



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1o/2024

BRUNO **PACHECO** SANTOS AZEVEDO COSTA, Cap Eng

Substituição do Sistema TELESAT na área de jurisdição do CINDACTA I

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1o/2024

BRUNO **PACHECO** SANTOS AZEVEDO COSTA, Cap Eng

Substituição do Sistema TELESAT na área de jurisdição do CINDACTA I

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação.

Orientador: Allison Nunes Fernandes, Maj Eng

Rio de Janeiro

2024

BRUNO **PACHECO** SANTOS AZEVEDO COSTA, Cap Eng

Substituição do Sistema TELESAT na área de jurisdição do CINDACTA I

Trabalho de conclusão de curso apresentado no
Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Thiago Diorgilis Ribeiro **Daniel**, Ten Cel Av
EAOAR

Allison Nunes Fernandes, Maj Eng
EAOAR

Rio de Janeiro
2024

RESUMO

A Rede de Telecomunicações Aeronáuticas é uma infraestrutura do serviço de tráfego aéreo e como tal deve ter alta disponibilidade e confiabilidade, com vistas à segurança de voo. O DECEA, órgão central do Sistema de Controle do Espaço Aéreo, utiliza dois meios redundantes em sua infraestrutura. Um enlace terrestre, contratado de uma operadora de telecomunicações, e um enlace satelital de sua propriedade, chamado sistema TELESAT. Ainda que atenda a necessidade de comunicação, esse sistema foi implantado na década de 1990 e utiliza padrões e protocolos da época. Adicionalmente, o sistema foi descontinuado pelo fabricante, impossibilitando a compra de itens para reposição. Diante do exposto, o presente trabalho defende a substituição do sistema TELESAT na região do CINDACTA I, a fim de garantir a confiabilidade da infraestrutura de comunicação em sua área de jurisdição. Para validar essa tese, será demonstrado que o atual sistema foi descontinuado pelo fabricante e que há poucos itens sobressalentes em estoque e que, portanto, a substituição possibilitará a manutenção da operacionalidade desse meio. Adicionalmente, o trabalho identificará que foram desenvolvidos novos padrões e protocolos para comunicação aeronáutica, os quais foram adotados pela indústria. Assim, a implantação de um novo sistema, aderente aos protocolos atualmente em uso no setor, facilitará a integração da rede com os sistemas finais. Por fim, será apresentada a possibilidade de o sistema a ser implantado no CINDACTA I também ser utilizado nos demais Órgãos Regionais de Manutenção, criando uma cadeia logística única e facilitando a integração entre os sistemas.

Palavras-chave: Telecomunicações Aeronáuticas. Comunicação Satelital. Redes IP. Protocolos de Rede.

1 INTRODUÇÃO

Um sistema de controle do espaço aéreo é composto de diversos subsistemas (ou sistemas finais), entre eles o sistema de tratamento e visualização de dados (STVD), sistemas de vigilância (RADAR), de navegação, de meteorologia e de comunicação de voz entre controlador de voo e piloto. Para possibilitar a troca de informação entre esses subsistemas é primordial que o Provedor de Serviço de Navegação Aérea (PSNA ou ANSP, em inglês) possua uma infraestrutura de comunicação confiável e de alta disponibilidade.

No Brasil, a função de ANSP foi atribuída ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) (Brasil, 2021, p. 7) a quem compete gerenciar o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) e o Sistema de Telecomunicações do Comando da Aeronáutica (STCA) (Brasil, 2019, p. 5). Para cumprir essas atribuições, o DECEA utiliza como meios de comunicação de longa distância entre os Órgãos de Controle um enlace terrestre contratado de operadora de telecomunicações e um sistema de comunicação por satélite de sua propriedade (conhecido como TELESAT), ambos operando em redundância.

O TELESAT foi implantado em 1990 de forma regionalizada. Em cada CINDACTA foi instalada uma estação *hub* a qual se comunica com suas organizações subordinadas, sendo o CINDACTA I o primeiro Órgão Regional de Manutenção a ter o sistema instalado. Embora continue operando com eficácia, o sistema pode ser considerado defasado em relação às novas tecnologias disponíveis, uma vez que utiliza interfaces e protocolos da época.

Diante do cenário exposto, o presente ensaio defende que a substituição do TELESAT por um sistema satelital mais moderno no CINDACTA I (Primeiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo) garantirá a confiabilidade da infraestrutura de comunicação aeronáutica em sua área de jurisdição o que, em última instância, assegurará a manutenção da segurança em voo na região.

Para fundamentar essa tese, serão apresentados dois argumentos. No primeiro será demonstrado que o atual sistema foi descontinuado pelo fabricante e o estoque de sobressalentes de um item crítico do sistema está próximo do ponto de ruptura e que, portanto, a substituição possibilitará a manutenção da operacionalidade desse meio. O segundo argumento apresentará que a implantação de um novo sistema, aderente aos protocolos atualmente em uso na indústria, facilitará a integração da rede com os sistemas finais.

2 A IMPORTÂNCIA DA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES AERONÁUTICAS

Segundo os autores “Redes de comunicações são uma das infraestruturas críticas nacionais da qual depende uma sociedade, portanto é imperativo que elas possuam alta disponibilidade e sejam resilientes a falhas” (Alashaikh; Gomes; Tipper, 2015, p. 1). Uma rede de telecomunicações aeronáuticas, sendo um componente de um sistema de controle do espaço aéreo, deve ser projetada para assegurar o tráfego de informações (voz e dados) entre os sistemas finais, garantindo a segurança na prestação do serviço de tráfego aéreo.

Com a premissa de ter uma infraestrutura de comunicação confiável, o DECEA estabeleceu em Diretriz que a Rede de Controle de Tráfego Aéreo (também conhecida por Rede de Telecomunicações Aeronáuticas ou ATN) deve possuir topologia baseada na utilização de enlaces redundantes, devendo um dos enlaces pertencer a um sistema satelital (Brasil, 2011, p. 14).

Quando da elaboração dessa norma, o Comando da Aeronáutica (COMAER) já possuía um sistema de comunicação via satélite, implantando na década de 1990. Embora ainda atenda o SISCEAB com eficácia, o sistema foi descontinuado pelo fabricante na década de 2010.

2.1 MANUTENÇÃO DO ENLACE SATELITAL

Uma vez que o sistema TELESAT foi descontinuado pelo fabricante, a aquisição de itens de reposição ficou limitada à Última Ordem de Compra, que ocorre quando o fornecedor informa que interromperá a fabricação de um componente por quaisquer razões (econômica, financeira, etc.) e o cliente realiza uma *Last Buy Order* (Besbes; Zolghadri, 2023, p. 1631).

O controle de estoque é essencial para a manutenibilidade de um sistema, conforme é verificado a seguir:

Gerenciamento de inventário de itens sobressalentes é um dos problemas mais críticos na indústria aeronáutica, tendo em vista o nível requerido de disponibilidade do sistema relacionada à importância estratégica e alto custo dos componentes (Constantino; Di Gravio; Tronci, 2013, p. 95).

A disponibilidade de uma rede que utiliza enlaces em paralelo é calculada por meio de uma função matemática, na qual a disponibilidade total da infraestrutura é inversamente proporcional à indisponibilidade de cada meio individualmente (EUROCAE, 2009, p. 46). No

caso do CINDACTA I, a disponibilidade da rede é calculada por $1 - (\text{indisponibilidade do enlace terrestre}) * (\text{indisponibilidade do enlace satelital})$, ou seja, quanto maior a indisponibilidade do meio satelital, menor é disponibilidade da rede.

Conjugando os conceitos de controle de estoque e de disponibilidade supracitados, depreende-se que uma eventual ruptura do estoque de itens sobressalentes do sistema TELESAT compromete diretamente a disponibilidade da Rede de Telecomunicações Aeronáuticas. Uma rede de comunicações com baixa disponibilidade afeta a confiabilidade da prestação do serviço de controle de tráfego aéreo, gerando impacto negativo nos resultados de segurança dos voos.

Para análise da possível ruptura de estoque do Sistema TELESAT foi considerado um de seus itens críticos, o transceptor CSAT. Esse é o componente responsável por converter a Frequência Intermediária para a frequência a ser transmitida para o satélite na transmissão e realizar a operação oposta na recepção.

O relatório extraído do Sistema de Logística de Materiais e de Serviços da Aeronáutica (SILOMS) aponta a existência de 37 transceptores nos armazéns de utilizáveis e 89 itens para reparo em todo o SISCEAB. No mesmo Sistema obtém-se a informação que foram consumidos 259 itens nos anos de 2021 a 2023, o que gera uma média de consumo de 7,19 componentes por mês. Caso o ritmo de consumo seja mantido, a previsão é de que a ruptura do estoque ocorrerá entre 5 (sem as cartas reparadas) e 17 (com as cartas reparadas) meses.

Assim, verifica-se que a extinção dos transceptores CSAT no estoque da FAB ocorrerá a curto prazo sem a possibilidade de reposição em virtude da descontinuidade do item pelo fabricante. Os dois fatos concorrem para a futura interrupção do sistema TELESAT na área do CINDACTA I, o que deixaria a rede de comunicação operando apenas com o enlace terrestre e, portanto, sem a dualidade exigida.

Portanto, a fim de manter o enlace satelital em operação na região considerada, faz-se necessário substituir o atual sistema TELESAT por um novo meio de comunicação via satélite, o que garantirá a confiabilidade da rede de comunicação na área de jurisdição do CINDACTA I.

2.2 NECESSIDADE DE ADOÇÃO DE PADRÕES DA INDÚSTRIA

Como mencionado no Capítulo 1, o atual sistema foi implantado na década de 1990, utilizando interfaces e protocolos da época. Como em diversas áreas, as tecnologias empregadas

em redes de comunicação evoluíram. Em especial, as tecnologias de comunicação aeronáuticas estão migrando de comunicações analógicas para redes de dados (Mahmoud; Pirovano; Larrieu, 2014, p. 1).

No meio aeronáutico, a entidade responsável por desenvolver políticas e padrões para a aviação civil, bem como elaborar estudos e análises no setor, com a colaboração dos Estados Membros (entre eles o Brasil) e empresas é a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), uma agência especializada da Organização das Nações Unidas (OACI, 2024).

Um dos trabalhos desenvolvidos pela agência foi o Doc 9896, cuja primeira versão foi publicada em 2009 (Eier; Kampicher, 2010, p. C8-7), mais de uma década após a implantação do TELESAT. Trata-se de um manual para Redes de Telecomunicações Aeronáuticas (ATN) utilizando padrões e protocolos da Suíte *Internet Protocol* (IPS). O manual versa tanto sobre a porção ar-terra (entre a aeronave e os equipamentos terrestres), quanto no trecho terra-terra (infraestrutura que conecta os sistemas finais e da qual o sistema satelital faz parte). O documento também define as aplicações que essa rede deve suportar. Considera ainda a ATN sendo o conjunto das redes dos diversos entes, sejam eles um Estado, um conjunto de Estados ou um ANSP (caso do DECEA). (OACI, 2015)

Embora os Estados não sejam obrigados a adotar os documentos da OACI, trata-se de uma padronização internacional no meio da aviação. Inclusive, o Brasil participa dos fóruns de elaboração desses documentos e tem representante no Grupo de Trabalho da atualização desse Manual, a qual está em curso.

A utilização da pilha IPS nas telecomunicações aeronáuticas facilita a interconexão entre os equipamentos e as redes, tornando a infraestrutura em sua totalidade mais confiável (Mahmoud; Pirovano; Larrieu, 2014, p. 6).

Dando prosseguimento ao desenvolvimento de regras para favorecer a integração dos componentes aeronáuticos, a EUROCAE (The European Organization For Civil Aviation Equipment), uma organização sem fins lucrativos que reúne ANSP, fabricantes e reguladores do setor aéreo do continente, elaborou, com a participação da Agência Federal de Aviação (FAA), o ANSP estadunidense, documentos de padronização de protocolos a serem adotados nas Redes de Telecomunicações Aeronáuticas.

Os artefatos produzidos especificam requisitos técnicos e operacionais para sistemas de Voz sobre IP (VoIP) (ED-136), padrões de interoperabilidade dos componentes da rede (ED-137)

de telecomunicações aeronáuticas e os requisitos de performance para as ATN (ED-138 partes 1 e 2).

A fim de validar a efetividade dos padrões desenvolvidos, em 2008 foram conduzidos testes de interoperabilidade com a participação de seis fabricantes. Os testes tiveram uma taxa de 89% de sucesso. No ano seguinte, novos testes foram realizados, dessa vez com a participação da maioria dos fabricantes de rádio e de central de áudio aeronáuticos. Os testes apresentaram uma taxa de sucesso superior a 95%, indicando evolução da aderência dos fabricantes aos padrões da EUROCAE (Eier; Kampicher, 2010, p. C8-5).

A padronização de protocolos e interfaces traz diversos benefícios para os donos de infraestrutura de comunicação. A primeira é a facilidade de integrar equipamentos de praticamente todos os fabricantes à infraestrutura (Mahmoud; Pirovano; Larrieu, 2014).

Uma vez que mais fabricantes aderem aos padrões, há maior variedade de equipamentos no mercado em conformidade com os protocolos exigidos, o que enseja a flexibilidade na aquisição de componentes da rede e de sistemas finais e a confiabilidade na infraestrutura de comunicações (Eier; Kampicher, 2010, p. 5).

Vislumbra-se também uma redução de custo de implantação e manutenção, pois a diversidade de oferta de equipamentos tende a permitir ampla competição e, por consequência, menor custo de aquisição (Mahmoud; Pirovano; Larrieu, 2014, p. 5).

Considera-se ainda como benefício a proteção do capital investido na infraestrutura, uma vez que, mesmo que surja uma nova tecnologia para os sistemas finais, levará certo tempo até que todos os fabricantes abandonem o padrão atualmente utilizado. E ainda, como visto ao longo do texto, a elaboração dos documentos de padronização contam com a participação dos operadores da rede, os ANSP, que tem o poder de influenciar a adoção de novos protocolos.

Portanto, a substituição do atual sistema TELESAT proporcionará a oportunidade de implantar um novo sistema aderente aos protocolos utilizados pela indústria aeronáutica, o que trará benefícios na ótica do custo de implantação e manutenção como também facilidade de integração, flexibilidade e aumento da confiabilidade, características importantes para uma rede de telecomunicações aeronáuticas sustentar a prestação do serviço de controle do espaço aéreo com segurança.

3 CONCLUSÃO

O atual sistema de comunicação via satélite do COMAER, conhecido como sistema TELESAT, foi implantado na década de 1990. Embora ainda atenda com eficácia a necessidade de comunicação do SISCEAB, o atual sistema foi descontinuado pelo fabricante, restando poucas peças de reposição, e utiliza protocolos e interfaces da época de sua implantação, diferente daqueles usados atualmente na indústria aeronáutica.

O presente ensaio apresentou que o atual sistema foi descontinuado pelo fabricante e, apesar dos esforços do DECEA para manter a disponibilidade desse enlace, há poucos itens sobressalentes em estoque. Diante do requisito de manter a alta disponibilidade e confiabilidade da Rede de Telecomunicações Aeronáuticas, faz-se necessária a substituição do atual sistema por um novo, o que possibilitará a manutenção da operacionalidade desse meio.

Também foi mostrado que a implantação de um novo sistema, aderente aos protocolos desenvolvidos por órgãos internacionais e amplamente empregados pela indústria aeronáutica, facilitará a integração da rede com os sistemas finais.

Assim, os argumentos apresentados sustentaram a tese que a substituição do TELESAT por um sistema satelital mais moderno no CINDACTA I (Primeiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo) garantirá a confiabilidade da infraestrutura de comunicação aeronáutica em sua área de jurisdição o que, em última instância, assegurará a manutenção da segurança em voo na região.

Recomenda-se ainda que, após a implantação e maturação do sistema substituto ao TELESAT no CINDACTA I, o mesmo sistema satelital seja implantado nos demais CINDACTA, de modo a criar uma cadeia logística única para SISCEAB e facilitar a integração dos sistemas finais comuns a todas as regiões.

REFERÊNCIAS

ALASHAIKH, Abdulaziz; GOMES, Teresa; TIPPER, David. **The spine concept for improving network availability**. Computer Networks, v. 82, p. 4-19, 2015.

BESBES, Mariem; ZOLGHADRI, Marc. **Inventory sizing of components at risk of obsolescence or shortage using genetic algorithm**. Procedia CIRP, v. 120, p. 1630-1635, 2023.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Portaria DECEA Nº 79/DGCEA, de 10 de maio de 2011. Aprova a reedição da Diretriz do Comando da Aeronáutica, disciplinando os Requisitos Básicos das Redes de Comunicações do COMAER (DCA 102-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 98, f. 24, 24 mai. 2011.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Portaria Nº 2.030/GC3, de 22 de novembro 2019. Aprova o Regulamento do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (ROCA 20-7). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 216, f. 12, 27 nov. 2019.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Portaria DECEA Nº 30/SDAD, de 2 de março de 2021. Aprova a reedição do Regimento Interno do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (RICA 20-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 50, f. 11, 16. mar. 2021.

COSTANTINO, Francesco; DI GRAVIO, Giulio; TRONCI, Massimo. **Multi-echelon, multi-indenture spare parts inventory control subject to system availability and budget constraints**. Reliability Engineering & System Safety, v. 119, p. 95-101, 2013.

EIER, Dieter; KAMPICHLER, Wolfgang. **Eurocae WG-67 standards for voice-over-IP in ATM for advanced NEXTGEN conops**. In: 2010 Integrated Communications, Navigation, and Surveillance Conference Proceedings. IEEE, 2010. p. C8-1-C8-9.

EUROCAE – The European Organization For Civil Aviation Equipament. **ED-136: Voice over Internet Protocol (VoIP) Air Traffic Management (ATM) System Operational and Technical Requirements**. France. 2009.

EUROCAE – The European Organization For Civil Aviation Equipament. **ED-137: Interoperability Standards for VOIP ATM Components Volume 1: Radio, Volume 2: Telephone, Volume 3: European Legacy Telephone Internetworking, Volume 4: Recording, VOLUME 5: Supervision**. France. 2012.

EUROCAE – The European Organization For Civil Aviation Equipament. **ED-138: Network Requirements and Performances for Voice over Internet Protocol (VoIP) Air Traffic Management (ATM) Systems Part 1: Network Specification and Part 2: Network Design Guideline**. France. 2009.

MAHMOUD, Mohamed Slim Ben; PIROVANO, Alain; LARRIEU, Nicolas. **Aeronautical communication transition from analog to digital data: A network security survey**. Computer Science Review, v. 11, p. 1-29, 2014.

OACI – Organização de Aviação Civil Internacional. **DOC 9896: Manual para redes ATN utilizando a suíte IP (ATN/IPS)**. 2ª edição. Canadá. 2015.

OACI – Organização de Aviação Civil Internacional. **Visão e missão da OACI**. Canadá: c2024. Disponível em: <https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/vision-and-mission.aspx>. Acesso em: 05 mar. 2024.

Sistema de Logística de Materiais e de Serviços da Aeronáutica (SILOMS). Disponível em: http://siloms.servicos.ccarj.intraer/ass_siloms/faces/paginas/materialManutencao.xhtml. Acesso em: 09 abr. 2024