



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

JOAQUIM TAVARES **LÔBO JUNIOR**, Cap Esp CTA

Torre Digital: uma solução atual para o
controle de tráfego aéreo brasileiro

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

JOAQUIM TAVARES **LÔBO JUNIOR**, Cap Esp CTA

Torre Digital: uma solução atual para o
controle de tráfego aéreo brasileiro

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Escola 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: Daniel Rodrigues Figueiredo, Maj Av

Rio de Janeiro

2024

JOAQUIM TAVARES **LÔBO JUNIOR**, Cap Esp CTA

Torre Digital: uma solução atual para o
controle de tráfego aéreo brasileiro

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Escola
de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Presidente, Daniel Rodrigues Figueiredo, Maj Av - EAOAR

Mellina dos Santos Ferreira Barbosa, Maj Int - EAOAR

Rio de Janeiro

2024

RESUMO

No início deste ano, fortes chuvas no sul do Brasil causaram enchentes que danificaram a torre de controle do aeroporto Salgado Filho, paralisando os serviços de navegação aérea. A estrutura e os equipamentos da torre foram afetados, exigindo reformas. Em resposta a essa situação, surgiu a proposta de implementar uma torre digital (D-TWR) remota a partir do aeroporto de Canoas. Esse conceito, impulsionado por avanços tecnológicos, permite controle remoto com maior segurança e economia. Comparado às torres convencionais, as D-TWRs oferecem vantagens econômicas significativas, como menor custo de construção e operação, além de otimização de recursos humanos e operacionais. A tecnologia digital melhora a consciência situacional dos operadores, oferecendo visualizações avançadas do aeródromo por meio de câmeras e sensores, possibilitando uma gestão mais eficiente das operações de tráfego aéreo. Esse sistema já demonstrou benefícios em locais como Santa Cruz, onde custos e recursos foram otimizados. A implementação da D-TWR em Porto Alegre seria uma solução viável e econômica para a Força Aérea Brasileira, especialmente em regiões com menor tráfego aéreo, onde os custos operacionais são mais elevados. O projeto pode servir de modelo para outras regiões, contribuindo para uma gestão mais eficiente e segura do controle de tráfego aéreo no Brasil.

Palavras-chave: torre remota, torre digital, economia de recursos, otimização operacional.

1 INTRODUÇÃO

No primeiro semestre deste ano, a região sul do Brasil foi surpreendida pelas ocorrências de fortes chuvas que ocasionaram enchentes de grandes proporções. Dentre os tantos serviços afetados e, por conta disso, paralisados, está o serviço de navegação aérea por causa da inundação da torre de controle de aeródromo (TWR PA) do aeroporto Salgado Filho. Com isso, equipamentos e o próprio edifício da torre foram estruturalmente afetados, havendo necessidade de reforma antes do retorno completo dos Serviços de Controle de Tráfego Aéreo (ATC).

Diante dessa necessidade, considerando que a estrutura e a prestação dos serviços de tráfego aéreo na TWR PA são de responsabilidade do DECEA, surge a oportunidade de se implementar o conceito de Torres Digitais (D-TWR) de maneira remota a partir do aeródromo de Canoas, a exemplo da TWR SC, considerando a necessidade de uma reforma da infraestrutura atual da torre convencional, ou seja, o prédio onde se encontra a atual torre. Neste conceito, os serviços de tráfego aéreo (ATS) são realizados em um aeroporto a partir de qualquer lugar. As tecnologias de torre digital oferecem uma visualização do aeroporto e de sua área ao redor, possibilitando aos controladores executarem a vigilância visual de forma digital, sem a necessidade de depender da observação direta a partir de uma sala de controle convencional.

O primeiro argumento trata da economia de custos, uma vez que a reforma de uma torre convencional tende a ser mais cara do que a construção de uma estrutura de uma D-TWR. Outro fator que implica na economicidade é a disposição dos recursos humanos, pois ao se estabelecer um centro com mais de uma torre digital, o apoio ao homem, a necessidade de remanejamento de pessoal, estrutura física e sua manutenção, despesas com limpeza, água, luz e grupo de geradores, por exemplo, podem ser significativamente reduzidos.

O segundo argumento está no campo da segurança operacional, uma vez que os recursos previstos para uma torre digital são mais avançados do que os de uma operação convencional. Tecnologias como *zoom* das câmeras para qualquer parte do aeródromo e do espaço aéreo setorial, possibilidade de identificação de maneira digital das aeronaves, recursos luminosos de balizamento de pistas e de formações meteorológicas nos períodos noturnos, para citar alguns, são elementos que elevam em muito a consciência situacional do operador da torre.

2 DESENVOLVIMENTO

O conceito de torre digital permite que os serviços de tráfego aéreo (ATS) sejam realizados em um aeroporto a partir de qualquer lugar. As tecnologias de torre digital oferecem uma visualização do aeroporto e de sua área ao redor, possibilitando aos controladores executarem a vigilância visual de forma digital, sem a necessidade de depender da observação direta da sala de controle visual (VCR) com o uso de binóculos (CANSO, 2023).

Os serviços ATS oferecidos a partir de uma torre digital seguem os mesmos padrões estabelecidos nas normas e práticas internacionais (SARPs) e devem ter o mesmo nível de qualidade dos serviços prestados por uma torre de controle convencional no aeroporto (EASA, 2015)

2.1 OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS

Ao se tratar de recursos investidos em um serviço de navegação aérea em determinado aeródromo, algumas variáveis, *lato sensu*, devem ser observadas que vão desde a manutenção ou reforma da estrutura predial, equipamentos em geral e recursos humanos para as diversas atividades do serviço. Portanto, o investimento envolve tanto custos de tecnologia quanto de infraestrutura. No caso das torres convencionais, o principal custo é com infraestrutura. Já as torres remotas exigem um maior investimento em tecnologia.

No que tange os equipamentos, as torres convencionais já são providas dos itens básicos para a prestação dos serviços de navegação aérea, tais como um radar de solo, equipamentos de comunicação, entre outros. De certa forma, esses equipamentos também são utilizados em uma estrutura de torre digital. Estas, por sua vez, exigem um maior investimento no que concerne às questões tecnológicas avançadas que não constam dentre os equipamentos exigidos para uma estrutura convencional. Não apenas no ambiente da torre digital, mas também no próprio aeroporto quando, por exemplo, das instalações das câmeras, as quais devem permanecer nas confluências do aeródromo.

De acordo com o pesquisador Arenas (2021), da universidade da Catalunha em Barcelona, ao se comparar os custos entre a construção de um e de outro, fica evidenciada a vantagem econômica na implementação de uma torre digital sobre a de uma torre convencional. No caso de uma torre convencional, os custos variam de 220 a 600 milhões de reais. A torre de Chicago O'Hare, por exemplo, custou 250 milhões de reais. A de *Las Vegas*, 550 milhões, mais 250 milhões para demolir a antiga.

Já no caso de uma torre digital, os custos em tecnologia variam de 10 a 18 milhões de reais, a depender da classificação do aeroporto. Em alguns casos, de acordo com a especificidade do aeródromo e de suas necessidades, o custo pode subir até 50 milhões de reais.

Adicionado a esses valores, estão os valores da construção de um imóvel para abrigar a nova torre, que - segundo Arena - gira em torno de 15 milhões de reais. A menos que haja já um edifício disponível no local a ser implementada a torre digital. Neste caso, o valor se torna bem menor.

Para Fernandez (2022), as torres remotas têm uma vantagem ainda maior, pois permitem controlar as operações de um ou mais aeroportos a partir de um único local, implicando em uma redução de gastos significativos para um provedor de serviços de navegação aérea. No Brasil, neste caso, seria a Força Aérea Brasileira, por meio do DECEA. Graças aos sistemas de vigilância instalados nas pistas e áreas movimentadas do aeroporto, os operadores de controle de tráfego aéreo conseguem monitorar as operações a partir de um centro de torre remota (RTC). O RTC é um local independente, a partir de onde os serviços de tráfego aéreo são oferecidos através de observação indireta, utilizando sistemas de vigilância. Em aeroportos com pouco movimento, é possível controlar vários pequenos aeroportos a partir de um único RTC.

Outro custo a ser reduzido é o custo com pessoal. Não apenas o pessoal operacional, mas também pessoal de apoio. A possibilidade de ter os operadores de uma ou mais torres em um mesmo lugar, reduz a necessidade de investimento em outras áreas de apoio ao homem nos locais dos aeroportos. Por exemplo, ter-se a partir de Canoas a prestação do serviço de controle de torre para Porto Alegre, Canoas e Santa Maria. Seria possível reduzir custos como deslocamento de pessoal, secretarias, pessoal da área técnica, atividades de serviços como limpeza, redução dos custos com luz, equipamentos de geradores elétricos etc. Portanto, a implementação de torres remotas múltiplas, por exemplo, permite um melhor aproveitamento dos recursos humanos de maneira geral (Kredentsar; Yastrub, 2020).

Para a construção da atual torre digital em Santa Cruz, foi feita uma análise pela Comissão de Implantação do Sistema de Controle do Espaço Aéreo (CISCEA). Os números para a época acusavam o seguinte: o valor de custos com reforma predial foi de 17 milhões para a torre convencional e 6 milhões para a torre digital; 9,5 milhões para equipamentos comuns e 6,5 milhões para equipamentos tecnológicos que compõem a torre digital. O somatório final ficou em 26,5 milhões para a torre convencional e 22 milhões para a torre digital. A manutenção seria da ordem de 200 mil por ano para a torre convencional contra 260 mil para a torre digital (Bertolino, 2020).

No entanto, ao se considerar a análise de Fernandez (2022), é possível de fato obter ganhos significativos com a implementação de uma torre Digital, principalmente quando se considera o estabelecimento de mais de uma torre a partir de um mesmo centro.

Portanto, o ganho econômico se torna evidente ao se considerar todas as variáveis disponíveis na aplicação do conceito de torre digital, seja na redução dos custos de engenharia, na unificação de equipamentos ou de infraestrutura ou de pessoal operacional na centralização de tais recursos em uma mesma sede operacional com mais de uma torre.

2.2 OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL

O advento da revolução tecnológica, dentro da qual imerge a sociedade atual, tem proporcionado avanços e recursos inovadores, um aumento da segurança em diversas áreas, como por exemplo, na prevenção de crimes, na segurança cibernética dos bancos, na automatização de serviços de vigilância pelas disposições de câmeras com altas resoluções, para citar alguns. Desta forma, tais tecnologias têm o potencial de impactar positivamente a segurança em geral de várias maneiras. (Jesus; Silva, 2024).

[...] a era digital é sustentada pela computação em nuvem, facilitada pela crescente disponibilidade de poder computacional, armazenamento e recursos de transmissão a preços acessíveis. Gradualmente, mas de forma constante, o aumento exponencial das capacidades de computação [...], assim como o crescimento semelhante no armazenamento de dados, mudou completamente o cenário, e esses avanços continuam a se desenvolver rapidamente (Zysman; Kenney, 2018, p. 54, tradução nossa)

No tráfego aéreo, por sua vez, os avanços tecnológicos viabilizaram um romper no que concerne a forma como o serviço de navegação aérea é prestado pelos Estados. Há alguns anos, no Brasil, o controle de tráfego aéreo nos órgãos de Aproximação (APP) e nos Centros de Controle de Área (ACC) era feito de forma "convencional", sem visualização por radar. As separações horizontais eram baseadas no tempo, entre 5 e 15 minutos (cerca de 80 milhas náuticas), e as verticais eram de 2 mil pés. Embora esse método fosse seguro, era ineficiente, resultando em voos mais longos, atrasos e maior desgaste para os controladores (Brasil, 2020).

No entanto, o avanço da tecnologia, com o advento de radares, códigos transponder, sistemas *on board* de monitoramento de níveis de voo, permitiram com que as separações passassem da média de 80NM para 5NM, e as separações verticais de dois mil para apenas mil pés de separação. Além da manutenção da segurança, houve ganhos operacionais inquestionáveis, tanto de eficiência quanto eficácia, influenciando até mesmo na otimização dos recursos humanos, também.

Desta forma, a implementação do conceito de torre digital é a otimização dos serviços de controle de tráfego aéreo, mas agora para o serviço de controle de torre. Como consequência, em primeiro lugar, há um aumento da segurança operacional por meio da melhoria da visibilidade no aeródromo, o que aumenta, desta forma, a consciência situacional. As câmeras de alta resolução permitem com que os operadores tenham acesso visual de diversos pontos da área de manobra do aeródromo. Tal acesso é melhorando por conta da possibilidade de ampliação da visualização dos pátios, por exemplo. Seja na visualização das aeronaves nos segmentos de aproximação final, na conferência de trens de pouso baixado e travado, seja na evolução das aeronaves nos circuitos de tráfego visuais, a tecnologia em voga traz melhoria significativa ao serviço.

Para um operador de tráfego aéreo de aeródromos, tais recursos são divisores de águas quando na comparação aos recursos manuais, por assim dizer, existentes nas torres convencionais, tal como a utilização de binóculos. Outro recurso importante de realidade virtual disponível no conceito de torre digital, que impacta diretamente a segurança operacional, são as identificações das aeronaves pela inserção de “etiquetas”, tais quais ocorrem nos sistemas de tratamento e visualização radar dos APP e dos ACC.

Essas facilidades aumentam, em muito, a consciência situacional do operador de torre, permitindo a identificação imediata das aeronaves, tanto no solo quanto na zona de tráfego de aeródromo (ATZ), auxiliando assim na identificação de conflitos de maneira mais eficiente e eficaz. Esses avanços, juntos, melhoram o tempo de resposta, reduzem erros humanos e oferecem mais flexibilidade no gerenciamento das operações de tráfego aéreo.

Portanto, todo esse aparato de câmeras de alta definição e tecnologia infravermelha dão aos controladores uma visão melhor, especialmente durante a noite. Isso ajuda a monitorar possíveis riscos. Além disso, com a integração de tecnologia de rastreamento, vários sensores podem oferecer diferentes ângulos de visão, melhorando a consciência situacional, aumentando assim a segurança das operações como um todo.

3 CONCLUSÃO

No primeiro semestre deste ano, fortes chuvas na região sul do Brasil causaram enchentes que paralisaram diversos serviços, incluindo a navegação aérea no aeroporto Salgado Filho, devido à inundação da torre de controle. Equipamentos e a estrutura da torre foram danificados, exigindo reformas antes da retomada dos serviços de Controle de Tráfego Aéreo.

A possibilidade da implementação do conceito de torre digital de maneira remota a partir do aeroporto de Canoas tornou-se uma possibilidade inovadora e prática. O conceito de torre digital surge no início do século XXI como resultado dos avanços tecnológicos e da revolução digital, impactando diversas áreas, inclusive o controle de tráfego aéreo. Esses avanços permitiram melhorias nos serviços, começando pelo uso de radares e, mais recentemente, nas torres de controle, permitindo o serviço remoto por meio de torres digitais.

Portanto, é fato que há redução dos custos na construção de uma estrutura única para comportar uma ou mais torres digitais quando comparados à construção ou reforma de uma torre digital. Neste sentido, a flexibilidade no gerenciamento dos recursos humanos, são outras variáveis que incidem na economicidade proporcionada pela implantação do conceito, pois, como mencionado anteriormente, um centro reduziria os gastos com pessoal no que tange a transferências, estrutura de seção de RH, instrução, revisões médicas periódicas etc.

Além disso, a operação na prestação do serviço ATC de torre se torna ainda mais segura e otimizada pelas facilidades advindas da digitalização de ações que outrora eram feitas de maneira manual ou completamente dependente da acuidade visual do operador, tais como a visualização de fauna na pista, restos de materiais de obra na pista, visualização de trem de pouso baixado e travado etc.

Destarte, com a atual necessidade de se reformar a torre de Porto Alegre, nas confluências do aeroporto Salgado Filho, como consequência dos danos causados pelas enchentes que interditaram o serviço no aeroporto, surge a oportunidade de se implementar o conceito de torres digitais no referido aeródromo, uma vez que tal ação traria economia significativa para a Força Aérea Brasileira.

Por fim, com este conceito já estabelecido em Santa Cruz, o resultado da aplicação correlata em Porto Alegre, beneficiará a FAB na redução significativa de gastos, inclusive, proporcionará lições aprendidas para a criação de um centro de torres digitais remotas em regiões do país mais afastadas, tais como Rio Branco, São Luiz e Boa Vista, onde a demanda de tráfego é pequena, mas a necessidade de investimentos com pessoal e recursos é relativamente grande. Esta ação vai ao encontro das diretrizes para os macroprocessos finalísticos no emprego da Força Aérea, previsto no Plano Estratégico Militar da Aeronáutica - PEMAER, qual seja, adotar progressivamente soluções voltadas para a gestão do tráfego aéreo, gerando impactos na circulação aérea geral e na melhoria do sistema de Defesa Aeroespacial (Brasil, 2024).

REFERÊNCIAS

ARENAS, Victor Lopez Barrenas. **Study for the implementation of remote-control towers in European airports**. 2021. Tese Final de Bacharelado (Graduação em Engenharia) – Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2021. Disponível em: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/360347/REPORT_VictorLopezbarrena.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 27 set. 2024

BERTOLINO, Ary Rodrigues. **Torre Remota**. Programa SIRIUS BRASIL, 2020. 5 slides. Apresentação de PowerPoint.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DECEA nº 256/DGCEA, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Instrução do Comando da Aeronáutica sobre os serviços de Tráfego Aéreo. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 210, 20 dez. 2020. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ICA-100-37>. Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 1.453/GC3, de 05 de junho de 2024. Aprova o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 107, p. 87-137, 10 jun. 2024. Disponível em: <http://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/acervo/detalhe/48464>. Acesso em: 08 out. 2024.

CANSO. **Shaping our future skies: guidance material for remote and digital towers**. Edition 2. 2023. Disponível em: https://canso.fra1.digitaloceanspaces.com/uploads/2021/04/canso_guidance_material_for_remote_and_digital_towers.pdf. Acesso em: 27 set 2024

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). **Guidance material on the implementation of the remote tower concept for single mode of operation**. Annex to ED Decision 2015/014/R. 3. jul. 2015. p. 21.

FERNANDÉZ, Rubén Pérez. **What to consider when implementing remote control towers? Colombia case study**. GIS Odyssey Journal, n. 2, v. 2, p. 147-157, 2022.

JESUS, Joel Alexandre da Silva de; SILVA, Maria Verônica Cunha da. **A contribuição da tecnologia na prevenção de crimes**. Revista Contemporânea, [S. l.], v. 4, n. 9, p. e5872, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N9-164. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/5872>. Acesso em: 30 set. 2024.

KRENTSAR, Svetlana.YASTRUB, Maksym. **Implementation prospects of the remote tower concept in Ukraine**. National Aviation University, 2020. p. 108-115. Disponível em: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ESU/article/view/14531>. Acesso em: 01 out. 2024.

ZYSMAN, John; KENNEY, Martin. **The next phase in the digital revolution: intelligent tools, platforms, growth, employment**. Communications of the ACM, v. 61, n. 2, p. 54-63, 2018. Disponível em https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=N9twRU4AAAAJ&citation_for_view=N9twRU4AAAAJ:2osOgNQ5qMEC. Acesso em: 01 out. 2024.