



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

HUMBERTO ALMEIDA **FARIAS** JÚNIOR, Cap Av

Flight Data Monitoring: a prevenção consistente de acidentes aeronáuticos

Rio de Janeiro
2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

HUMBERTO ALMEIDA **FARIAS** JÚNIOR, CAP Av

Flight Data Monitoring: a prevenção consistente de acidentes aeronáuticos

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: Segurança de Voo

Orientador: Alexandre Fontoura da Silva,
Ten Cel Inf

Rio de Janeiro

2022

HUMBERTO ALMEIDA **FARIAS** JÚNIOR, Cap Av

Flight Data Monitoring: a prevenção consistente de acidentes aeronáuticos

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

Aprovado por:

Alexandre **Fontoura** da Silva, Maj Inf
EAOAR

Isabel Corrêa da **Costa** Mileski, Maj Dent
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

O monitoramento de dados de voo tem se mostrado um poderoso aliado na busca pelo aprimoramento das operações aéreas e pela melhoria dos índices de segurança na comunidade da aviação mundial. A análise dos dados ao longo da rotina de operações aéreas pode proporcionar elementos outrora não diagnosticados pelos métodos convencionais utilizados pela Gestão de Segurança de Voo da FAB. A adoção de condutas de segurança pertinentes requer uma abordagem precisa para cada contexto operacional onde a atividade aérea se desenvolve. Logo, a utilização do *Flight Data Monitoring* (FDM) representa um passo expressivo rumo a uma prevenção de acidentes mais consistente, proporcionando atualizações relevantes aos protocolos de prevenção e, por consequência, garantindo o aprimoramento da Gestão de Segurança de Voo na FAB. Considera-se que a implementação do FDM eleva a prevenção de acidentes a um modo preditivo de atuação ao fornecer parâmetros para um diagnóstico antecipado de ameaças operacionais. Além disso, o monitoramento de dados de voo pode construir uma base sólida para o controle de qualidade das operações ao proporcionar um acompanhamento integral da rotina de voos e da atuação das tripulações. Os benefícios proporcionados pela adoção da metodologia podem, ainda, ser usufruídos pela logística e manutenção das aeronaves, bem como podem ser aplicados no gerenciamento do tráfego aéreo.

Palavras-chave: *Flight Data Monitoring*. Prevenção de Acidentes. Gestão da Segurança de Voo.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) possui em sua filosofia as ideias de que todo acidente pode ser evitado, bem como todo acidente tem um precedente. Nesse contexto se desenvolve um dos grandes desafios relacionados à prevenção de acidentes: fortalecer um sistema não apenas em resposta às ocorrências, mas também por meio de iniciativas que visam antevê-las.

Assim, seguindo o propósito de tornar a aviação uma atividade cada vez mais segura, um esforço crescente de diversas partes tem sido desempenhado para o aprimoramento dos mecanismos de prevenção. Uma das principais ferramentas adotadas pela aviação comercial é o *Flight Data Monitoring* (FDM), uma metodologia que acompanha os parâmetros relacionados ao desempenho e à operação das aeronaves, onde tanto dados relevantes como aceleração, altitude, velocidade, inclinação nos eixos quanto milhares outros podem ser coletados, a fim de que sejam rotineiramente analisados.

Já no contexto da FAB, que conta tanto com projetos já consagrados quanto aeronaves recém-desenvolvidas e em processo de incorporação, o FDM não é utilizado. Logo, a prevenção de acidentes restringe-se a atuar de modo reativo, ou seja, por meio das medidas levantadas pelos procedimentos de investigação, e proativo, através da mitigação das condições latentes identificadas após eventos relacionados a lapsos de segurança, dependendo, nesse nível, de iniciativas voluntárias ou normativas para ser efetiva. Diante disso, este trabalho tem por objetivo defender que a adesão à prática de monitoramento de dados de voo aprimora a Gestão da Segurança de Voo na FAB.

Para fundamentar tal proposta, argumenta-se que a implementação da metodologia eleva as ações de prevenção de acidentes a um modo preditivo de atuação por meio do diagnóstico antecipado das ameaças operacionais presentes.

Argumenta-se, ainda, que o referido método otimiza o controle de qualidade da operação, fornecendo o monitoramento integral da atuação dos pilotos e, conseqüentemente, proporcionando um panorama realista de desempenho das tripulações em cenários diversos.

2 DESENVOLVIMENTO

A filosofia *Threat and Error Management* (TEM) atribui aos erros e às ameaças os estágios iniciais que precedem um acidente e à condição de *Undesired Aircraft State* (UAS) o último estágio (MAURINO, 2006). Essa condição representa uma circunstância operacional indesejada e não intencional, na qual as margens de segurança são significativamente reduzidas. Logo, conhecer os erros e a frequência com que ocorrem, bem como mapear adequadamente as ameaças existentes constituem um desafio para a Gestão da Segurança de Voo na FAB. Segundo Kanki, Anca e Chidester (2019), o fato de um voo ter transcorrido normalmente não implica que os pilotos foram à prova de erros ou que não foram expostos a ameaças. Logo, mesmo em um voo “normal”, uma tripulação exerce, reiteradamente, seu julgamento na tentativa de gerenciar tais ameaças, bem como utiliza estratégias para mitigar seus erros, com o propósito de evitar a todo custo que o último estágio (UAS) seja alcançado. Nesse contexto, ao propiciar uma leitura integral dos cenários rotineiramente presenciados pelos pilotos, a prática do monitoramento de dados tem se mostrado uma poderosa aliada no mapeamento de eventos incomuns, fornecendo indicadores para a adoção de condutas à Gestão da Segurança de Voo.

2.1 O FDM como Ferramenta Preditiva

Atualmente, as ferramentas de monitoramento de dados de voo operadas por empresas da aviação comercial utilizam a técnica de predispor um *software* de análise para identificar os *exceedances*, que são eventos relacionados ao não cumprimento de parâmetros de voo previamente definidos, de acordo com as preferências e as margens requeridas pelo operador. Ao serem detectados, esses eventos são automaticamente classificados por gravidade e relevância e tratados conforme a política exercida por cada usuário da ferramenta.

De modo contrastante a essa realidade, nas Unidades Aéreas da FAB os eventos relacionados a lapsos de segurança são coletados por meio do reporte voluntário ou, ainda, por notificação compulsória para eventos mais severos. Assim, dependendo da cultura de reporte da Organização, é possível que exista uma subnotificação desses eventos de interesse, o que, de certa forma, pode comprometer a análise do real cenário em que a Unidade está envolvida. Ao

conceber a adoção de uma ferramenta FDM por Unidades Aéreas da FAB, considera-se que à medida em que as operações forem conduzidas e monitoradas, os dados armazenados permitirão a observação tanto dos voos “normais” quanto dos voos com algum tipo de intercorrência. Esses parâmetros, que nada mais são do que o resultado da interação entre a performance dos pilotos e as ameaças, carregam consigo informações para toda sorte de aplicação, seja no Fator Operacional, Material ou Humano. Porém, se a utilização dessa ferramenta for restrita à coleta e ao monitoramento apenas, embora possua um leque ampliado acerca do quantitativo de eventos de interesse, a prevenção transitará nos níveis reativo-proativo, o que ainda é próximo da realidade das ações de prevenção empreendidas no contexto operacional da FAB. Contudo, se a ferramenta for associada a um método probabilístico, é possível considerar novas condutas mitigadoras para eventos que ainda não se consolidaram, elevando então a prevenção a um patamar preditivo nas Unidades Aéreas.

Uma consagrada ferramenta estatística é a Simulação de Monte Carlo. O método, que consiste em reproduções aleatórias por uso de algoritmo, fornece uma distribuição de valores das probabilidades de um evento acontecer. Ao ser associado a uma ferramenta FDM, o método pode fornecer uma expectativa de quando um acidente pode vir a acontecer, conforme proposto por Li *et al.* (2015), Das e Dey (2016) e Lee (2020). Ainda assim, a modalidade de aproveitamento dos dados do FDM associados a métodos probabilísticos tem sido revisitada, principalmente com o propósito de otimizar a identificação de eventos que podem não ter sido capturados pela parametrização utilizada, a fim de detectar ocorrências para as quais não existem filtros pré-determinados. Contudo, a aplicação de técnicas de *Machine Learning* é capaz de fechar essa lacuna (OEHLING; BARRY, 2019).

Eventos relevantes relacionados à segurança de voo geralmente apresentam alguns indícios, situações incomuns que precedem a ocorrência propriamente dita. Assim, o monitoramento de dados traz à tona características da operação que não poderiam ser apreciadas apenas por meio de relatos das tripulações, como ocorre na FAB atualmente. Segundo Bleu Laine, Puranik e Mavris (2022), essa busca ostensiva por precursores visa compreender as razões por trás de um incidente, a fim de otimizar a capacidade de identificar prenúncios, para o alerta antecipado aos operadores sobre o potencial de um evento adverso futuro em uma Unidade Aérea.

2.2 O FDM como Ferramenta Determinística

Aeronaves modernas são capazes de gerar mais de 2.000 parâmetros de voo por segundo (PADMANABAN; MAHENDRAN, 2015). Apesar do enorme potencial de informações contidas nesta considerável massa de dados, é preciso minerar e trabalhar esses indicativos a fim de que sejam ferramentas úteis ao processo de aprimoramento do desempenho das tripulações. A capacidade de aprofundamento da funcionalidade desses parâmetros depende, exclusivamente, dos sensores disponíveis na aeronave e dos equipamentos de solo. Segundo a *Federal Aviation Administration* (FAA), existem diversos campos promissores para proveito dessa metodologia, como questões meteorológicas, segurança operacional, desempenho da aeronave, desempenho de sistema da aeronave, desempenho da tripulação, programas de treinamento e eficácia do treinamento.

Além da finalidade estatística, a análise de dados do voo pode, de um modo geral, proporcionar o acesso a importantes informações das mais diversas áreas de uma Unidade Aérea. Tomando como foco o escopo operacional, a realidade do emprego de uma ferramenta FDM permitiria que, de forma simples e confiável, o setor de doutrina, responsável pela concepção e padronização de procedimentos, realize um acompanhamento contínuo do desempenho das tripulações, a fim de que esse seja comparado aos procedimentos operacionais padrão, conhecidos por *Standard Operating Procedures* (SOP).

Nesse contexto, tomando como base números recentes da *International Civil Aviation Organization* (ICAO) é possível classificar cinco principais áreas de alto risco, nas quais os acidentes com maiores índices de fatalidade se distribuem: *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT), *Loss of Control In Flight* (LOC-I), *Mid-Air Collision* (MAC), *Runway Excursion* (RE) e *Runway Incursion* (RI). Para fins de exemplificação, ao observar isoladamente os eventos relacionados às excursões de pista (RE), que são eventos nos quais a aeronave extrapola os limites do campo de pouso ou decolagem, de acordo com a *Flight Safety Foundation* (FSF), os principais fatores contribuintes para esse tipo de evento estão relacionados às seguintes áreas: condições climáticas, técnica empregada, desempenho da tripulação e sistemas disponíveis (FSF, 2009).

Considerando exclusivamente a execução da técnica de pouso, uma ferramenta FDM permitiria a uma Unidade Aérea, por exemplo, acompanhar a

atuação de suas tripulações no que diz respeito ao emprego do que é treinado *versus* o que de fato é exercido pelas tripulações, correlacionando-os com os resultados esperados e os ocorridos, a exemplo do abordado por Wang, Wu e Sun (2013), onde foi possível, aplicando uma ferramenta FDM, relacionar a distância de pouso às técnicas de execução da manobra utilizadas pelos pilotos e ministrar acerca da importância da conduta a fim de evitar eventos de pouso longo. Corroboram, ainda, para a importância desse tipo de análise, os achados por Puranik e Mavris (2018), onde foi possível estabelecer por meio de uma metodologia genérica a identificação de registros de dados para voos anômalos nas fases de aproximação e pouso.

Uma experiência de sucesso acerca da utilização de uma ferramenta FDM por uma instituição militar sucedeu-se na aviação naval norte-americana, onde uma ferramenta, designada *Military Flight Operations Quality Assurance* (MFOQA), foi implantada em 2006, conforme segue:

Pode (MFOQA) melhorar as operações de voo ao fornecer um meio para monitorar a adesão da tripulação aos procedimentos e perfis de voo prescritos e determinar mudanças apropriadas nos procedimentos operacionais padrão, bem como avaliar objetivamente o impacto de tais mudanças. Isto pode ser usado pelo pessoal de segurança em um ambiente não intrusivo, a fim de monitorar o quão bem as tripulações aderem a certas diretrizes de segurança (HAAS *et al.*, 2008, p. 1558, tradução nossa).

No contexto operacional da FAB, há análise de dados apenas por ocasião dos procedimentos de investigação de ocorrências aeronáuticas, por intermédio do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Entretanto, uma prática que se assemelha, porém ainda de maneira distante do verdadeiro potencial de uso do FDM, é aplicada em Unidades da Aviação de Caça, onde o desempenho dos pilotos é observado durante partes e manobras específicas do voo, por meio de um dispositivo de “Crítica Vídeo”. Contudo, a referida prática tem teor estritamente voltado à análise de desempenho, não empreendendo qualquer outro valor à análise que não seja o aspecto avaliativo.

Nesse sentido, ressalta-se que a adoção do FDM tem potencial para ir além do seu mero uso reativo nas Unidades Aéreas, possibilitando o aperfeiçoamento da gestão do desempenho operacional, fornecendo parâmetros de forma contínua e integral da atuação dos pilotos, permitindo o controle da qualidade através da identificação de deficiências e oportunidades de melhoria de forma ativa.

3 CONCLUSÃO

A utilização da metodologia FDM no contexto da aviação mundial tem se consolidado como uma robusta ferramenta na busca por melhores índices de segurança. O FDM proporciona, de modo preciso, parâmetros funcionais com recursos capazes de impactar positivamente as diversas áreas envolvidas na operação de aeronaves.

Ao fornecer precursores de eventos de interesse que, na atual realidade de uma Unidade Aérea, poderiam não ser diagnosticados pelos métodos convencionais e em virtude da possibilidade de associação a modelos matemáticos de predição, o FDM demonstra sua potencialidade para apurar os registros e aperfeiçoar as práticas compreendidas na política de prevenção de acidentes aeronáuticos da FAB. Dessa forma, esse trabalho defende que a adesão à metodologia de monitoramento de dados de voo aprimora a Gestão de Segurança de Voo na FAB.

A argumentação inicial teve como foco discutir a possibilidade de emprego do FDM nas Unidades Aéreas da FAB como ferramenta estatística para o monitoramento da recorrência de eventos de interesse. Foi possível observar que a implementação da metodologia eleva as ações de prevenção de acidentes a um modo preditivo de atuação por meio do diagnóstico antecipado das ameaças operacionais presentes.

Posteriormente, argumentou-se acerca do uso do FDM no levantamento qualitativo de precursores de eventos adversos, a fim de monitorar a atuação das tripulações nos variados cenários que o dinâmico contexto operacional proporciona. Foi observado que o referido método otimiza o controle de qualidade da operação, fornecendo o monitoramento integral da atuação dos pilotos e, conseqüentemente, proporcionando um panorama realista de desempenho das tripulações em cenários diversos.

Por todo o exposto, o presente trabalho evidenciou a relevante contribuição que o FDM representa para a Gestão de Segurança de Voo na FAB, permitindo que as Unidades Aéreas possam, antecipadamente, detectar tendências e adotar medidas preventivas mais consistentes, podendo, ainda, ter sua utilização expandida à logística e manutenção das aeronaves, assim como ao gerenciamento do tráfego aéreo.

REFERÊNCIAS

BLEU LAINE, M.; PURANIK, T. G.; MAVRIS, D. N.; MATTHEWS, B. Multiclass Multiple-Instance learning for predicting precursors to aviation safety events. **Journal of Aerospace Information Systems**, Reston, v. 19, n. 1, p. 22-36, 2022.

DAS, K. P.; DEY, A.K. Quantifying the risk of extreme aviation accidents. **Physica A: statistical mechanics and its applications**, Amsterdã, v. 463, p. 345-355, 2016.

FAA, Federal Aviation Administration, **Advisory Circular 120-82**, Flight Operational Quality Assurance. Washington, DC, 2004. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-82.pdf Acesso em: 16 out. 2022.

FSF, Flight Safety Foundation. **ALAR Tool Kit, Briefing Note 8.1 2009**. Disponível em: <https://www.skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/865.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

HAAS, D.; WALKER, J.; KOUGH, L. Using flight data to improve operational readiness in naval aviation. **Annual Forum Proceedings-American Helicopter Society**. American Helicopter Society, INC, Montreal, p. 1545-1559, 2008.

ICAO, International Civil Aviation Organization. **Safety Report, 2022**. Montreal, 2022, Disponível em: https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2022.pdf. Acesso em: 16 out. 2022.

KANKI, B. G.; ANCA, J.; CHIDESTER, T. R. **Crew resource management**. 3.ed. London: Academic Press, 2019.

LEE, H.; MADAR, S.; SAIRAM, S.; PURANIK, T. G.; PAYAN, A. P.; KIRBY, M.; PINON, O. J.; MAVRIS, D. N. Critical parameter identification for safety events in commercial aviation using machine learning. **Aerospace**, Atlanta, v. 7, n. 6, p. 73-96, 2020.

LEE, H.; PURANIK, T. G.; MAVRIS, D. N. Sensitivity analysis of predictive machine learning models to aircraft dynamics during flare maneuver. **AIAA Aviation 2022 Forum**, Chicago, p. 3612-3623, 2022.

LI, L.; DAS, S.; JOHN HANSMAN, R.; PALACIOS, R.; SRIVASTAVA, A. N. Analysis of flight data using clustering techniques for detecting abnormal operations. **Journal of Aerospace information systems**, Reston, v. 12, n. 9, p. 587-598, 2015.

MAURINO, D.; Canadian Aviation Safety. Threat and error management (TEM). **Canadian Aviation Safety Seminar (CASS)**, Vancouver, p. 18-20, 2005.

OEHLING, J.; BARRY, D.J. Using machine learning methods in airline Flight Data Monitoring to generate new operational safety knowledge from existing data. **Safety science**, Cranfield, v. 114, p. 89-104, 2019.

PADMANABAN, S.; MAHENDRAN, S. M. E. Enhancing Flight Data Monitoring and analysis can increase flight safety. **Journal of Aeronautics & Aerospace Engineering**, Chennai, v. 4, n. 143-147, p. 2, 2015.

PURANIK, T. G.; MAVRIS, D. N. Aircraft anomaly detection in general-aviation operations using energy metrics and flight-data records. **Journal of Aerospace Information Systems**, Atlanta, v. 15, n. 1, p. 22-36, 2018.

WANG, L.; WU, C; SUN, R. Pilot operating characteristics analysis of long landing based on flight QAR data. **International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics**, Berlin, p. 157-166, 2013.