



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

ALAN ELIAS LEMOS **MATTAR**, Maj Av

Torre de Controle Transportável e Resiliência de Sistemas: Estudo de Caso DTCEA-FZ

Rio de Janeiro
2022

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

ALAN ELIAS LEMOS MATTAR , Maj Av

Torre de Controle Transportável e Resiliência de Sistemas: Estudo de Caso DTCEA-FZ

Trabalho de conclusão de curso apresentado,
como requisito parcial para aprovação, no
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.
Orientador: Mariel Santos de Aguiar.

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

Entre os anos 2018 e 2019, o DTCEA-FZ viu-se diante da necessidade de realizar uma grande reforma na estrutura metálica da Torre de Controle de Fortaleza. Diante desse cenário, necessitou que fosse empregado, como operação de contingência, uma Torre de Controle Transportável – TWR-T, importante meio de Força Aérea pertencente ao 1º/1º GCC. Sua implantação e operação representou um grande desafio para aquela Organização Militar, dadas as circunstâncias e incertezas envolvidas, sobretudo quanto à sua resiliência enquanto elo do SISCEAB. Este artigo tem o propósito de analisar de que maneira o emprego da TWR-T contribuiu para a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ, entre os anos 2018 e 2019, à luz da Teoria Geral de Sistemas e da Teoria de Redes Complexas. Como método, adotou a combinação de pesquisas bibliográfica e documental, bem como aplicou técnicas descritivas e de estudo de caso, aliado a procedimentos de análise de conteúdo. Como resultado, encontrou as características essenciais que constituem a resiliência de sistemas complexos. Por meio de documentos estatísticos do DECEA, também encontrou a quantidade de tráfegos que operaram no Aeroporto Internacional de Fortaleza antes do emprego da TWR-T e durante a sua operação. Com esses dados, buscou-se comparar o desempenho da TWR-FZ em ambos os momentos, chegando-se à conclusão de que sua operação, a partir da TWR-T, não apenas conferiu resiliência ao DTCEA-FZ enquanto elo do SISCEAB, como também demonstrou a capacidade daquele órgão operacional de controlar ainda mais aeronaves, civis e militares, em relação a anos anteriores.

Palavras-chave: TWR-FZ; sistemas complexos; resiliência; TWR-T.

ABSTRACT

During the years 2018 and 2019, the DTCEA-FZ was faced with the need to carry out a major renovation of the metal structure of the Fortaleza Control Tower. In order of this scenario, it was necessary to use, as a contingency operation, a Transportable Control Tower - TWR-T, an important means of the Air Force belonging to the 1st/1st GCC. Its implementation and operation represented a great challenge for that Military Organization, due to the circumstances and uncertainties involved, especially regarding its resilience as part of SISCEAB. This paper aimed to analyze the use of the TWR-T and how it contributed to the systemic resilience of the DTCEA-FZ, during the years 2018 and 2019, based on General Systems Theory and Complex Network Theory. As a method, it was adopted a combination of bibliographic and documental research, applying descriptive and case study techniques, with content analysis procedures. As a result, he found the essential characteristics that constitute the resilience of complex systems. Through statistical documents from DECEA, he also found the amount of traffic that operated at Fortaleza International Airport before the use of TWR-T and during its operation. With these data, the performance of the TWR-FZ were compared at both times, reaching the conclusion that its operation, from the TWR-T, not only gave resilience to the DTCEA-FZ as part of SISCEAB, but it also demonstrated that operational provider's ability to control even more aircraft, civil and military, than in previous years.

Keywords: *TWR-FZ; complex systems; resilience; TWR-T.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – TWR-T em operação no DTCEA-FZ	8
Figura 2 – Fluxo dos métodos e procedimentos da pesquisa	13
Figura 3 – Volumes de espaço aéreo de responsabilidade do DTCEA-FZ.....	19
Figura 4 – Nós e conexões da rede do DTCEA-FZ	19
Figura 5 – Frequências e horários de prestação dos serviços de controle de aeródromo com a TWR-T	25
Figura 6 – Volume de aeronaves movimentadas pela TWR-FZ nos anos 2017, 2018 e 2019	26
Quadro 1 – Fontes de incerteza por tipo	17
Quadro 2 – Principais características dos sistemas	22
Quadro 3 - Características sistêmicas dos PSNA do DTCEA-FZ	22
Quadro 4 – Principais conceitos e definições da Teoria de Redes Complexas.....	23
Quadro 5 – Características da resiliência	24
Quadro 6 – Frequências e horários em que são prestados os serviços de tráfego aéreo de aeródromo pela TWR-FZ	24
Quadro 7 – Serviços de tráfego aéreo de aeródromo prestados pela TWR-FZ antes e durante emprego da TWR-T	25
Quadro 8 – Engajamento da equipe e atuação sinérgica na mitigação de impactos	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC-RE	Centro de Controle de Área de Recife
AIP	Publicação de Informações Aeronáuticas
APP-SBWZ	Controle de Aproximação de Fortaleza
ASSIPACEA-FZ	Assessoria de Investigação e Prevenção de Acidentes e Incidentes do Controle do Espaço Aéreo de Fortaleza
ATC	Controle de Tráfego Aéreo
ATCO	Controlador de Tráfego Aéreo
ATS	Serviços de Tráfego Aéreo
CGNA	Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea
CINDACTA III	Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
CNT	Teoria de Redes Complexas
COPM-3	Centro de Operações Militares do CINDACTA III
DCL	Autorizações por Data Link
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DTCEA-FZ	Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Fortaleza
EMS-FZ	Estação Meteorológica de Superfície de Fortaleza
END	Estratégia Nacional de Defesa
FAB	Força Aérea Brasileira
FFAA	Forças Armadas
FZ-ST	Seção Técnica do DTCEA-FZ
GCC	Grupo de Comunicações e Controle
NADSO	Nível Aceitável de Desempenho da Segurança Operacional
OM	Organização Militar
PSNA	Provedor de Serviços de Navegação Aérea
SBFZ	Aeroporto Internacional de Fortaleza
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
SISDABRA	Sistema Brasileiro de Defesa Aérea – e do–
SISDACTA	Sistema de Controle de Tráfego Aéreo
TMA	Área de Controle Terminal
TWR-FZ	Torre de Controle de Fortaleza
TWR-T	Torre de Controle Transportável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Contextualização	8
1.2	Objetivos	9
1.2.1	Objetivo Geral	9
1.2.2	Objetivos Específicos	9
1.3	Justificativa	10
2	METODOLOGIA	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Abordagem Sistêmica	15
3.2	Teoria de Redes Complexas	16
3.3	Rede dos órgãos operacionais do DTCEA-FZ	18
3.4	Resiliência	20
3.5	Abordagem normativa	20
4	APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS	21
4.1	Características sistêmicas	21
4.2	Complexidade e resiliência de sistemas	23
4.3	Serviços prestados e quantidades de movimentos	24
4.4	Influência da TWR-T	27
5	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	31
	GLOSSÁRIO	33
	APÊNDICE A – Dados Entrevistado A	34
	APÊNDICE B – Dados Entrevistado B	38
	APÊNDICE C – Dados Entrevistado C	44

1 INTRODUÇÃO

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA é o grande comando responsável pela manutenção de toda a infraestrutura do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro – SISCEAB, o qual inclui o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro – SISDABRA. Como sistema integrado, emprega tecnologias de uso dual, permitindo a operacionalidade das aviações militar e civil brasileiras.

Como gestor de infraestruturas críticas, o DECEA opera com diversas redundâncias sistêmicas, de modo a garantir a disponibilidade e confiabilidade constante dos seus serviços aos usuários militares e civis do SISCEAB. Como responsável pela infraestrutura de suporte às operações aéreas militares da Força Aérea Brasileira, impõe-se-lhe a necessidade de desenvolver capacidades para emprego deslocado ou em operações de contingência.

Nesse sentido, a Estratégia Nacional de Defesa assim orienta:

“... torna-se importante desenvolver a capacidade de mobilização e a manutenção de Forças Armadas modernas, integradas e balanceadas, operando de forma conjunta e adequadamente desdobradas no território nacional, **em condições de pronto emprego, bem como ampliar a infraestrutura nacional de apoio a essas ações.**” (BRASIL, 2013, p.35)

Nesse contexto, dentre os equipamentos e sistemas alocados às suas organizações, o DECEA conta com uma Torre de Controle Transportável – TWR-T, alocada ao 1º Esquadrão do 1º Grupo de Comunicações e Controle – 1º/1º GCC, capaz de ser empregada tanto em operações militares desdobradas, nas tarefas de Sustentação ao Combate, quanto na substituição eventual de alguma de suas torres de controle fixas, em caso de incapacidade material dessas.

Ademais, por se tratar de equipamentos e sistemas de uso dual, mesmo as torres de controle fixas, operadas pelas organizações do DECEA, são também elementos importantes no emprego do poder aeroespacial do Estado Brasileiro.

Em consonância com a Doutrina Básica da Força Aérea – DCA 1-1, o emprego operacional de equipamentos e infraestrutura de suporte às operações aéreas enquadra-se na Tarefa de Sustentação ao Combate, como segue:

“... A Sustentação ao Combate (SC) é a Tarefa realizada com os propósitos de garantir que a Força Aérea tenha os meios necessários para sustentar as operações aéreas e de aumentar o poder de combate das forças amigas desdobradas no TO ou na A Op. É essencial para a condução das operações militares, pois envolve Ações de Força Aérea que **proporcionam as infraestruturas, os serviços e os recursos materiais e humanos, necessários ao emprego do Poder Militar**”. (BRASIL, 2020a – grifo nosso)

Assim, verifica-se que o emprego da Torre de Controle Transportável objetiva, em última análise, a manutenção da capacidade de combate da Força Aérea Brasileira. Com efeito,

em outras ocasiões, o referido equipamento foi utilizado para prover serviços de tráfego aéreo a aeronaves militares e civis em alguns aeródromos brasileiros.

1.1 Contextualização

Entre os anos de 2018 e 2019, a estrutura metálica do prédio principal da Torre de Controle de Fortaleza – TWR-FZ necessitou ser submetida a uma profunda reforma, que inviabilizaria a prestação dos serviços de tráfego aéreo de aeródromo no ambiente original da Torre Fortaleza.

Nesse contexto, após criteriosas análises de cenário por parte do Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo – CINDACTA III, assessorado pelo Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Fortaleza – DTCEA-FZ, verificou-se que a opção mais viável dos pontos de vista orçamentário e da segurança operacional seria o emprego da TWR-T, do 1º/1º GCC. Assim, o referido equipamento foi também empregado nas atividades de controle de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Fortaleza, entre os anos de 2018 e 2019. Na Figura 1, é apresentada a TWR-T sendo operada no DTCEA-FZ.

Figura 1 – TWR-T em operação no DTCEA-FZ



Fonte: O autor – arquivo pessoal

A alocação desse importante meio de Força Aérea foi uma ação contingencial sistêmica com o objetivo de manter a disponibilidade e confiabilidade dos serviços de tráfego aéreo necessários às operações de aeronaves civis e militares a partir daquele aeródromo. Caso não

fosse realizado o emprego dessa Torre de Controle Transportável, as operações aéreas naquele aeroporto poderiam ter sido seriamente prejudicadas.

Durante todo o período em que esteve engajado nas operações da TWR-FZ, o referido equipamento foi operado e mantido pelos controladores e técnicos do DTCEA-FZ, os quais se depararam com situações inopinadas que demandaram rápida atuação para a manutenção das atividades dentro dos Níveis Aceitáveis de Desempenho da Segurança Operacional – NADSO.

Considerando que o DTCEA-FZ opera sistemas críticos de suporte às operações aéreas civis e militares, assume-se que são resilientes. Diante dessa inquietação, com foco no caso concreto da operação da TWR-T no DTCEA-FZ, surge o seguinte problema de pesquisa: de que maneira o emprego da TWR-T contribuiu para a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ, entre os anos 2018 e 2019, à luz da Teoria Geral de Sistemas e da Teoria de Redes Complexas?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste trabalho consiste em analisar de que maneira o emprego da TWR-T contribuiu para a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ, entre os anos 2018 e 2019, à luz da Teoria Geral de Sistemas e da Teoria de Redes Complexas. Para tanto, estipulou-se os seguintes Objetivos Específicos:

1.2.2 Objetivos Específicos

OE1 – Identificar as características sistêmicas dos órgãos de controle de tráfego aéreo do DTCEA-FZ;

OE2 – Analisar o conceito de resiliência de sistemas;

OE3 – Identificar os serviços que eram prestados e a quantidade de movimentos da TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T no DTCEA-FZ;

OE4 – Identificar os serviços que foram prestados e a quantidade de movimentos da TWR-FZ, com o emprego da TWR-T; e

OE5 – Analisar a relação entre o emprego da TWR-T e a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ entre os anos 2018 e 2019.

1.3 Justificativa

A extensão do território brasileiro, em proporções continentais e com geografia bastante heterogênea, pode impor a necessidade de operações em áreas de difícil acesso para o atendimento às hipóteses de emprego das FFAA. Logo, a capacidade de realizar operações aéreas deslocadas envolve o emprego de Torre de Controle Transportável, conferindo resiliência ao Poder Aéreo, o que pode figurar como fator crítico no campo de batalha.

Assim, a presente pesquisa se justifica pela oportuna necessidade de analisar a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ, especificamente quanto ao emprego da TWR-T, o que pode contribuir para o cumprimento das missões finalística e subsidiária da Força Aérea Brasileira. A seguir, serão apresentados os métodos utilizados na pesquisa.

2 METODOLOGIA

Tendo em vista a insuficiência de estudos no Brasil acerca de resiliência de sistemas complexos com emprego de torres de controle transportáveis, optou-se por uma pesquisa básica, tendo por objetivo elucidar aspectos sistêmicos provenientes da utilização desses dispositivos no âmbito da Força Aérea Brasileira.

Para isso, partiu-se do conhecimento disponível na literatura, bem como de bases documentais e das experiências vividas pelos profissionais do DTCEA-FZ durante a operação da TWR-T naquela organização. Assim, com foco no objetivo geral, foram estipulados cinco objetivos específicos, para os quais se necessitou aplicar diferentes técnicas de pesquisa e métodos de coleta de dados.

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, utilizando a Teoria Geral de Sistemas objetivando compreender e analisar o fenômeno da resiliência sob uma ótica sistêmica. Para tanto, recorreu-se ao teórico fundador da teoria, o austríaco Ludwig Von Bertalanffy (1968 e 1977), complementado por Maria José Esteves de Vasconcellos (2013), no que diz respeito ao papel das interações entre os componentes de um sistema.

Em seguida, recorreu-se à Teoria de Redes Complexas, oriunda da teoria dos sistemas, em virtude de esta investigar as bases do fenômeno da resiliência. Com esse intuito, optou-se por Cook *et al* (2015), Hollnagel *et al.* (2006) e Francis e Bekera (2014) por explicarem os elementos constituintes da resiliência, que serviram de fundamento para pesquisa de campo. Por se tratar do estudo da resiliência dentro de um contexto sistêmico, ambas as teorias atuaram

de maneira complementar e forneceram dados para o alcance do primeiro e do segundo objetivos específicos.

Oportunamente, foi realizada uma abordagem normativa com a análise da ICA 100-31 – Requisitos dos Serviços de Tráfego Aéreo e do PCA 351-3 – Plano de Implementação ATM Nacional, com o intuito de identificar o propósito dos PSNA subordinados ao DTCEA-FZ, enquanto subsistema do SISCEAB, bem como a concepção de operacionalidade do DECEA.

Para o primeiro objetivo específico, buscou-se compreender o conceito de sistema a fim de subsidiar a pesquisa de campo na identificação das características sistêmicas dos Provedores de Serviços de Navegação Aérea – PSNA subordinados ao DTCEA-FZ.

Para o segundo objetivo específico, a escolha da Teoria de Redes Complexas – CNT permitiu compreender e, principalmente, analisar o conceito de resiliência sob a abordagem sistêmica, o que proporcionou elementos teóricos para a análise do estudo de caso.

Os dados necessários para o alcance do terceiro e do quarto objetivos específicos, foram obtidos por meio de pesquisa documental, tendo sido analisadas publicações aeronáuticas e documentos estatísticos do DECEA para a identificação dos serviços prestados e dos volumes de tráfego aéreo nas operações da TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T e durante a operação desse equipamento naquele órgão.

Com o intuito de compreender os eventos relacionados ao emprego da TWR-T, as ocorrências correlatas e os fatores que influenciaram na resiliência sistêmica do DTCEA-FZ no período, decidiu-se pela realização de estudo de caso único, por ser esta a técnica mais adequada para a análise da influência da variável independente “emprego da TWR-T” na variável dependente “resiliência sistêmica do DTCEA-FZ”.

Tendo em vista o caráter atípico e a criticidade, tanto da reforma do prédio principal da TWR-FZ, quanto da falha elétrica ocorrida na TWR-T, quando esta operou no DTCEA-FZ entre os anos de 2018 e 2019, aliado à oportunidade de identificar os fenômenos envolvidos, o estudo de caso se mostrou bastante adequado para esta pesquisa.

Utilizou-se também da técnica descritiva para a verificação da relação entre as variáveis emprego da TWR-T e resiliência sistêmica do DTCEA-FZ no período investigado, por proporcionar a comparação dos fatos observados no estudo de caso com as características da resiliência encontradas no referencial teórico.

Como instrumentos para obtenção dos dados, utilizou-se de entrevistas com os gerentes dos setores do DTCEA-FZ envolvidos nas fases de planejamento, implantação, acompanhamento e finalização do emprego da TWR-T naquele destacamento. Excetuando-se o Comandante, o universo de gerentes que atuavam naquela organização militar era composto

de quatro gestores, a saber: Chefe da Seção de Administração, Chefe da Seção Operacional, Chefe da Seção Técnica e Chefe da ASSIPACEA-FZ. Destes, foi selecionada uma amostra de três gestores para participar das entrevistas.

A escolha dos entrevistados adotou como critério o fato de terem atuado diretamente no caso pesquisado. Ressalta-se que todos os três selecionados aceitaram participar da pesquisa e, visando preservar suas identidades, seus nomes foram substituídos pelo termo “Entrevistado”, distinguindo-os entre si pelas letras do alfabeto. As qualificações dos componentes da amostra são apresentadas abaixo:

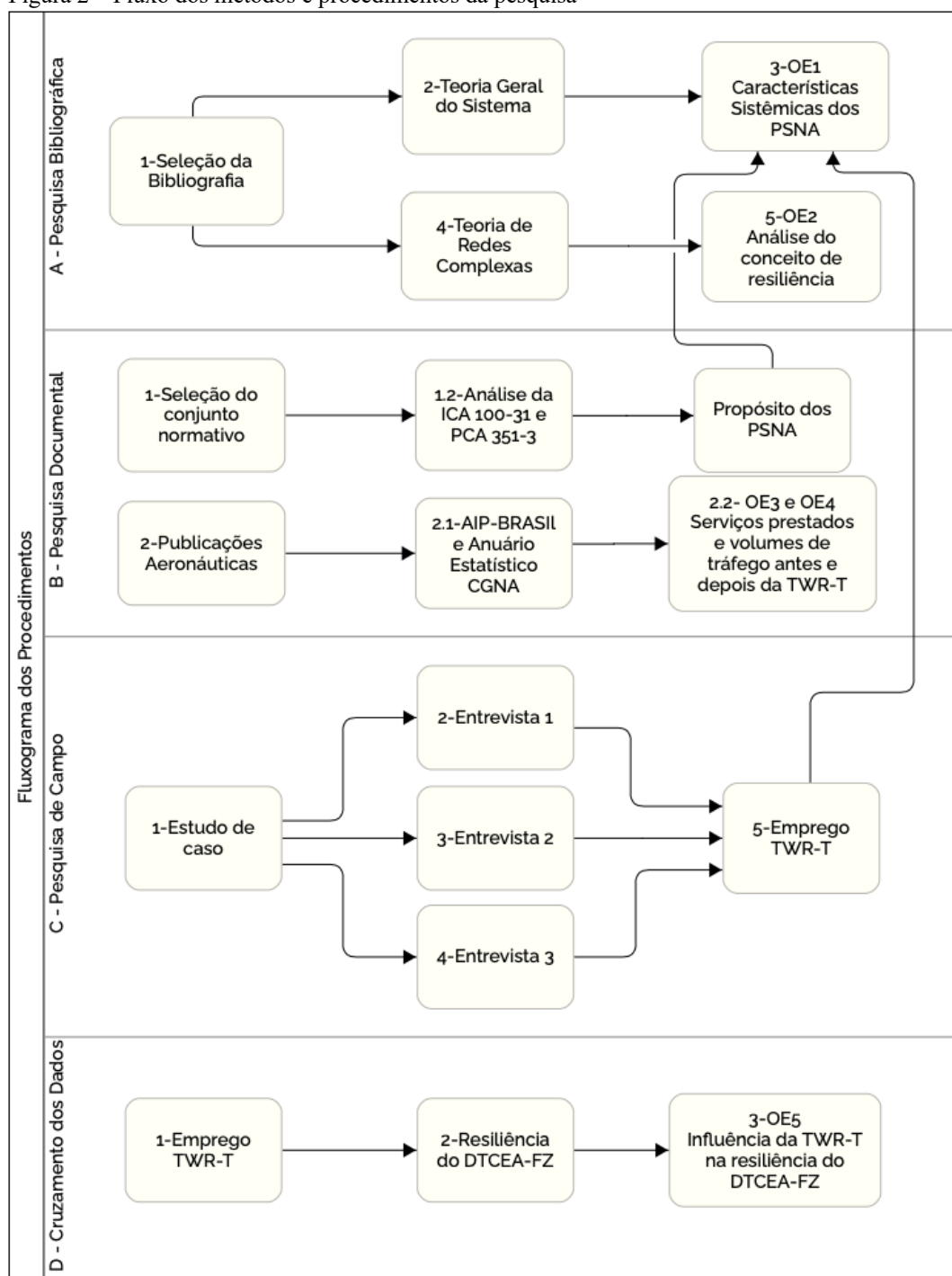
- a) Entrevistado A, especialista em controle de tráfego aéreo com 31 anos de serviço, então chefe da Seção Operacional, era responsável pela gerência dos órgãos operacionais TWR-FZ e APP-SBWZ;
- b) Entrevistado B, também especialista em controle de tráfego aéreo, com 43 anos de serviço, então chefe da ASSIPACEA-FZ, era responsável pelos processos de gerenciamento da segurança operacional; e
- c) Entrevistado C, com 11 anos e 8 meses de experiência no SISCEAB, então chefe da Seção Técnica, a quem competia a gestão de todas as atividades de planejamento e manutenção técnica dos ativos da organização.

Em virtude das consideráveis distâncias entre os participantes (residências em Estados distintos do pesquisador), as entrevistas com os entrevistados A e B foram realizadas por videoconferência. Devido também à exiguidade de tempo, a entrevista com o Entrevistado C foi realizada por escrito, tendo sido remetida ao pesquisador por e-mail.

Vale ressaltar, ainda, que foram preservadas todas as condicionantes necessárias às pesquisas com seres humanos, em conformidade com a Resolução 466/12 do Ministério da Saúde, tendo todos os participantes concordado com os termos da pesquisa. Para o estudo das entrevistas, foram utilizadas técnicas de análise de conteúdo.

Na Figura 2, é apresentada a dinâmica dos procedimentos utilizados na pesquisa.

Figura 2 – Fluxo dos métodos e procedimentos da pesquisa



Fonte: Adaptado de Mattar (2021)

Em A1, selecionou-se a bibliografia relacionada à Teoria Geral dos Sistemas e à Teoria de Redes Complexas. Os dados extraídos da primeira teoria (A2) foram comparados com os dados levantados na pesquisa documental (B1.2) e na pesquisa de campo (C), alcançando-se o OE1 – Identificar as características sistêmicas dos órgãos de controle de tráfego aéreo do DTCEA-FZ. Os dados obtidos com a investigação da segunda teoria foram usados como suporte ao alcance do OE2 – Analisar o conceito de resiliência de sistemas.

Em B, selecionou-se o conjunto de normas e publicações aeronáuticas que contribuíram para os objetivos específicos, os quais foram: ICA 100-31, PCA 351-3, AIP-BRASIL e o Anuário Estatístico 2019 do Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea – CGNA. Os dados obtidos em B1.2 permitiram a identificação dos propósitos dos PSNA do DTCEA-FZ, um dos requisitos para se chegar ao OE1.

Em B2.1, encontrou-se os movimentos aéreos antes e depois do emprego da TWR-T, bem como os serviços prestados pela TWR-FZ. Com esses dados, foram alcançados o OE3 – Identificar os serviços que eram prestados e a quantidade de movimentos da TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T no DTCEA-FZ e o OE4 – Identificar os serviços que foram prestados e a quantidade de movimentos da TWR-FZ, com o emprego da TWR-T.

Em C, aplicou-se a técnica de estudo de caso por meio da aplicação de entrevistas com os oficiais que atuaram no emprego da TWR-T no DTCEA-FZ, obtendo-se dados relevantes que comprovaram o caráter sistêmico dos órgãos operacionais daquele destacamento e subsidiaram a análise da influência da TWR-T na resiliência da Organização Militar.

Em D, buscou-se cruzar os dados levantados em C com os dados da pesquisa bibliográfica no que tange à análise do conceito de resiliência, visando-se alcançar o OE5 – Analisar a relação entre o emprego da TWR-T e a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ entre os anos 2018 e 2019. A relação entre as variáveis é apresentada no capítulo 4.

Devido às limitações de tempo para a pesquisa, este trabalho restringiu-se à verificação das percepções dos gestores setoriais, não tendo sido investigadas as percepções dos controladores e técnicos de manutenção. Logo, não foi possível verificar aspectos inerentes ao cotidiano da operação da TWR-T sob a ótica dos operadores e mantenedores.

Registra-se, ainda, que o levantamento documental não se ateve a dados de atrasos de pousos e decolagens por serem irrelevantes para o propósito desta pesquisa, uma vez que tais métricas não se enquadram na abordagem qualitativa do estudo da resiliência de sistemas complexos. A seguir são apresentados os autores e teorias que sustentaram a pesquisa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Quando se pretende abordar o controle de tráfego aéreo, seja no Brasil ou no exterior, invariavelmente, deve-se analisar o objeto investigado sob uma ótica sistêmica. Assim, para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, buscou-se realizar uma análise dos órgãos operacionais do DTCEA-FZ à luz da Teoria Geral dos Sistemas, associada à Teoria de Redes

Complexas. Estas, constituem fundamentos essenciais ao entendimento das contribuições daqueles elos operacionais, enquanto elementos interagentes e influenciadores do sistema.

3.1 Abordagem Sistêmica

Ao analisar as contribuições de entidades interdependentes e estreitamente vinculadas entre si, há que se buscar na teoria o entendimento de suas formas de relacionamento e como essas interações contribuem para o funcionamento do conjunto como um todo.

Não obstante vários autores terem se dedicado ao estudo da teoria sistêmica, julgou-se importante compreender a base fundamental do que veio a se tornar a Teoria Geral dos Sistemas. Segundo esta:

“Um sistema pode ser definido como um complexo de elementos em interação. A interação significa que os elementos p estão em relações R , de modo que o comportamento de um elemento p em R é diferente de seu comportamento em outra relação R' .” (BERTALANFFY, 1977, p.84)

Importante ressaltar que “...um sistema, enquanto total de partes com suas inter-relações, tem de ser concebido como constituído instantaneamente”. (BERTALANFFY, 1977, p.83). O significado dessa expressão reside no fato de que não se pode explicar as características de um sistema a partir das partes isoladas, uma vez que a concomitância das interações é o que confere as propriedades desse sistema. Em outras palavras, quanto mais íntegro um sistema e quanto mais conhecidas forem as interações dos seus elementos, mais previsível será o seu comportamento.

Em complemento à afirmação de Bertalanffy, Vasconcellos acrescenta que:

“A existência de interação ou de relações entre os componentes é então um aspecto central que identifica a existência do sistema como entidade, distinguindo-o de um aglomerado de partes independentes umas das outras... as relações são o que dá coesão ao sistema todo, conferindo-lhe um caráter de totalidade ou globalidade, uma das características definidoras do sistema” (VASCONCELLOS, 2013, p.199).

Como se observa nos conceitos supracitados, para que um conjunto se constitua em sistema, torna-se indispensável a ocorrência simultânea dos seguintes requisitos: conexão, interação e relação de interdependência entre as partes integrantes.

Obedecidos esses requisitos, verifica-se que “o comportamento do todo é mais complexo do que a soma dos comportamentos das partes” (BERTALANFFY, 1968, p.24 – *apud* VASCONCELLOS, 2013, p.200). Ainda, **“as características do todo tendem a se manter, mesmo que haja substituição de membros individuais”** (VASCONCELLOS, 2013, p.200 – grifo nosso). Mais uma vez se pode constatar a elevada importância que é atribuída

pelo autor ao comportamento geral do sistema (seu propósito), que por sua vez é fruto das relações existentes entre os seus elementos.

Partindo-se da premissa de que há maior complexidade no “comportamento do todo” do que nos comportamentos somados individualmente, pode-se assumir que a complexidade a que se refere Bertalanffy (1968) provém de novos fenômenos que emergem das constantes interações entre as partes.

Adicionalmente, a evidência de características complexas encontradas nos sistemas permite um olhar analítico sobre estes ao passo que enseja melhor investigação dos fenômenos complexos. Por conseguinte, buscou-se na Teoria de Redes Complexas elementos adicionais que viabilizem a compreensão das propriedades emergentes dos sistemas.

3.2 Teoria de Redes Complexas

A ciência da complexidade pode ser definida como o estudo dos sistemas complexos, tendo como principais exemplos as redes de transporte aéreo e os blocos de espaços aéreos integrados (COOK *et al.*, 2015). Por analogia, pode-se considerar que os elementos integrantes de um sistema de controle de tráfego aéreo compõem um sistema complexo, uma vez que se conectam entre si produzindo uma rede de interações e fenômenos emergentes.

Nessa mesma linha, Cook *et al.* assim afirmam:

“...todos os sistemas possuem muitos componentes interconectados. Tais componentes interagem e se adaptam uns aos outros, de modo que o sistema exiba comportamento emergente, que é a marca registrada dos sistemas complexos. Essas características não podem ser entendidas a partir de informações do indivíduo em nível de agente isolado.” (Cook *et al.* 2015, p.1 – tradução nossa)

Assim, verifica-se como propriedade importante de um sistema a capacidade que seus elementos têm de se adaptarem mutuamente, conservando o seu propósito essencial. Por conseguinte, pode-se assumir que essa capacidade seria de impossível manifestação caso fosse observada fora de um conjunto, posto que não haveria conectividades que viabilizassem interações com as outras partes. Nos sistemas de controle de tráfego aéreo, um dos comportamentos emergentes pode ser entendido como a organização e o gerenciamento das operações aérea do país.

Da mesma forma, ocorrências adversas provenientes das interações do sistema com o ambiente em sua volta (panes de aeronaves em voo, atos de interferência ilícita, fenômenos meteorológicos, dentre outros) também podem ser interpretadas como fenômeno emergente, o que confere complexidade ao sistema. As ocorrências em um PSNA, por sua vez, impactam

sistemicamente na circulação dos outros órgãos operacionais, gerando novos fenômenos emergentes, posto que se encontram dispostos em rede.

Quando se propõe a análise de um sistema de controle de tráfego aéreo, acrescenta-se que a “Teoria de Redes Complexas, com suas métricas e ferramentas associadas, apresenta uma abordagem adequada para desenvolver o estudo das redes de transporte aéreo, além do que as técnicas clássicas têm a oferecer” (Cook *et al.*, 2015, p.1– tradução nossa).

Dessa forma, a Teoria de Redes Complexas se mostra suficiente para a análise dos elos do SISCEAB, enquanto rede. Segundo os autores:

“Uma rede é composta por um conjunto de nós (vértices) conectados aos pares por um conjunto de *links* (bordas). Estes podem ser direcionados e/ou ponderados, ou seja, associados a valores reais ou inteiros... Ao considerar setores ou pontos de navegação como nós, pode-se construir outras representações de rede do espaço aéreo com diferentes resoluções espaciais. De fato, tal é o poder da CNT que se pode atribuir quase qualquer tipo de representação nodal...” (Cook *et al.*, 2015, p.2 – tradução nossa).

Partindo-se desses constructos, verifica-se considerável semelhança dos elementos constituintes de um sistema com o controle de tráfego aéreo, notadamente no que diz respeito aos Provedores de Serviços de Navegação Aérea – PSNA. Por analogia, estes assumem a função de nós de uma rede de tráfego aéreo e suas conexões atuam como os *links*, através dos quais ocorrem coordenações mútuas entre esses provedores. Ressalta-se que essas interações geram interdependência dos órgãos operacionais para a prestação dos serviços de controle de tráfego aéreo.

Ainda segundo Cook *et al.* (2015, p.2 – tradução nossa) “a CNT também é importante para avaliar a resiliência da rede de transporte aéreo, ou seja, sua capacidade de ajustar seu funcionamento antes, durante e após distúrbios internos e externos”. Eles afirmam que “a aplicação da teoria de redes complexas no transporte aéreo também deve levar em conta uma propriedade fundamental de tais operações: a incerteza...” (2014, p.3 – tradução nossa), cujos tipos encontram-se listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Fontes de incerteza por tipo

Fontes de Incerteza	
Incerteza de Dados	Dados conhecidos com grau de incerteza/modelos imperfeitos.
Indisponibilidade de Dados	Conhecimento prejudicado por barreiras gerenciais/tecnológicas.
Incerteza Operacional	Fatores humanos. Influência nas operações. Difíceis de prever.
Incerteza do Equipamento	Problemas com equipamentos/falhas do sistema.
Incerteza do Tempo	Fatores meteorológicos.

Fonte: Adaptado de Cook *et al.* (2015 – grifo nosso)

As incertezas supracitadas, por sua vez, podem prejudicar a tramitação das informações de tráfego aéreo, impactando negativamente na prestação do serviço. Nesse sentido, “a

informação mútua é uma medida da dependência mútua de duas variáveis, baseada no cálculo de suas semelhanças” (Cook *et al.*, 2015, p.6 - tradução e grifo nossos).

Assim, ao interagirem entre si durante uma prestação de serviços ATC/ATS, os PSNA envolvidos trocam entre si informações com as quais mantêm o fluxo de aeronaves dentro de um estado esperado.

“O transporte aéreo constitui um sistema sociotécnico complexo que é **constantemente influenciado por distúrbios internos e externos** de diversas formas. Esses distúrbios **podem interagir uns com os outros, criando potencialmente uma cascata de eventos adversos...** Tais distúrbios podem afetar uma única aeronave ou tripulação, ou **impactar toda uma rede.**” (Cook *et al.*, 2015, p.3 - tradução e grifo nossos)

Os eventos adversos mencionados pelos autores são fenômenos que emergem negativamente, a exemplo das falhas materiais, que podem provocar perdas de comunicação entre órgãos de controle, gerando uma sequência de eventos negativos que desequilibram a rede. Tais falhas estão situadas no campo da incerteza do equipamento e podem ser compreendidas como distúrbios que demandarão do sistema a capacidade de se adaptar para a manutenção do seu propósito.

3.3 Rede dos órgãos operacionais do DTCEA-FZ

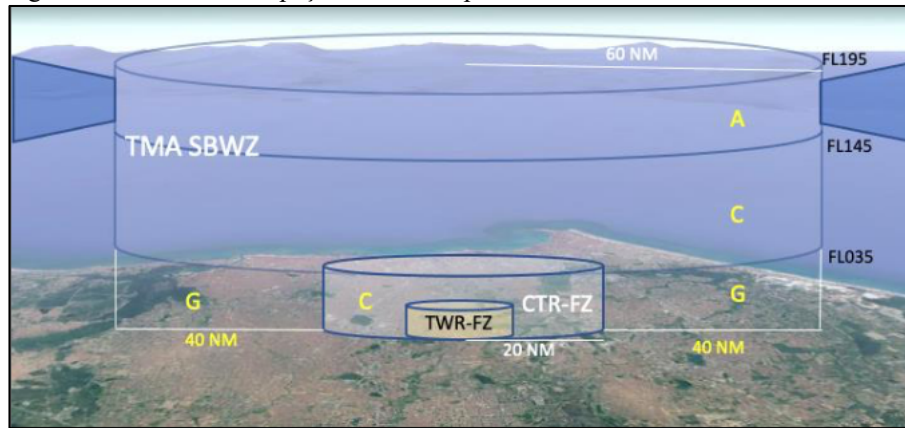
Quando se observa as características de redes complexas, Cook *et al* afirmam que:

“Uma característica importante de uma rede complexa é sua organização em comunidades (Fortunato, 2010). Comunidades são genericamente definidas como conjuntos de nós que estão mais conectados entre si do que com o resto da rede. As comunidades são, portanto, importantes para a compreensão da estrutura e operação do espaço aéreo”. (Cook *et al.*, 2015, p.5 - tradução nossa).

Eles acrescentam ainda que “as comunidades são principalmente geográficas com a maioria dos nós próximos uns dos outros em uma única comunidade.” (Cook *et al.*, 2015, p.5 - tradução nossa). Dessa forma, os órgãos operacionais TWR-FZ e APP-SBWZ se encontram dentro de uma “comunidade” compreendida fisicamente nas instalações do DTCEA-FZ e subordinados a esse destacamento.

Na Figura 3 são apresentados os volumes de espaço aéreo jurisdicionados aos órgãos operacionais do DTCEA-FZ.

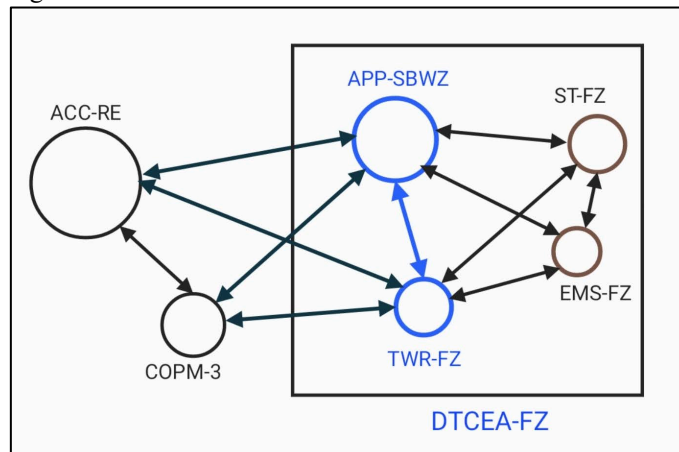
Figura 3 – Volumes de espaço aéreo de responsabilidade do DTCEA-FZ



Fonte: Mattar (2021, p. 49)

Para o gerenciamento desses espaços aéreos, a TWR-FZ e o APP-SBWZ formam uma rede local de controle de tráfego aéreo. Esta, por sua vez, está conectada a uma cadeia de outros órgãos operacionais de âmbito regional. Daí a necessidade de analisar as interações existentes entre os PSNA que compõem a rede daquele destacamento para resposta ao problema de pesquisa. Na Figura 4, a seguir, são apresentados os nós e as conexões que formam a rede do DTCEA-FZ.

Figura 4 – Nós e conexões da rede do DTCEA-FZ



Fonte: O autor

Os elementos na cor azul representam os órgãos de tráfego aéreo locais e suas conexões entre si, enquanto os elementos ACC-RE e COPM-3 são órgãos operacionais externos subordinados ao regional CINDACTA III. Os PSNA TWR-FZ e APP-SBWZ, juntamente com a EMS-FZ e a FZ-ST, constituem os demais elementos do SISCEAB subordinados ao DTCEA-FZ. Para a garantia da disponibilidade e confiabilidade necessárias à navegação aérea, a rede localizada nesse destacamento precisa ser resiliente a eventuais distúrbios.

3.4 Resiliência

Para Hollnagel *et al.* (2006), a resiliência de um sistema situa-se nas relações entre componentes desse sistema. Os autores postulam que entender a segurança como uma propriedade do sistema, significa interpretá-la como a capacidade que esse sistema tem de garantir que as coisas não saiam do controle, de perceber perturbações em tempo hábil, reparar e evitar danos. Em outras palavras, a resiliência pode ser entendida como uma capacidade sistêmica de manter o funcionamento do todo mesmo quando perturbado.

Francis e Bekera (2014) corroboram esse entendimento ao afirmarem que “o objetivo final da resiliência é a continuidade da função normal do sistema” (2014, p.92). Os autores falam em paradigma da resiliência e apresentam três capacidades fundamentais, definindo-as da seguinte forma:

“O paradigma de resiliência proposto pode ser implementado através do conjunto de capacidades de resiliência descritas acima: **capacidade de absorção, capacidade de adaptação e capacidade de recuperação e restauração**. Essas três capacidades pilares dão origem ao que chamamos de triângulo de resiliência...” (Francis e Bekera, 2014, p.94 - tradução e grifo nossos)

Segundo Francis e Bekera (2014), o triângulo de resiliência pode ser definido da seguinte forma:

- a) **Capacidade de absorção:** capacidade de um sistema absorver perturbações internas e externas ao sistema;
- b) **Capacidade de adaptação:** capacidade que um sistema tem de se ajustar a situações indesejáveis por meio de mudanças; e
- c) **Capacidade de recuperação:** capacidade de retorno às operações normais do sistema.

3.5 Abordagem normativa

De acordo com a ICA 100-31 – Requisitos dos Serviços de Tráfego Aéreo, são objetivos dos serviços de tráfego aéreo:

- a) prevenir colisões entre aeronaves; b) prevenir colisões entre aeronaves na área de manobras e entre essas e os obstáculos nesta área; c) acelerar e manter ordenadamente o movimento do tráfego aéreo; d) assessorar e proporcionar informações úteis para o movimento seguro e eficaz dos voos; e e) notificar os órgãos pertinentes a respeito das aeronaves que necessitem da ajuda de busca e salvamento, e auxiliar esses órgãos no que for necessário. (BRASIL, 2020b, p.17)

Em suma, os objetivos supramencionados representam o propósito dos elos do SISCEAB e são alcançados através da provisão dos serviços de controle de tráfego aéreo,

informação de voo e alerta. Por conseguinte, no caso específico do DTCEA-FZ, pode-se evidenciar sua operacionalidade pela constante capacidade de cumprimento desses objetivos pelos seus PSNA.

Sendo assim, a manutenção da operacionalidade dos órgãos do SISCEAB constitui fator de planejamento essencial na implementação de equipamentos e sistemas gerenciados pelo DECEA. Nesse sentido, no PCA 351-3 – Plano de Implementação ATM Nacional, verifica-se:

“A Operacionalidade, no contexto do DECEA, identifica a necessidade de desenvolver a **capacidade de pronta-resposta a quaisquer eventos que impactem o fluxo de tráfego aéreo** ou a pronta identificação de possível ameaça à segurança ou à soberania no espaço aéreo brasileiro.” (BRASIL, 2021, p. 9 – grifo nosso)

Pelo acima exposto, pode-se inferir que, para o órgão central do SISCEAB, a capacidade de pronta-resposta está indissociavelmente relacionada à operacionalidade das organizações militares subordinadas. Para tanto, estas devem possuir procedimentos de contingência bem delineados, que proporcionem aos seus recursos humanos a correta compreensão das ações a serem adotadas para o gerenciamento de contingências.

Com base nas definições trazidas pelo referencial teórico e nos objetivos a serem alcançados, seguindo-se os métodos e procedimentos apresentados na seção 2, a presente pesquisa produziu os dados que serão analisados na seção 4.

4 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Com o objetivo de facilitar a análise, os dados encontrados no referencial teórico foram categorizados e sistematizados, tendo sido utilizados como alicerce para a pesquisa de campo, em que foram encontrados os elementos necessários ao alcance dos objetivos específicos. As categorias de análise foram dispostas da seguinte forma: características sistêmicas; complexidade e resiliência de sistemas; serviços prestados e quantidades de movimentos; e influência da TWR-T.

4.1 Características sistêmicas

A partir dos dados encontrados na pesquisa bibliográfica, chegou-se às principais características dos sistemas, as quais foram tabuladas e sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Principais características dos sistemas

Autor	Ideia central	Característica
Bertalanffy (1977)	Sistema	Complexo de elementos em interação
Vasconcellos (2013)	Sistema como entidade	As relações proporcionam coesão ao todo - interdependência
Vasconcellos (2013)	Substituições individuais não afetam o todo	Manutenção das características do todo (propósito do sistema)
Bertalanffy (1968, <i>apud</i> Vasconcellos, 2013)	Comportamento complexo	O todo é mais complexo do que a soma dos comportamentos das partes (propriedades emergentes)

Fonte: O autor – grifo nosso

Como se observa no Quadro 2, para que se tenha um sistema, faz-se necessária a ocorrência das seguintes características: interação, interdependência, propósito e complexidade. Embora conste nas publicações aeronáuticas as facilidades e serviços disponíveis nos aeródromos e na Área de Controle Terminal – TMA, não é possível apreciar características como interação, interdependência e complexidade dos PSNA a partir dessas fontes. Da mesma forma, os dados extraídos das figuras 3 e 4, *de per se*, também não são suficientes para confirmar as características sistêmicas dos órgãos operacionais do DTCEA-FZ.

Assim, buscou-se confirmar a existência dessas características com a pesquisa de campo, complementada pela pesquisa documental. Nesta última, constatou-se que o propósito dos PSNA pode ser traduzido como a preservação da segurança do tráfego aéreo (prevenir colisões, manter a ordenação das aeronaves, prover informações de voo e acionar os órgãos de busca e salvamento). No Quadro 3, são apresentadas as características dos PSNA encontradas na pesquisa de campo.

Quadro 3 - Características sistêmicas dos PSNA do DTCEA-FZ

Característica	Registro	Local
Interação	<i>Todo tráfego que decola com uma TWR onde existe um APP, mais do que necessário, é obrigatório que haja uma coordenação</i>	Apêndice A Item 4
Interdependência	<i>...porque regulamentarmente, a TWR auxilia o APP em determinadas situações e o APP auxilia a TWR também</i>	Apêndice A Item 3
	<i>O APP naquele momento assumiu as vezes da TWR e se não fosse o operador naquele momento de conduzir a aeronave, ela teria que arremeter</i>	Apêndice A Item 11
Propósito	<i>...o serviço foi prestado e a segurança pertinente também</i>	Apêndice B Item 19
Complexidade (propriedades emergentes)	<i>...e aí apagou tudo... então a torre deixou de ser, naquele ambiente ali, deixou de ser prestado o serviço de controle e efetivamente passou-se a trabalhar na sala lá do APP, enquanto o pessoal da nossa área técnica eles faziam lá o que foi possível de ser feito para devolver a cabine à prestação do serviço de controle de aeródromo. Algo que a gente nunca imaginou que pudesse acontecer</i>	Apêndice B Item 12

Fonte: O autor

Conforme se verifica no Quadro 3, a pesquisa de campo constatou a existência de **interação** entre os órgãos operacionais do DTCEA-FZ (Apêndice A, item 4 – coordenação), **interdependência** (Apêndice A, item 3 – dependência mútua), **propósito** (Apêndice B, item

19 – prestação de serviços ATS/manutenção da segurança operacional) e **complexidade** (Apêndice B, item 12 – incerteza/fenômenos emergentes).

Adicionalmente, verificou-se também inter-relacionamento sistêmico entre a Seção Técnica do DTCEA-FZ e outras OM do DECEA, tido como de fundamental importância à implantação da TWR-T e à aplicação de soluções contingenciais na localidade (Apêndice C, item 4 – esforços conjuntos). Por conseguinte, comprovou-se o axioma de que “o todo é mais complexo do que a soma dos comportamentos das partes” (Bertalanffy, 1968 *apud* Vasconcellos, 2013).

Seguindo-se o fluxograma dos procedimentos metodológicos apresentado na Figura 2, os dados extraídos da pesquisa bibliográfica (Quadro 2) foram comparados com os dados da pesquisa de campo (Quadro 3), ficando evidenciada a existência de características sistêmicas nos órgãos operacionais do DTCEA-FZ.

Assim, alcançou-se o OE1 – Identificar as características sistêmicas dos órgãos de controle de tráfego aéreo do DTCEA-FZ.

4.2 Complexidade e resiliência de sistemas

Com foco no segundo objetivo específico, encontrou-se na Teoria de Redes Complexas o complemento à Teoria Geral dos Sistemas, de onde foram coletadas as definições necessárias à análise. No Quadro 4 são apresentados os principais conceitos e definições de complexidade presentes em um sistema.

Quadro 4 – Principais conceitos e definições da Teoria de Redes Complexas

Autor	Conceito	Definição
Cook <i>et. al</i> (2015)	Comportamento emergente	Fenômenos decorrentes da interação e adaptação dos componentes entre si
Cook <i>et. al</i> (2015)	Rede	Nós conectados aos pares por conjuntos de <i>links</i>
Cook <i>et. al</i> (2015)	Incerteza	De dados (indisponibilidade ou não confiabilidade), operacional, de equipamento e de tempo (meteorologia)
Cook <i>et. al</i> (2015)	Informação mútua	Dependência mútua entre variáveis
Adaptado de Cook <i>et. al</i> (2015)	Distúrbio	Perturbações que podem impactar em uma rede
Cook <i>et. al</i> (2015)	Resiliência	Capacidade de ajustar funcionamento antes, durante e após distúrbios externos

Fonte: O autor

Dentre os conceitos da CNT apresentados no Quadro 4, merece destaque o de resiliência, uma vez que esta é fator essencial nos sistemas críticos. No Quadro 5, a seguir, são apresentados os elementos fundamentais que caracterizam a resiliência sistêmica.

Quadro 5 – Características da resiliência

Autor	Característica	Definição
Francis e Bekera (2014)	Capacidade de absorção	Capacidade absorver impactos de perturbações
Francis e Bekera (2014)	Capacidade de adaptação	Capacidade de se adaptar à nova situação
Francis e Bekera (2014)	Capacidade de recuperação/restauração	Capacidade do sistema se recuperar após a perturbação

Fonte: O autor

Relacionando-se o conceito de resiliência abordado por Cook *et al* (2015) com o proposto por Francis e Bekera (2014), pode-se constatar sua complementaridade, embora estes últimos silenciem quanto à “capacidade de ajustar o funcionamento antes”.

Com base nos conceitos apresentados, pode-se concluir que um sistema manifesta resiliência quando, ao sofrer perturbações, manifesta as capacidades de absorção de impactos, de adaptação a eventos emergentes e de restauração. Dessa forma, com a análise das proposições apresentadas por Cook *et al* (2015) e por Francis e Bekera (2014), alcançou-se o OE2 – Analisar o conceito de resiliência de sistemas.

A seguir, são apresentados os serviços prestados pela TWR-FZ e os volumes de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Fortaleza – SBFZ.

4.3 Serviços prestados e quantidades de movimentos

Segundo a AIP-BRASIL, o Aeroporto Internacional de Fortaleza é controlado pela TWR-FZ. As frequências e horários de operação são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Frequências e horários em que são prestados os serviços de tráfego aéreo de aeródromo pela TWR-FZ

Serviço	Frequências	Horário de funcionamento
ATIS	127.700	H24
GNDC	121.950	H24
TWR	129.000 (DCL) e 121.500 (emergência)	H24

Fonte: Adaptado de BRASIL (2022)

Registra-se que as operações da Torre Fortaleza, a partir da TWR-T, foram iniciadas em 31 OUT 2018 e se estenderam até 21 NOV 2019. Vale ressaltar que os mesmos serviços de controle de aeródromo prestados pela TWR-FZ antes do emprego da TWR-T foram também prestados com esse equipamento. Na Figura 5 são apresentadas informações extraídas na seção AD 2 SBFZ 1-9, da AIP-BRASIL de 12 SET 2019.

Figura 5 – Frequências e horários de prestação dos serviços de controle de aeródromo com a TWR-T

SBFZ AD 2.18 ÓRGÃOS DE COMUNICAÇÃO ATIS/ ATIS COMMUNICATION FACILITIES				
Designador do serviço <i>Service designation</i>	Indicativo de chamada <i>Call sign</i>	Frequência <i>Frequency</i>	Horário de funcionamento <i>Hours of operation</i>	Observações <i>Remarks</i>
1	2	3	4	5
APP	CONTROLE FORTALEZA FORTALEZA CONTROL	120.500 MHZ	H24	Nil
		121.500 MHZ	H24	EMERG
		133.000 MHZ	H24	Nil
		134.550 MHZ	H24	Nil
ATIS	INTERNACIONAL DE FORTALEZA INFORMAÇÃO FORTALEZA INTERNATIONAL AIRPORT	127.700 MHZ	H24	D-ATIS
OPS	OPERAÇÕES FORTALEZA FORTALEZA OPERATIONS	122.500 MHZ	H24	Nil
GNDC	SOLO FORTALEZA FORTALEZA GROUND	121.950 MHZ	H24	Nil
TWR	TORRE FORTALEZA FORTALEZA TOWER	121.500 MHZ	H24	EMERG
		129.000 MHZ	H24	DCL

Fonte: BRASIL (2019a)

Além do que foi encontrado na pesquisa documental, a prestação dos serviços de controle de aeródromo pela Torre Fortaleza também ficou evidenciada na pesquisa de campo, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Serviços de tráfego aéreo de aeródromo prestados pela TWR-FZ antes e durante emprego da TWR-T

Entrevistado	Pergunta / Resposta	Local
A	Quais eram os serviços que eram prestados pela TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T no DTCEA-FZ?	Apêndice A, item 21
	<i>Serviço de controle de aeródromo, no caso a torre presta serviço de aeródromo. O serviço de aeródromo contempla a parte de informação de voo...</i>	
	Quais os serviços que foram prestados pela TWR-FZ, operando a partir da TWR-T no DTCEA-FZ?	Apêndice A, item 22
	<i>Os mesmos serviços. Não mudou nada.</i>	
B	Quais eram os serviços que eram prestados pela TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T no DTCEA-FZ?	Apêndice B, item 18
	<i>Serviço de controle de aeródromo.</i>	
	Quais os serviços que foram prestados pela TWR-FZ, operando a partir da TWR-T no DTCEA-FZ?	Apêndice B, item 19
	<i>Serviço de controle de aeródromo ao tráfego do aeródromo Pinto Martins.</i>	

Fonte: O autor

Com a análise dos dados extraídos das entrevistas com os participantes A e B, constatou-se que mesmo com a reforma do prédio da TWR-FZ, entre os anos de 2018 e 2019, os serviços de tráfego aéreo de aeródromo continuaram a ser prestados mediante o emprego da TWR-T.

Verificados os serviços que foram prestados pela TWR-FZ antes e durante a operação da TWR-T, buscou-se no Anuário Estatístico do CGNA (BRASIL, 2019b), a quantidade de

voos geridos pela TWR-FZ. Segundo o documento, entre os anos 2018 e 2019, o volume total de voos no Aeroporto Internacional de Fortaleza (aeronaves civis e militares) apresentou aumento significativo. Na Figura 6, são demonstrados os volumes de 2017 a 2019.

Figura 6 – Volume de aeronaves movimentadas pela TWR-FZ nos anos 2017, 2018 e 2019

Localidade:	Fortaleza – CE			
Código ICAO:	SBFZ			
Código IATA:	FOR			
Cabeceiras:	13/31			
Total de Movimentos Anual de SBFZ				
(Pousos + Decolagens + Cruzamentos + TGL)				
	2017	2018	2019	Cresc. em 2019
Total	56.747	60.400	60.800	0,7%
Comercial	41.801	45.962	48.025	4,5%
Geral	11.701	11.887	10.227	-14,0%
Militar	3.245	2.551	2.548	-0,1%

Fonte: BRASIL (2019b, p. 48)

Os movimentos apresentados na Figura 6 correspondem ao total de voos que receberam serviços de tráfego aéreo apenas da Torre Fortaleza, uma vez que esta é o PSNA responsável por aquele aeródromo. Cumpre esclarecer que todos os dados se referem às aeronaves que operaram decolando ou pousando na localidade, incluindo os voos de toque e arremetida (TGL) e os cruzamentos do aeródromo sob o controle da TWR-FZ.

Como se pode verificar, o movimento aéreo aumentou de 56.747 movimentos em 2017, para 60.400 em 2018 (crescimento de 6,4%) e para 60.800 movimentos em 2019 (crescimento de 0,7% em relação ao ano anterior). O expressivo aumento registrado nos anos 2018 e 2019 pode ser atribuído à concessão do aeroporto à iniciativa privada, posto que as operações aeroportuárias foram assumidas pela concessionária FRAPORT a contar de 02 JAN 2018 (Diário do Nordeste, 2018).

De posse desses dados, foram alcançados os seguintes objetivos específicos:

OE3 – Identificar os serviços que eram prestados e a quantidade de movimentos da TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T no DTCEA-FZ; e

OE4 – Identificar os serviços que foram prestados e a quantidade de movimentos da TWR-FZ, com o emprego da TWR-T no DTCEA-FZ.

A seguir, será demonstrada a correlação entre as variáveis *operação da TWR-T e resiliência sistêmica do DTCEA-FZ*.

4.4 Influência da TWR-T

Para a análise da influência do emprego da TWR-T na resiliência sistêmica do DTCEA-FZ, entre os anos 2018 e 2019, fez-se necessário resgatar os dados levantados nas seções 4.1, 4.2 e 4.3, respectivamente. Posteriormente, os referidos dados foram confrontados com os dados do levantamento de campo realizado com os gestores dos órgãos operacionais de tráfego aéreo, da segurança operacional e da manutenção daquele destacamento.

Na seção 4.1, identificaram-se as características sistêmicas dos órgãos de controle de tráfego aéreo do DTCEA-FZ, notadamente no que diz respeito à interação, interdependência, propósito e complexidade. Nesse aspecto, o emprego da TWR-T, não apenas manteve todas essas características, como intensificou as interações da organização com outros elos do SISCEAB, a exemplo do 1º/1º GCC, CINDACTA III e PAME.

Na seção 4.2, analisou-se o conceito de resiliência de sistemas, tendo-se concluído que um sistema é resiliente quando apresenta três características essenciais: **capacidades de absorção, de adaptação e de restauração**. Segundo o levantamento da pesquisa de campo, o DTCEA-FZ experimentou dois fatos relevantes, que foram classificados como perturbações.

A primeira, denominada perturbação 1, foi provocada pela necessidade de reforma do prédio principal da TWR-FZ, o que ensejou ações de planejamento, monitoramento e gerenciamento de riscos. Nesse caso, o emprego da TWR-T foi uma resposta sistêmica que permitiu absorver os impactos iniciais da reforma do prédio, adaptar as operações para um novo ambiente, enquanto era restaurada a estrutura metálica da torre principal.

A segunda, denominada perturbação 2, foi identificada como uma falha elétrica total a que a TWR-T foi submetida. Esse fato pode ser entendido como um fenômeno emergente provocado por fatores externos relacionado às incertezas do tempo e do equipamento (fortes chuvas provocando infiltração e curto-circuito no compartimento elétrico).

Mais uma vez, o sistema apresentou a capacidade de absorção de impactos, uma vez que os tráfegos jurisdicionados à TWR-FZ foram assumidos de imediato pela equipe do APP-SBWZ; capacidade de adaptação, modificando-se a prestação do serviço de controle de tráfego aéreo para o de informação de voo de aeródromo e com os ATCO da TWR-FZ passando a operar a partir das instalações do APP-SBWZ; e capacidade de restauração, posto que a TWR-T foi posta novamente em funcionamento pela equipe técnica do DTCEA-FZ com bastante celeridade, a despeito da complexidade da falha (em torno de nove horas – itens nº 9 e 13 do Apêndice C).

Na seção 4.3, demonstrou-se que a quantidade de movimentos aéreos do aeroporto servido pela TWR-FZ, com o emprego da TWR-T, apresentou aumento bastante consistente, saltando de 56.747 em 2017, para 60.400 em 2018 e 60.800 em 2019.

Embora concebido como uma operação de contingência, verificou-se que o emprego da TWR-T, mesmo por um período prolongado (mais de um ano), garantiu a continuidade e a segurança dos serviços de tráfego aéreo em SBFZ, a despeito do movimento maior de aeronaves e das perturbações ocorridas (reforma do prédio da TWR-FZ e pane elétrica da TWR-T).

A partir do relato constante do Apêndice C, item 9, constatou-se a presença do fator incerteza material (curto-circuito no compartimento elétrico) como catalizador da complexidade. Por outro lado, no relato dos entrevistados B e C foi verificado elevado senso de responsabilidade e engajamento da equipe de manutenção local, o que contribuiu para a mitigação dos impactos gerados pela falha.

No Quadro 8 são apresentados os relatos da atuação da equipe.

Quadro 8 – Engajamento da equipe e atuação sinérgica na mitigação de impactos

Entrevistado	Relato	Local
B	<i>...foi algo sui generis, porque envolveu toda a equipe de militares, seja da torre, como também da área técnica do Destacamento. Foi um devotamento que eu guardo aquilo com muito carinho, porque a gente passou por aquilo e foi uma aprendizagem muito grande pra todos... pra nós</i>	Apêndice B, item 15
C	<i>A atuação dos Técnicos do DTCEA-FZ nesse episódio foi excepcional, tanto os Técnicos Eletricistas (Especialidade SEL), como os Técnicos Eletrônicos (Especialidade BET) da Seção Técnica do DTCEA-FZ atuaram de forma sinérgica e célere para viabilizar a retomada da operação da TWR-T em SBFZ</i>	Apêndice C, item 11

Fonte: O autor

Segundo os relatos constantes do Quadro 8, constata-se que a atuação diligente e unida dos técnicos gerou os efeitos sinérgicos responsáveis pela efetividade e celeridade na restauração da TWR-T. A julgar pela rapidez com que o referido equipamento foi restaurado e entregue à operação, pode-se afirmar que o alto nível de engajamento dos mantenedores e a sinergia com que trabalharam auxiliou na mitigação os efeitos adversos da pane elétrica.

Com base nas observações extraídas do estudo de caso, verificou-se no emprego da TWR-T a manifestação das características fundamentais da resiliência de sistemas, segundo Francis e Bekera (2014), quais sejam: capacidade de absorção, capacidade de adaptação e capacidade de restauração.

Logo, pode-se afirmar que o emprego da TWR-T contribuiu diretamente para aumentar a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ, adicionando aos órgãos de controle de tráfego aéreo daquela Organização Militar o triângulo da resiliência de Francis e Bekera (2014).

Dessa forma, alcançou-se o OE5 – Analisar a relação entre o emprego da TWR-T e a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ entre os anos 2018 e 2019. Na próxima seção, serão apresentadas as considerações finais do trabalho.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi analisar, à luz da Teoria Geral de Sistemas e da Teoria de Redes Complexas, de que maneira o emprego da TWR-T contribuiu para a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ entre os anos 2018 e 2019.

Na primeira seção foram apresentados o problema de pesquisa, o contexto em que se deu a inquietação do autor e a estratégia para alcançar o objetivo geral, o qual foi particionado em cinco objetivos específicos.

Na segunda seção, buscou-se apresentar os métodos, instrumentos e procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, tendo-se combinado pesquisas bibliográfica, documental e estudo de caso, cujos dados foram apreciados por meio de técnica descritiva e de análise de conteúdo. Os procedimentos adotados basearam-se na aplicação de entrevistas semiestruturadas, conduzindo-se os questionamentos com foco nos objetivos da pesquisa, mas admitindo-se razoável grau de liberdade aos entrevistados.

Na terceira seção, foi apresentado o referencial teórico constituído pela Teoria Geral dos Sistemas conjugada com a Teoria de Redes Complexas, para compreensão das interações dos órgãos de controle de tráfego aéreo do DTCEA-FZ e do seu propósito enquanto sistema local. Com isso, descobriu-se que um conjunto só configura um sistema quando seus componentes apresentam interação, interdependência, propósito e complexidade.

Da mesma forma, descobriu-se que um sistema será resiliente, se possuir as capacidades de absorção, adaptação e restauração. Com esses principais elementos, o referencial teórico forneceu o embasamento necessário à análise dos dados obtidos com as pesquisas documental e de campo.

Na quarta seção, foram apresentados os dados coletados na pesquisas bibliográfica, documental e de campo, distribuídos em categorias de análise as quais foram dispostas em subseções. Com a análise desses dados, constatou-se que os sistemas críticos operados pelo DTCEA-FZ são resilientes e que a operação da TWR-T no DTCEA-FZ, entre os anos 2018 e 2019, contribuiu para a resiliência sistêmica dessa Organização Militar, ao conferir capacidades de absorção de impactos, de adaptação a novas condições e de restauração à sua operação normal.

Adicionalmente descobriu-se que, segundo a concepção de operacionalidade do DECEA, seus meios devem possuir capacidade de resposta imediata a problemas que possam influenciar adversamente os fluxos de tráfego aéreo ou a identificação de ameaças. Assim, conclui-se que a resiliência do sistema constituiu um ponto de convergência entre o emprego da TWR-T e a operacionalidade do DTCEA-FZ.

Dessa forma, respondeu-se ao problema de pesquisa, cumprindo o objetivo geral de analisar, à luz da Teoria Geral de Sistemas e da Teoria de Redes Complexas, de que maneira o emprego da TWR-T contribuiu para a resiliência sistêmica do DTCEA-FZ entre os anos 2018 e 2019.

A presente pesquisa esclarece a importância do emprego da TWR-T em situações de contingência, explicando como essa ferramenta de uso dual adiciona resiliência na aplicação do Poder Aeroespacial. Ainda, demonstra como o uso desse equipamento pertencente ao DECEA, pode contribuir para a Tarefa de Sustentação ao Combate, previsto na DCA 1-1 de 2020, ampliando as capacidades operacionais da Força Aérea Brasileira.

Ressalta-se que este trabalho tem como limitação o fato de analisar a contribuição da TWR-T para a resiliência do DTCEA-FZ apenas sob os aspectos qualitativos da resiliência de sistemas. Portanto, não mensurou outras métricas como o tempo de resposta e sua relevância para a robustez do sistema, ou mesmo os tempos de pousos e decolagens. Para tal, seria necessário o uso de ferramentas específicas de modelagem de sistemas complexos, o que não seria viável dentro do lapso temporal disponibilizado para a pesquisa.

Dessa forma, sugere-se estudos adicionais de caráter quantitativo que possibilitem mensurar a resiliência dos sistemas de emprego civil e militar, bem como viabilizar a definição de parâmetros de robustez para os sistemas do Comando da Aeronáutica.

REFERÊNCIAS

- BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3º. ed. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p.
- BRASIL. Decreto Legislativo nº 373, de 25 de setembro de 2013. Aprova a “**Política Nacional de Defesa**”. [Brasília DF], 2013. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 20 fev. 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume 2. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n.205, 12 nov. 2020a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DECEA nº 266/DGCEA, de 13 de novembro de 2020. Aprova a 1ª modificação da ICA 100-31 “Requisitos dos Serviços de Tráfego Aéreo”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n.210, 19 nov. 2020b. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/api//storage/uploads/files/6ea77977-235a-4055-badef7eec7610535.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DECEA nº 268/APLAN, de 16 de dezembro de 2021. Aprova a reedição do PCA 351-3 “Plano de Implementação ATM Nacional”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n.239, 30 dez. 2021. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/pca-351-3>. Acesso em: 18 jun. 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **AIP- Brasil**. Rio de Janeiro, 2019a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **AIP- Brasil**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://aisweb.decea.mil.br/?i=publicacoes&p=aip>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo**. Rio de Janeiro, 2019b. Disponível em: http://portal.cgna.decea.mil.br/files/uploads/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2019.pdf. Acesso em: 01 jun. 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **ROTAER**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://aisweb.decea.mil.br/inc/geiloc/print.cfm>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- COOK, A.; BLOM, H. A.; LILLO, F.; MANTEGNA, R. N.; MICCICHÈ, S.; RIVAS, D.; VÁZQUEZ, R.; ZANIN, M. Applying complexity science to air traffic management. **Journal of Air Transport Management**, v. 42, p. 149–158, 2015. ISSN 09696997.
- FRANCIS, R.; BEKERA, B. A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 121, p. 90–103, 2014.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. **Resilience Engineering - Concepts and Precepts**. Farnham, UK: Ashgate, 2006.

NASCIMENTO, Hugo Renan do. Fraport assume Aeroporto e inicia primeiras intervenções. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 2 jan. 2018. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/fraport-assume-aeroporto-e-inicia-primeiras-intervencoes-1.1873085>. Acesso em: 13 jun. 2022.

MATTAR, Alan Elias Lemos. **Modelo de implantação de espaços aéreos urbanos em uma TMA – estudo de caso SBWZ**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2021.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento Sistêmico - o Novo Paradigma da Ciência**. 7ª ed. Campinas: Ed. Papirus, 2003.

GLOSSÁRIO

AIP-BRASIL: Publicação de Informação Aeronáutica.

Anuário Estatístico do CGNA: Principal fonte de dados estatísticos disponibilizado pelo CGNA.

FRAPORT: Concessionária administradora do Aeroporto Internacional de Fortaleza.

ICA 100-31: Documento do Comando da Aeronáutica que versa dos requisitos dos serviços de tráfego aéreo.

H24: Termo utilizado para designação de período de operação de 24 horas.

PCA 351-3: Documento do Comando da Aeronáutica que versa sobre o Plano de Implementação ATM Nacional.

Safety: Segurança Operacional.

APÊNDICE A – Dados Entrevistado A

Entrevistado: Chefe da Seção Operacional
 Entrevistador: Maj Av Alan Elias Lemos Mattar
 Data: 23/05/2022
 Local: Plataforma Google Meet

Questões qualificadoras

- 1) Quanto tempo de experiência em controle de tráfego aéreo você possui?
 — *31 anos*
- 2) Quais eram as funções que você desempenhava no DTCEA-FZ entre os anos de 2018 e 2019?
 — *Chefe da Seção Operacional, Chefe do APP, da AIS e da EMS.*

Questões relacionadas ao referencial teórico

- 3) Como gerente operacional, você considera que os serviços do APP são importantes para a prestação dos serviços da TWR e vice-versa?
 — *Sim. Sim, porque regulamentadamente, a TWR auxilia o APP em determinadas situações e o APP auxilia a TWR também. Então no serviço de tráfego aéreo, TWR, APP e ACC, o APP pode fazer as vezes do ACC e a TWR pode fazer as vezes do APP. Então eles são importantes, sim. Com certeza!*
- 4) Caso entenda que as relações entre a TWR e o APP são interdependentes, o que o senhor considera que torna esses dois PSNA conectados?
 — *Existe a coordenação no tráfego aéreo. Ela é muito importante. Todo tráfego que decola com uma TWR onde existe um APP, mais do que necessário, é obrigatório que haja uma coordenação. Então, do mesmo jeito que decola, há uma coordenação entre TWR e APP, quando uma aeronave pousa onde existe APP e TWR, o APP também faz coordenação com a TWR para que a aeronave pouse. Então, essa interligação é natural.*
- 5) Segundo NOTAM B0047/19, a TWR-FZ prestou serviço AFIS no aeroporto Internacional de Fortaleza em 17/01/2019. Você lembra desse episódio?
 — *Lembro. Eu tava até trabalhando na minha sala esse dia, quando ocorreu e **quando eu cheguei lá no APP, já tava tudo a bem dizer organizado...** no APP existe um equipamento variável de comunicação pra emergência. Então, além de estar sintonizado já, naquela situação, existe uma console também que pode ser preparada. **O APP Fortaleza tem três consoles e uma delas já é preparada justamente pra isso aí...** então, o serviço de AFIS foi prestado conforme o NOTAM...*
- 6) Você lembra qual foi o motivo da pane? Com a pane elétrica ocorrida na TWR-T houve interrupção dos serviços de tráfego aéreo?
 — *Se não me falha a memória, foi uma descarga elétrica. Não lembro, acho que foi uma descarga elétrica. Da TWR, sim. Como ficou sem frequência, e a TWR trabalha com frequência, não houve condição de dar continuidade ao serviço da torre de controle. **O APP, sim, continuou trabalhando.***
- 7) No momento exato da pane elétrica na TWR-T, quais foram as ações tomadas pelo APP?

— **O APP fez as vezes da TWR, no sentido de dar continuidade ao trabalho que vinha sendo executado.** Naquele momento, se não falha a memória, tinham duas aeronaves pra pouso e essas duas aeronaves conseguiram pousar com segurança por conta da atitude do APP. Uma já tinha sido autorizada pela torre, mas a outra, que veio logo atrás, deu continuidade ao serviço através do APP.

8) E quanto aos operadores da TWR-T, qual foi o procedimento adotado por esses ATCO?
— *A console de nº 3, ela foi preparada pra dar continuidade ao serviço não de torre, mas o serviço de informação de voo e alerta. Dividiram o ambiente do APP... Na console 1 ficou o APP, prestando serviço de APP e foi preparada a console nº 3 para que os operadores da TWR descessem e se instalassem lá para dar continuidade ao serviço de tráfego aéreo. No caso, AFIS.*

9) Antes da operação da TWR-T, houve algum tipo de treinamento sobre degradação de sistemas ou mesmo de evacuação para os operadores?
— **O treinamento é anual.** A partir do segundo semestre, meados de setembro faz o treinamento. Todos os operadores passam por esse treinamento, de forma que faz a apresentação do plano de degradação que está previsto no Modelo Operacional da TWR e do APP, a parte de meteorologia, que é a EMS que também faz parte. Faz evacuação, que **no caso desse dia colocou em prática, que foi evacuar a TWR e com o trabalho degradado da TWR, foi realizado o AFIS lá no APP. O treinamento se mostrou essencial.** Isso (AFIS) também faz parte do nosso treinamento.

10) As ações realizadas pelos operadores (da TWR e do APP) estavam dentro do que se esperava quando da realização dos treinamentos? Em outras palavras, você considera que o planejamento para a operação da TWR-T, durante a reforma da TWR-FZ, incluindo os treinamentos subsequentes, foram eficazes?
— **Com certeza.** O treinamento em si, segue-se um protocolo que é necessário, por conta do próprio Modelo Operacional da TWR e do APP. Tem a parte de degradação, 'saiu uma frequência, faz determinada coisa, saíram duas frequências, aí já começa a transferir o tráfego, coordenar com o ACC... '.

11) Você considera que seria possível uma operação sem impactos à circulação aérea (entenda-se arremetidas e aeronaves alternando outros aeroportos) caso não houvesse a intervenção do operador do APP no momento exato da pane elétrica da TWR-T?
— *Não. Se não fosse o operador naquele momento, a aeronave teria que arremeter... Não houve arremetida, por conta de uma proatividade do controlador do APP. **O APP naquele momento assumiu as vezes da TWR e se não fosse o operador naquele momento de conduzir a aeronave, ela teria que arremeter.***

12) Você considera que as ações do APP, em apoio aos operadores da TWR-FZ no momento da pane elétrica, foram eficazes para a manutenção das operações de pouso e decolagem?
— **Sim. Com certeza, com certeza.**

13) Quando da ocorrência de pane elétrica total na TWR-T, caso fosse necessário arremeter as aeronaves que se encontravam na final, isso poderia afetar a circulação aérea na TMA-SBWZ ou nos demais espaços aéreos adjacentes?
— **Com certeza.** Apesar de a arremetida para o piloto ser algo normal, ele vem preparado para arremeter, mas quando uma aeronave não pousa e que arremete, ela tem que

ser conduzida para uma nova aproximação. E isso para o controlador, para o tráfego aéreo não é interessante (por congestionamentos, etc.).

14) Houve alguma ocorrência de tráfego aéreo decorrente dessa falha, ou as aeronaves continuaram voando normalmente de e para Fortaleza?

— *Não, não houve nenhum que seja do meu conhecimento e não foi relatado. Não teve, não teve ocorrência. O serviço de tráfego aéreo continuou sendo prestado pelo AFIS (os operadores da TWR) o APP fazendo controle de terminal.*

15) Os técnicos do DTCEA-FZ conseguiram restabelecer o funcionamento da TWR-T? Se lembra quanto tempo eles levaram, aproximadamente, para restabelecerem a energia da TWR-T?

— **Conseguiram.** *Demoraram um certo tempo, mas eles conseguiram restabelecer sim, mas não de imediato.*

16) Durante os planejamentos pairou alguma incerteza quanto aos dados técnicos e operacionais da TWR-T, ou os dados eram imperfeitos? Ou vocês tiveram acesso a esses dados e eles eram consistentes?

— *Lembro bem o trabalho da parte técnica teve pra melhorar a condição técnica da torre. Teve um grande trabalho, foi essencial para que o trabalho, o serviço de tráfego aéreo que a torre realiza fosse da melhor forma possível. Houve uma melhora com relação à instalação de SITTI, braços articulados para que fosse melhor colocado a posição pra que o controlador observasse as frequências.*

17) Houve alguma barreira gerencial ou tecnológica que indisponibilizasse os dados necessários à operação da TWR-T?

— *Não. Tudo que se tinha na TWR-FZ normal foi colocado na TWR-T. O ambiente técnico era o mesmo.*

18) Durante os planejamentos e a operação da TWR-T, a meteorologia local constituiu um ponto de preocupação? Por quê?

— *Não. As informações (meteorológicas) fluíam normalmente... talvez o que inviabilizasse fosse o vento, as condições de vento, mas aqui... (infere-se não ter sido relevante).*

19) Ao planejarem a operação na TWR-T, durante a reforma da torre principal, vocês se prepararam para eventuais surpresas que poderiam afetar adversamente a operação?

— **Nós fizemos uma transição, se não me falha a memória, de quase umas duas semanas.** *Transição da torre principal para a torre transportável, houve um trabalho de adaptação de forma que todos os operadores passassem pela torre transportável antes de ser efetivado o trabalho lá.*

20) Vocês imaginaram a possibilidade de falha técnica quando estavam planejando a operação da torre transportável? Falha técnica ou operacional?

— *A falha ela sempre fica ali meio que latente. Pode acontecer ou pode não acontecer. Mas o trabalho que foi executado, o trabalho da parte técnica que foi executado, teoricamente a gente não previa que 'ah, vai acontecer', não! Foi feito um trabalho, foi feito um gerenciamento de risco, foi feita a parte técnica toda, houve um treinamento de adaptação dos operadores da torre principal para a torre transportável, então todo o trabalho foi executado. Ninguém tava imaginando, ah nós vamos trabalhar na expectativa de acontecer algum problema... não.*

Questões relacionadas ao OE2 e OE3

- 21) Quais eram os serviços que eram prestados pela TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T no DTCEA-FZ?
 — **Serviço de controle de aeródromo**, no caso a torre presta serviço de aeródromo. O serviço de aeródromo contempla a parte de informação de voo...
- 22) Quais os serviços que foram prestados pela TWR-FZ, operando a partir da TWR-T no DTCEA-FZ?
 — **Os mesmos serviços**. Não mudou nada.
- 23) Foram prestados serviços de tráfego aéreo durante a ocorrência de pane elétrica na TWR-T? Quais?
 — **O mais importante é que, como é torre de controle, então as aeronaves são controladas e quando você não tem o controle das aeronaves, você passa a prestar um outro serviço, que é o serviço de informação de voo.**

Questões finais

- 24) Você considera que seria possível realizar a reforma do prédio principal da TWR-FZ sem o suporte da TWR-T?
 — **Impossível**. Primeiro pelo movimento de tráfego aéreo que nós tínhamos 2019, a média de 240, 300 voos diários. Então por ser um aeródromo internacional, pelo movimento que nós temos lá.
- 25) Você considera que seria importante para o DECEA investir em mais uma TWR-T?
 — **Essa é uma pergunta interessante, porque quando nós tivemos aqui com a torre (transportável), que ela deveria passar aqui em torno oito meses e passou quase um ano, um ano e um mês, se não me falhe a memória... se fosse necessária uma outra torre transportável, como é que eles iam trabalhar? Então é essencial sim... o interessante é a condição em que a torre nos assistiu, falando do equipamento torre transportável. Se você for olhar o ambiente tecnológico dentro, o ambiente embarcado na torre transportável, era o mesmo que nós tínhamos na torre principal. Então isso é importante. A questão não é ter uma torre, mas é ter uma torre que atenda as mesmas condições de uma torre principal. Se nós não tivéssemos as mesmas condições, nós iríamos trabalhar com uma certa precariedade, né? O serviço ia ser prestado, mas não de forma igual. Tanto é que nesse período aí, nós trabalhamos de forma tranquila, né?**
- 26) Existe alguma informação adicional que gostaria de acrescentar?
 — **O que eu acho importante, é essa situação de um treinamento que nós já havíamos executado, treinamento de evacuação, que ele é anual, relembrar a parte de degradação, tanto da torre, do modelo operacional da torre que consta lá, do modelo operacional do APP, então isso tudo já está registrado o que fazer e como fazer. Então, o fato de nós termos feito um treinamento de evacuação, um treinamento de AFIS, no momento em que ocorreu a pane, a pane elétrica, aquilo foi posto em voga, você trabalhou exatamente daquela forma, né? Então o treinamento teórico ou prático, foi importante naquele momento da pane.**

APÊNDICE B – Dados Entrevistado B

Entrevistado: Chefe da ASSIPACEA-FZ
 Entrevistador: Maj Av Alan Elias Lemos Mattar
 Data: 30/05/2022
 Local: Plataforma Google Meet

Questões qualificadoras

- 1) Quanto tempo de experiência em controle de tráfego aéreo você possui?
 — *De 1976 a 2019... dá 43 anos...*

- 2) Quais as funções que você já desempenhou dentro do SISCEAB ao longo da sua carreira?
 — *Bem, eu saí da Escola de Especialistas de Aeronáutica como Controlador de Tráfego Aéreo, desempenhei atividades de controle de início na Torre de Controle da Base Aérea de Santa Cruz, que é a Primave e lá a gente.. operando com aeronaves das mais diversas performances que ia desde o L-42, era aeronave de ligação, até os F-5, então performances bem diversificadas e com missões, com operações bem diferentes, passando inclusive pelo P-16 com operação catrapo quando não tinha ou quando o porta aviões estava em manutenção.. então o catrapo era feito lá na pista mesmo.. era bem, era bem interessante.. então depois de lá eu vim para Fortaleza, encontrei o 1º/4º Grupo de Aviação... com a chegada do 5º/1º GCC, eu já tinha o curso de operação radar em área terminal, ...e o GCC tava formulando suas equipes de controladores.. eles tinham dois controladores que vieram com o propósito de implantar o sistema, faltavam 04 e eu fui um dos 04.. éramos 06... nós conseguimos implantar a atividade com radar em Fortaleza sem haver a necessidade de vir instrutores de fora... depois com o passar do tempo, eu fui fazer o Estágio de Adaptação ao Oficialato lá em Belo Horizonte e fui classificado no então DPVDT-26 e aí, lá acabei ficando até 16 AGO 2019, algo assim. Aqui em Fortaleza, fui controlador de Torre e APP convencional (na torre antiga), fui para o GCC e lá desempenhei as funções de controlador radar da terminal e também de PAR, na época consegui fazer talvez umas quinhentas e poucas aproximações e reais... isso na condição de controlador.. quando voltei como Oficial, já fui direto pra Seção de Operações e fiquei nela até o ano de 2006, quando eu assumi o Comando do DTCEA-FZ e me mantive lá até 2009... antes disso eu já tinha assumido de maneira temporária a Seção de Operações de Aracaju e também o Comando do DTCEA-AR. Depois que fui pra reserva, eu voltei para o DTCEA-FZ (como PTTC), eu assumi a ASSIPACEA, a Qualidade e a SSIATO. Implantamos aqui o Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional, desde o zero da implantação no Brasil.*

- 3) Quais eram as funções que você desempenhava no DTCEA-FZ entre os anos de 2018 e 2019?
 — *Eu era o Chefe da ASSIPACEA-FZ (Assessoria de Investigação e Prevenção de acidentes do Controle do Espaço Aéreo), Chefe da Qualidade e Chefe da SSIATO. Era Gerente Local do SGSO também.*

Questões relacionadas ao referencial teórico

- 4) Como chefe da ASSIPACEA-FZ, você participou do planejamento para a implantação da TWR-T no DTCEA-FZ?
 — *Afirmativo.*

5) Por que o DTCEA-FZ necessitou operar com uma torre de controle transportável?
 — *Quando a torre (o prédio em si) tava completando 10 anos e a gente começou a perceber que havia pontos de corrosão principalmente nas bases em que se sustentavam os vidros da cabina da torre... A corrosão se deu na base dos vidros e nas laterais.. foram chamados representantes do CINDACTA III, fizeram relatórios, com base nesses relatórios foi chamado gente também pessoal do PAME, da SISCEA e eles todos emitiram relatórios.. a preocupação passou a ser maior quando a gente viu que a rachadura começou a aumentar.. a gente começou a monitorar isso, o Comandante do Destacamento na época, pegou um pincel uma caneta com bico poroso e marcou e dali a gente começou a perceber que aquela rachadura estava aumentando.. a preocupação nossa era: vai rachar.. se ele (o vidro) é inclinado pra dentro, vai cair pra dentro e se isso acontecer, qual é o perigo? Aí começou a aparecer ‘perigo, risco, perigo’... o SGSO disse, vamos fazer uma análise de segurança operacional pra isso.. quando a gente começou a analisar, a gente percebeu que não havia como trocar os vidros com os controladores trabalhando, sendo mantida a prestação do serviço dentro da cabine de alvenaria.. nós precisávamos ter um local em que fosse transferido para esse local toda a infraestrutura que desse base, desse suporte para que o serviço de tráfego aéreo fosse mantido. E esse local, dentro da Força Aérea a gente já conhece, que é a Torre Transportável que o 1º/1º GCC dispõe.*

6) Houve alguma barreira gerencial ou tecnológica que indisponibilizasse os dados necessários à operação da TWR-T?
 — *Não... Não. O que o SISCEAB disponibiliza para todo o SISCEAB... por que que existe essa torre? Quando dos primórdios do ECA (Esquadrão de Controle e Alarme), eles tinham isso, era para dar apoio às missões aero táticas, as missões da Força Aérea e foram ampliadas para dar suporte às missões presidenciais nos aeródromos onde não havia órgãos de controle de aeródromo... então, nasceu vamos dizer assim, numa viatura, numa Kombi e depois foi pra um ambiente feito de fibra de vidro.. e aí então essa estrutura que foi cedida pelo 1º/1º GCC, é a estrutura do SISCEAB. Óbvio que eles, supõem que tenham isso para dar suporte num tempo menor, mas aqui ficamos mais de um ano utilizando o contêiner. Eles acabaram percebendo que aquilo que a gente montou lá dentro, que a Seção Técnica conseguiu levar lá pra dentro, foi quebra de paradigma, porque dá a impressão de que eles imaginavam lá um rádio VHF pequenininho pra falar com a aeronave, um outro lá de emergência, um telefone e pronto... quando eles vieram, eles se surpreenderam com a quantidade de monitores e de computadores ligados lá dentro. Era uma torre com toda infraestrutura que você tem num ambiente de alvenaria com cadeiras ergométricas etc e tal..*

7) Durante os planejamentos, pairou alguma incerteza quanto aos dados técnicos e operacionais da TWR-T? Os dados disponibilizados eram consistentes ou foram dados imperfeitos?
 — *Quando a gente estava no planejamento... conhecendo a infraestrutura do Destacamento, conhecendo o empenho da equipe técnica, conhecendo as possibilidades que o CINDACTA poderia nos apoiar e isso foi realmente também algo magnífico, porque a gente sabia da necessidade de se ter uma torre para que o serviço da corrosão pudesse ser feito, troca de vidros etc e tal.. e nós tivemos a feliz decisão do CINDACTA III de requisitar junto ao 1º GCC, via DECEA, a vinda da TWR-T pra Fortaleza. Então, ciente do que estava posto para nós, nós começamos a verificar. Foram feitos estudos da infraestrutura daquela torre transportável do que ela poderia nos oferecer... em verdade, em verdade, ela não veio com rádio, ela veio limpa, o ambiente interno da cabine veio limpo. Nós é que tínhamos de colocar alguma coisa lá dentro. Então a ideia era fazer com que os controladores se sentissem como*

se estivessem na torre de alvenaria, em termos de uso dos equipamentos que estavam lá em cima... o próprio sistema requer isso... informações meteorológicas com a qualidade que é posta quando eles estão na torre de alvenaria... dados relacionados com os planos de voo... tudo isso perpassa pela informática, pela infraestrutura de dados. Então a gente queria transportar isso para dentro da TWR-T. E aí, muita conversa com o pessoal da área técnica. Eles começaram a analisar e encontraram saídas para todas as necessidades postas. Saídas em termos conceituais, de conhecimento e habilidades para tal... falar da atitude deles é coroar a competência deles. Não encontrei obstáculo. O obstáculo era o natural, 'vou sair de uma torre de alvenaria com 41m de altura e vou para um contêiner com 8m de altura'... tanto é que quando nós na ASSIPACEA tivemos que elaborar os documentos de segurança operacional, nós sabíamos que ia haver uma mudança. Quando se pensa em haver uma mudança no SISCEAB, na prestação do serviço de controle de tráfego aéreo, essa mudança precisa ser analisada e ela foi muito bem analisada. Demorou-se um bom tempo pra se analisar todos os pormenores daquela mudança...

- 8) Você falou sobre o tempo para analisar os pormenores dessa mudança. As informações que vocês precisavam para fazer essas análises, vocês obtiveram?
— *Sim! Sim!*
- 9) Durante os planejamentos e a operação da TWR-T, a meteorologia local constituiu um ponto de preocupação ou de incerteza? Por quê?
— *Foi motivo de preocupação, mas quando nós recebemos os dados, ainda no planejamento, os dados da cabine com o lift, nós recebemos também informações relacionadas com isso, com o vento, a velocidade em que o sistema teria que parar, caso a velocidade do vento atingisse determinados parâmetros, chuva também, choveu, mas não causou impacto que houvesse a necessidade da gente parar com a operação lá... ventania também não atingiu os mínimos...*
- 10) Ao planejarem a operação na TWR-T, durante a reforma da torre principal, vocês consideraram a possibilidade de falha técnica?
— *Sim e pra isso nós tínhamos uma ação de contingência lá que era o deslocamento imediato de controladores para a sala onde é prestado o serviço de APP e lá dentro da sala do APP também já havia uma posição operacional do APP disponibilizada para que numa situação de contingência, o serviço pararia de ser um serviço de controle de aeródromo e passaria a ser um AFIS (Serviço de Informação de Voo de Aeródromo), mas somente durante aquele momento em que parasse a alimentação ou os dados apagassem e tal... então a gente tinha essa contingência.*
- 11) No planejamento para a operação na TWR-T, vocês consideraram a possibilidade de falha do operador?
— *Não porque ele estava operando num aeródromo que era de conhecimento dele. Que ele havia sido orientado inúmeras vezes sobre a operação naquele ambiente... óbvio, o ambiente não era o mesmo... o que poderia impactar seria exatamente a operação da FRAPORT concomitante com a nossa atividade dentro da cabine... a FRAPORT tava fazendo o serviço dela lá de ampliação de margens de pista, de recapeamento de pista de táxi e isso impactava o movimento, mas como todos os controladores que estavam naquela época concorrendo à escala, já eram operadores com certo tempo de serviço... não havia estagiários... se havia nós diminuimos os eventos...*

12) Houve algum tipo de medida mitigadora de riscos contemplada no planejamento? Poderia dizer quais foram as principais?

— **Foi feito treinamento, foi feita operação paralela... em determinado momento em Fortaleza, nós tínhamos duas torres energizadas e com os dados sejam eles de meteorologia, sejam eles de radar, de comunicação funcionando.** Nós tínhamos duas torres... a capacidade do nosso sistema permitiu fazer isso. Então, enquanto a gente não passou todos os controladores por essa situação, ou seja, operar numa condição paralela, 'eu vou trabalhando aqui, mas lá em cima na torre tem dois controladores também que poderão assumir de uma hora pra outra, caso eu aqui consiga dar vazão às requisições dentro desse ambiente'. Então isso também foi algo que a gente implementou. **Como também o treinamento numa situação de degradação eu ter que abandonar a torre e ir para a sala lá do APP.**

13) Segundo NOTAM B0047/19, a TWR-FZ prestou serviço AFIS no aeroporto Internacional de Fortaleza em 17/01/2019. Você ainda trabalhava no DTCEA-FZ na época desse episódio? Você lembra por que houve a prestação do serviço AFIS nesse caso?

— *Sim... Houve um momento em que, por causa de uma chuva, não sei se foi esse o caso, mas houve uma chuva lá... o equipamento embaixo pelo qual passava a alimentação de energia, de algum modo ele tinha lá um buraquinho, na base de um parafuso lá. **Ele não era bem preso e através desse acesso de água acabou queimando e aí apagou tudo...** então a torre deixou de ser, naquele ambiente ali, deixou de ser prestado o serviço de controle e **efetivamente passou-se a trabalhar na sala lá do APP, enquanto o pessoal da nossa área técnica eles faziam lá o que foi possível de ser feito para devolver a cabine à prestação do serviço de controle de aeródromo.** Algo que a gente nunca imaginou que pudesse acontecer... Pra se achar foi muito difícil...*

14) Você considera que as ações do APP, no momento da pane elétrica, foram eficazes para **absorção** do impacto inicial e preservação da segurança das operações de pouso e decolagem no Aeroporto Internacional de Fortaleza?

— *Afirmativo. Eu considero.*

15) Quanto aos operadores da TWR-T, você considera que foram capazes de se **adaptar** eficazmente à prestação dos serviços ATS a partir do ambiente do APP?

— **Sim. Também. Eles também receberam treinamento para prestação de AFIS.** Então eles já têm conhecimento disso e aqui eles foram treinados para isso, porque eles iriam se sentar numa mesa em que a infraestrutura que estava posta para eles era um pouco diferente da que era ofertada a eles na posição de torre. Mas naquela posição operacional, a frequência já estava alocada para a frequência da torre, os telefones aí não tem nenhum problema porque o PO é igual, mas o uso do teclado é que é um pouco diferente, mas **eles não tiveram nenhum problema para se adaptar a isso não.**

16) Você acompanhou a atuação dos técnicos para a restauração da TWR-T? Eles conseguiram **restaurar** a operacionalidade desse equipamento?

— **Conseguiram... conseguiram... os nossos técnicos na parte de alimentação, eles foram magníficos porque teve técnico que saiu à cidade, quando descobriu o quê que tinha sido queimado, vamos supor, aqui um disjuntor xyz, vamos sair a campo aqui e vamos procurar nas lojas assim, assim, assado.. foi algo sui generis, porque envolveu toda a equipe de militares, seja da torre, como também da área técnica do Destacamento. Foi um devotamento que eu guardo aquilo com muito carinho, porque a gente passou por aquilo e foi uma aprendizagem muito grande pra todos... pra nós.** A gente nunca tinha vivenciado tanto tempo

e diante das requisições, afinal, a área de movimento do aeródromo também estava sendo também reformulada, com pistas de táxi interditadas uma área muito exígua, muito pequena para o movimento de aeronaves. Então os controladores tinham que ter essa noção também. **E o pessoal da área técnica, eles se desdobraram e mantiveram o sistema funcionando.** As intempéries, a chuva acabou ocasionando esse probleminha que a gente nunca imaginou que pudesse acontecer, mas eles se saíram muito bem.

- 17) Consegue estimar quanto tempo os técnicos levaram para **restaurar** totalmente a operacionalidade da TWR-T?
— *Um dia... Foi muito rápido...*

Questões relacionadas ao OE2 e OE3

- 18) Quais eram os serviços que eram prestados pela TWR-FZ, antes do emprego da TWR-T no DTCEA-FZ?
— *Serviço de controle de aeródromo.*
- 19) Quais os serviços que foram prestados pela TWR-FZ, operando a partir da TWR-T no DTCEA-FZ?
— *Serviço de controle de aeródromo ao tráfego do aeródromo Pinto Martins.*

Questões finais

- 20) Você considera que o emprego da TWR-T no DTCEA-FZ contribuiu para a segurança das aeronaves civis e militares que operaram no Aeroporto Internacional de Fortaleza?
— **Considero!** *Porque o serviço de controle de aeródromo foi prestado pelos mesmos controladores, somente com um local diferente, mas com toda a infraestrutura que era posta na cabine de alvenaria foi posta lá dentro do contêiner da TWR-T, foi feito treinamento antes deles entrarem lá, era mostrado cotidianamente em todos os briefings como é que seria o ambiente em que eles iriam trabalhar. Quando a infraestrutura chegou, eles passaram a frequentar aquele ambiente, a conhecer o ambiente... viram a montagem de toda a infraestrutura. **Eu acho que eles se sentiram muito bem quando perceberam que iriam utilizar tudo aquilo que estava posto na cabine de alvenaria, lá dentro.** Então, juntando tudo isso, eu afirmo que **o serviço foi prestado e a segurança pertinente também.***
- 21) Excetuando-se a pane ocorrida, pode-se dizer que o emprego da TWR-T preservou a capacidade operativa da TWR-FZ?
Com as nossas adaptações sim. Com a nossa infraestrutura, aí deu certo. Afirmativo!
— *Sim! sim!*
- 22) Em termos de prestação de serviço, houve perda de eficácia?
— *Não, não, não.*
- 23) Você considera que as operações de controle de tráfego aéreo a partir da TWR-T influenciaram negativamente a atuação da TWR-FZ?
— *Não.*
- 24) Em sua percepção, você considera importante para o DECEA investir em mais uma TWR-T?

— *Eu acho que é imprescindível...*

25) Quais os benefícios podem ser auferidos com o emprego desse equipamento?

— *Para o fim a que se destinam, todos os benefícios que estão previstos na prestação do serviço de controle de aeródromo... Ela só é usada em situações, visando **mitigar uma situação inusitada. Para o fim que se destina, é ela!***

26) Existe alguma informação adicional que você gostaria de acrescentar?

— *Quando a gente viu que ela foi entregue “nua”, a cabine, a parte interna, quando a gente viu aquilo, foi o nirvana. Aqui a gente vai fazer do zero. Estava exatamente diante daquilo que a gente queria. **O que a gente quer? Implementar o que está lá em cima aqui embaixo. Isso vai ajudar sobremaneira, vai ser algo facilitador na adaptação dos controladores a esse local aqui.** Porque o local não é o ideal. Então pra que você ganhe (entre aspas) o devotamento do controlador pra trabalhar ali as 24h dos três turnos (manhã, tarde e noite-madrugada), outros pontos precisam ser levados em consideração para que o ser humano aceite isso, né? Aceite, numa situação que ele sabe que é transitória e que poderiam voltar, como eles voltaram para a cabine de alvenaria. **Então é isso, não complementar de outra forma que não fosse assim, que o SISCEAB venha a conseguir uma outra torre.***

APÊNDICE C – Dados Entrevistado C

Entrevistado: Chefe da Seção Técnica
 Entrevistador: Maj Av Alan Elias Lemos Mattar
 Data: 31/05/2022
 Local: Entrevista por escrito

Questões qualificadoras

- 1) Quanto tempo de experiência você possui no SISCEAB?
 — *11 anos e 8 meses.*
- 2) Qual eram as funções que você desempenhava no DTCEA-FZ entre os anos de 2018 e 2019?
 — *Dentre as funções desempenhadas nos anos de 2018 e 2019, a mais significativa foi a de Chefe da Seção Técnica do DTCEA-FZ.*

Questões relacionadas ao referencial teórico

3) Como chefe da Seção Técnica, você participou do planejamento para a implantação da TWR-T no DTCEA-FZ?
 — *Sim, de todas as fases do planejamento. Com participações no estudo de viabilidade, na proposta de concepção e fomento de sugestões para que a TWR-T a ser implantada em SBFZ pudesse ter a maioria dos recursos tecnológicos disponíveis em uma Torre de Controle Convencional.*

4) Do ponto de vista técnico, houve alguma barreira gerencial ou tecnológica que indisponibilizasse os dados necessários à implantação e manutenção da TWR-T?
 — ***Não houve barreira gerencial, pois a reforma da Torre de Controle de Fortaleza constava em Programa de Trabalho Anual do CINDACTA III (Meta PLANSET), de maneira que viabilizou recursos e foi tratada como Projeto, com início, meio e fim muito bem definidos (diga-se de passagem, cumpridos!).***

Dessa forma, desde o Comandante daquele Centro, seus Chefes de Divisão/Subdivisão, o Cmt do DTCEA, seus Chefes de Seção (A/O/T), envidaram esforços em atender às demandas relacionadas à implantação e manutenção da TWR-T. Registro que este esforço, em algumas ocasiões da implantação e da manutenção, foi sistêmico, alcançando outras Organizações do SISCEAB, como: CISCEA, PAME-RJ, 1º GCC e 1º/1º GCC.

No que diz respeito à barreira tecnológica, também não houve, uma vez que o objetivo depois da primeira reunião de planejamento com todos os Representantes das Organizações envolvidas foi instalar na TWR-T a totalidade dos recursos tecnológicos presentes em uma Torre de Controle Convencional, utilizando-se para este fim os próprios equipamentos instalados na Torre de SBFZ e a mão de obra técnica especializada do DTCEA-FZ, CINDACTA III, PAME-RJ, 1º GCC e 1º/1º GCC.

Destaco, ainda, que além da estrutura tecnológica instalada da Torre ter servido como referência, foi levado em conta a legislação que trata sobre os Requisitos Técnicos, Logísticos, Industriais de Torre de Controle (ICA 63-20, disponível no link publicações do decea.gov.br ou no decea.intraer), a qual a maioria dos itens mandatários aplicáveis a uma Torre de Controle Convencional foram observados e aplicados na TWR-T.

Portanto, do ponto de vista técnico, não houve barreira gerencial ou tecnológica que indisponibilizasse os dados necessários à implantação e manutenção da TWR-T.

- 5) Durante os planejamentos, **pairou alguma incerteza quanto aos dados técnicos** da TWR-T? Os dados disponibilizados eram consistentes ou foram dados **imperfeitos**?

— *Quando, em alguns poucos momentos, eu tentava olhar “o todo” pairava, sim, alguma incerteza. No entanto, à medida que eu focava “nas partes” esta incerteza transformava em certeza. E a cada etapa da implantação constatava-se o sucesso do projeto reforma da Torre de Controle Fortaleza com a implantação da TWR-T em SBFZ.*

A TWR-T em si (original), basicamente, consistia de infraestrutura articulada para elevação e com possibilidade de mobilidade, com alguns rádios e antenas, equipamento de climatização, com bancadas/consolos e “janelas” para visualização. Percebemos como uma plataforma com possibilidade de receber incrementos tecnológicos, pois **havia diversos dados técnicos sobre a sua operação, suas dimensões/características e seu sistema de cablagem (fiação), que permitia esta inovação.***

* «Detalhe: esta percepção foi uma das sugestões dos Técnicos do DTCEA-FZ (SO BET C., SO BET R1 G. e SO BET J. – Estes militares foram o destaque qualidade 2018/2019 do DTCEA-FZ por essa “sacada genial”). Estes Técnicos em reunião prévia com este que era o Chefe de Seção Técnica levantou essa possibilidade. Assim, em outra oportunidade, na reunião com os Representantes das outras Organizações envolvidas comentei a respeito, defendendo esta viabilidade, que foi acatada por todos os envolvidos no projeto de implantação da TWR-T. Diria que foi o grande “bingo” da implantação da TWR-T em SBFZ »».

Os dados discutidos no planejamento e concepção da implantação da TWR-T em SBFZ foram muito consistentes devido ao nível técnico especializado dos profissionais envolvidos. Após longa reunião (iniciada pela tarde e concluída ao anoitecer de 24.05.2018), com diversos “brainstormig”, ocorreram diversas divisões de tarefas entre as Organizações mencionadas anteriormente e todos sabiam o que fazer e em que momento atuar.

Na condição de chefe da Seção Técnica atuei como mediador entre os diversos gerentes que atuaram nesse projeto nas Organizações envolvidas, sendo as áreas mais críticas, a de Energia e a de Informática Operacional.

Portanto, concebemos uma nova TWR-T, a partir daquela plataforma móvel básica (original), com os incrementos tecnológicos existentes na Torre Convencional de SBFZ, com destaque para o TATIC (SAIPHER), SAGITARIO (ATECH), SITC (ACAMS), EMS (HOBECO), Interface de Comunicação (SITTI), Gravador de Telecomunicações (AUDIOSOFT), uma vez que estes sistemas não existiam (e não existem) na TWR-T.

- 6) Durante os planejamentos e a operação da TWR-T, a **meteorologia** local constituiu um ponto de preocupação ou de incerteza? Por quê?

— *A meteorologia foi um fator crítico mais preponderante no ano de 2019, quando a TWR-T já se encontrava em operação em SBFZ e a reforma da TWR em andamento.*

*A TWR-T apresentou alguns problemas estruturais pois no **período de chuvas**, característico no primeiro semestre na cidade de Fortaleza, acarretou **infiltrações no interior da TWR-T e até no compartimento de energia, causando um curto-circuito e a inoperância da TWR-T.***

- 7) Ao planejarem a operação na TWR-T, durante a reforma da torre principal, vocês consideraram a possibilidade de **falha técnica**?

— *Sim, de maneira que os recursos tecnológicos que conformam o CNS/ATM instalados na TWR-T possuíam diversas redundâncias.*

- 8) Do ponto de vista técnico, houve algum tipo de medida mitigadora de riscos contemplada no planejamento? Poderia dizer quais foram as principais?

— Destaco os sistemas de energia e de informática operacional aplicado à TWR-T. A alimentação principal de energia elétrica da TWR-T era oriunda da Casa de Força (KF) do DTCEA-FZ, que, por sua vez, era proveniente da rede de energia da concessionária local. Neste sistema, como medida mitigadora de risco de falha do sistema de energia da concessionária local, **foi contemplado no planejamento para que a TWR-T também dispusesse da fonte de energia reserva de dois grupos geradores** que alimentavam os recursos da infraestrutura técnica de controle de tráfego aéreo do DTCEA-FZ e **uma UPS** (uninterruptible power supply) dedicada.

Na área de Informática Operacional, foi disponibilizado o sistema TATIC e ACAMS, nas posições TWR e GNDC e, também, a posição VISU do sistema SAGITARIO para a posição operacional TWR.

Implementado o “crash-alarm” (meios de acionamento com o Esquadrão de Saúde de Fortaleza - ES-FZ e o Serviço Contra-incêndio - SCI), controle de luzes de balizamento, farol rotativo, PAPI, enfim, tal qual como ocorre na TWR-FZ (Torre Principal).

Para o sistema TATIC e ACAMS foi configurado VLANs em SWITCHs disponibilizadas para esta finalidade, as quais **foram canalizadas via fibra óptica e rádio enlace** (redundância), a fim de mitigar falhas de canalização nesses sistemas.

Para o sistema SAGITARIO, devido à exigência da ATECH de não utilizar VLAN e qualquer outro ativo de TI, na rede do SAGITARIO, foram utilizados conversores de mídias para as suas portas ethernet, com enlace dualizado (redundância), via fibra óptica, entre os ativos da rede do SAGITARIO e a máquina VUP (posição VISU) instalada na TWR-T, que viabilizou a visualização das informações de radar na TWR-T, mitigando, dessa forma, falhas de canalização do SAGITARIO na TWR-T.

9) Segundo NOTAM B0047/19, a TWR-FZ prestou serviço AFIS no aeroporto Internacional de Fortaleza em 17/01/2019. Você se lembra do que ocorreu nesse dia?

— **Sim, lembro-me que fomos surpreendidos com um curto-circuito no compartimento do sistema de energia da TWR-T, devido ao período de chuvas, comum no primeiro semestre na cidade de Fortaleza-CE, acarretando infiltração de água naquele compartimento, por sua vez, ocasionando curto-circuito, com queima de fiação, quadro de energia e indisponibilidade da TWR-T por cerca de nove horas naquele dia.**

10) Quando ocorreu a pane na TWR-T, como os técnicos foram acionados?

— **Faz parte do modelo operacional do ATCO em turno acionar o Técnico de dia de serviço no DTCEA-FZ para atuar na solução de inoperâncias técnicas. Portanto, primeiramente, foi acionado o Técnico de dia de serviço naquele dia, 17/01/2019, que vendo a gravidade da situação acionou o Técnico eletricitista de sobreaviso.**

11) Como foi a atuação dos técnicos do DTCEA-FZ nesse episódio?

— **A atuação dos Técnicos do DTCEA-FZ nesse episódio foi excepcional, tanto os Técnicos Eletricistas (Especialidade SEL), como os Técnicos Eletrônicos (Especialidade BET) da Seção Técnica do DTCEA-FZ atuaram de forma sinérgica e célere para viabilizar a retomada da operação da TWR-T em SBFZ.**

12) Houve apoio remoto do CINDACTA III?

— **Sim, houve. Toda intervenção técnica em um ente do CNS/ATM do SISCEAB que apresenta inoperância total. O CINDACTA, como Órgão Regional de Manutenção, por meio da Divisão Técnica, deve prestar apoio remoto, que não foi diferente neste episódio.**

13) Os técnicos do DTCEA-FZ conseguiram restabelecer o funcionamento da TWR-T? Se lembra quanto tempo eles levaram, aproximadamente, para restabelecerem a energia da TWR-T?

— *Sim. Levaram cerca de nove horas, pois tiveram que adaptar um novo quadro de energia e substituir os dispositivos elétricos danificados pelo curto-circuito.*

Questões finais

14) Existe alguma informação adicional que você gostaria de acrescentar?

— *Ressalto que na implantação da TWR-T em SBFZ buscou-se preservar os equipamentos em que os ATCO TWR-FZ já estavam familiarizados a operar na TWR-FZ, mantendo, assim, a interface homem-máquina (IHM) inalterada. Contribuindo, dessa forma, para a segurança da prestação do serviço ATC por meio da TWR-T em SBFZ entre 31.10.2018 a 21.11.2019.*