para comunicação por enlace de dados, via mensagens pré-formatadas, texto livre ou uma combinação de ambos. Manteve-se, contudo, o HF como meio secundário de comunicação com objetivo de auxiliar as aeronaves que não dispõem do sistema de comunicação por enlace de dados embarcado.

2.1.4 O ACC-AO presta o serviço de controle de tráfego aéreo, de informação de voo e alerta em toda a porção do espaço aéreo oceânico designada pelo DECEA, conforme legislação em vigor e Acordos Internacionais estabelecidos, e emprega o método de **SEPARAÇÃO CONVENCIONAL** entre os tráfegos sob sua jurisdição, conforme a seguir:

a) Separação Longitudinal;

- 10 minutos ou 80NM RNAV para aeronaves que utilizem o mesmo nível de voo e mesmo número MACH; e
- 15 minutos para aeronaves que utilizem o mesmo nível de voo em rotas que se cruzam.

b) Separação Vertical Mínima; e

- Abaixo do FL290 a separação é de 1000 FT;
- Entre os FL290 (inclusive) e FL410 (inclusive) a separação é de 1000 FT (aprovadas RVSM) e de 2000 FT (não aprovadas RVSM); e
- Acima de FL410 é de 2000 FT.

c) Separação lateral

- 50NM para as aeronaves certificadas RNP10.

2.1.6 Será aplicada a separação lateral mínima de 100NM, no Corredor EUR/SAM, conforme AIP BRASIL ENR 3.5-1 e Modelo Operacional, para aeronaves não certificadas RNP10 nos seguintes casos especiais:

a) aeronaves de Estado;
b) aeronave está sendo inicialmente entregue ao Estado de Registro ou ao Estado do operador;
c) aeronave certificada RNP 10, que enfrentou degradação do sistema de navegação e está sendo transportada de volta à base ou para uma oficina de manutenção para reparos; e
d) aeronave envolvida em voo de misericórdia ou humanitário.

2.1.7 A separação convencional utilizada atualmente de 10 minutos ou 80NM limita uma grande quantidade de aeronaves de voar em níveis ótimos. A redução das separações longitudinal (5 minutos ou 30NM) e lateral (30NM) entre as aeronaves permitirá a ampliação da oferta de níveis mais ajustados aos desempenhos das aeronaves.

2.1.8 As aeronaves que voam no mesmo sentido e nos mesmos níveis ótimos de voo devem estar com a mesma velocidade, caso contrário, a técnica de número MACH, como método de separação longitudinal, deverá ser aplicada, conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 - Técnica de número MACH

Difference in Mach	Distance to Fly/Additional Separation required at common point to ensure at least minimum separation at exit/divergence/limit point				
	001–600 NM	601–1200 NM	1200-1800 NM	1801-2400 NM	2401-3000 NM
.01	01	02	03	04	05
.02	02	04	06	08	10
.03	03	06	09	12	15
.04	04	08	12	16	20
.05	05	10	15	20	25
.06	06	12	18	24	30
.07	07	14	21	28	35
.08	08	16	24	32	40
.09	09	18	27	36	45
.10	10	20	30	40	50

Fonte: ICAO (2018).

A tabela 2 a seguir, prevista no Modelo Operacional do ACC-AO, é utilizada pelo Centro de Controle de Área Atlântico para calcular os tempos adicionais com base na técnica de número MACH.

Tabela 2 - Modelo Operacional do ACC-AO

Aplicação da Técnica de Número Mach	
Sentido SAM-EUR	Sentido EUR-SAM
UN866 - 4X	UN741 - 1X
UN873 - 4X	UN873 - 1X
UN857 - 4X	UN857 - 1X
UM661 - 5X	UM661 - 3X
UL206 - 4X	UL206 - 3X
UB623 - 4X	UB623 - 1X

Fonte: DECEA (2018).

2.1.9 A separação longitudinal apropriada para cada aerovia ou rotas RNAV é obtida pela soma dos 10 (dez) minutos já previstos de separação mínima ao produto entre o fator multiplicador da aerovia ou rota RNAV em questão, indicado na tabela 2, e a diferença centesimal entre os números Mach das aeronaves em evolução. Exemplo:

a) duas aeronaves evoluindo no mesmo nível de voo, numa rota RNAV de fator multiplicador 3 (três), em que o tráfego à frente esteja com número MACH 0.80 e aquele à retaguarda apresente MACH 0.82, devem ser separadas por 16 (dezesseis) minutos, conforme o seguinte cálculo explicativo: 2 (diferença centesimal entre os nº MACH) X 3 (fator multiplicador do exemplo) = 6 min. Logo, a separação necessária é de 10 min. (separação regulamentar) + 6 min. = 16 minutos de separação longitudinal.

2.2 DEFICIÊNCIA DO SISTEMA EXISTENTE

2.2.1 O alerta de conflito de plano de voo não supre a necessidade operacional do ACC-AO, pois, além da detecção de conflitos por milhas, deveria detectar conflitos por tempo e acusar quando as separações fossem menores que as previstas nas seguintes situações:

a) duas aeronaves em rotas que se cruzam com menos de 15 minutos de separação longitudinal;

b) duas aeronaves na mesma rota que não possui separação longitudinal regulamentar de 10 minutos; e

c) uma aeronave, após desvio de rota inserido no sistema (que não foi computado no cálculo dos estimados do plano), perde os 10 minutos de separação longitudinal regulamentar.

2.2.2 O sistema não alerta o controlador quando está acontecendo uma oscilação ou falha do serviço ADS-C.

2.3 IMPACTO OPERACIONAL

2.3.1 Com a redução de separação longitudinal e lateral, a capacidade do espaço aéreo será aumentada possibilitando mais níveis de voo disponíveis, contribuindo para uma maior economia de combustível, menor impacto ambiental, uso racional do espaço aéreo e maximização de rotas. Possibilitará também mudanças de níveis de voo às aeronaves que sofrerem interferência da ITCZ (Zona de convergência intertropical) por meio de desvios e áreas de turbulência.

2.3.2 Com a automação do sistema gestão de tráfego aéreo, que auxiliará no emprego da redução da separação, a segurança operacional aumentará e a carga de trabalho do controlador na FIR Atlântico diminuirá.

3 DESCRIÇÃO DE EMPREGO E DESEMPENHO

3.1 DESCRIÇÃO DE EMPREGO

3.1.1 As reduções das separações longitudinal e lateral baseadas em Desempenho de Comunicação e Vigilância (PBCS) e Navegação RNP4 ou RNP10 serão aplicadas no espaço aéreo oceânico brasileiro, na FIR-SBAO, onde são prestados os serviços de controle de tráfego aéreo convencional, informação de voo e alerta.

3.1.2 Em função dos desempenhos de navegação, comunicação e vigilância das aeronaves, a redução da separação no espaço aéreo oceânico brasileiro será aplicada conforme a tabela abaixo:

Tabela 3: Mínimos de separação

Certificação das aeronaves	Separação longitudinal	Separação Lateral
Entre aeronaves PBCS RNP 4	30 NM	30 NM
Entre aeronaves PBCS RNP 10	5 MINUTOS	50 NM
Entre aeronaves PBCS RNP 4 e PBCS RNP 10	5 MINUTOS	50 NM
Entre aeronaves sem PBCS e as demais	10 MINUTOS	50 NM

Fonte: ICAO (2019).

3.1.3 Para o cenário pretendido com a separação longitudinal reduzida, deve-se levar em consideração as velocidades das aeronaves que seguem a mesma rota e mesmo nível, a fim de não ferir os parâmetros de segurança de tráfego aéreo, ou

seja, a aeronave precedente deverá manter sempre a mesma velocidade daquela que a segue ou maior. Caso contrário, utilizar-se-á outro método de separação.

3.1.4Neste mesmo cenário, o ADS-C permanece como ferramenta de monitoramento da distância entre os tráfegos e deve, portanto, estabelecer contratos de demanda e por evento automaticamente, utilizando todos os dados possíveis de reporte ADS-C para um melhor rastreamento das aeronaves. O uso da separação reduzida está condicionado à estabilidade do sistema comunicação e vigilância solo/ar (RCP e RSP).

3.1.5 A redução da separação longitudinal baseados na distância usando ADS-C no Procedimento de Subida e Descida (CDP) será empregada quando uma aeronave, na mesma rota, for autorizada a subir ou descer cruzando o nível de outra aeronave. Essa autorização será emitida, desde que os seguintes requisitos sejam atendidos:

a) a distância longitudinal entre as aeronaves seja determinada pelo sistema de automação de solo, a partir de informes de demanda quase simultânea ADS-C, que contêm a precisão de posição de 0,25 NM ou melhor;

b) a distância longitudinal entre as aeronaves, tal como determinado em a) anterior, não seja inferior a:

- 27,8 km (15 NM), quando a aeronave precedente estiver a mesma velocidade ou for mais rápida do que a aeronave seguinte; ou

- 46,3 km (25 NM), quando a aeronave seguinte não estiver mais do que 18,5 km/h (10 kt) ou Mach 0,02 mais rápida do que a aeronave precedente;

c) a diferença de altitude entre as aeronaves não seja maior que 600 m (2000 pés);

d) a autorização for emitida com restrição que garanta que a separação vertical será restabelecida dentro de 15 minutos a partir do primeiro pedido de reporte de demanda; e

e) seja mantida a comunicação direta de voz entre controlador e piloto ou CPDLC.

NOTA1: A aplicação do procedimento de subida e descida ADS-C (CDP) deverá ser apoiada por um processo de monitoramento contínuo.

3.2 <u>CONCEPÇÃO DE EMPREGO</u>

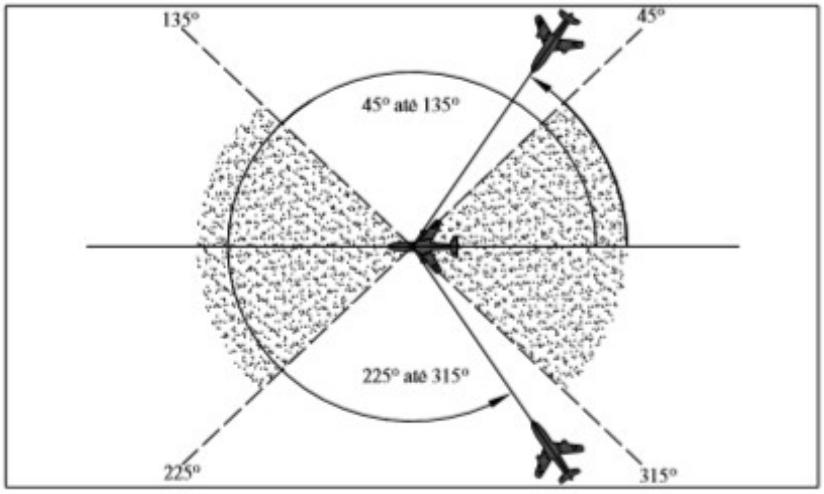
3.2.1 As reduções das separações lateral e longitudinal na FIR-SBAO poderão ser implementada de forma gradativa, em duas etapas.

3.2.1.1Primeira etapa:

a) Separação Longitudinal – o mínimo de separação longitudinal baseado em desempenho será de 5 minutos entre as aeronaves que possuam os requisitos de navegação, comunicação e vigilância (PBCS e RNP4 ou RNAV10) ou de 10 minutos, caso uma das aeronaves não possua os requisitos de desempenho. Pode ser usado para aeronaves em voo nivelado, subindo ou descendo,na mesma rota; ou cruzando rotas, desde que o ângulo relativo entre as rotas seja inferior a 90 graus.

NOTA1: Para rotas que se cruzam, conforme figura 1, a separação longitudinal aplicada será de 15 minutos para aeronaves que utilizem os mesmos níveis de voo.

Figura 1: Rotas que se cruzam



Fonte: DECEA (2020).

b) Separação Longitudinal Baseados na Distância Usando ADS-C no Procedimento de Subida e Descida (CDP) – Quando uma aeronave, na mesma rota, for autorizada a subir ou descer cruzando o nível de outra aeronave, a distância longitudinal entre as aeronaves não seja inferior a:

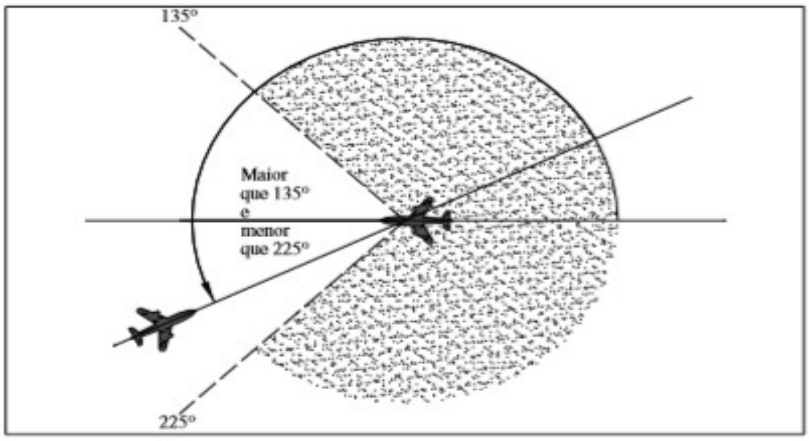
- 27,8 km (15 NM), quando a aeronave precedente estiver a mesma velocidade ou mais rápida do que a aeronave seguinte; ou

- 46,3 km (25 NM), quando a aeronave seguinte não estiver mais do que 18,5 km/h (10 kt) ou Mach 0,02 mais rápida do que a aeronave precedente; e

c) Separação Lateral – a separação lateral de aeronaves em trajetórias ou rotas ATS será de 50NM.

NOTA 2: As aeronaves em sentidos opostos em rotas recíprocas, conforme figura 2, podem ser autorizadas a subir ou descer, ou cruzar os níveis ocupados por outra aeronave, desde que os informes ADS-C demonstrem que os mínimos de separação de 5 ou 10 minutos aplicáveis, conforme preconiza a ICA 100-37, subitem 4.3.12.14.3, possam ser utilizados e que a automação do sistema garanta as separações entre as aeronaves.

Figura 2: Aeronaves em sentidos opostos em rotas recíprocas



Fonte: DECEA (2020).

3.2.1.2 Segunda etapa:

a) Separação Longitudinal – os mínimos de separação longitudinal baseado em desempenho serão de 30NM ou 5 minutos entre as aeronaves que possuam os requisitos navegação, comunicação e vigilância ou ainda de 10 minutos, caso uma das aeronaves envolvidas não possua os requisitos de desempenho. Esses mínimos de separação podem ser usados para aeronaves em voo nivelado, subindo ou descendo, na mesma rota; ou cruzando rotas, desde que o ângulo relativo entre as rotas seja inferior a 90 graus.

NOTA 1: Para rotas que se cruzam, conforme figura 1, a separação longitudinal será de 15 minutos para aeronaves que utilizem o mesmo nível de voo.

b) Mínimos de Separação Longitudinal Baseados na Distância Usando ADS-C no Procedimento de Subida e Descida (CDP) – Quando uma aeronave na mesma rota for autorizada a subir ou descer cruzando o nível de outra aeronave a distância longitudinal entre as aeronaves não seja inferior a:

- 27,8 km (15 NM), quando a aeronave precedente estiver à mesma velocidade ou mais rápida do que a aeronave seguinte; ou
- 46,3 km (25 NM), quando a aeronave seguinte não estiver mais do que 18,5 km/h (10 kt) ou Mach 0,02 mais rápida do que a aeronave precedente; e

c) Separação Lateral – a separação lateral entre as aeronaves que possuam requisitos PBCS, com navegação RNP 4, em trajetórias ou rotas ATS paralelas, será de 30NM, caso contrário a separação aplicada será de 50NM.

NOTA 2: As aeronaves em sentidos opostos em rotas recíprocas, conforme figura 2, podem ser autorizadas a subir ou descer, ou cruzar os níveis ocupados por outra aeronave, desde que os informes ADS-C demonstrem que os mínimos de separação de 5 ou 10 minutos ou 30NM aplicáveis, conforme preconiza a ICA 100-37, subitem 4.3.12.14.3, possam ser utilizados e que a automação do sistema garanta as separações entre as aeronaves.

NOTA 3: A separação de cinco minutos deverá ser calculada a uma resolução de um segundo sem arredondamento, conforme previsto na ICA 100-37, subitem 4.3.12.14.4.

3.2 DESCRIÇÃO DE DESEMPENHO

3.2.1Requisitos.

3.2.1.1Para fins da aplicação da separação reduzida na FIR SBAO, serão necessários que, para cada etapa, os requisitos de desempenho sejam atendidos.

3.2.1.2 Primeira etapa: separações longitudinal de 5 minutos e lateral de 50NM.

Tabela 4:Requisitos de desempenho das aeronaves

AERONAVES	RNP	RCP	RSP
	10	240	180

Fonte: DECEA (2020).

Tabela 5: Requisitos de desempenhos dos equipamentos de solo

SISTEMAS DE SOLO	RCP	RSP	Intervalo máximo de informe periódico ADS-C
	240	180	14 minutos

Fonte: DECEA (2020).

NOTA 1: Para rotas que se cruzam, a separação longitudinal será de 15 minutos para aeronaves que utilizem o mesmo nível de voo.

NOTA 2: Para as aeronaves que não possuírem os requisitos da tabela 4, a separação mínima será de 10 minutos.

NOTA 3: Mínimos de separação longitudinal baseados na distância usando ADS-C no Procedimento de Subida e Descida (CDP) – Quando uma aeronave na mesma rota for autorizada a subir ou descer, cruzando o nível de outra aeronave, a distância longitudinal entre as aeronaves não seja inferior a:

a) 27,8 km (15 NM), quando a aeronave precedente estiver a mesma velocidade ou mais rápida do que a aeronave seguinte; ou
b) 46,3 km (25 NM), quando a aeronave seguinte não estiver mais do que 18,5 km/h (10 kt) ou Mach 0,02 mais rápida do que a aeronave precedente.

3.2.1.3 Primeira etapa: separação longitudinal de 30NM e lateral de 30NM.

Tabela 6: Requisitos de desempenho das aeronaves

AERONAVES	RNP	RCP	RSP
	4	240	180

Fonte: DECEA (2020).

Tabela 7: Requisitos de desempenho das aeronaves

SISTEMAS DE SOLO	RCP	RSP	Intervalo máximo de informe periódico ADS-C
	240	180	12 minutos

Fonte: Requisitos de desempenhos dos equipamentos de solo

NOTA1: A separação longitudinal de 5 minutos e a lateral de 50NM deverão obedecer os requisitos previstos nas tabelas 4 e 5.

NOTA 2: A separação de cinco minutos deverá ser calculada a uma resolução de um segundo sem arredondamento, conforme previsto na ICA 100-37, subitem 4.3.12.14.4.

NOTA 3: Para rotas que se cruzam, a separação longitudinal será de **15 minutos** para aeronaves que utilizem o mesmo nível de voo.

NOTA 4: Para as aeronaves que não possuírem os requisitos da tabela 4, a separação mínima será de **10 minutos**.

NOTA 5: Mínimos de separação longitudinal baseados na distância usando ADS-C no Procedimento de Subida e Descida (CDP) – Quando uma aeronave na mesma rota for autorizada a subir ou descer, cruzando o nível de outra aeronave, a distância longitudinal entre as aeronaves não seja inferior a:

a) 27,8 km (15 NM), quando a aeronave precedente estiver a mesma velocidade ou mais rápida do que a aeronave seguinte; ou
b) 46,3 km (25 NM), quando a aeronave seguinte não estiver mais do que 18,5 km/h (10 kt) ou Mach 0,02 mais rápida do que a aeronave precedente.

3.2.1.4 Para aplicar os mínimos de separação baseados na distância usando ADC-C no Procedimento de Subida e Descida (CDP), os seguintes requisitos deverão ser atendidos:

a) a distância longitudinal entre as aeronaves seja determinada pelo sistema de automação de solo, a partir de informes de demanda quase simultânea ADS-C, que contêm a precisão de posição de 0,25 NM ou melhor; e
b) a base de cálculo deverá seguir o previsto na ICA 100-37, subitem 4.3.12.14.5.

3.2.1.5 O intervalo de informe periódico ADS-C deverá possuir capacidade de ajuste mínimo de até 2 minutos e 8 segundos, caso necessário, sem que provoque lentidão no sistema.

3.2.1.6 Os requisitos RCP240 e RSP180 deverão ser operacionalizados e aprovados pelo SDTE para a utilização.

NOTA1: As políticas PBCS deverão ser estabelecidas pelo DECEA em coordenação com a ANAC e o PSNA.

3.2.1.7 As aeronaves nacionais deverão ser certificadas RNP4 pela ANAC para viabilizar a redução das separações longitudinal e lateral para 30NM.

3.2.1.8 O SIGMA e o SAGITARIO deverão ser ajustados para que sejam capazes de recepcionar e processar as informações nos campos 10 e 18 do plano de voo referentes aos requisitos de desempenho de comunicação, vigilância e navegação (RCP, RSP e RNP).

NOTA 1: Os modelos e manuais deverão ser atualizados com os novos parâmetros de separação.

NOTA 2: Deverá ser criada a AIC visando dar publicidade aos aeronavegantes quanto aos procedimentos que serão adotados no espaço aéreo oceânico brasileiro.

NOTA 3: O AIP-BRASIL deverá ser atualizado com as novas separações baseadas em desempenho aplicadas pelo ACC-AO, com a inclusão do Plano de Contingência em Voo, para os aeronavegantes, que será utilizado no espaço aéreo oceânico brasileiro.

NOTA 4: O DECEA deverá realizar a atualização do Acordo Operacional com a FIR Dakar e propor um cronograma para início da implementação da redução da separação baseado em PBCS.

3.2.2 Funcionalidades

3.2.2.1Para fins da aplicação da separação reduzida na FIR SBAO, serão necessárias as seguintes funcionalidades no sistema SAGITARIO:

a) indicação visual para aeronaves certificadas (RCP240, RSP180, RNP4 e RNP10) e um alerta sonoro e visual, caso essas percam os desempenhos, com a possibilidade de habilitar ou não no console do controlador e também no console da supervisão;
b) alertas visuais e sonoros, com a possibilidade de habilitar ou não no console do controlador e no console da supervisão, quando um ou mais requisitos (RCP, RSP) não estão sendo cumpridos;
c) alertas visuais e sonoros, com a possibilidade de habilitar ou não no console do controlador e no console da supervisão, que identifiquem degradação da comunicação ADS-C/CPDLC no sistema;

d) o sistema SAGITARIO deverá produzir relatórios de desempenho RCP e RSP para análise e monitoramento dos protocolos temporais;

e) indicação visual para alertar o controlador quando a separação for menor do que a prevista de acordo com os parâmetros de separação entre as aeronaves (ver item 3.1.2), conforme os requisitos presentes no plano de voo utilizado e nos requisitos monitorados (RSP180 e RCP240), inclusive nos momentos de transferência/coordenação com o ACC adjacente, considerando a necessidade de indicação visual para todas as separações inferiores às previstas no subitem 3.2.1 e NOTAS 1 e 2;

f) quando houver a quebra de contrato ADS-C, o sistema deverá possibilitar um melhor rastreamento da aeronave utilizando todos os dados possíveis do reporte;

g) alerta visual de conflito utilizando a projeção da proa real da aeronave (e não baseada apenas no plano de voo), com base nos parâmetros regulamentares de separação longitudinal, lateral e vertical com um tempo de antecedência ajustável;

h) ao compor uma mensagem CPDLC de mudança de nível, o sistema deverá criticar essa intenção e calcular se é possível ou não a alteração em função da separação regulamentar;

i) ao receber os reportes, o sistema deverá atualizar os estimados do plano de voo de acordo com os dados do reporte ADS-C;

j) prover alertas com menor poluição visual;

k) ao alterar o contrato periódico padrão, modificar também os contratos em vigor para os novos valores;

l) o AIDC deverá permitir a atualização automática dos estimados;

m) o sistema deverá correlacionar as mensagens CPDLC com as informações autorizadas do plano de voo e deixar o campo preenchido com essa opção, porém com a possibilidade de edição, conforme o exemplo:

- atual: MAINTAIN (OPÇÕES DE NÍVEL)

desejado: MAINTAIN (NÍVEL AUTORIZADO)

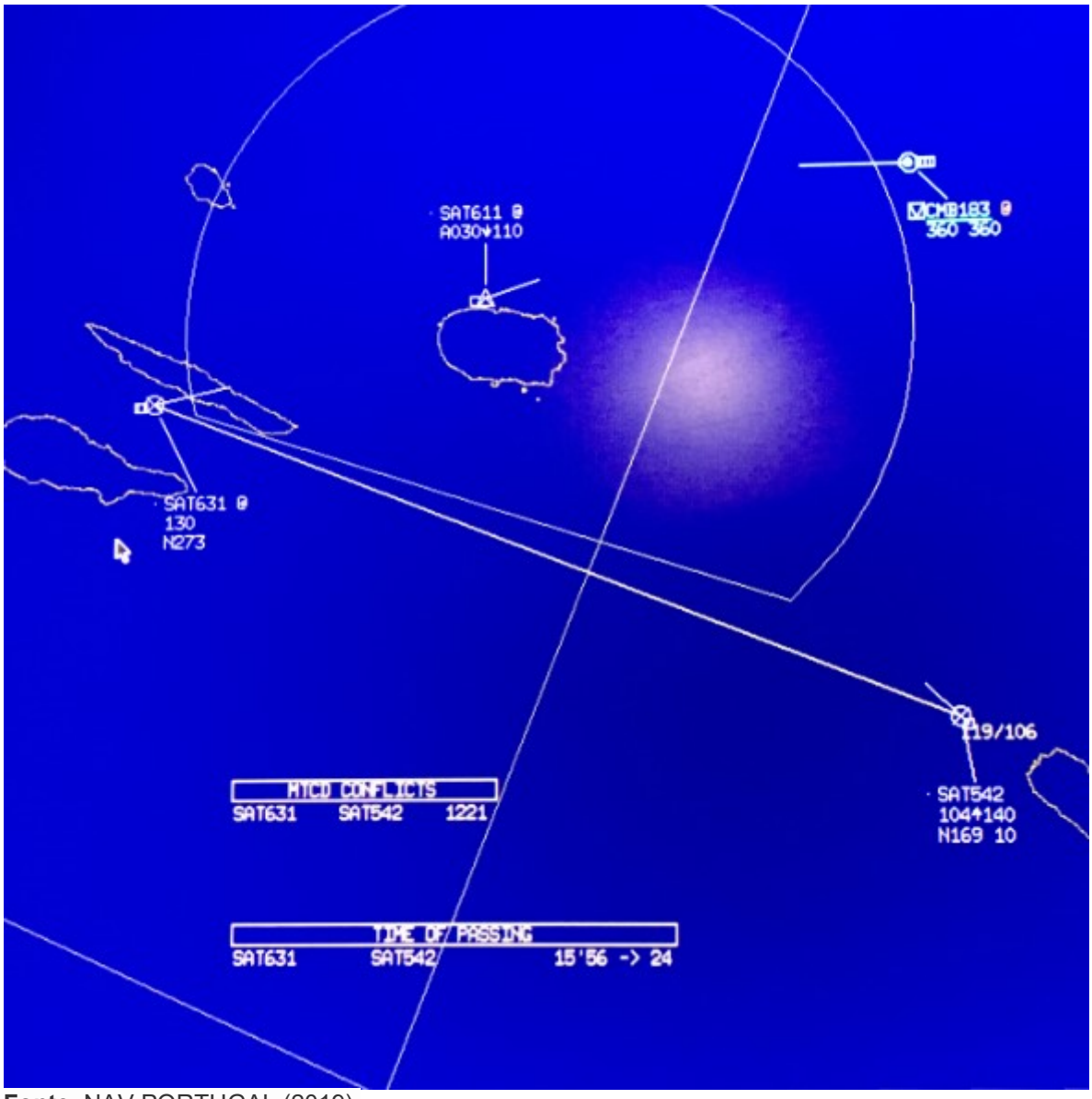
atual: AT (POSIÇÕES DO PLANO DE VOO) CONTACT (FIRs ADJACENTES)

desejado: AT (POSIÇÃO LIMITE/ÚLTIMA POSIÇÃO NA FIR) CONTACT (PRÓXIMA FIR)

n) o sistema deverá calcular a separação baseado na técnica de número MACH para aeronaves no mesmo nível, porém com a aeronave precedente mais lenta. A técnica não será aplicada entre aeronaves PBCS RNP4 (ver item 2.1.8);

NOTA 1: O controlador decidirá quanto à autorização de mudança de nível, a partir das informações apresentadas pelo sistema conforme o exemplo abaixo:

Figura 3: Informações do sistema ADACEL



Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

- ao ligar as duas aeronaves (SAT631 e SAT542) pelo vetor medida, como mostra a figura 3, a tabela "TIME OF PASSING" aparece como um *pop-up*. Baseada no rumo e na velocidade atual, a tabela na tela indica qual será a distância mínima entre as aeronaves no momento do cruzamento e em quanto tempo o cruzamento ocorrerá. Neste caso, em 15 minutos e 56 segundos, as aeronaves estarão com 24 NM de separação entre si e a partir daí começam a ganhar distância. A qualquer altura, se qualquer das aeronaves mudar o rumo ou alterar a velocidade, a informação logo será atualizada; e

- a tabela acima, "MTCD CONFLICTS" (*MediumTerm Conflict Detection*) indicará qualquer par de aeronave que for passar nos próximos 20 minutos (valor ajustável), com menos de 40 NM (valor ajustável). A figura acima, mostra que, às 12:21h, as aeronaves SAT631 e SAT542 estarão separadas entre si por menos de 40NM (valor ajustável);

NOTA 2: Mesmo que a separação regulamentar seja inferior a 40NM, esse mecanismo será importante para aumentar o nível de atenção do controlador em relação aos pares de aeronaves que passarão perto

Figura 4: Informações de conflito do sistema ADACEL

Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

- a figura 4 mostra a TABELA DOS CONFLITOS. O sistema detecta as separações aplicáveis a cada par de aeronaves de acordo com os seus desempenhos. O sistema é capaz de monitorar ao mesmo tempo a separação entre aeronaves PBCS RNP4 (30NM) ou entre PBCS RNP4 e RNP10 (5minutos) ou entre aeronaves PBCS e

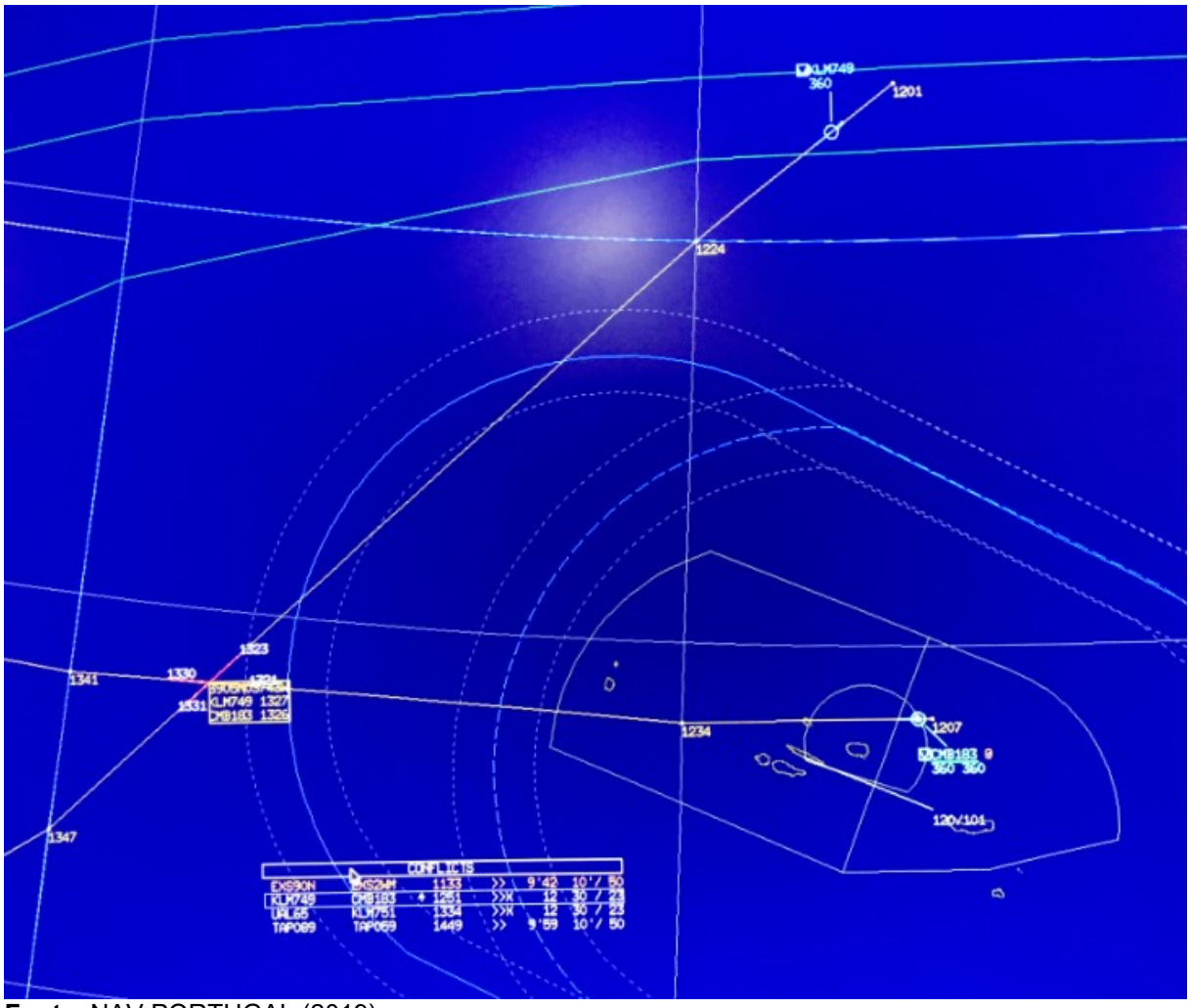
RNP10 (5 minutos) e entre aeronave PBCS e outra não certificada PBCS (10 minutos). Na figura, as aeronaves poderão aparecer em vermelho quando o conflito estiver dentro dos 30 minutos para acontecer e em amarelo quando o conflito estiver a mais de 30 minutos (valor máximo ajustável) para acontecer;

NOTA 1: O sistema deverá possibilitar a realização de testes (simulação) com o objetivo de analisar se determinada aeronave poderá subir, por exemplo. O sistema mostrará o par de aeronaves, a hora do conflito e qual a separação que terão. O tipo de informação que aparecerá na tela do controlador deverá ser ajustável no console.

NOTA 2: O sistema deverá apresentar uma indicação visual quando o controlador simular uma alteração no perfil das aeronaves (subida ou descida) para analisar as distâncias de cruzamento e as separações aplicáveis.

NOTA 3: Deverá ser evitada a poluição visual no console do controlador com a criação de novas caixas e suas indicações.

Figura 5: Estimativas de cruzamento das aeronaves



Fonte: NAV PORTUGAL (2019).

- na figura 5, há um exemplo do que acontece quando selecionamos um dos conflitos. Aparece a rota das duas aeronaves, mostra as horas estimadas de cruzamento das aeronaves por aerovias (KLM749 - 1224 e KLM749– 1341//CMB183 – 1234 e CMB183 – 1347). A zona em vermelho mostra que não há separação entre os tráfegos e indica as horas de início e do fim do conflito (KLM749– 1323 início e 1331 fim/CMB183 –1321 início e 1330 fim);

NOTA 4: Nesse contexto, é importante ser levado em consideração como essa tabela será mostrada para o controlador visando uma menor poluição visual.

o) os sistemas SIGMA/SAGITARIO deverão ser ajustados para que sejam capazes de recepcionar e processar as informações nos campos 10 e 18 do plano de voo para produzir relatório de movimentos diários consolidado mensalmente, conforme tabela 8:

Tabela 8 - Planilha de movimentos diários consolidada mensalmente

DATA	INDICATIVO CHAMADA DA AERONAVE	MATRÍCULA DA AERONAVE	TIPO DE ANV	Aprovado RVSM?	AD DE ORIGEM	AD DE DESTINO	FIXO DE ENTRADA NO ESPAÇO AÉREO RVSM	HORA NO FIXO DE ENTRADA
01/09/03	...	PTLPN	C550	W	SBBH	SBBR	VURKI	12:20
01/09/03	GLO1713	PRGFT	B737	W	SBRF	SBGL	NUQ	19:30
01/09/03	ARG1303	LVSDE	B747	W	KMIA	SAEZ	ELAKA	09:45
02/09/03	TAM8097	PRMDF	A332	W	LFPG	SBGR	KAKUD	07:29
...	...	...	...		...	...	...	...
...	....	....	...		...	...	...	...
18/09/03	IBE6824	EC1944	A340	W	SBGR	LEMD	BGC	20:06
...	...	...	...		...	...	...	...
...	...	...	...		...	...	...	...
30/09/03		PTSAC	E135	W	SBCG	SBEG	TOSAR	10:57

FL NO FIXO DE ENTRADA	AEROVIA NO FIXO DE ENTRADA	FIXO DE SAÍDA DO ESPAÇO AÉREO RVSM	HORA NO FIXO DE SAÍDA	FL NO FIXO DE SAÍDA	RNP4	RNAV10	RCP240	RSP180
310	UW12	IMEDI	12:29	310	Y/N	Y/N	Y/N	Y/N
390	UW60	PONGA	20:12	390	Y/N	Y/N	Y/N	Y/N
370	UT410/UA30	ISOPO	10:47	370	Y/N	Y/N	Y/N	Y/N
390	UG741	MENDS	08:33	390	Y/N	Y/N	Y/N	Y/N
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
290	UW13	RIGEL	21:10	370	Y/N	Y/N	Y/N	Y/N
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
350	UW28	RAPAT	11:41	390	Y/N	Y/N	Y/N	Y/N

Fonte: O autor.
Legenda: Y (yes)/N (no).

p) o SAGITARIO, na utilização do ADS-C, deverá ser ajustado para que seja capaz de produzir relatórios diários de violação das separações mínimas longitudinais e/ou laterais;

q) o SAGITARIO, na utilização do ADS-C, deverá produzir relatórios diários de Desvio Lateral (LLD) da rota esperada quando o desvio for igual ou superior a 15 NM, com separação lateral aplicada de 50NM, e quando for igual ou superior a 08 NM, com separação lateral aplicada de 30NM. Estes relatórios devem ser enviados mensalmente à CARSAMMA para o monitoramento e análise, por meio do cálculo do risco para a região;

r) o SAGITARIO deverá ser configurável para permitir que, na Primeira Etapa, estejam ativos apenas os parâmetros de separação

longitudinal de 10 e 5 minutos, separação baseada na distância usando ADS-C no Procedimento de Subida e Descida (CDP) de 15NM ou 25 NM conforme for o caso, de separação lateral de 50NM, de separação para rotas que se cruzam de 15 minutos e de separações de 5 ou 10, conforme o caso, entre aeronaves em sentidos opostos em rotas recíprocas, conforme previstos no subitem 3.2.1 e NOTAS 1 e 2; e

s) o sistema deverá calcular a separação necessária para os tráfegos voando no corredor EUR/SAM na mesma rota, mesmo nível, porém com velocidades diferentes, com o mais veloz estando à retaguarda. Esse cálculo deve ser feito baseado na distância, entre o ponto de entrada e o ponto saída do corredor EUR/SAM, e na diferença de velocidade seguindo os parâmetros da tabela 1.

- exemplo: duas aeronaves evoluindo no mesmo nível de voo, numa mesma rota RNAV, em que a distância entre o ponto de entrada e o de saída do corredor EUR/SAM é de 1400NM. Nesse caso, o tráfego à frente está com número MACH 0.80 e o que está atrás com MACH 0.82, serão separados por 16 (dezesseis) minutos, conforme o seguinte cálculo explicativo:

.02 (diferença centesimal entre os nº MACH) e 1400NM distância a ser voada= 6 min (ver tabela 1).

10 min. (separação regulamentar) + 6 min. = 16 minutos de separação longitudinal.

4 PROPOSTA DE CRONOGRAMA

Tabela 09: Cronograma

ATIVIDADE	PREVISÃO
Aprovação da NOP	
RTLI	
Contratação	
Entrega Versão de Simulação no ICEA	
Treinamento FASE 1	
SAT do SAGITARIO	
Implantação FASE 1	
Treinamento FASE 2	
Implantação FASE 2	

Fonte: O autor.

5 NECESSIDADES LOGÍSTICAS

Não aplicável.

6 EFEITOS RESULTANTES DA ADOÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA

6.1 EFEITOS RESULTANTES DA UTILIZAÇÂO DAS SEPARAÇÕES

6.1.1 A utilização das separações longitudinal e lateral reduzidas na FIR Atlântico proporcionará uma demanda maior de tráfegos voando em níveis ótimos, o que resultará em menor consumo de combustível, diminuição da poluição ambiental, uso otimizado do espaço aéreo e maximização de rotas.

6.1.2 Para o controle de tráfego aéreo, os efeitos resultantes esperados são: prestação dos serviços de forma mais dinâmica e eficiente aos usuários, redução da carga de trabalho dos controladores com a automação do sistema e uso racionalizado dos recursos humanos.

7 RECURSOS HUMANOS

7.1 TREINAMENTO DO EFETIVO

7.1.1 Serão necessários rigorosos treinamentos simulados para todo o efetivo do ACC-AO, para cada etapa de implementação, visto que os parâmetros de separação serão, gradativamente, reduzidos. Os exercícios devem conter as mais variadas situações, tais quais: desvios meteorológicos, falha de comunicações, perda dos requisitos de desempenho de aeronave, degradação dos sistemas de solo, emergências de tráfego aéreo e outras a serem definidas pelo ACC Atlântico.

7.1.2 Estudos relativos à análise do atual efetivo deverão ser realizados visando o aumento da demanda e da abertura de setores de controle, visto que a prestação do serviço de controle de tráfego aéreo com menor separação entre os tráfegos exigirá maior atenção quanto à evolução tráfego aéreo, principalmente, em situações adversas envolvendo condições climáticas e saturações de setor.

8 CONSIDERAÇÕES SOBRE INTEGRAÇÃO E INTEROPERABILIDADE

8.1 ESTABILIDADE DO SISTEMA E COORDENAÇÃO AUTOMÁTICA

8.1.1 Os sistemas de comunicação e monitoramento (CPDLC e ADS-C) deverão estar estáveis e dentro da margem de erro temporal tecnicamente aceitável, para que a separação reduzida seja aplicada com segurança.

8.1.2 Os sistemas devem ser preparados para não apresentar travamento ou redução de desempenho nas veiculações de renovação de imagens ADS-C e comunicações CPDLC.

NOTA: O DECEA deverá verificar a possibilidade de realizar coordenação AIDC com as FIR estrangeiras adjacentes. Caso positivo, o DECEA deverá estabelecer ações para a implementação da coordenação automática.

9 SOLUÇÕES EXISTENTES NO MERCADO INTERNO E/OU EXTERNO

9.1 *NETWORKING* E ESTUDOS DA *EUROPEAN AND NORTH ATLANTIC*

9.1.1 A representação do DECEA no *North Atlantic Operational Forum 2019*, realizado em Londres, no período de 29 a 30 de outubro de 2019, foi de extrema importância para elaboração desta Proposta. Além de obter informações sobre melhorias que estão sendo planejadas para o espaço aéreo oceânico, foi possível, através do *Networking*, tirar dúvidas e compreender como foi realizado o estudo para implementar a separação reduzida no espaço aéreo do Atlântico Norte. Atualmente, no espaço aéreo oceânico de *New York*, as separações mínimas podem chegar a 30NM longitudinal e 30NM lateral. Já na FIR Santa Maria, sob responsabilidade da NAV PORTUGAL, as separações mínimas podem chegar a 30NM longitudinal e 23 NM lateral.

9.1.2 Esta Proposta de Necessidade Operacional tomou por base normas nacionais e internacionais, as orientações dos representantes do grupo de estudos da *European and North Atlantic* (EUR/NAT) *office* e algumas funcionalidades do *software* de controle de tráfego aéreo da empresa ADACEL utilizado pela NAV PORTUGAL na prestação do serviço de controle de tráfego aéreo na FIR Santa Maria.

10 OUTRAS INFORMAÇÕES

Não há.