



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

RENAN **HERBERT** PICORELLI WALTER, Cap Av

Monitoramento de Integridade dos Motores: um suporte essencial para a operação das aeronaves KC-30 na Força Aérea Brasileira.

Rio de Janeiro

2024

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

RENAN **HERBERT** PICORELLI WALTER, Cap Av

Monitoramento de Integridade dos Motores: um suporte essencial para a operação das aeronaves KC-30 na Força Aérea Brasileira.

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: Preparo da Força Aérea
Orientador: Robertha Lima da Silva Matias, Maj Av

Rio de Janeiro
2024

RENAN **HERBERT** PICORELLI WALTER, Cap Av

Monitoramento de Integridade dos Motores: um suporte essencial para a operação das aeronaves KC-30 na Força Aérea Brasileira.

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

Aprovado por:

Presidente, Bruno Bitencourt Carvalho de Oliveira, Maj Int - EAOAR

Robertha Lima da Silva Matias, Maj Av - EAOAR

Rio de Janeiro

2024

RESUMO

No segundo semestre de 2022, a Força Aérea Brasileira (FAB) incorporou à sua frota as aeronaves KC-30, modelo Airbus A330-200, com a finalidade de reintroduzir capacidades estratégicas perdidas. No entanto, a manutenção dessas aeronaves, especialmente de seus motores Rolls-Royce Trent 772B-60, gera desafios para a instituição devido à carência de suporte logístico adequado. O estudo se concentra no suporte aos motores dessa frota, destacando a ausência de motores sobressalentes e a insuficiência de infraestrutura de manutenção na FAB, o que coloca em risco a operação das aeronaves. Para preencher essa lacuna de suporte, sugere-se a implantação da manutenção preditiva, baseada em dados coletados por sensores internos e que permite identificar necessidades de manutenção antes que falhas ocorram, garantindo uma operação segura. Nesse contexto, este ensaio defende que contratação do serviço de monitoramento de integridade do motor garante efetividade para a Operação das aeronaves KC-30 da FAB, sustentando que essa contratação não apenas aumentará a disponibilidade e a prontidão da frota, mas também assegurará uma gestão mais eficiente da manutenção, reduzindo os custos operacionais. A implementação desse serviço oferece uma solução de menor custo e maior eficiência, especialmente em um contexto de restrições orçamentárias no âmbito do Ministério da Defesa. Dessa forma, o estudo conclui que o monitoramento contínuo dos motores fortalecerá a prontidão operacional da FAB. Além disso, é possível afirmar ainda que essa dinâmica trará impactos para todo o Estado Brasileiro permitindo sua presença em todo o território nacional e atuação estratégica internacional, onde o Povo Brasileiro estiver precisando.

Palavras-chave: KC-30, manutenção preditiva, prontidão operacional, suporte logístico.

1 INTRODUÇÃO

No segundo semestre do ano de 2022, foram incorporadas à frota da Força Aérea Brasileira (FAB) duas aeronaves modelo Airbus A330-200, com a finalidade de reintroduzir as capacidades de transporte estratégico e de reabastecimento em voo que haviam sido perdidas desde a aposentadoria da aeronave KC-137 no ano de 2013.

Essas aeronaves, ao passarem a compor o acervo definitivo da FAB, foram denominadas KC-30. Desde sua chegada, esses vetores têm desempenhado um papel estratégico relevante para a Força Aérea Brasileira, sendo empregados em diversas missões caracterizadas como de sustentação ao combate e de apoio às ações de Estado. A capacidade de longo alcance, combinada com sua capacidade de transporte de aproximadamente 48 toneladas de carga útil, faz da aeronave KC-30 um vetor de extrema importância para FAB, pois não há outra aeronave em seu acervo capaz de realizar missões da mesma natureza.

No entanto, para suportar a operação de uma aeronave com essas características é necessário que muitas ações interdependentes entre si sejam colocadas em prática, o que faz do suporte logístico a essa frota uma missão complexa e com muitos desdobramentos. Com a finalidade de delimitar o estudo, este ensaio, irá se restringir à análise do suporte para motores Rolls-Royce Trent 772B-60, que propulsionam as aeronaves KC-30, e que, atualmente é prestado de forma incipiente, colocando em risco a operação de tão importantes aeronaves.

Outrossim, é necessário registrar que a Força Aérea Brasileira também não possui motor sobressalente, nem previsão de aquisição de motor, para instalação nas aeronaves em caso de necessidade, nem estrutura logística interna preparada ou pessoal habilitado para manutenção nesse tipo de equipamento. Além disso, apenas uma pequena parcela das atividades necessárias para se manter a suportabilidade dos motores estão previstas no Contrato de Suporte Logístico da aeronave, firmado entre a FAB e a empresa Airbus.

Nesse contexto de carência de suporte, verifica-se que para esse tipo de motor, é disponibilizado por seu fabricante um serviço essencial denominado monitoramento de integridade, fundamental para garantir sua confiabilidade, que possibilita a análise de dados coletados por sensores internos durante toda a operação deste equipamento para que seja possível avaliar as intervenções e manutenções a serem aplicadas nesse motor de modo a garantir uma operação segura e manutenção da disponibilidade da frota, evitando que falhas durante a operação ocorram. No entanto, a FAB também não possui contrato dessa natureza com a fabricante dos motores das aeronaves KC-30.

Sendo assim, este ensaio defende que a contratação do serviço de monitoramento de integridade do motor garante efetividade para a operação das aeronaves KC-30 da FAB. A fim de sustentar essa tese, argumenta-se que essa contratação não só aumentará a disponibilidade e a prontidão da frota KC-30, mas também assegurará uma gestão mais eficiente da manutenção desses motores, reduzindo o custo de operação do projeto, observado o cenário de readequação orçamentária no âmbito do Ministério da Defesa.

2 DESENVOLVIMENTO

A manutenção em aeronaves é um dos pilares fundamentais da atividade aérea e sua abordagem evoluiu ao longo do tempo, acompanhando o avanço tecnológico e sempre com o objetivo de manter os mais elevados padrões de segurança no setor aeronáutico. Nos primórdios da aviação a manutenção era realizada de forma corretiva, ou seja, as aeronaves eram reparadas somente após a detecção de um defeito. Após a Segunda Guerra Mundial, entretanto, foi introduzido o conceito de manutenção preventiva, que baseava-se em submeter a aeronave e seus equipamentos a revisões realizadas de forma periódica com o objetivo de reparar o material antes que a falha ocorresse.

Seguindo a evolução das abordagens, um avanço mais substancial na filosofia de manutenção de aeronaves pôde ser observado quando da implantação da metodologia de manutenção preditiva, a partir da década de 1980. Essa abordagem considera a utilização de *softwares* específicos para possibilitar análise de tendências a partir de dados coletados por sensores instalados nos equipamentos, com o objetivo de prever falhas antes que elas aconteçam e definir os serviços necessários para manter os equipamentos operacionais.

O serviço de monitoramento de integridade do motor disponibilizado para os motores da frota KC-30 está, portanto, alinhado com as mais modernas filosofias de manutenção preditiva em aeronaves e sua implementação contribuirá para uma maior disponibilidade da frota e diminuição dos custos de manutenção, visto que essa abordagem minimiza a necessidade de intervenções preventivas nas aeronaves, através do acompanhamento da condição do equipamento durante a operação.

2.1 DISPONIBILIDADE DA FROTA E O AUMENTO DA PRONTIDÃO OPERACIONAL

No contexto aeronáutico, a disponibilidade é definida, segundo Blanchard (2004), como a razão entre o tempo em que a aeronave permanece operacional e em condições de uso

(disponível) e o tempo total do período analisado. Intervalos nos quais a aeronave está impossibilitada de voar resultam em uma diminuição no indicador de disponibilidade.

Ainda de acordo com Blanchard (2004), a métrica da disponibilidade é uma medida bastante relevante para a gestão de frotas e pode ser considerada um indicador de eficiência do suporte logístico prestado a essas aeronaves. Em contrapartida, Doerr, Eaton e Lewis (2018) complementam que é necessário avaliar a métrica da disponibilidade à luz da análise da prontidão daquela frota, que, por sua vez, é definida como a capacidade de pronta resposta daqueles meios para serem empregados em uma operação. Conforme próprio exemplo de Doerr, Eaton e Lewis (2018), uma frota militar não tem utilidade em apresentar 95% de disponibilidade se os 5% de indisponibilidade estiverem concentrados de tal forma que, no momento que for exigido o uso daquele tipo de aeronave, todas estejam indisponíveis.

A manutenção preditiva, neste contexto, é uma ferramenta que foi desenvolvida com a finalidade de minimizar a quantidade de intervenções a serem realizadas nas aeronaves, reduzir o tempo de manutenção e conseqüentemente aumentar a disponibilidade das frotas (Eddarhri et al., 2022). Anteriormente ao surgimento dessa filosofia de manutenção, os componentes internos das aeronaves e dos motores em intervalos de tempo pré-definidos precisavam passar por um processo de inspeção, independentemente se haviam apresentado ou não alguma falha ou tendência. Essa metodologia, apesar de garantir uma operação segura, fazia com que as aeronaves precisassem passar por longos períodos de indisponibilidade para que seus itens pudessem ser inspecionados antes de retornar à operação.

A frota de aeronaves KC-30, no atual cenário da FAB, precisa apresentar altos níveis de disponibilidade e prontidão para que possa ser empregada nos mais diversos contextos operacionais. Dentre os tipos de missões realizadas pelas aeronaves KC-30 destacam-se as missões de transporte aéreo logístico, transporte especial, evacuação aeromédica e de ajuda humanitária. Desde o ano de 2023, por exemplo, as aeronaves KC-30 foram utilizadas para: viagens de longo raio do senhor Presidente da República; para repatriar, em menos de 20 dias, mais de 1500 brasileiros que se encontravam em Israel após o início da guerra naquela região; para prestar fundamental apoio às cidades do Estado do Rio Grande do Sul que sofreram inestimáveis danos em decorrência das chuvas e dos alagamentos que ocorreram no sul brasileiro; e mais recentemente voltaram a ser empregadas na repatriação de cidadãos brasileiros do Líbano após a reintensificação do conflito no Médio Oriente.

Missões dessa natureza tem por característica a urgência e a imprevisibilidade, e o seu sucesso está diretamente ligado a capacidade de pronta resposta. Nessas condições,

portanto, espera-se ter uma frota altamente disponível e de prontidão para os eventuais acionamentos.

É nessa esteira de pensamento que a implementação do serviço de monitoramento de integridade do motor para a frota KC-30 está sendo proposta, considerando que atualmente existe uma lacuna no suporte logístico a esses equipamentos que representa uma vulnerabilidade para as operações. O suporte a esses motores é incipiente no âmbito da FAB, pois o contrato firmado com a empresa Airbus para o atendimento à aeronave não engloba grande parte das manutenções nos motores e a FAB não possui estrutura interna nem cadeia de suprimento estruturada para manter esses equipamentos em condições operacionais.

Identificada essa vulnerabilidade da frota, entende-se que é necessário acrescentar robustez à capacidade da FAB de manter esses motores em condições operacionais para que as aeronaves alcancem índices de prontidão compatíveis com as missões por ela realizadas.

Tumer e Bajwa (1999) reforçam a importância da manutenção preditiva e da implementação do monitoramento de saúde dos motores aeronáuticos ao destacar que esses sistemas têm se mostrado muito eficazes em fornecer informações de alerta precoce sobre falhas iminentes, reduzindo a quantidade de intervenções desnecessárias e falhas durante a operação dos motores. A contratação desse serviço permite que os dados dos sensores instalados nos motores sejam analisados e integrados a sistemas de controle, possibilitando a interpretação de tendências e o monitoramento contínuo da condição dos motores e de seus componentes. Dessa forma, é possível afirmar que a contratação desse serviço está diretamente relacionada com uma maior prontidão operacional, permitindo que a frota KC-30 esteja disponível para atender às demandas sempre que elas existirem.

2.2 UMA ALTERNATIVA DE BAIXO CUSTO

Segundo De Oliveira Matos, Fingolo e Schneider (2017) pôde-se observar uma tendência de queda no Orçamento de Defesa no âmbito do governo federal brasileiro a partir do ano de 2015, ao se considerar o Orçamento de Defesa por função e razão defesa/PIB. Complementarmente, observa-se que tem sido frequente o contingenciamento de orçamento desse setor nos últimos anos. Sobre esse assunto, De Sousa Júnior e Freire (2010) demonstraram preocupação afirmando que “o contingenciamento do Orçamento de Defesa vem impedindo que as Forças Armadas e, em especial, o Comando da Aeronáutica, cumpram eficazmente sua destinação constitucional”.

Desse modo, dado esse contexto de readequação orçamentária do Ministério da Defesa, é necessário que se apresente alternativas de menor custo para atender às necessidades de cada projeto. Obviamente que, para garantir um suporte irrestrito à operação das aeronaves KC-30 no que diz respeito a manutenção de seus motores, alternativas como a aquisição de motores sobressalentes para serem mantidos em estoque e instalados nas aeronaves em caso de necessidade ou da assinatura de contratos de suporte total para garantir apoio completo à manutenção dos equipamentos se mostram bastante atrativas. No entanto, essas estratégias não se adequam ao referido cenário de restrições orçamentárias do Brasil.

Neste contexto, a contratação do serviço de monitoramento de integridade do motor para a frota KC-30 é uma alternativa de menor custo e que apresenta resultados eficazes para a gestão do suporte a esse equipamento e à operação dessas aeronaves. Kabashkin et al. (2024) reforçam esse argumento destacando que a implementação de sistemas de monitoramento de saúde dos motores, além de ser menos onerosa que as outras alternativas citadas, pode gerar significativa redução nos custos de manutenção, estimada em até 30% promovendo maior eficiência nas operações de aviação.

Além disso, após a aquisição das aeronaves a fabricante dos motores (Rolls Royce) encaminhou uma carta à FAB registrando que “na ausência da contratação do suporte técnico, a Rolls-Royce não aceitará qualquer responsabilidade de qualquer tipo em relação a operação desses motores” e que “a continuidade da operação da frota de motores Trent 772B-60 ocorrerá inteiramente por risco da Força Aérea Brasileira”

Esse ponto reforça a ideia de que os motores foram projetados para serem monitorados ao longo de toda a sua vida útil e que seu programa de manutenção e confiabilidade foi também desenhado levando esse fator em consideração. Disso pode-se depreender que caso ocorram falhas nesses motores ao longo da operação os custos de reparo serão aumentados devido a falta de acompanhamento da situação desses equipamentos ao longo de sua vida útil.

Da mesma forma, em um cenário de contingenciamento orçamentário, a análise de tendências proporcionada pelo serviço proposto permitiria a administração a aplicar os seus recursos com mais planejamento e de forma mais eficiente. Isso ocorre porque, ao invés de haver a necessidade de possuir alternativas de suporte para todos os componentes do motor a todo o tempo, os esforços e o orçamento podem ser orientados apenas para aqueles cuja análise indicou necessidade de atenção naquele momento.

Por fim, também é possível afirmar que uma menor quantidade de eventos imprevisíveis, como incidentes e acidentes, tende a acontecer quando há um monitoramento

eficaz das tendências. Considerando que os custos associados a esse tipo de evento costumam ser bastante elevados, a proposta de um serviço com o objetivo de preveni-los, certamente contribuiria significativamente para a redução de despesas no médio e longo prazo.

3 CONCLUSÃO

A incorporação das aeronaves KC-30 à frota da Força Aérea Brasileira, além de restaurar capacidades de transporte estratégico e reabastecimento aéreo perdidas, trouxe novos desafios para a Instituição. A gestão do suporte logístico e a manutenção da prontidão desses vetores exigem ações interdependentes que demandam estrutura e recursos especializados. Extremamente versáteis e de grande valor estratégico, essas aeronaves requerem um suporte robusto para garantir sua continuidade operacional, especialmente no acompanhamento de seus motores, essenciais para a plena operacionalidade da frota.

Dentro do universo do suporte logístico, propõe-se então que a contratação do serviço de monitoramento de integridade do motor garante efetividade para a operação das aeronaves KC-30 da FAB.

A contratação desse tipo de serviço certamente provocará o aumento da disponibilidade e da prontidão dessa frota de aeronaves, alinhando-se às mais modernas filosofias de manutenção preditiva. Com isso, é possível minimizar a incidência de ocorrências inesperadas, possibilitando maior eficiência no planejamento das manutenções de forma a causar o menor impacto possível na execução das relevantes missões realizadas por essas aeronaves.

Além disso, a contratação desse tipo de serviço resultará em uma redução nos custos operacionais do projeto, uma vez que o monitoramento contínuo dos motores além de ser uma alternativa de suporte de menos onerosa, ainda implica em redução de custos de manutenção. Esse ponto é particularmente relevante no atual cenário de restrição orçamentária enfrentado pelo Ministério da Defesa.

Finalmente, pode-se afirmar que o aumento da prontidão das aeronaves KC-30 trará um impacto significativo não apenas no âmbito da Força Aérea, mas para todo o Estado Brasileiro. Essas aeronaves, dada suas características, possibilitam ao país uma presença rápida e eficiente em qualquer parte do território nacional, oferecendo suporte único e eficaz sempre que o povo brasileiro necessitar. Além disso, elas projetam a imagem e o poder da nação além de suas fronteiras, assegurando ao Estado Brasileiro a capacidade de atuar em diferentes regiões do mundo de forma precisa e estratégica.

REFERÊNCIAS

BLANCHARD, Benjamin Seaver. **System engineering management**. John Wiley & Sons, 2004.

DE OLIVEIRA MATOS, Patrícia; FINGOLO, Julie Maryne; SCHNEIDER, Raphael Augusto. Orçamento público e defesa nacional. **Revista da EGN**, v. 23, n. 1, p. 211-238, 2017. Disponível em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7nNjN1j7/>. Acesso em: 02 out. 2024.

DE SOUSA JÚNIOR, Afonso Farias; FREIRE, Luis Tirre. **Orçamento E Contingenciamentos: Potencialização Dos Impactos Negativos E Fragilização Da Defesa Nacional**. 2010. Artigo - Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos09/200_Orcamento_e_Contingenciamentos_IMPACTOS%20FINAL%20IDT-1.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

DOERR, Kenneth; EATON, Donald Richard.; LEWIS, Ira. **Handbook of Measurements**. CRC Press, 2018.

EDDARHRI, Maria et al. Towards predictive maintenance: The case of the aeronautical industry. **Procedia Computer Science**, v. 203, p. 769-774, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.115>. Acesso em: 01 out. 2024.

KABASHKIN, Igor et al. Framework for Integration of Health Monitoring Systems in Life Cycle Management for Aviation Sustainability and Cost Efficiency. **Sustainability**, v. 16, n. 14, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/14/6154> Efficiency. Acesso em: 01 out. 2024

TUMER, Irem; BAJWA, Anupa. A survey of aircraft engine health monitoring systems. In: **35th joint propulsion conference and exhibit**. 1999. Disponível em: https://web.engr.oregonstate.edu/~tumeri/publications/files/survey_final.pdf_final.pdf. Acesso em: 01 out. 2024