



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

GUSTAVO **JEANSER** NOGUEIRA BRUNO, Cap Eng

**A contribuição da manutenibilidade para o desenvolvimento dos serviços de
manutenção no maquinário da Usina Coronel Abner**

Rio de Janeiro

2021

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

GUSTAVO **JEANSER** NOGUEIRA BRUNO, Cap Eng

**A contribuição da manutenibilidade para o desenvolvimento dos serviços de
manutenção no maquinário da Usina Coronel Abner**

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 Projetos e Processos.

Linha de Pesquisa. Logística e Mobilização
Aeroespaciais

Orientador: Wellington Azevedo dos Santos,
Maj Inf

Rio de Janeiro

2021

GUSTAVO **JEANSER** NOGUEIRA BRUNO, Cap Eng

**A contribuição da manutenibilidade para o desenvolvimento dos serviços de
manutenção no maquinário da Usina Coronel Abner**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado no Curso de Aperfeiçoamento
de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Antônio Pereira **Damasceno** Neto, Maj Av
EAOAR

Rio de Janeiro

2021

RESUMO

O planejamento de manutenção de máquinas é essencial em qualquer organização militar do Comando da Aeronáutica para melhorar a qualidade dos processos produtivos. Nesse caso, a problemática da pesquisa abordará o maquinário da Usina Coronel Abner (UCA), unidade de produção de propulsores de foguetes, pertencente ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). O presente ensaio defende que a aplicação do indicador de desempenho manutenibilidade incrementará a capacidade dos processos de manutenção dos sistemas industriais da UCA. Primeiramente, argumenta-se que a maior disponibilidade operacional do maquinário, com a implementação de uma metodologia de avaliação do indicador de manutenibilidade, permitirá otimizar as atividades de manutenção. Em segundo lugar, apresenta-se um menor custo financeiro, ou seja, haverá menores custos de mão de obra, equipamentos e materiais. Como contribuição para a Força Aérea Brasileira, destaca-se o ganho na disponibilidade operacional dos equipamentos ou dos produtos e a possibilidade de redução de custos em qualquer nível de atividade de manutenção industrial das organizações militares do Comando da Aeronáutica.

Palavras-Chave: Manutenibilidade. Manutenção. Equipamentos. Disponibilidade operacional. Usina Coronel Abner.

1 INTRODUÇÃO

A manutenção é um campo da engenharia extremamente importante para garantir uma maior disponibilidade e segurança operacional das máquinas na linha de produção de qualquer ramo industrial.

Atualmente, há uma valorização cada vez maior dos indicadores de confiabilidade e de manutenibilidade para melhorar o desempenho dos sistemas de gestão de produção e de operação, com a otimização de custos e tempo de reparo.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 5462:1994), a manutenibilidade, conhecida também por manutenibilidade, é definida como:

Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar as suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos (ABNT, 1994, p. 3).

Em outras palavras, a manutenibilidade é a facilidade em permitir os serviços de manutenção de um equipamento ou componente para ser mais confiável e ter uma menor chance de falhar.

No contexto da Força Aérea Brasileira (FAB), a problemática de pesquisa aborda, particularmente, a Usina Coronel Abner (UCA), que é uma unidade industrial, pertencente ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), onde são produzidos motores-foguetes para os projetos do Instituto e para outros países, tal como, cooperação internacional Brasil-Alemanha na produção de foguetes suborbitais.

Nessa unidade, acontece muitos problemas de manutenção nas máquinas, que, na maioria dos casos, são sanados por manutenções sem planejamento, causando prejuízos enormes na entrega desses propulsores e consumindo elevados recursos públicos.

Diante desse cenário, a proposta do ensaio é defender que a aplicação do indicador de desempenho manutenibilidade incrementará a capacidade dos processos de manutenção dos sistemas industriais da UCA.

Dentre as contribuições positivas, pode-se citar uma maior disponibilidade operacional do maquinário, que otimizará as atividades de manutenção, tendo em consideração uma menor taxa de falha dos componentes durante o seu ciclo de vida e menor tempo de reparo.

Além disso, haverá um menor custo financeiro, ou seja, o Instituto possibilitará contratar prestadores de serviços por um menor valor, tendo em vista a redução dos custos da mão de obra, equipamentos e materiais para as atividades de manutenção.

2 DESENVOLVIMENTO

O termo Manutenibilidade é usado normalmente nas organizações como uma medida de desempenho para melhorar a capacidade das manutenções preventivas programadas.

Para iniciar esse estudo, deve-se, primeiramente, identificar os componentes críticos desse processo. No senso comum, entende-se o conceito de crítico como os itens que param uma linha de operação ou deixam inoperantes um produto, tais como, aeronaves, foguetes ou qualquer componente de uma linha de produção.

No campo científico, a criticidade é avaliada através das metodologias da FMECA ("*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*"), da FTA ("*Fault Tree Analysis*") e da ETA ("*Event Tree Analysis*"), que são basicamente a identificação dos modos de falha dos componentes, destacando-se os de origem tribológicas, como desgaste e fadiga superficial, que são hoje uma das principais causas das avarias em máquinas no mundo (FERREIRA, 2005).

Nessa seção, serão mostrados os dois argumentos que fundamentarão a tese desse ensaio.

2.1 Disponibilidade operacional das máquinas

Para a obtenção de uma maior disponibilidade operacional dos equipamentos, necessita-se implementar e avaliar os indicadores de manutenibilidade para buscar uma melhoria nos processos de manutenção.

O trabalho do De Leon et al (2012) insere-se nesse contexto, uma vez que permite ao engenheiro relacionar os níveis de manutenção com os dados dos atributos (geral e específico) da máquina para obter de maneira quantitativa os indicadores da manutenibilidade.

Desse modo, isso será fundamental, pois o profissional terá um conhecimento aprofundado dos equipamentos para identificar os defeitos e balizar os de maior criticidade.

Ainda nesse trabalho, os atributos gerais e específicos podem ser relacionados às condições de projeto, de trabalho e de logística, realçando-se, os critérios de simplicidade, de ergonomia, de padronização, de acessibilidade, de montagem/desmontagem, de treinamento, de organização pessoal, de meio ambiente, de peças sobressalentes, de ferramental e de documentação (DE LEON et al, 2012).

A implementação eficaz desses atributos vai depender muito se a organização possui um histórico de manutenção registrado, pois isso é um requisito para dar um prosseguimento na avaliação quantitativa ou qualitativa do indicador.

No caso do cenário da UCA, os problemas ocorrem em todo o ciclo da cadeia produtiva dos motores-foguetes: fabricação de propelentes e dos seus aditivos, preparação das proteções térmicas, carregamento do envelope-motor e acabamento com o corte e inibição do propulsor.

Nesse caso, não há registros históricos de manutenção e nem almoxarifado para armazenamento das peças sobressalentes. Porém, isso pode ser mitigado pela experiência profissional dos técnicos na linha de produção e com uma pesquisa de histórico de manutenção com as prestadoras de serviços.

No caso dos níveis de manutenção, apontam-se cinco níveis aceitos pela comunidade científica internacional, que vai das tarefas mais simples da manutenção preventiva ou corretiva, como troca de óleo e simples substituição de componentes, até as mais complexas, que estão normalmente sob responsabilidade do fabricante, incluindo uma revisão geral ou melhoria de projeto para prolongar a vida útil do componente (DE LEON et al, 2012).

Essa questão depende essencialmente do conhecimento e da experiência do profissional. No caso da UCA, os sistemas industriais (hidráulico, vácuo, pneumático, térmico, controle e automação) são complexos, antigos, de elevado custo de reparo e alguns importados.

Sendo assim, os itens mais complexos são enviados diretamente ao fabricante pelo fornecedor contratado, permanecendo um longo período inativo. Muitas vezes, uma solução de engenharia simples poderia resolver esse problema.

Um exemplo de complexidade, são as pás do macerador, denominado também de misturador, que é utilizado na fabricação final do propelente com todos os ingredientes incluídos. Adquirido na década de 80, esse equipamento é antigo,

indisponível no mercado, e, até onde se sabe, é o único da América Latina com a capacidade de 2000 litros de combustível.

Seguindo essa mesma linha de pensamento, o trabalho dos autores Jain, Cai e Chen (2017) foca a manutenibilidade nos alicerces da teoria do ciclo de vida do produto, ou seja, utiliza-se dos atributos nas fases de projeto, de fabricação, de uso e de manutenção.

Essa metodologia do ciclo de vida é a mais completa, já que o projetista elabora toda o ciclo de vida do produto baseado no planejamento da manutenção desse item. Por exemplo, especificando peças de reposição acessíveis no mercado e componentes com maior número de soldas para diminuir o tempo de montagem e desmontagem no projeto.

Peng *et al* (2012) reforçam essa ideia central e inclui uma contribuição original, que é o desenvolvimento de um sistema de ambiente virtual na fase inicial do projeto. Constata-se que isso permitirá a integração das equipes de projeto e manutenção para se chegar a um "projeto de manutenção ideal" que garanta um menor tempo de inatividade do item na fase reparo.

2.2 Redução dos custos financeiros

O custo financeiro de manutenção de equipamentos representa uma grande parcela dos custos do ciclo de vida do produto, mais conhecido como LCC (*Life Cycle Cost*), já que esse item fica um certo tempo parado, causando prejuízos na produtividade e atrasos na entrega ao cliente.

Ferreira (2005) explica que os custos de manutenção são estimados em 1,5 a 5% do volume de vendas na indústria manufatureira, podendo chegar até 30% aplicado nas empresas de capital intensivo, por exemplo, indústria de mineração e siderurgia.

Dessa forma, a manutenibilidade será uma ferramenta importante para diminuir e controlar esses custos financeiros. Ghosh *et al* (2018) ensinam que a manutenibilidade e confiabilidade caminham juntas. Nesse caso, a redução do custo inicia-se pela redução do custo do ciclo de vida do produto que pode ser alcançada por meio do projeto de manutenção mínima e confiabilidade ideal.

Ghosh *et al* (2018) detalham ainda que, durante o projeto, a integração e melhoria dos parâmetros são alcançadas através da redução e da disposição dos

componentes, melhor seleção de material, seleção adequada de tensões, deformação e relações de tensões cíclicas.

Nesse ponto, cabe as organizações investirem um maior recurso financeiro na fase de desenvolvimento de projeto para possibilitar reduções significativas dos custos durante a etapa operacional.

Isso tudo trará uma economia financeira, já que haverá uma quantidade menor de homem/hora e de materiais a serem empregados no maquinário. E o mais importante, o custo das falhas dos itens será reduzido, em razão da maior durabilidade das peças.

No caso da UCA, constatou-se que, quando os problemas acontecem, as próprias prestadoras de serviços levantam os defeitos e superestimam os valores no orçamento. Isso acontece frequentemente porque não há equipe técnica para especificar ou buscar novas soluções de projeto de engenharia.

Seguindo ainda esse raciocínio, destaca-se que os esforços integrados de confiabilidade e manutenção resultarão em um produto mais simples, aprimorado, mais confiável, de fácil manutenção e menos caro (GHOSH, 2018).

Na literatura, observa-se diversos estudos de casos de sucesso na aplicação da manutenibilidade. Tsarouhas (2015) utilizou esse parâmetro como forma de reduzir os custos numa fábrica de iogurte. Nesse caso, ele buscou ações para mitigar a perda de produtividade e qualidade, identificando os sistemas mais críticos e associando os parâmetros balizadores de frequência e tempo de reparo.

Outro caso a ser evidenciado, Burrows, Petry e Fratianne (1999) mostram a melhoria do sistema de garantia de qualidade de uma fornecedora de peças para fabricantes de automóveis. Nesse caso, a implementação dos pilares confiabilidade e manutenibilidade melhorou os projetos dos componentes.

3 CONCLUSÃO

A atividade-fim da UCA é produzir motores-foguetes para atender aos projetos espaciais do Instituto. Nesse contexto, a manutenção é a base de sustentação para o cumprimento dessa missão.

Diante disso, nesse ensaio, foi sustentada que a utilização do indicador de manutenibilidade permitirá ampliar a capacidade das atividades de manutenção nos sistemas industriais da UCA.

Um dos argumentos levantados é que resultará em um aumento da disponibilidade operacional do maquinário. Para isso ocorrer, haverá uma implementação e avaliação dos indicadores de manutenibilidade para os equipamentos considerados críticos. É importante destacar que, quando aplicada na fase inicial de concepção do produto, os benefícios serão melhor alcançados.

O outro argumento é que proporcionará a redução dos custos financeiros. Essa diminuição será ocasionada pela menor quantidade de homem/hora, de materiais a serem empregados nas máquinas, maior durabilidade das peças e ausência de atraso na entrega do produto.

Como contribuição para a Força Aérea Brasileira, destaca-se o ganho na disponibilidade operacional dos equipamentos ou dos produtos e a possibilidade de redução de custos em qualquer nível de atividade de manutenção industrial das organizações militares do Comando da Aeronáutica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BURROWS, D. C; PETRY, J. A; FRATIANNE, S. A. Institutionalizing reliability and maintainability - a success story, **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 16, n. 1, p. 13-23, 1999.

DE LEON, P. M. *et al.* A practical method for the maintainability assessment in industrial devices using indicators and specific attributes, **Reliability Engineering and System Safety**, v. 100, p. 84-92, 2012.

FERREIRA, L. A. A Importância da Tribologia para a Manutenibilidade no Projecto de Novos Equipamentos. *In*: CONGRESSO IBÉRICO DE TRIBOLOGIA, 3, 2005, Guimarães, **Anais [...]**, Guimarães: Universidade do Minho, 2005, p. 1-8.

GHOSH, C. *et al.* Reduction of life cycle costs for a contemporary helicopter through improvement of reliability and maintainability parameters, **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 35, p. 545-567, 2018.

JIAN, X; CAI, S; CHEN, Q. A study on the evaluation of product maintainability based on the life cycle theory, **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 481-491, 2017.

PENG, G. *et al.* A visualization system for integrating maintainability design and evaluation at product design stage, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 61, p. 269-284, 2012.

TSAROUHAS, P. H. Maintainability analysis in the yogurt industry, **International Journal of Systems Assurance Engineering and Management**, v. 6, p. 119-128, 2015.