



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2021

LEANDRO JOSÉ DE FARIA **FERREIRA**, Cap Eng

**Manutenção Preditiva nos Radares do Sistema de Controle do Espaço Aéreo
Brasileiro**

Rio de Janeiro

2021

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2021

LEANDRO JOSÉ DE FARIA **FERREIRA**, Cap Eng

**Manutenção Preditiva nos Radares do Sistema de Controle do Espaço Aéreo
Brasileiro**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação em Gestão Pública com ênfase em Gestão de Projetos e Processos.

Linha de Pesquisa: Administração Militar

Orientador: David Fernando Landenberger,
Maj Av

Rio de Janeiro

2021

LEANDRO JOSÉ DE FARIA **FERREIRA**, Cap Eng

Manutenção Preditiva nos Radares do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro

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

Aprovado por:

Susan Kelly Prado Andrade, Ten Cel Int
EAOAR

David Fernando **Landenberger**, Maj Av
EAOAR

Rio de Janeiro

2021

RESUMO

A Força Aérea Brasileira (FAB) dispõe de radares de vigilância para as atividades de gerenciamento do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB). Estes equipamentos passam por manutenções periódicas, segundo os princípios da manutenção preventiva, que se baseia na troca de peças em tempos pré-estabelecidos. Entretanto, tais manutenções não são eficientes e apresentam problemas devido ao elevado custo com mão de obra, reposição e estoque de sobressalentes e não garantem a disponibilidade máxima dos equipamentos. Como alternativa, é apresentada a manutenção preditiva, que é baseada na condição do equipamento, na qual as substituições de peças e as interrupções de funcionamento são programadas quando há indícios de problemas, ou seja, quando é estritamente necessário. Este ensaio defende que a implementação de técnicas de manutenção preditiva aumentará a eficiência da logística de manutenção e de operação nos radares do SISCEAB. Para a sustentação desta tese, são apresentados dois argumentos principais: a adoção de técnicas de manutenção preditiva proporciona redução de custos de manutenção associados à mão de obra e estoque de sobressalentes; e proporciona o aumento da disponibilidade de equipamentos de modo geral. Com isso, concluiu-se que a tese proposta trará relevância em diversos aspectos para a manutenção do SISCEAB, com a possibilidade de expansão das metodologias para os equipamentos de telecomunicações e de auxílios à navegação, e para o cumprimento da missão da FAB, tais como aumentar a vigilância das fronteiras, reduzir os impactos operacionais nos órgãos de controle e o aumentar a fluidez da circulação aérea geral.

Palavras-chave: Radares. Manutenção preditiva. Custo. Disponibilidade. Força Aérea Brasileira.

1 INTRODUÇÃO

Os radares de vigilância do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) são equipamentos capazes de precisar a localização das aeronaves e de estimar seus posicionamentos futuros. Possuem importante papel para a garantia do fluxo de aeronaves entre as diversas regiões do Brasil, uma vez que os controladores de tráfego aéreo podem visualizar os movimentos das aeronaves que sobrevoam o território nacional e adotar medidas de gerenciamento de tráfego aéreo. Além disso, existem modelos de radares que contribuem sobremaneira para a defesa aérea, vigilância e a soberania do espaço aéreo brasileiro.

Para a sua manutenção e conservação, atualmente é adotado pelos elos de manutenção subordinados ao Subdepartamento Técnico (SDTE) do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) o modelo de manutenção preventiva, o qual estabelece intervenções e substituições de peças em intervalos predeterminados. Entretanto, esta abordagem de manutenção não é eficiente, pois apresenta problemas relacionados a custos elevados com estoque de sobressalentes e mão de obra, no que tange ao pagamento de diárias e deslocamento de equipes, e à possibilidade de falhas inesperadas que causam indisponibilidade dos radares e tempo excessivo de manutenção corretiva, causando impactos operacionais para os órgãos de defesa aérea e controle de tráfego aéreo.

O presente ensaio visa demonstrar que a implementação da manutenção preditiva aumentará a eficiência da logística de manutenção e de operação dos radares do SISCEAB.

De modo a fundamentar essa tese, serão apresentados dois argumentos principais. O primeiro está relacionado à redução de custos advinda da implementação da manutenção preditiva. Com isto, a expectativa é que se tenham critérios mais bem estabelecidos para substituição de peças e deslocamento de técnicos para realização das manutenções e inspeções periódicas.

O outro argumento reside no aumento da disponibilidade dos radares para os órgãos operacionais acima citados, uma vez que a manutenção preditiva tem como premissa a realização de intervenções baseadas em parâmetros de funcionamento dos equipamentos e, conseqüentemente, o número de interrupções é reduzido.

2 DESENVOLVIMENTO

Define-se eficiência como a “relação entre os produtos gerados e os insumos empregados na busca do melhor desempenho dos processos e projetos com relação ao custo envolvido e ao tempo destinado” (ANDRADE, 2021, p. 39) e ela constitui um dos princípios constitucionais da Administração Pública, de acordo com o *caput* do Art. 37 da Constituição da República Federativa do Brasil.

A manutenção preventiva é um “[...] procedimento efetuado em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinado a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um equipamento ou sistema” (BRASIL, 2017, p. 16). Atualmente, é este o modelo adotado para a manutenção dos radares do SISCEAB.

Segundo a experiência adquirida na Subdivisão de Radares do Segundo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA II), a manutenção preventiva dos radares apresenta baixa eficiência, uma vez que exige um custo elevado no estoque de sobressalentes eletrônicos e eletromecânicos, para pronto emprego nas situações de falhas inesperadas. Ela não é realizada de maneira otimizada, visto que alguns itens são substituídos meramente pelo seu tempo de uso, sem levar em consideração a sua condição de funcionamento, e não dispõe de métodos para identificação dos eventuais problemas de forma antecipada.

Já a manutenção preditiva é “[...] baseada na condição do equipamento [...] permitindo seu acompanhamento por meio de medições realizadas em pleno funcionamento” (BRASIL, 2017, p. 16). Algumas premissas devem ser satisfeitas para a implementação dessa manutenção, as quais estão relacionadas basicamente à capacidade de monitoramento e acompanhamento progressivo de falhas.

Cabe ressaltar que os radares do SISCEAB dispõem de capacidade de monitoração de vários parâmetros eletrônicos e eletromecânicos. Segundo Ribeiro (2017), os principais parâmetros dos radares são controlados e monitorados por *softwares* dedicados. Considerando os potenciais benefícios da redução de custo e do aumento da disponibilidade, e o conseqüente aumento da eficiência das manutenções, justifica-se a implementação da manutenção preditiva nos radares do SISCEAB.

2.1 Redução de custos na manutenção dos radares

A necessidade de redução de custos na Administração Pública foi citada por Monteiro, Ribeiro e Ferreira (2006), com base no Princípio da Eficiência, fazendo referência ao artigo 30, § 3º, do Decreto-Lei nº 200, de 24/01/1967, que trata da responsabilidade dos gestores públicos:

É dever dos responsáveis pelos diversos órgãos competentes dos sistemas atuar de modo a imprimir o máximo rendimento e a reduzir os custos operacionais da administração. (MONTEIRO, G. B.; RIBEIRO, J. C.; FERREIRA, J. O. L., 2006, p. 3).

A escolha adequada da estratégia de manutenção é de suma importância, em função dos custos envolvidos nessa área de gestão: “[...] os custos de manutenção correspondem à parte principal dos custos operacionais totais de todas as plantas industriais de manufatura e de produção” (MORENGHI, 2005, p.14).

Um aspecto da manutenção preditiva ligado à redução de custos é a otimização dos sobressalentes estocados necessários para pronto emprego, tendo em vista a possibilidade de se prever falhas de componentes com antecedência e providenciar a aquisição ou reposição de estoque no tempo adequado. De acordo com Almeida (2003, p. 1-5), conforme citado por Morenghi (2005), na década de 80 foi realizado um levantamento com 500 fábricas de diversos países que realizavam a manutenção preventiva e passaram a implementar técnicas de manutenção preditiva e, como resultado, observou-se redução de mais de 50% nos custos de manutenção e de 20% nos custos com estoques de peças.

Outro aspecto é a otimização da utilização de mão de obra especializada, cada vez mais escassa no âmbito da FAB. “A finalidade da manutenção preditiva é fazer a manutenção somente quando e se houver necessidade”. (ZAIIONS, 2003, p. 35). Na sequência, o autor afirma que ela permite otimizar a troca de peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois possibilita prever quando a peça ou componente estão próximos do seu limite de vida. Seguindo nesta linha, “as manutenções são realizadas em um cronograma otimizado, promovendo assim, redução de custos e ganho de performance” (TEDESCO et al. 2019, p.7).

Trazendo estas ideias para o âmbito da manutenção dos radares, fica evidente que as eventuais manutenções corretivas e inspeções periódicas poderão ser

otimizadas e mais bem planejadas, com o adequado dimensionamento das equipes técnicas, reduzindo os custos com pagamentos de diárias, aquisição de passagens e uso de viaturas e aeronaves militares.

A partir da análise dos fatos, considerando as vantagens da transição da manutenção preventiva para a preditiva, é notório que a adoção destas técnicas nos radares do SISCEAB proporcionará redução de custos com manutenção, estoque de sobressalentes e utilização de mão de obra, assim contribuindo para o aumento da eficiência da logística de manutenção e de operação desses equipamentos.

2.2 Aumento da disponibilidade dos radares

Com a adoção da manutenção preditiva nos radares do SISCEAB, espera-se o aumento da disponibilidade desses sistemas, de modo que será possível identificar falhas de componentes de maneira antecipada e, com isso, planejar adequadamente as intervenções corretivas e minimizar os tempos de parada. Ao analisar a implantação da manutenção preditiva em um departamento gráfico de uma empresa do ramo fumageiro, Toazza e Sellitto (2015) concluíram que, com a detecção antecipada das falhas nos componentes, foi possível o planejamento para a execução da manutenção sob condição antes das quebras.

Outra abordagem que justifica o aumento da disponibilidade dos radares com a implementação da manutenção preditiva é a redução do número de manutenções e do tempo de cada intervenção, de modo que as equipes técnicas farão os ajustes e correções apenas naquilo que for necessário, segundo as indicações dos parâmetros de funcionamento dos componentes. “Tal prática resulta em maior disponibilidade do equipamento para a produção e em diminuição dos custos de produção” (TOAZZA e SELLITTO, 2015, p. 803).

Assim, é possível eliminar a execução de procedimentos desnecessários e eventuais desperdícios com trocas de sobressalentes que apresentam bom estado de funcionamento. Os benefícios desta ação foram mostrados por Tondato (2004), com a análise da implantação da manutenção preditiva em equipamentos de uma indústria gráfica, a qual possui componentes eletroeletrônicos e mecânicos similares aos existentes nos radares do SISCEAB. Em um intervalo de 12 meses, foram observados o aumento da produtividade das impressoras, que passaram de 13200 para 20200

impressões por hora; a redução do número de avarias das máquinas, de 21 para 6 avarias por mês; e o aumento da eficiência global de produção, que passou de 28% para 58%.

Convém destacar que os radares do SISCEAB são equipamentos que devem apresentar elevada disponibilidade e confiabilidade, em função da criticidade dos dados que eles fornecem para o controle de tráfego aéreo de modo geral. Em se tratando de sistemas com essas características, um fato relevante foi o anúncio da fabricante Embraer sobre o lançamento de um moderno sistema de manutenção preditiva em aeronaves da família E-jets que “oferece um ganho de 96% de produtividade em análise e processamento de dados das aeronaves, estabelecendo novos padrões em serviços e suporte aeronáuticos” (EMBRAER, 2019).

Nessa mesma linha de ação, Pessanha (2018) citou a aplicabilidade da Manutenção Preditiva no equipamento M'Arms (*Modular Aircraft Recording and Monitoring System*), empregado nas aeronaves UH-15 da Marinha do Brasil, as quais, assim como os radares, devem apresentar elevada disponibilidade e confiabilidade. Ele afirmou que “a manutenção preditiva tem ganhado destaque pelo fato de permitir a introdução de uma atividade proativa de gestão, otimizando processos e melhorando os índices de disponibilidade” (PESSANHA, 2018, p. 171).

Deste modo, fica evidente que a adoção de técnicas de manutenção preditiva aumentará a disponibilidade dos radares do SISCEAB e contribuirá sobremaneira para o aumento da eficiência da logística na sua manutenção e operação.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Força Aérea Brasileira dispõe de radares de vigilância e controle de tráfego aéreo para dar suporte às atividades do SISCEAB. Esses equipamentos são mantidos pelas equipes técnicas subordinadas ao SDTE com base na manutenção preventiva. Entretanto, este modelo não é eficiente, pois apresenta problemas relacionados a custos elevados com estoque de sobressalentes e mão de obra e à possibilidade de falhas inesperadas e tempo excessivo de manutenção corretiva. Para tanto, o presente ensaio objetivou apresentar que a implementação da manutenção preditiva aumentará a eficiência da logística de manutenção e de operação dos radares do SISCEAB.

Sob o ponto de vista da redução de custos, apontou-se que essa ferramenta permitirá otimizar o estoque dos sobressalentes necessários para pronto emprego nas manutenções dos radares e a utilização de mão de obra especializada. Como consequência, as inspeções periódicas poderão ser mais bem planejadas, com o adequado dimensionamento das equipes técnicas, e a melhora na gestão de estoque de sobressalentes.

Na ótica do aumento da disponibilidade, verificou-se que a implementação da manutenção preditiva possibilitará identificar falhas de componentes de maneira antecipada e, com isso, planejar adequadamente as intervenções corretivas e minimizar os tempos de parada dos radares. Além disso, essa implementação permitirá a redução do número de manutenções e do tempo de cada intervenção, de modo que as equipes técnicas farão os ajustes e correções apenas naquilo que for necessário, segundo as indicações dos parâmetros de funcionamento dos componentes dos radares.

Por fim, conclui-se que a tese proposta implicará diversos aspectos relevantes para a manutenção dos ativos do SISCEAB, com a possibilidade de expansão das metodologias de manutenção preditiva para os equipamentos de telecomunicações e de auxílio à navegação, e para o cumprimento da missão da FAB, através do aumento da capacidade de vigilância das fronteiras contra os tráfegos ilícitos, da maior fluidez na circulação aérea geral, bem como da redução dos impactos operacionais nos órgãos de controle de tráfego aéreo, contribuindo sobremaneira para a manutenção da soberania do espaço aéreo brasileiro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. K. P. **Indicadores de Gestão**, 2021. 93 slides. Disponível em: http://cead.unifa.aer.mil.br/cead19/pluginfile.php/26345/mod_folder/content/0/Indicadores%20de%20Gest%C3%A3o/Slides%20de%20aula/Slides%20da%20aula%20Indicadores%20de%20Gest%C3%A3o.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 23 jun. 2021.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Governança para Manutenção no Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro**: DCA 66-3. Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/dca-66-3>. Acesso em: 12 maio 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em:

https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 1 jun. 2021.

EMBRAER. **Embraer lança sistema de manutenção preditiva IKON com Big Data e Analytics baseado em nuvem da Amazon Web Services**. 2019. Disponível em: <https://www.embraer.com/br/pt/noticias?slug=1206610-embraer-lanca-sistema-de-manutencao-preditiva-ikon-com-big-data-e-analytics-baseado-em-nuvem-da-amazon-web-services>. Acesso em: 01 jun. 2021

MONTEIRO, G. B.; RIBEIRO, J. C.; FERREIRA, J. O. L. Custos na Administração Pública: Uma Abordagem de Inclusão Social. *In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*, 2006, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos** [...]. Belo Horizonte, 2006, p.1-13. 30 de outubro a 01 de novembro de 2006. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/1754/1754>. Acesso em: 31 maio 2021.

MORENGHI, L. C. R. **Proposta de um Sistema Integrado de Monitoramento para Manutenção**. 2005. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2005. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-18022016-145504/publico/Dissert_Morenghi_LuizCR.pdf. Acesso em: 13 maio 2021.

PESSANHA, C. E. N. A Manutenção Preditiva: uma ferramenta valiosa. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, n. 04/06, v. 138, p. 164-172, abr./maio/jun. 2018. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistamaritima/article/view/1204/1158>. Acesso em: 17 maio 2021.

RIBEIRO, M. L. Radar LP23SST NG. **Revista CISCEA News**, Rio de Janeiro, 2ª edição, 2017. Disponível em: <http://www.ciscea.decea.mil.br/RevistaCisceaNEWS/Revista%20CISCEA%20News%202017%20-%20Ed%202.pdf>. Acesso em: 31 maio 2021.

TEDESCO, I. C. *et al.* **Implementação de dispositivos IoT para Manutenção Preditiva: um Estudo de Caso**. *In: XXVI Simpósio de Engenharia de Produção*, 2019, Bauru, SP. Anais. p. 1-9. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/340789462_Implementacao_de_dispositivos_IoT_para_manutencao_preditiva_Um_estudo_de_caso>. Acesso em 17 maio 2021.

TOAZZA, G. F.; SELLITTO, M. A. Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 783-806, jun. 2015. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1623/1298>>. Acesso em: 13 maio 2021.

TONDATO, R. **Manutenção Produtiva Total: Estudo de Caso na Indústria Gráfica**. 2004. 119 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5167>>. Acesso em: 12 maio 2021.

ZAIONS, D. R. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel.** 2003. 219 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/Douglas_R_Zaions.pdf. Acesso em: 13 maio 2021.