



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

SILDISCLEY ASSIS COELHO, Cap Esp Met

Meteorologia Aeronáutica: investimentos do DECEA com o objetivo de aprimorar os serviços meteorológicos disponibilizados aos usuários do SISCEAB

Rio de Janeiro
2024

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

SILDISCLEY ASSIS COELHO, Cap Esp Met

Meteorologia Aeronáutica: investimentos do DECEA com o objetivo de aprimorar os serviços meteorológicos disponibilizados aos usuários do SISCEAB

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: Thiago Diorgilis Ribeiro Daniel,
Ten Cel Av

Rio de Janeiro
2024

SILDISCLEY ASSIS COELHO, Cap Esp Met

Meteorologia Aeronáutica: investimentos do DECEA com o objetivo de aprimorar os serviços meteorológicos disponibilizados aos usuários do SISCEAB

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

Aprovado por:

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

Allisson Nunes Fernandes, Maj Eng
EAOAR

Rio de Janeiro
2024

RESUMO

Para assegurar que os serviços de meteorologia aeronáutica acompanhem as exigências de seus usuários, impulsionados pelas inovações tecnológicas, sugere-se uma abordagem em gestão de processos voltada à otimização operacional e aprimoramento da consciência situacional nas atividades desenvolvidas no Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica (CIMAER). No entanto, é importante estar atento às exigências e necessidades da aviação, buscando adaptar-se aos desafios do setor. Desta forma, defende-se que a implantação de gestão de processos aplicada nas atividades de meteorologia aeronáutica, em especial na automação de mensagens Previsão Terminal de Aeródromo (TAF), elevaria a eficiência e eficácia operacional das previsões meteorológicas disponibilizadas pelo Centro. Os argumentos apresentados têm como embasamento estudos e experiências anteriores, analisando as necessidades e desafios enfrentados pela crescente demanda de previsões elaboradas. A automação das mensagens TAF proporcionaria redução do tempo de confecção e aumento da precisão e confiabilidade das previsões. Já a consciência situacional contribuiria para reduzir erros de análise e interpretações, facilitando as tomadas de decisões em consenso pela equipe de previsores do Centro para atingir um objetivo comum. Conclui-se que a implantação da gestão de processos, utilizando ferramentas para automação de TAF, tem o potencial de elevar significativamente a prestação de serviços de meteorologia, especialmente para aos usuários do Sistema de Controle do Espaço Aéreo (SISCEAB) que utilizam as ferramentas de *Automatic Terminal Information Service* (ATIS) e o *Controller Pilot Data Link Communication* (CPDLC). Isso garante maior eficiência e eficácia nos serviços disponibilizados, com objetivo de aumentar a segurança nas atividades aeroportuárias e de navegação aérea.

Palavras-chave: Automação. Consciência Situacional. Gestão de Processos. Meteorologia Aeronáutica. TAF.

1 INTRODUÇÃO

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) é um órgão subordinado ao Comando da Aeronáutica, que gerencia as atividades de Meteorologia Aeronáutica, atuando como autoridade no Brasil perante a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI). Neste sentido, atua como gestor do Sistema de Controle do Espaço Aéreo (SISCEAB), tendo por objetivo proporcionar eficiência, operacionalidade, regularidade e segurança nos serviços de navegação aérea.

A mais recente unidade do DECEA, o Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica (CIMAER), foi criada em 2018, resultado do processo de reestruturação do Comando da Aeronáutica (COMAER). Assim, o CIMAER surge com o objetivo de integrar em uma única organização militar todo o serviço de meteorologia aeronáutica, antes descentralizado nos quatro Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA). O CIMAER absorveu as atividades dos CINDACTA no que diz respeito à operacionalidade dos serviços de meteorologia. Deste modo, em menos de 5 anos, o CIMAER assumiu sob sua responsabilidade os serviços de meteorologia de um espaço aéreo com cerca de vinte e dois milhões de km². Neste contexto, o novo Centro passa a ser responsável pela confecção de mensagens meteorológicas de Previsão Terminal de Aeródromo (TAF) correspondentes a esta área. O código TAF é uma descrição completa das condições meteorológicas previstas para um aeroporto ou aeródromo, incluindo todas as mudanças consideradas significativas para a aviação, para um período compreendido entre 12 a 30 horas.

Diante do exposto acima, defende-se que a implantação de gestão de processos aplicada nas atividades de meteorologia aeronáutica, em especial na automação de mensagens TAF, elevaria a eficiência e eficácia operacional das previsões meteorológicas confeccionadas e disponibilizadas pelo CIMAER aos seus usuários, garantindo aos mesmos mais segurança na navegação aérea no âmbito do SISCEAB.

Para sustentar essa afirmação, vamos abordar duas vertentes fundamentais de argumentação. A primeira refere-se a implantação de uma ferramenta de automação, para reduzir o tempo na confecção das mensagens TAF, pois se eliminaria a necessidade de intervenção humana em tarefas repetitivas, que requerem um grande tempo de análise, contribuindo assim para aumentar a eficiência e eficácia das informações meteorológicas

disponibilizadas aos usuários do SISCEAB. A segunda diz respeito a elevação da consciência situacional com o propósito de reduzir significativamente os erros de análises e interpretações de dados meteorológicos nas tomadas de decisões, permitindo uma compreensão mais profunda do cenário, podendo assim contribuir para a elaboração de previsões mais precisas e acuradas.

Exposto as considerações, a aplicação da gestão de processos tem o potencial para promover a otimização dos métodos e tomadas de decisões mais assertivas relacionados à confecção de mensagens de previsão TAF.

2 A IMPORTÂNCIA DAS PREVISÕES DE TAF PARA A AVIAÇÃO

Os fenômenos meteorológicos significativos são fatores que impactam de forma relevante as atividades aeroportuárias e, conseqüentemente, geram prejuízos financeiros devido a cancelamentos e atrasos em voos (Leigh, 1995). Porém, o fator primordial a ser considerado é a segurança de voo, que pode ter comprometimento na sua eficácia por dificuldades nas tomadas de decisão baseadas nas análises de fatores meteorológicos. De acordo com DECEA (2024), " Em 2023, medidas de gerenciamento de fluxo aumentaram significativamente - cerca de 200% em relação a 2022. Esse aumento se deu em função do acréscimo no número de eventos com condições meteorológicas adversas, concomitante à ampliação da demanda ". Dessa forma, o grande desafio nos próximos anos é melhorar a capacidade preditiva de eventos meteorológicos significativos para aviação, visando um melhor planejamento e segurança de voo, com fins ao gerenciamento de aeronaves e atividades aeroportuárias (Mazzarella *et al.*, 2022).

2.1 Ferramenta de automação de mensagens TAF

A implantação de uma ferramenta de confecção de mensagens TAF, como sugestão de aumento de eficiência e eficácia, não exclui outras possíveis implementações, como a redução do intervalo de tempo entre as mensagens TAF, atualmente confeccionadas a cada 6 horas (Jacobs; Maat, 2005), buscando assim, alcançar uma melhor assertividade nas mesmas, permitindo aumentar a precisão e confiabilidade. Aprimorar o informe meteorológico TAF é importante, pois o mesmo é usado como ferramenta de auxílio nas

atividades no planejamento das atividades aeroportuárias de curto e longo prazo, como o exemplificado no trabalho de Avery e Balakrishnan (2015), sendo ainda verificado no trabalho de Zografos, Madas e Salouras (2013). Contudo, o processo manual de confecção de mensagens está propenso a erros na confecção, atrasos na disponibilidade aos usuários, capacidade de esforço homem-hora e profissionais que sejam especializados.

Questiona-se sobre como aprimorar os processos de confecção, tendo em vista a proposta de aumentar a quantidade de mensagens produzidas diariamente. Partindo desse questionamento, foi sugerido por Pagano *et al.* (2016) o uso de automação para diminuir o tempo de elaboração, juntamente com a assimilação de um grande conjunto de dados. Dessa forma, a utilização de modelos matemáticos aplicados no processamento de diferentes conjuntos de dados permite uma análise mais completa e rápida, impulsionando a eficiência operacional. Por outro lado, ressalta a importância de não subestimar os profissionais meteorologistas e os desafios enfrentados ao lidar com falhas nos modelos, pois destaca a complexidade envolvida em todo o processo. Neste sentido, evidencia a necessidade e importância de se manter o equilíbrio no desenvolvimento do projeto, no que diz respeito à interação homem e máquina.

Adicionalmente, George, Haas e Pentland (2014) afirmam que há um grande potencial na análise computacional e que diversas técnicas, como análise de conteúdo e algoritmos de *machine learning*¹, que podem ser utilizadas no auxílio ao reconhecimento de padrões, probabilidade preditiva de um evento e análise de dados em tempo real. Neste contexto, os benefícios de implantação de uma ferramenta de auxílio aos previsores e auxiliares são inúmeros e impactantes no ambiente operacional.

Para desempenhar suas funções de vigilância e previsão meteorológicas, o CIMAER recebe um grande conjunto de dados e insumos, provenientes de múltiplas fontes, sendo utilizados na elaboração de mensagens de alerta e previsão. Neste sentido, a mensagem TAF representa uma das muitas responsabilidades do previsor meteorológico, que tem um grande volume de dados a ser analisado. O estudo de Sharpe, Bysouth e Trueman (2016) apresentam métodos de análise das mensagens TAF, utilizadas pelos grandes centros europeus *Met Office* e *Met Alliance*, localizados respectivamente no Reino Unido e Bélgica. Os referidos centros avaliam a confiabilidade e desempenho das previsões

¹ Aprendizado de Máquina - pode ser entendido como um método de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos.

meteorológicas com diferentes abordagens e metodologias. A complexidade de elaboração das mensagens TAF está relacionada ao elevado número de variáveis que compõem o código, reforçando a necessidade de desenvolvimento de uma abordagem automatizada para a elaboração do mesmo.

Atualmente, o CIMAER confecciona mensagens TAF para 32 localidades, em 4 horários diários. Em 2019, devido algumas tratativas de reestruturação da Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO) e criação da NAV Brasil Serviços de Navegação Aérea S.A. (NAVBRASIL), foi proposto ao CIMAER assumir a confecção de mensagens TAF para um conjunto de 154 localidades aeroportuárias. Diante do exposto, reforça-se que a qualquer momento pode ser solicitado ao CIMAER que assuma a responsabilidade de realizar previsões para um conjunto maior de localidades, mesmo não dispondo de um corpo de previsores para realizar esta tarefa. Essa necessidade reforça ainda mais a importância de uma ferramenta automatizada para confecção de mensagens TAF.

Nesta perspectiva, a implantação de um sistema de gestão para gerenciamento das tarefas do CIMAER, com emprego de recursos computacionais, proporciona aumento da eficiência na confecção das informações meteorológicas.

2.2 O papel fundamental da consciência situacional na tomada de decisões

Em janeiro de 2018, reunimos no CIMAER uma equipe de previsores com um vasto conjunto de habilidades e experiências, trazendo consigo uma bagagem especializada em campos da meteorologia que se aprofundam em regiões específicas do país. O desafio é desenvolver uma consciência situacional na equipe para prover previsões em consenso nas tomadas de decisões necessárias para confecção de mensagens TAF.

Sobre consciência situacional define-se que:

Consciência situacional pode ser pensada como um modelo mental internalizado do estado atual do ambiente de uma pessoa. Todos os dados recebidos de vários sensores e sistemas, do ambiente externo, colegas, membros da equipe e outros devem ser reunidos num todo integrado. Esta imagem integrada forma o recurso central de organização a partir do qual todas as tomadas de decisão e a ação acontece (Endsley, 2021, p. 1–2).

Com a definição de consciência situacional apresentada por Endsley (2021), é possível estabelecer uma relação com o ambiente de trabalho que nos leva a compreender o

contexto ao redor das informações necessárias para fazer uma boa previsão. Neste sentido, a consciência situacional não só impulsiona o desenvolvimento individual, mas trabalha a relação colaborativa de uma equipe com vistas à tomada de decisões estratégicas. Em suma, a capacidade de adaptação e a leitura do ambiente são importantes para atingir os objetivos.

O modelo de consciência situacional apresentado por Endsley (1995) continua relevante atualmente. Ele apresenta três níveis distintos. No primeiro nível, "Percepção dos elementos no ambiente", engloba a percepção do previsor em avaliar as condições meteorológicas no entorno do fenômeno. Isso demanda uma análise do cenário em estudo, compreendendo as condições atmosféricas em toda a sua estrutura (*Top-Down*²). O segundo nível, "Compreensão da situação atual", abrange uma interpretação dos elementos (até então desmembrados) em padrões e características, resultando em uma formação de conceitos sinóticos mais abrangentes. O terceiro nível, "Projeção do estado futuro", aborda a habilidade do previsor de projetar as condições meteorológicas futuras com base no entendimento do estado atual da atmosfera, identificando os fatores que o influenciaram.

Conforme Stuart *et al.* (2006), uma forma de trabalhar com as equipes operacionais do CIMAER, para aprimorar o desempenho nas tomadas de decisões, é enfatizar que uma equipe de previsores reconheça a importância da comunicação objetiva, da honestidade e da capacidade de aceitar críticas e discordâncias, como meio de aperfeiçoar a consciência situacional no ambiente interno da equipe de previsão.

Os estudos anteriores mencionam a importância da consciência situacional no ambiente operacional, destacando sua relevância na adaptação frente aos avanços das novas tecnologias. No entanto, em tempos atuais, por vezes, as atribuições do dia a dia nos levam a concentrar exclusivamente no terceiro nível, negligenciando erroneamente os três fundamentos essenciais para uma boa previsão: observação, interpretação e predição. Nesse sentido, o trabalho descrito por Stuart *et al.* (2006) ressaltam a importância de reconhecer o ambiente de trabalho e interpretá-lo de forma colaborativa para atingir em consenso um objetivo comum.

Nesse contexto, a formação e manutenção da consciência situacional ao ambiente operacional do CIMAER, ao estabelecer diretrizes, procedimentos e treinamentos para

² Metodologia utilizada para análise das condições atmosféricas que se inicia com uma visão ampla em escala sinótica (grande escala) e desce para escalas menores e mais detalhadas.

equipe em consonância com as atividades da doutrina, visa reduzir erros nas análises e interpretações na elaboração de mensagens TAF.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a implantação de uma ferramenta de automação e a consciência situacional surgem como estratégias fundamentais para aprimorar a confecção de TAF pelo CIMAER diante da crescente demanda do Centro. Para garantir a segurança da navegação aérea e maior eficiência e eficácia dos serviços disponibilizados pelo Centro no escopo do SISCEAB, este ensaio propôs uma tese centrada na implantação de gestão de processos aplicada às atividades de meteorologia aeronáutica, com foco especial na automatização das mensagens TAF e leitura do ambiente através da consciência situacional para análise e interpretação das informações meteorológicas, de maneira a garantir uma operacionalidade na elaboração das previsões.

Ao longo das argumentações, evidenciou-se que a automação não apenas reduz o tempo de confecção das mensagens TAF, mas também aumenta a precisão e confiabilidade das previsões, permitindo uma adaptação eficaz às demandas crescentes. Ademais, demonstrou-se que a consciência situacional reduz erros de análise e interpretações, trabalhando de forma colaborativa entre os membros das equipes, como forma de facilitar as tomadas de decisões de mensagens elaboradas.

Diante do exposto, destacam-se os benefícios associados à implantação da gestão de processos aplicada às atividades de meteorologia aeronáutica, como meio de elevar a eficiência e eficácia dos serviços oferecidos pelo CIMAER, aproveitando os ganhos proporcionados pela automação das mensagens meteorológicas TAF e leitura do ambiente. Assim, ao adotar estratégias que combinem automação e consciência situacional, o CIMAER tem o potencial de melhorar significativamente a prestação de serviços de meteorologia aos usuários do SISCEAB em outras áreas como o *Automatic Terminal Information Service*³ (ATIS) e o *Controller Pilot Data Link Communication*⁴ (CPDLC).

³ ATIS - Serviço automático de informação terminal.

⁴ CPDLC - Comunicação piloto-controlador por enlace de dados.

REFERÊNCIAS

- AVERY, J.; BALAKRISHNAN, H. **Predicting airport runway configuration: A discrete-choice modeling approach**. Federal Aviation Administration/EUROCONTROL, 2015.
- DECEA. **Boletim de Performance ATM 2024**. v. 1. Rio de Janeiro: [s. n.], 2024. p. 17. Disponível em:
<https://performance.decea.mil.br/storage/performance/uploads/2024/02/BOLETIM-de-performance-ATM-2024.pdf>.
- ENDSLEY, M. R. **Situation awareness**. Handbook of human factors and ergonomics, Wiley Online Library, p. 434–455, 2021.
- ENDSLEY, M. R. **Toward a theory of situation awareness in dynamic systems**. Human factors, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 37, n. 1, p. 32–64, 1995.
- GEORGE, G.; HAAS, M. R.; PENTLAND, A. **Big data and management**. v. 57. [S. l.]: Academy of Management Briarcliff Manor, NY, 2014. p. 321–326.
- JACOBS, A. J. M.; MAAT, N. **Numerical guidance methods for decision support in aviation meteorological forecasting**. Weather and forecasting, American Meteorological Society, v. 20, n. 1, p. 82–100, 2005.
- LEIGH, R. J. **Economic benefits of terminal aerodrome forecasts (TAFs) for Sydney airport, Australia**. Meteorological Applications, Wiley Online Library, v. 2, n. 3, p. 239–247, 1995.
- MAZZARELLA, V.; MILELLI, M.; LAGASIO, M.; FEDERICO, S.; TORCASIO, R. C.; BIONDI, R.; PARODI, A. **Is an NWP-Based Nowcasting System Suitable for Aviation Operations?** Remote Sensing, MDPI, v. 14, n. 18, p. 4440, 2022.
- PAGANO, T. C.; PAPPENBERGER, F.; WOOD, A. W.; RAMOS, M. H.; PERSSON, A. **Automation and human expertise in operational river forecasting**. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, Wiley Online Library, v. 3, n. 5, p. 692–705, 2016.
- SHARPE, M. A.; BYSOUTH, C. E.; TRUEMAN, M. **Towards an improved analysis of Terminal Aerodrome Forecasts**. Meteorological Applications, Wiley Online Library, v. 23, n. 4, p. 698–704, 2016.

STUART, N. A.; MARKET, P. S.; TELFEYAN, B.; LACKMANN, G. M.; CAREY, K.; BROOKS, H. E.; REEVES, K. **The future of humans in an increasingly automated forecast process.** Bulletin of the American Meteorological Society, JSTOR, v. 87, n. 11, p. 1497–1502, 2006.

ZOGRAFOS, K. G.; MADAS, M. A.; SALOURAS, Y. **A decision support system for total airport operations management and planning.** Journal of advanced transportation, Wiley Online Library, v. 47, n. 2, p. 170–189, 2013.

portation, Wiley Online Library, v. 47, n. 2, p. 170–189, 2013.