



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

DIEGO FERNANDES **IVANTES**, Cap Av

Emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas na Inspeção em Voo

Rio de Janeiro
2022

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

DIEGO FERNANDES **IVANTES**, Cap Av

Emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas na Inspeção em Voo

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: Marcelo Viegas Neves, Ten Cel Esp Fot

Rio de Janeiro

2022

DIEGO FERNANDES **IVANTES**, Cap Av

Emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas na Inspeção em Voo

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

Aprovado por:

Marcelo **Viegas** Neves, Ten Cel Esp Fot
EAOAR

Alexandra Vidal Pedinotti Zuma, Maj Farm
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

A atividade de inspeção em voo é obrigatória para o funcionamento dos auxílios à navegação aérea e, portanto, contribui para o crescimento do setor de aviação. Durante as inspeções, quando é necessário realizar ajuste nos equipamentos pela equipe técnica, a aeronave de inspeção permanece em espera em voo, sem realizar nenhuma ação produtiva. Neste momento é possível observar certo desperdício de recursos e emissão desnecessária de GEE, que podem ser mitigados. Buscar eficiência financeira e sustentabilidade para o cumprimento da missão é realidade na Força Aérea Brasileira. Dessa forma, adotar boas práticas na inspeção em voo também se faz necessário. Este ensaio acadêmico defende a tese de que a implantação do emprego das aeronaves remotamente pilotadas (ARP) na inspeção em voo de PAPI proporcionará eficiência e sustentabilidade no cumprimento da missão. A fim de sustentar essa tese, argumenta-se que com o emprego das ARPs haverá economia dos recursos financeiros necessários para custear o valor das horas de voo utilizadas em uma inspeção em voo de PAPI. E como segundo argumento destaca-se que o modelo proposto propiciará redução da emissão de gases nocivos à atmosfera, garantindo benefícios ao meio ambiente e à sociedade. Por fim, destaca-se que o *modus operandi* proposto poderá ser aplicado também para a inspeção dos demais auxílios à navegação aérea, como o ILS e o VOR, ampliando ainda mais os ganhos e consolidando a posição de destaque que a Força Aérea Brasileira ocupa em relação à qualidade da prestação de serviços de controle de tráfego aéreo.

Palavras-chave: Inspeção em Voo. Aeronaves Remotamente Pilotadas. Sustentabilidade Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país signatário dos acordos da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), agência que surgiu para viabilizar a operação segura da aviação entre países por meio da definição de normas regulatórias e práticas recomendadas. Dentre os critérios exigidos pela OACI, existe a inspeção em voo dos equipamentos de auxílio à navegação aérea. No Brasil essa atividade é realizada pelo Grupo Especial de Inspeção em Voo (GEIV), Unidade Aérea subordinada ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

A inspeção em voo consiste, basicamente, em utilizar aeronave e tripulação certificadas para verificar, no ar, se os parâmetros dos auxílios estão de acordo com os padrões estabelecidos. A inspeção ocorre tanto no momento de homologação do equipamento quanto periodicamente para mantê-lo em operação. Quando necessário, a tripulação comanda à equipe técnica de manutenção, que permanece em terra, as ações para que seja realizada a calibração do auxílio. Após esses procedimentos realizados, é emitido um relatório, com parecer satisfatório ou deficiente, que permite ao administrador do aeroporto manter, ou não, o auxílio ligado para operação.

Dentre os equipamentos que são utilizados, existe o *Precision Approach Path Indicator* (PAPI), que auxilia as aeronaves durante o procedimento de pouso visual. O PAPI é formado por um grupo de 4 caixas e, por meio de um sistema de combinação de luzes, indica às aeronaves o ângulo de descida ideal para o pouso, ou rampa de pouso. Existem também os equipamentos eletrônicos que, por meio do envio de sinais aos instrumentos de bordo da aeronave, fornecem auxílio ao pouso por instrumentos, como o *VHF Omnidirectional Range* (VOR) e o *Instrument Landing System* (ILS).

A visualização das luzes das caixas do PAPI, auxílio foco deste ensaio, alterna-se entre as cores branca e vermelha, e o piloto somente enxerga uma cor de cada vez em cada caixa, a depender do ângulo de rampa de pouso em que a aeronave se encontra em relação ao sistema. Cada caixa é ajustada para um determinado ângulo ideal, fazendo com que o piloto consiga enxergar cinco possíveis situações de rampa: muito alto, 4 luzes brancas; ligeiramente alto, 3 luzes brancas e 1 vermelha; na rampa ideal, 2 luzes brancas e 2 vermelhas; ligeiramente abaixo, 3 luzes vermelhas e 1 branca; muito abaixo da rampa, 4 luzes vermelhas.

Para calibrar o PAPI, a aeronave do GEIV realiza uma passagem para medir, por meio do sistema embarcado de inspeção em voo, o ângulo de transição da luz

vermelha para a branca de cada caixa. Quando o valor encontrado está fora do limite de tolerância previsto, a tripulação comanda a correção necessária à equipe técnica, via rádio de comunicação, e a aeronave aguarda em voo até a equipe informar que o ajuste foi finalizado. Então realiza-se novamente a passagem de medição dos ângulos e, se estiverem corretos, prossegue-se o restante do perfil do voo.

Conforme a necessidade dos ajustes, esse momento de espera pode ocorrer diversas vezes em uma inspeção, tornando-se um desperdício de recursos financeiros, pois nenhuma ação produtiva está sendo executada pela aeronave, e congestionando o tráfego aéreo local. Diante disso, este ensaio defende a tese de que a implantação do emprego das aeronaves remotamente pilotadas (ARP) na inspeção em voo de PAPI proporcionará eficiência e sustentabilidade no cumprimento da missão.

A fim de sustentar essa tese, argumenta-se que, com o emprego das ARPs, haverá economia dos recursos financeiros necessários para custear o valor das horas de voo utilizadas em uma inspeção em voo de PAPI. E como segundo argumento destaca-se que o modelo proposto propiciará redução da emissão de gases nocivos à atmosfera, garantindo benefícios ao meio ambiente e à sociedade.

2 DESENVOLVIMENTO

O emprego de ARPs, popularmente conhecidas como drone, é solução viável para a inspeção em voo do PAPI por ser um auxílio visual com métodos de inspeção mais simples, diferentemente do que ocorre com os auxílios eletrônicos como o VOR e o ILS. Além disso, a proximidade da pista e a baixa altura em que se pode realizar a medição do ângulo viabilizam a utilização do drone.

Com as evoluções tecnológicas, os sensores e componentes necessários a um sistema de inspeção em voo foram reduzidos a tamanho suficiente para serem acoplados a drones e permitem calcular sua posição em relação a determinada referência com o padrão de precisão exigido para a atividade (BARRADO *et al.*, 2013). Trazendo essas características para atender as necessidades de verificação do PAPI, o drone pode ser posicionado no local exato em que ocorre a transição da cor da luz da caixa do PAPI, visualizando essa troca por meio de uma câmera, e o sistema irá calcular o ângulo em que o drone se encontra (ABRUNHOSA, 2017).

A proposta deste trabalho é aproveitar as capacidades descritas para realizar a calibração dos ângulos do PAPI com o drone em momento prévio ao voo do GEIV.

Dessa forma, a tripulação certificada em inspeção em voo irá decolar com o auxílio já ajustado, mitigando o desperdício de horas de voo que ocorre nos momentos de ajuste.

2.1 Eficiência econômica

O termo eficiência possui algumas definições que variam conforme o contexto a que se referem. Como a inspeção em voo é realizada pela FAB, será dado enfoque nos conceitos de eficiência na administração pública, que possui obrigação de obedecer ao princípio da eficiência previsto na Constituição Federal (BRASIL, 1988).

Apesar de o princípio da eficiência ter natureza jurídica por estar previsto na Constituição, eficiência é um conceito econômico, pois visa guiar a administração pública a atingir resultados melhores, com custos menores. Esse princípio também exige que os gestores atuem de forma a mitigar o desperdício de recursos (CAMARGO; GUIMARÃES, 2013).

Leite (2011, p. 262) afirma que o princípio da eficiência “[...] se insere no contexto da reforma do Estado, também chamada de reforma administrativa, tendo por finalidade a busca da qualidade no serviço público, evitando-se os desperdícios.”.

Percebe-se um alinhamento nos pensamentos dos autores quanto à necessidade de reduzir desperdícios e custos quando se busca uma administração eficiente. Portanto, a aeronave do GEIV decolar com o PAPI já calibrado previamente pelo drone representa uma ação direta nessa busca, tendo em vista a redução do tempo de voo necessário para cumprir a missão e do custo com horas de voo.

Barrado *et al.* (2013) afirmam que os drones possuem um custo de hora de voo inferior ao das aeronaves convencionais e que, por se tratar de algo ainda em evolução, parte dos gastos são considerados não recorrentes, pois envolvem as fases de pesquisa e desenvolvimento dos projetos. Sendo assim, esse custo tende a ser cada vez menor.

Abrunhosa (2017) também destaca em seu trabalho, dentre outras vantagens, a redução do custo ao se utilizar drone para inspeção de PAPI, tanto pela questão da diferença entre o valor da hora do drone e o das aeronaves convencionais quanto pela agilidade do método proposto.

Segundo o Programa Anual de Inspeção em Voo (PROINV), está previsto para ano de 2022 a inspeção em voo de pouco mais de 100 auxílios PAPI com estimada de se utilizar cerca de 120 horas de voo para inspecioná-los (BRASIL, 2022). Cabe

destacar que essa previsão de horas pode facilmente aumentar devido ao constante crescimento do volume de tráfego aéreo dos aeroportos brasileiros. As passagens do GEIV estão sempre sujeitas à autorização do controlador de voo, que deve coordenar para que elas ocorram sem causar muitos impactos no tráfego aéreo local. Por esse motivo, tanto as aeronaves do GEIV quanto as demais realizam esperas em função das características das passagens de inspeção.

O número de auxílios inspecionados tende a se repetir anualmente devido à periodicidade com que devem ser checados e à forma como o GEIV organiza seu cronograma para cumprir todas as inspeções no Brasil. Considerando que o valor da hora de voo das aeronaves do GEIV é de cerca de 3.000 dólares, torna-se evidente a relevância da economia que haverá para a FAB ao se empregar ARPs na missão de inspeção de PAPI.

2.2 O meio ambiente e a sociedade

O setor de aviação é um dos grandes responsáveis pelo avanço da globalização mundial. Entretanto, atualmente representa 3,5% das atividades humanas que acarretam mudanças climáticas. Após análises e cálculos, que consideraram a emissão dos gases de efeito estufa (GEE) provenientes da aviação entre os anos 2000 e 2018, concluiu-se que além do dióxido de carbono (CO₂), um dos mais conhecidos contribuintes para essas mudanças climáticas, outros gases emitidos pelos aviões também são nocivos à atmosfera, aumentando a participação da aviação no fenômeno do aquecimento global (LEE *et al.*, 2020).

Uma série de medidas tem sido tomadas no mundo todo visando diminuir esses impactos e evitar que o contínuo crescimento do setor ocorra sem levar em consideração a sustentabilidade ambiental, especialmente medidas de combate à emissão dos GEE. Por isso, torna-se importante a FAB também adotar práticas sustentáveis, como o emprego do drone na inspeção em voo.

A Concepção Estratégica Força Aérea 100 reconhece a importância de se pensar em sustentabilidade para o desenvolvimento de uma Força moderna (BRASIL, 2018). Da mesma forma, o DECEA busca, por meio do programa SIRIUS, modernizar o Sistema de Controle do Espaço Aéreo, acompanhando as constantes demandas provenientes da evolução do setor de aviação, sendo a redução nas emissões de gases nocivos à atmosfera um dos legados que o programa visa.

Alguns autores fazem associações diretas entre o conceito de sustentabilidade e o desenvolvimento tecnológico, por exemplo:

Falar em sustentabilidade significa refletir sobre a realidade que vivenciamos, na qual o bem-estar advindo de **inovações tecnológicas** pode custar a perda de biodiversidade, esgotamento de recursos naturais, **mudanças climáticas**, desigualdade social e pobreza. (MACÊDO, 2015, p. 99, grifo nosso).

Dessa forma, entende-se que os avanços tecnológicos são fonte de bem-estar para a sociedade, porém é preciso raciocinar com os seus impactos negativos e adotar medidas para mitigá-los. É importante lembrar também que o ser humano faz parte do meio e, por isso, o uso de seus recursos deve ser racional.

[...] ao se ter uma visão abrangente do meio ambiente, no qual vivemos, entende-se que nós, seres humanos constituímos parte integrante do mesmo e nessa ótica de desenvolvimento sustentável fica evidente que se pode ter o progresso material com a preservação dos recursos e serviços ecossistêmicos por sucessivas gerações. (ROSS, BECKER, 2012, p. 865).

O mundo inteiro está com os olhos atentos aos impactos que todas as evoluções da sociedade têm causado ao planeta, mostrando a importância que é dada ao conceito de desenvolvimento sustentável criado em 1987 pelo Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD). O Relatório define o desenvolvimento sustentável como aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991, p. 46). Portanto, deve-se objetivar a evolução, a fim de obter melhor qualidade de vida para sociedade atual, mas sem que ela comprometa o futuro, garantindo equidade entre as gerações.

Medidas operacionais e otimização do tráfego aéreo contribuem positivamente para a sustentabilidade da aviação (LIMA, 2021). A calibração prévia do PAPI, realizada pelo drone, permitirá que a missão seja concluída pela aeronave do GEIV com significativa redução de horas de voo, se comparada com a atual operação. Essa otimização, proporcionada pelo emprego das aeronaves remotamente pilotadas, acarretará redução da emissão de GEE por parte da aeronave de inspeção e também das demais aeronaves que estão operando naquele aeroporto.

3 CONCLUSÃO

A atividade de inspeção em voo está diretamente ligada ao crescimento do país, tendo em vista que é obrigatória para as operações do setor de aviação e este é um dos principais responsáveis pelo nível de globalização atual.

O contexto orçamentário da FAB e as diretrizes de comando nos encorajam a encontrar novas soluções para continuar cumprindo a missão com excelência e, sempre que possível, com custos menores. A quantidade de horas de inspeção em voo de PAPI dos aeroportos do Brasil representa alta relevância em termos de custo, sendo motivo para a busca de novos métodos.

Conforme visto neste ensaio, o emprego de aeronaves remotamente pilotadas para a medição dos ângulos do PAPI em momento anterior ao voo de inspeção é viável. Dessa forma, a decolagem do GEIV ocorrerá com o auxílio já calibrado, diminuindo o tempo de espera em voo que as aeronaves se submetem quando se faz necessário ajuste do equipamento por parte da equipe técnica.

Por esses motivos, este ensaio defende a tese de que a implantação do emprego das aeronaves remotamente pilotadas (ARP) na inspeção em voo de PAPI proporcionará eficiência e sustentabilidade no cumprimento da missão.

Em relação à eficiência, foi abordado o aspecto da eficiência financeira, fundamental na administração pública. Foi demonstrado que haverá economia dos recursos financeiros necessários para custear o valor das horas de voo utilizadas em uma inspeção, devido à mitigação do desperdício que ocorre nos momentos de espera e ao custo de hora de voo do drone ser menor que o das aeronaves convencionais.

Também foi explanado sobre a importância de a FAB adotar medidas de sustentabilidade ambiental em suas missões, sendo evidenciado que o emprego das ARPs propiciará redução da emissão de gases nocivos à atmosfera, garantindo benefícios ao meio ambiente e à sociedade. A redução da emissão de GEE ocorrerá tanto por parte das aeronaves do GEIV quanto das demais aeronaves que estão utilizando o aeroporto durante uma inspeção.

Por fim, destaca-se que o *modus operandi* proposto poderá ser adaptado e implantado também para a inspeção dos demais auxílios à navegação aérea, como o ILS e o VOR, ampliando ainda mais a economia de recursos financeiros e os benefícios ao meio ambiente. Além disso, essa ampliação contribuirá com a consolidação da posição de destaque que a Força Aérea Brasileira ocupa em relação à qualidade da prestação de serviços de controle de tráfego aéreo.

REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, M. L. **Categoria Iniciativas de Inovação 2º Lugar: Uso de RPAS para inspeção em voo de PAPI**. Brasília: Escola de Administração Fazendária, 2017. (Coleção Prêmio Aviação - Conhecimento e Inovação). Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/5016>. Acesso em: 27 set. 2022.
- BARRADO, C. *et al.* Remote flight inspection using unmanned aircraft. **Journal of aircraft**, [S. l.], v. 50, n. 1, p. 38-46, 2013. Disponível em: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.C031450>. Acesso em: 20 set. 2022.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 1/SDOP, de 21 de março de 2022. Aprova a edição do Programa Anual de Inspeção em Voo que dispõe sobre o esforço aéreo necessário para o Grupo Especial de Inspeção em Voo em 2022 (PROINV). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 67, f. 272, de 8 abr. de 2022.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição da Concepção Estratégica – Força Aérea 100 (DCA 11-45). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 180, f. 11265, de 15 out. 2018.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 28 set. 2022.
- CAMARGO, F. O.; GUIMARÃES, K. M. S. O princípio da eficiência na gestão pública. **Revista CEPPG**, [S. l.], v. 28, p. 133-145, 2013.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- LEE, D. S. *et al.* The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. **Atmospheric Environment**, [S. l.], v. 244, p. 117834, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>. Acesso em: 3 out. 2022.
- LEITE, R. V. O princípio da eficiência na Administração Pública. **Revista de Direito Administrativo**, [S. l.], v. 226, p. 251–264, 2001. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rda/article/view/47245>. Acesso em: 29 set. 2022.
- LIMA, C. **Emissão de CO2 por aeronaves e mudança climática**. 2021. Monografia (Curso de Graduação em Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul, Palhoça, SC, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/17646>. Acesso em: 5 out. 2022.

MACÊDO, I. I. *et al.* **Ética e Sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2015.

ROOS, A.; BECKER, E. L. S. Educação ambiental e sustentabilidade. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 5, n. 5, p. 857-866, 2012.