

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

USO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM
INDÚSTRIAS DE ASAS ROTATIVAS

Lucas Vieites Silva

Itajubá
Dezembro 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Lucas Vieites Silva

USO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM
INDÚSTRIAS DE ASAS ROTATIVAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Mello

Itajubá

Dezembro 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Lucas Vieites Silva

USO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM
INDÚSTRIAS DE ASAS ROTATIVAS

Tese submetida para banca examinadora em 13 de dezembro de 2019, como parte de requisito ao título de Mestre em Engenharia de Produção.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Agnelo Marotta Cassula
Prof. Dr. Alexandre Ferreira de Pinho
Prof. Dr. Carlos Henrique Pereira Mello

Itajubá

Dezembro 2019

Especialmente para minha família, pais, irmã, filha e esposa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da sabedoria e por me guiar durante todos os passos desta pesquisa. Em seguida aos meus pais, esposa e filha pelo carinho e todo suporte durante este ciclo acadêmico.

Agradeço também à organização que disponibilizou toda a estrutura necessária para aplicação desta pesquisa, e ao meu professor orientador por aceitar esse desafio comigo demonstrando seu total apoio sempre que requisitado.

*“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar
mais uma vez.”
(Thomas Edison)*

RESUMO

Com a necessidade de ampliar o portfólio de opções de contratos de manutenção de aeronaves, uma oportunidade vislumbrada por empresas deste seguimento está ligada a enriquecer seus processos de reparo com o uso mais evidente de ferramentas da qualidade. Tais oportunidades abrem o caminho para validação do uso da manutenção centrada em confiabilidade (MCC) em oficinas especializadas em realizar inspeções de rotina em aeronaves de asas rotativas. Sendo assim, o uso da MCC passa a ser um diferencial qualitativo no momento de oferecer um contrato de manutenção por hora de voo, utilizando uma combinação de atividades que analisam todo o cenário que envolve um processo de manutenção e reparo, estudando o comportamento dos componentes críticos e auxiliando na tomada de decisão referente a qual modo de manutenção deve ser aplicado, corretivo, preventivo ou preditivo. As aplicações das atividades essenciais da MCC auxiliam a maximizar a vida útil dos componentes, que neste caso está direcionado a uma aeronave de asas rotativas. Com o estreitamento deste monitoramento dos componentes é possível redigir relatórios confiáveis sobre quais discrepâncias um determinado modelo tende a apresentar de acordo com as condições e quantidade de horas voadas. Essas análises, em conjunto com ferramentas de gerenciamento de suprimentos, auxiliam no processo de inspeção programada sendo possível prever quais materiais passarão por processos de substituição, reparo ou certificação. O uso da MCC no ambiente aeronáutico proporciona credibilidade na visão do cliente proporcionada a maior disponibilidade de frota aeronavegável com a redução do tempo de inspeção. Mapear todo o processo de manutenção, definindo e classificando os principais componentes a serem utilizados e sequenciar as ordens de serviço são pontos abordados neste estudo que visa certificar e viabilizar o uso das atividades expostas da literatura relacionadas a MCC.

Palavras Chave: Manutenção centrada em confiabilidade, aeronaves de asas rotativas, centro de reparos, planejamento de materiais, manutenção preditiva.

ABSTRACT

With the need to expand the portfolio of options for aircraft maintenance contracts, an opportunity envisioned by companies of this follow-up is linked to enriching their repair processes with the most obvious use of quality tools. Such opportunities open the way for validation of the use of reliability centered maintenance (RCM) in workshops that specialize in routine inspections of rotary-wing aircraft. Thus, the use of the RCM becomes a qualitative differential in the moment of offering a maintenance contract per hour of flight, using a combination of activities that analyze the whole scenario that involves a process of maintenance and repair, studying the behavior of the components critical and assisting in decision making regarding which maintenance mode should be applied, corrective, preventive or predictive. The applications of RCM's core activities help maximize component life, which in this case is directed to a rotary wing aircraft. With the narrowing of this component monitoring it is possible to write reliable reports on which discrepancies a particular model tends to present according to the conditions and amount of hours flown. These analyzes, in conjunction with supply management tools, aid in the scheduled inspection process being possible to predict which materials will undergo replacement, repair or certification processes. The use of the RCM in the aeronautical environment provides credibility in the view of the client, providing the greater availability of airfreight fleet with the reduction of inspection time. Mapping the entire maintenance process, defining and classifying the main components to be used and sequencing the work orders are points addressed in this study that seek to certify and make feasible the use of the exposed activities of the literature related to RCM.

Keywords: Reliability centered maintenance, rotary wing aircraft, repair center, material planning, predictive maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de Pesquisa Ação, adaptado de Melo e Turrioni 2011	23
Figura 2 – Incidentes com Aeronaves; adaptado de CENIPA 2017.	24
Figura 3 – Causa de Incidentes com aeronaves; adaptado de CENIPA 2017.....	25
Figura 4 – Modelo de Aeronave H225m, classificado como pesado.	26
Figura 5 – Evolução da Manutenção, adaptado de Kardec e Nascif (2009).....	31
Figura 6 – Manutenção Corretiva Não Planejada – Adaptado de Kardec e Nascif (2009)	34
Figura 7 – Manutenção Preventiva x Corretiva Não Planejada – Adaptado de Kardec e Nascif (2009)	37
Figura 08, Tipos de probabilidades condicionais de falhas.....	43
Figura 09 – Aeronave H225m em estágio de Manutenção.....	48
Figura 10 – Técnica adota para coleta de dados.....	50
Figura 11 – Coleta de dados do sistema MPR utilizado no objeto de estudo (2016).....	50
Figura 12 – Planejamento Inspeção de Out/2016 até Jan/2017	52
Figura 13 – Verificação do uso da MCC no processo de Inspeção A/T.....	60
Figura 14 - Planejamento Inspeção de Out/2016 até abr/2017	61
Figura 15 - Planejamento Inspeção com Taxa de Abastecimento da Coleção – Mai/2017 a Ago/2017	66
Figura 16 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave Eb-5001	68
Figura 17 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave N-7101.....	69
Figura 18 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave FAB-8510	70
Figura 19 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave N-7106.....	71
Figura 20 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave EB-5005.....	72
Figura 21 - Planejamento Inspeção – Monitoramento dimensionamento dos estoques.	73
Figura 22 - Planejamento Inspeção – Novo Fluxo de inspeção A/T	78
Figura 23 - Planejamento Inspeção – Análise Histórica de out/2016 até abr/2018.....	79
Figura 24 - Planejamento Inspeção – Monitoramento da aeronave FAB-8514	80
Figura 25 - Planejamento Inspeção – Monitoramento da aeronave N-7104.....	81
Figura 26 – Indicadores para Programação de Manutenção em 03 blocos.....	85
Figura 27 – Relatório de Indicadores, 1º Monitoramento comparado ao 6º.....	90
Figura 28 – Relatório de Indicadores, 8º Monitoramento comparado ao 11º.....	91
Figura 29 – Relatório de Indicadores, 9º Monitoramento comparado ao 13º.....	92
Figura 30 – Relatório de Indicadores, 14º Monitoramento comparado ao 15º.....	93
Figura 31 – Relatório de Indicadores, 1º Monitoramento comparado ao 15º.....	95

Figura 32 – Taxa de disponibilidade de Frota Operacional em 2018.....	97
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Adaptado de Miguel, Paulo Augusto Cauchick et al (2011).....	27
Tabela 2 – Fases da Manutenção, adaptado de Kardec e Nasfic (2009).....	31
Tabela 4 – Seções do protocolo de Pesquisa Ação	54
Tabela 5 – Exemplo de registro de dados para monitoramento do objeto de análise	56
Tabela 6 – Classificação de materiais por frequência e definição de política de estoque .	65
Tabela 7 – Indicadores para Programação, dados do período de outubro de 2016 até agosto de 2018	86
Tabela 8 – Resultado comparativo entre teoria e prática evidenciada.	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Criado pelo autor adaptado de Telang (2010)	38
Quadro 02 – Atividades Essenciais MCC – Adaptado de Mendes (2011).	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/T – Alfa tango, denominação para um tipo de inspeção.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

CBH – Consumable by hour

CENIPA - Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

CH1 – Materiais de coleção de alto giro

CH2 – Materiais de coleção de médio giro

CH3 – Materiais de coleção de baixo giro

DCR – Materiais de terceiro nível aplicados a conjuntos dinâmicos.

ERP - Enterprise Resource Planning ou Sistema Integrado de Gestão Empresarial

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

MRO - Manutenção, Reparos e Operações

MRP - Material Requirement Planning (planeamento ou planejamento das necessidades de materiais)

MRP II - (Manufacturing Resources Planning) que significa Planejamento dos Recursos de Manufatura ou Planejamento dos Recursos de Produção.

OS – Ordem de Serviço

PBH – Parts by hour

PCP – Planejamento e controle de Produção

RBH – Repair by hour

SAP - Ssoftware de gestão de negócios, cadeia de suprimentos, nome de empresa.

TSM – Materiais de troca sistemática

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Tema	15
1.2 Objetivos do Estudo.....	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivo Específico	19
1.3 Justificativa	19
1.4 Metodologia	21
1.4.1 Método utilizado na pesquisa.....	21
1.5 Definir contexto e propósito	24
1.5.1 Diagnosticar situação e interessados.....	24
1.5.2 Delimitação da área da Pesquisa.....	25
1.5.3 Organização da Pesquisa	26
2. RERENCIAL TEÓRICO	28
2.1 Definição da Manutenção	28
2.1.1 Manutenção Corretiva.....	32
2.1.2 Manutenção Preventiva	35
2.1.3 Manutenção Preditiva	37
2.2 Manutenção Centrada na Confiabilidade.....	39
2.2.1 Escopo de Atividades da MCC.....	44
3. AVALIAÇÃO	47
3.1 Selecionar unidade de análise.....	47
3.2 Definir técnica de coleta de dados.....	49
3.3 Elaborar Protocolo de Estudo	53
3.4 Registro dos Dados Coletados	54
3.5 Análise de Dados Empíricos com a Teoria.....	56
3.6 Planejar Ações.....	62
3.6.1 Elaborar plano de ação – Plano I.....	62
3.6.2 Monitoramento das implementações planejadas – Plano I	67
3.6.3 Elaborar plano de ação – Plano II	73
3.6.4 Monitoramento das implementações planejadas – Plano II	78
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	82
4.1 Avaliar Resultado.....	82

4.1.1	Verificar necessidade de replicação.....	86
4.2	Redigir relatório de resultados com indicadores	88
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
5.1	Conclusões.....	96
5.2	Sugestões futuras.....	98
6.	REFENCIAL TEÓRICO	99

1. INTRODUÇÃO

Nesta seção deseja-se introduzir o assunto manutenção centrada em confiabilidade relacionando-o ao contexto aeronáutico. Seguindo a estrutura do estudo, apresenta-se os objetivos, geral e específico, em seguida a justificativa pelo tema escolhido e como será conduzido a metodologia de pesquisa deste trabalho.

Em busca de aumentar a competitividade no mercado por meio de melhorias na gestão da manutenção, as indústrias deste setor têm buscado programas inovadores no seguimento, como a Manutenção centrada em confiabilidade (MCC). Esses programas vêm se consolidando de uma forma eficiente no cenário atual da manutenção, devido a sua abordagem racional e sistemática, eles permitem que as organizações alcancem um nível de excelência nas atividades de manutenção por meio do aumento da disponibilidade e redução dos custos associados a acidentes, reparos, substituições e defeitos (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

1.1 Tema

Em dispositivos de alta tecnologia, uma variedade de ferramentas da qualidade estão envolvidas, ainda mais quando este dispositivo embute risco elevado. Neste caso a confiabilidade aliada a manutenção do componente destaca-se das demais dimensões pelas seguintes razões: a ocorrência de falhas pode causar a perda de vidas, patrimônios e danos ao meio-ambiente. Este é o caso da indústria aeronáutica, pois uma aeronave não pode apresentar falhas em seus principais equipamentos, devido às consequências citadas (Machado, 2004).

Para Rashid, (2015), como uma aeronave possui um alto custo de aquisição, espera-se que o produto tenha um grande período de vida útil, seja ele uma caixa de transmissão

principal, o sistema de trem de pouso ou um instrumento de painel. Sendo assim todos os equipamentos devem operar de maneira correta durante um longo período sem causar riscos ao cliente e ao meio em que a aeronave vai operar. Levando isso em consideração, é importante garantir e documentar todo o histórico de um equipamento para que assim seja possível garantir sua rastreabilidade, desde o momento que foi adquirido via fornecedor, a maneira como foi estocado, os operadores que executaram a montagem e os documentos de inventário dos equipamentos com seus respectivos dados. O tempo de uso é uma das principais variáveis a serem contempladas em um estudo de confiabilidade, pois, visa especificar o prazo pelo qual um equipamento ou sistema pode operar de acordo com a sua função específica e sob as condições apropriadas de uso.

Com as técnicas de manutenção disponíveis atualmente, poucas empresas exploram o potencial da manutenção preventiva associadas ao uso de técnicas preditivas. Grande parte desse mercado ainda opera de maneira reativa, aplicando técnicas corretivas e preventivas mal planejadas e insuficientes. A melhoria nas atividades de manutenção conduzem o aperfeiçoamento da segurança do produto, nas relações com o meio ambiente e no atendimento referente aos requisitos normativos da empresa. A escolha do melhor método de manutenção deve ser analisada de equipamento para equipamento, verificando os custos, impacto e taxa de falha de determinado dispositivo no seu sistema produtivo, ou seja, é necessário definir para cada produto se é mais vantajoso prevenir ou aguardar que uma falha aconteça (MENDES, 2011).

Quando um equipamento é instalado em uma aeronave, seja ele por uma especificação requisitada pelo cliente ou de uma configuração padrão, são analisados atributos como qualidade, limitações, potencialidades e procedência. Esta análise com frequência é feita através de publicações dos fornecedores, banco de testes e ensaios por meio de padrões estimados ou limitados. Porém nem sempre essas ações se mostram

suficientes para um completo conhecimento do equipamento e conseqüentemente sua operação pode não ocorrer conforme especificado (KUMAR, 2014).

Devido a fatores como estes citados acima, os fabricantes de equipamentos aviônicos estão constantemente em busca da mais alta qualidade possível, de modo a aumentar a confiabilidade de produtos garantindo sua competitividade no mercado aeronáutico, a fidelidade do cliente à marca, o baixo custo e a precisão no planejamento quanto a reposição das peças. Para uma empresa que possui o domínio da confiabilidade em seus serviços, a mesma tende a possuir vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes, pois, esse domínio se traduz em melhor alocação de custos de garantia e suporte, rastreabilidade dos produtos, inventário de reposição qualificado e menor custo estendido de seus produtos ao longo do ciclo de vida dos mesmos (MARCORIN E ABACKERLI, 2002).

Seguindo esse pensamento, a maneira como a empresa aplica seus conhecimentos na qualidade de seus produtos, a sua capacidade de desenvolvimento e a agilidade em aprender algo novo assegura uma vantagem competitiva sustentável. Assim sendo, nota-se a necessidade de se fazer valer e ampliar os conhecimentos de confiabilidade no meio aeronáutico, para que as lições aprendidas se renovem e evitem acidentes e falhas já conhecidos (MACHADO, 2004). Em complemento a essa teoria, segundo Porter (1998), a indústria deve buscar desenvolver seus conhecimentos de forma a criar uma vantagem competitiva, com base em seu capital intelectual e na capacidade de criação e renovação tecnologias que proporcionem maior segurança ao usuário.

São por meio de intervenções preventivas e corretivas, atividades de monitoramento periódicas, correções de falhas reportadas e modificações necessárias de projeto, que a manutenção fundamenta seu objetivo de manter a confiabilidade e segurança estabelecidos na concepção de um produto. Em outras palavras, é por meio da manutenção

que a aeronavegabilidade é liberada ou restaurada quando ocorre algum desvio ou pane, retomando a aeronave para a condição segura para a qual foi homologada. Quando essa atividade não é bem planejada, cria-se um ambiente favorável para o desenvolvimento de condições latentes, que podem enfraquecer os mecanismos inerentes da segurança do sistema desencadeando falhas que conduzem a ocorrência de acidentes e/ou incidentes aeronáuticos (ICAO, 2008).

Encontram-se estudos aplicados na teoria da confiabilidade centrada na manutenção visando atingir os pontos mencionados, entretanto é necessário entender a diferença entre os contextos de operação, já que para alguns equipamentos ou sistemas seu uso pode ser exigido até a sua total falência, sem maiores implicações, enquanto para outros a manutenção preventiva e tratamentos evitam o surgimento de falhas. São fatores que contribuem para a redução das falhas projetos que contemplem uma boa revisão nos parâmetros de segurança dos sistemas que apresentem maior criticidade, em conjunto a operação adequada do produto e com o maior conhecimento possível para tratar tal execução.

1.2 Objetivos do Estudo

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar o uso da Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma organização do setor aeronáutico, por meio de avaliações de seus processos de manutenção e inspeção de modo a garantir que o equipamento estudado esteja sendo revisado de acordo com a metodologia apresentada nesse estudo, visando a eficiência, controle e segurança de todos os meios envolvidos.

1.2.2 Objetivo Específico

- Coletar e monitorar dados de disponibilidade de aeronaves da indústria em questão, a fim de avaliar que tipo de suporte qualitativo a empresa necessita para operacionalização da MCC.
- Validar no contexto da Manutenção Centrada em Confiabilidade as ferramentas de gerenciamento utilizadas pela empresa a fim de garantir uma cobertura de estoque eficiente para os atendimentos de reparo.
- Relacionar o método de inspeção realizado em uma aeronave com as atividades essenciais apresentadas neste estudo no que diz respeito à programação e sequenciamento das ordens de serviço.

1.3 Justificativa

Na indústria aeronáutica vários órgãos de segurança e qualidade ditam regras e procedimentos rigorosos que tem o propósito de evitar, reduzir e prevenir falhas durante as operações de voo para garantir a preservação da vida de toda tripulação em atividade. O tema, pouco explorado em publicações atuais, fortalece a necessidade de desenvolver pesquisas exclusivas para este seguimento avaliando o método de manutenção utilizado.

Esses órgãos, também, por sua vez realizam auditorias nas empresas de manutenção e nas indústrias de fabricação de aeronaves buscando avaliar se todas as atividades seguem as métricas estabelecidas. Com o intuito de alcançar as certificações necessárias as empresas devem manter seus processos de montagem sempre atualizados de modo que o operador possa realizar sua atividade de maneira correta e segura, exigir que as inspeções sejam todas efetuadas e avaliadas por um profissional especializado, assegurar a correta armazenagem e manuseio de equipamentos assim como toda a sua

identificação e certificação dos órgãos competentes visando rastrear todo seu ciclo de movimentação, tendo assim total conhecimento sobre a usabilidade do mesmo (TATSCH, 2010).

Levando em consideração os pontos citados logo a cima, uma aeronave para ser certificada precisa atender a especificações contidas nas regulamentações nacionais e internacionais. No Brasil, a secretaria de aviação civil está diretamente ligada à presidência da república e tem a função de coordenar e supervisionar ações voltadas no que se diz respeito ao desenvolvimento estratégico da aviação civil e da infraestrutura aeronáutica do país. Ligadas a ela, existe a ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil, responsável pela normatização e fiscalização na aviação brasileira. Suas responsabilidades visam cumprir a legislação e as políticas governamentais vigentes zelando pelo interesse de todos os usuários. Outro órgão competente do setor é o CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, que entre todas as funções, destaca-se a finalidade de gerenciar, controlar, planejar e executar as atividades relacionadas com a prevenção e investigação de acidades aeronáuticos (disponível em: <http://www.anac.gov.br/>, acesso em Dez/17).

Todas as certificações e normas estabelecidas, se cumpridas, tornam um equipamento ou máquina com o status de aero navegável. Para buscar a melhor qualidade nas operações os equipamentos utilizados nas aeronaves passaram por exaustivos testes a fim de assegurar sua montagem e uso. Os operadores devem receber junto ao equipamento suas certificações contendo sua identificação para que as inspeções sejam feitas de maneira personalizada antes e durante a montagem ou manutenção.

Criar, estabelecer e monitorar as técnicas de ciclo de operação de um equipamento aeronáutico tende a deixar o processo de montagem e o produto final com um índice maior de segurança reduzindo as discrepâncias identificadas durante a execução do roteiro de

inspeção. Um projeto que contemple parâmetros de confiabilidade nos sistemas críticos aliados a operação correta e com o conhecimento do equipamento auxiliam na redução de acidentes aeronáuticos. Independe do nível de aplicação, a confiabilidade envolve; o fabricante, a montadora e o operador. Sendo assim, cada parte do processo aplica de maneira distinta esses conceitos, uma vez que o fabricante tem sua própria autonomia, baseada quase sempre no prazo de entrega como principal objetivo. Após a entrega do produto, mesmo que haja alterações no projeto, os componentes recebidos devem ser instalados e adaptados nas aeronaves demandando ao operador alguns cuidados adicionais (RASHID, 2015).

Sendo assim, justifica-se a relevância do estudo, uma vez que os conhecimentos sobre os conceitos da confiabilidade aplicados a manutenção, no que envolve as capacitações e limitações técnicas do equipamento em operação, podem reduzir custos, incrementar a qualidade do produto final e evitar acidentes, tanto no âmbito da aviação em geral quanto no ambiente em que este estudo se aplica. Em complemento, outra justificativa a ser aplicada, é que esse estudo se concentra no setor da aviação de asas rotativas, no que envolve as técnicas utilizadas e quais abordagens são aplicadas durante um fluxo de inspeção.

1.4 Metodologia

1.4.1 Método utilizado na pesquisa

O significado de metodologia pode ser dividido em *metodos* e *logos*, que respectivamente são traduzidos em organização e pesquisa, estudo ou investigação. Ou seja, metodologia pode ser definida como o estudo da organização, das maneiras e métodos a seres seguidos para fazer uma pesquisa ou ciência. (Seabra, 2001.) Os

caminhos para conduzir uma pesquisa científica em engenharia de produção mais utilizados são, pesquisa-ação, modelagem e simulação, experimentação e estudo de caso.

Para este estudo, o método de pesquisa adotado é definido como pesquisa-ação, que de acordo com Thiollent (2007), pode ser caracterizado como uma pesquisa de base empírica fundamentada e conduzida em estreita associação com a ação ou resolução de um problema coletivo no qual as partes estão envolvidas de modo cooperativo e ou participativo. Entretanto deve-se ressaltar que para que um estudo seja classificado como pesquisa-ação é de grande importância a implementação de uma ação por parte dos envolvidos na resolução de um problema ou análise crítica de uma situação que esteja relacionado com o objetivo do estudo. Neste método de pesquisa, os pesquisadores têm papel ativo no equacionamento dos ruídos encontrados, no acompanhamento das ações em andamento e na avaliação futura das conclusões formadas provenientes dos problemas encontrados.

A pesquisa-ação pode ser considerada um modelo de pesquisa que associa diferentes formas de ações coletivas, voltadas para a resolução de complicações ou com o objetivo de transformação (TRIPP, 2005). Assim sendo, a pesquisa-ação apresenta-se como uma vertente metodológica na engenharia de produção porque envolve pessoas no anseio de entender e buscar respostas para problemas, desenvolve equipes interessadas em mudanças dentro da organização, aproxima o pesquisador da prática onde o estudo é aplicado assegurando que a pesquisa se torne assunto para várias pessoas. Por se embasar em fatos e dados tem caráter emancipatório, o que pode ocasionar reconhecimento profissional com a superação de obstáculos (LEITE, 2004).

Para Coughlan e Coughlan (2002), as principais características que definem a pesquisa-ação estão relacionadas em estudar a resolução de problemas organizacionais

por meio de uma abordagem científica onde seja aplicado quatro passos fundamentais; planejamento, tomada de ação, avaliação, análise de resultado.

Como retratado na Figura 1, o ciclo de uma pesquisa-ação busca uma participação ativa no processo junto aos membros envolvidos, definir ciclos interativos de coletas de dados onde seja possível ter uma retroalimentação para a geração de relatórios e indicadores a fim de aprimorar a base de conhecimento sobre o problema em análise. Para que esses aspectos sejam visíveis no estudo, deseja-se que a pesquisa seja realizada em tempo real com a aplicação prática, porém é aceitável que o estudo aborde uma situação de forma retrospectiva visto a coleta de dados histórica dos processos. O monitoramento dos e levantamento desses dados devem servir como base para avaliação dos resultados e, sendo satisfatórios, implementar a melhoria desejada.

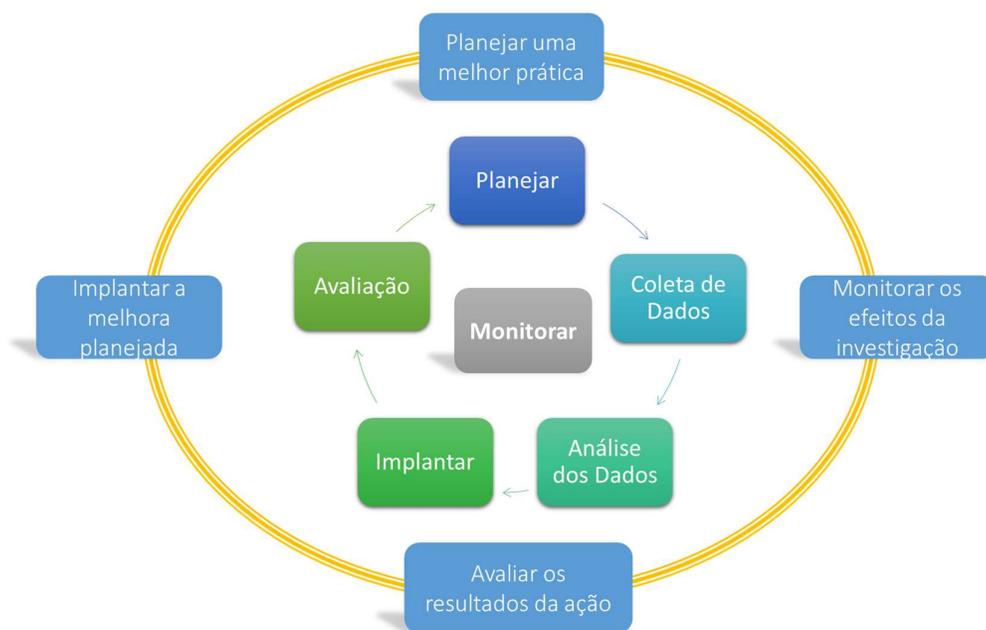


Figura 1 – Esquema de Pesquisa Ação, adaptado de Melo e Turrioni 2011.

1.5 Definir contexto e propósito

1.5.1 Diagnosticar situação e interessados

Devido ao elevado risco envolvido no cenário da aviação, diversas áreas estão envolvidas em atividades estratégicas em relação à prevenção de acidentes e aprimoramento dos processos de manutenção dos equipamentos. Levando isso em consideração e o atual cenário encontrado na organização onde o estudo está sendo aplicado propõe-se avaliar o uso de manutenção centrada em confiabilidade nas revisões realizadas no ambiente de estudo.

Como observado nas Figuras 2 e 3, de acordo com o órgão nacional brasileiro responsável pelas estatísticas referentes a acidentes aéreos de aeronaves de asas rotativas (CENIPA), em grande parte das causas dos acidentes graves, com vítimas, registrados até 2015 as investigações apontaram como fator de causa do acidente falha na manutenção, conforme pode ser observado nos gráficos extraídos do Sumário Estatístico do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.



Figura 2 – Incidentes com Aeronaves; adaptado de CENIPA 2017.

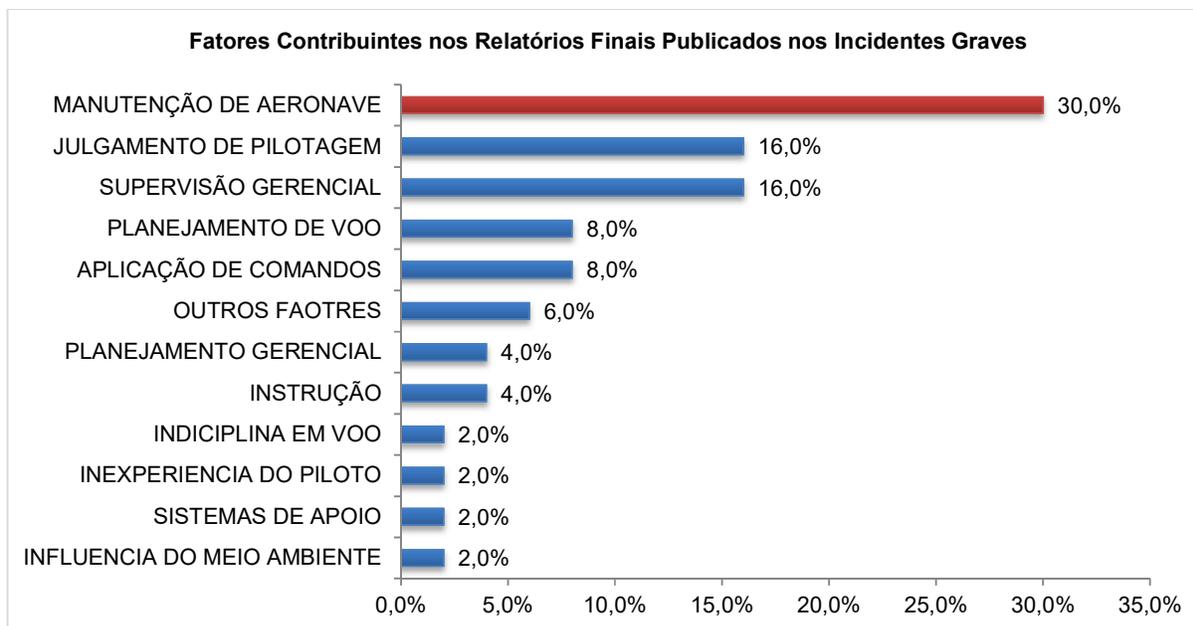


Figura 3 – Causa de Incidentes com aeronaves; adaptado de CENIPA 2017.

1.5.2 Delimitação da área da Pesquisa

Devido a fatores que tornam a realidade de uma aeronave muito dinâmica, como modo de operação, complexidades de sistemas e especificações de manutenção, desgaste físico e sistêmico, torna-se inviável o desenvolvimento de um estudo sem uma delimitação específica. Sendo assim, este estudo está delimitado a validar o uso da manutenção centrada em confiabilidade em uma empresa especializada na produção e manutenção de aeronaves de asas rotativas situada no sul de Minas Gerais. Onde o objeto de pesquisa escolhido trata-se da manutenção aplicada à família de aeronaves denominada de pesadas, modelo H225m de aplicação militar como observado na Figura 4, da qual a empresa em análise possui um histórico de dados disponível e grande frota operacional, o que permite ao pesquisador encontrar dados que sejam confiáveis à aplicação e validação dos conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Em relação à delimitação temporal do estudo, por ser de mesmo local de trabalho do pesquisador, o acesso às informações históricas é facilitado, o que permite realizar uma

verificação em tempo real das atividades que estão sendo aplicadas que correspondem ao objetivo deste estudo. Visando assim adequar ao cronograma do estudo, as análises e coletas de dados que estão presentes no intervalo de tempo entre julho/2016 até setembro/18.



Figura 4 – Modelo de Aeronave H225m, classificado como pesado.

Deste modo, buscou-se analisar o que envolve a manutenção de aeronaves pesadas no processo de inspeção do tipo *Alfa Tango (A/T)*, quanto aos fundamentos aplicados atualmente relacionados à MCC onde os resultados obtidos servirão como parâmetros para avaliar como o método é aplicado na empresa. As aplicações de fórmulas matemáticas não constituem o foco deste estudo, mas sim a validação das teorias apresentadas, que inseridas neste contexto específico buscam definir a metodologia de manutenção adequada sob a perspectiva da confiabilidade.

1.5.3 Organização da Pesquisa

De acordo com, Miguel, Paulo Augusto Cauchick *et al* (2011) podemos considerar a pesquisa-ação como uma variação do estudo de caso onde temos o pesquisador como participante e agindo de forma interativa no estudo junto com os demais envolvidos e com

o processo em que se caracteriza a pesquisa em busca da resolução de problemas contribuindo para a base do conhecimento.

A tabela 1 a seguir apresenta no detalhe como o estudo vai ser conduzido de acordo com o planejamento de uma pesquisa-ação.

PLANEJAMENTO DO ESTUDO EM PESQUISA-AÇÃO	Definir Contexto e Propósito	Diagnosticar situação;	Capítulo 1
		Definir tema e interessados;	
		Delimitar o problema;	
		Definir critérios de avaliação para pesquisa-ação	
	Definir estrutura conceitual-teórica	Mapear Literatura;	Capítulo 2
		Delinear ideias e proposições;	
		Determinar questão e definir objetivos da pesquisa	
	Selecionar unidade de análise e técnicas de coleta da dados	Selecionar a unidade de análise;	Capítulo 3
		Definir técnicas de coleta da dados;	
		Elaborar protocolo da pesquisa-ação	
	Coletar Dados	Registrar dados;	Capítulo 3.4
		Realimentar dados;	
Analisar dados e planejar Ações	Tabular dados;	Capítulo 3.5	
	Comparar dados empíricos com a teoria;		
	Elaborar plano de ações		
Implementar ações	Implemento plano de ações	Capítulo 3.6	
Avaliar Resultados e gerar Relatório	Avaliar resultados;	Capítulo 4	
	Prover estrutura para replicação;		
	Desenhar implicações teóricas e práticas;		
	Redgir relatório		

Tabela 1 – Adaptado de Miguel, Paulo Augusto Cauchick et al (2011)

2. RERENCIAL TEÓRICO

2.1 Definição da Manutenção

O termo manutenção proliferou ao longo das últimas décadas e pode ser definido como um conjunto de ações administrativas e técnicas que visam conservar ou reestabelecer um item em seu estado de funcionamento inicial ou padrão de acordo com a Norma Brasileira 5462 de 1994. Levando em conta uma abordagem mais científica presente na norma AFNOR NFX 60-010 de 1988 a manutenção é definida como uma ação que permite restabelecer ou manter um produto em bom estado de funcionamento a fim de garantir a realização de uma tarefa determinada.

Para Filho (2008), a manutenção está relacionada ao conceito de uma coleção de ações para corrigir, prevenir ou detectar possíveis falhas potenciais com o objetivo de garantir as condições operacionais e de segurança dos equipamentos, sistemas ou ativos. Podem ser apontadas pela Engenharia da Manutenção (ramificada em outras áreas como civil, elétrica, aeronáutica, mecânica, etc.), as ações cujo o propósito é modificar ou acondicionar um item para que ele continue desempenhando a função desejada pelo usuário no momento de sua aquisição durante o maior tempo de vida útil possível.

Existe uma dificuldade em saber exatamente quando o conceito de manutenção surgiu, pois como se sabe a necessidade de reparar algo sempre existiu. De acordo com alguns registros históricos como cita Geraghety (2000), as primeiras impressões relacionadas a profissionais da área da manutenção surgiu no continente europeu por volta do século XVI juntamente com a fabricação dos primeiros relógios mecânicos. Logo após esse fato, a Revolução Industrial em alta e a Primeira grande Guerra Mundial impulsionaram a expansão do conceito de manutenção, principalmente no que se refere a reparos emergenciais. Os conceitos foram sendo inseridos na indústria, e com a Segunda

Guerra termos como, disponibilidade e produtividade passaram a ser explorados com uma atenção maior pelos grandes empresários da época. O que futuramente daria base para o que denominamos de manutenção preventiva.

A Revolução Industrial remete que o incremento da produção depende de melhores equipamentos e sistemas, Taylor confirmou essa crença com a priorização das tarefas e padronização dos métodos, onde mais tarde Fayol apresentaria seus estudos com foco na estrutura e no processo. Somente após os anos 30 que a variável humana foi inserida neste contexto produtivo como elemento crítico. O cenário considerava que nenhum processo deveria ser indiferente a falhas, contudo, vale ressaltar que em certos casos, é vital que não aconteça falhas, como no segmento aeronáutico. Isso abriu as portas para que o conceito de manutenção preventiva se lastrasse pelas grandes indústrias da época. (FERREIRA, 2000).

Com base em três gerações distintas, Moubray (2000) aborda a evolução histórica da manutenção e dos processos industriais. Na primeira delas, a ênfase está relacionada ao conceito pós-falha, entedia-se que um equipamento, durante um determinado tempo de uso iria apresentar uma falha e seria inevitável tratá-la. Num segundo período, fatores como a disponibilidade operativa e a vida útil dos equipamentos passaram a ganhar espaço na indústria, até como um diferencial, pois na época a exigência por uma produtividade maior a custos menores estava sendo difundida nas grandes companhias. Já na terceira geração, nos remete a tempos mais modernos, onde fundamentos da qualidade foram inseridos nos processos e requisitos de montagem e operação como confiabilidade, segurança e minimização de danos ao meio ambiente refletem ações que manutenções eficazes aliadas ao baixo custo.

Monchy (1998), destaca que o termo manutenção abrange os conceitos de correção no sentido de restabelecer e, prevenção no que se refere a manter operacional. O que pode ser compreendido que um objeto que opere de acordo com o previsto e que suas

interferências sejam administradas de modo a não prejudicar seu funcionamento. Monchy ainda comenta sobre a omissão deixada por grande parte das definições ao não referenciar o aspecto econômico envolvido nos processos que exigem algum tipo de manutenção eficiente, onde deve-se garantir que suas atividades norteassem a um custo global otimizado.

Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção como conhecemos hoje pode ter sua história dividida em quatro grandes momentos a partir da década de 30; segue na Tabela 2:

<p>PRIMEIRA GERAÇÃO</p>	<p>Nessa fase a indústria ainda não tinha como princípio a produtividade, assim o serviço de manutenção era desnecessário até que ocorresse uma pane.</p> <p>Acreditava-se que as falhas nos equipamentos era algo natural, ou seja, a manutenção era simplesmente um serviço de reparo.</p> <p>As indústrias da época buscavam especialistas em realização de concertos para que quando algo operasse de maneira não conforme, os mesmos fossem acionados.</p>
<p>SEGUNDA GERAÇÃO</p>	<p>Diferente da primeira, nesta fase temos a necessidade do aumento da vida útil dos equipamentos devido à alta demanda da época.</p> <p>Assim o conceito de manutenção preventiva é instalado nas grandes indústrias. O registro das tarefas, planejamento manual de processos e intervenções para reparo serviram de base mais tarde para informatização das atividades manutentivas.</p>
<p>TERCEIRA GERAÇÃO</p>	<p>Na terceira geração, que pode ser datada a partir dos anos 70, a indústria passa a se preocupar mais com a segurança e saúde do funcionário junto ao meio ambiente, assim cresce o interesse para o uso da manutenção preventiva com base nas análises de risco padrão.</p> <p>Os conceitos de confiabilidade e disponibilidade neste momento já estão implantados em vários setores da indústria com melhores técnicas de monitoramento graças aos avanços da informática com a utilização de computadores menores e mais potentes e dos grupos de trabalho multidisciplinares.</p>
<p>QUARTA GERAÇÃO</p>	<p>Na quarta geração, como cita Kardec e Nascif (2009), não devemos mais ouvir dizer em manutenção corretiva, esse conceito agora passa a ser um indicador de má qualidade do sistema produtivo.</p> <p>Os especialistas em qualidade focam na prática da análise de falhas e em suas origens antes mesmo do produto ser disponibilizado em linha ou para o usuário.</p> <p>A melhor no desempenho dos equipamentos é constante e sempre buscando minimizar os custos com falhas e paradas não programadas. Assim, o uso da manutenção preditiva se destaca com ferramentas voltadas para o monitoramento de condição do produto.</p>

Podemos dizer que esta é a fase atual, pois o cenário de hoje demonstra fortemente a competitividade entre as empresas e cria um ambiente onde não existe chance para perda de produtividade e altos custos de manutenção.

Com isso os fatores de confiabilidade e disponibilidade se tornaram essenciais para estabilidade de uma empresa.

Tabela 2 – Fases da Manutenção, adaptado de Kardec e Nasfic (2009)

No contexto geral, podemos descrever que a manutenção atualmente está inserida em um segmento estratégico nas organizações para buscar o sucesso empresarial com base em características como; evolução tecnológica, ferramentas de apoio para tomada de decisão, desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas consequências, especialização de novas técnicas da qualidade e como consequência, o acompanhamento dos custos de manutenção e despesas globais. Pensando nisso, a Figura 5 mostra como com o passar do último século podemos segmentar os principais ideais que compõe o conceito de manutenção:

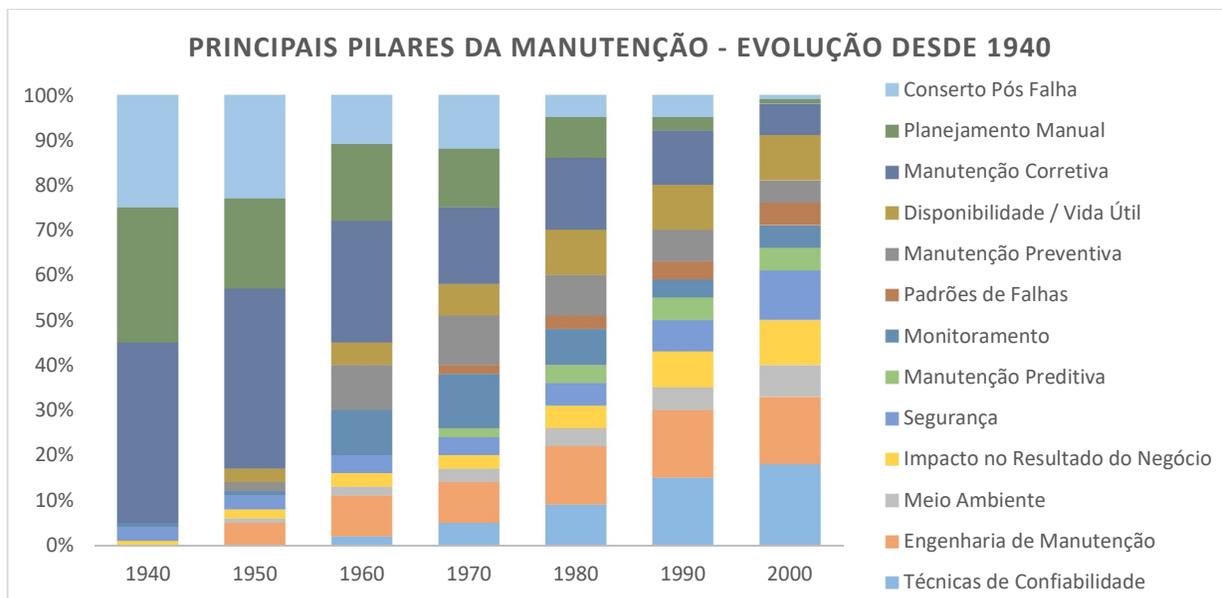


Figura 5 – Evolução da Manutenção, adaptado de Kardec e Nascif (2009)

2.1.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva para Bevilacqua e Braglia (2000) possui como principal característica intervenções somente quando surgir alguma falha operacional em um equipamento ou sistema. É o exercício para a correção da falha ou do desempenho abaixo ou fora do esperado. Fomenta altos custos, visto que a parada inesperada do produto implica em perdas de produção, contração da qualidade e elevados gastos indiretos de reparo. De acordo com Viana (2002), a manutenção corretiva é uma prática que existe para corrigir não conformidades decorrentes de desgastes ou danos de sistemas e equipamentos. São as benfeitorias das partes que sofreram a falha, podendo ser aplicada como um reparo, regulagem, balanceamento, troca de componentes ou substituição do próprio equipamento.

Sempre que ocorra uma intervenção em um equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do esperado estamos realizando manutenção corretiva (Kardec e Nascif, 2009). Nessa situação, podemos ter duas condições específicas que levam a praticar tal manutenção, quando o equipamento apresenta desempenho deficiente apontado pelo monitoramento das variáveis operacionais e pela ocorrência da falha esperada. Logo, a principal função da manutenção corretiva é Restaurar ou Corrigir as discrepâncias de modo preservar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema.

Pode-se compreender a manutenção corretiva como toda atividade de reparo realizado após a detecção de uma falha em um produto, com a intenção de restabelecer a sua função requerida eliminando por completo o estado de falha. Vinculando a essa concepção, a manutenção corretiva pode ser subdividida em paliativa, que compreende as intervenções corretivas executadas interinamente, e a curativa, que abrange as práticas

típicas de reparo em caráter definitivo a fim de restabelecer ao equipamento sua função requerida (ALVES E PONTES, 2016).

O evento que interfere na correção de uma falha ou de um desempenho anormal em um maquinário é denominado de manutenção corretiva, como exposto anteriormente. Deste modo, a manutenção corretiva não deve ser considerada somente como de emergência, pois sua principal ação é a restauração de uma condição aceitável de funcionamento e a não a simples correção da falha decorrente de um desgaste ou mau uso (Viana, 2002). Em função disso, podemos separar em duas partes, planejada e não-planejada:

- **Manutenção Corretiva não Planejada**

Esse tipo de manutenção é qualificado pela correção de eventos que já ocorreram, seja uma falha ou desempenho diferente do esperado. Nesta situação não há tempo para preparação de materiais tão pouco planejamento do serviço a executar, ou seja, a manutenção corretiva não planejada é puramente a correção da falha de modo contingente a fim evitar maiores danos ao sistema. Os custos ocasionados por esse tipo de manutenção tendem a ser maiores que do um serviço planejado e dois fatores são importantes para isso (CASTELLA, 2001);

- Diminuta utilização de recursos por não possuir um planejamento adequado.

- Investigação superficial do problema, sem atacar a causa raiz, muitas vezes a falha volta a se repetir tornando evidente a necessidade de mais reparos.

Para representar o desempenho de um equipamento onde a manutenção corretiva não planejada é aplicada, podemos usar o a Figura 6. É importante ressaltar que o tempo até a quebra é aleatório, e o tempo de funcionamento 1 (t_0 a t_1) difere do tempo de funcionamento 2 (t_2 a t_3), isso demonstra que com o passar do tempo ou uso o equipamento tende a apresentar uma queda de desempenho reduzindo a sua

produtividade e vida útil. Esse tipo de situação claramente não se aplica a qualquer produto, serviço ou sistema visto que em muitas situações a falha pode ocorrer de maneira instantânea sem que o usuário note uma queda do rendimento, exemplo: Luz de Freio.

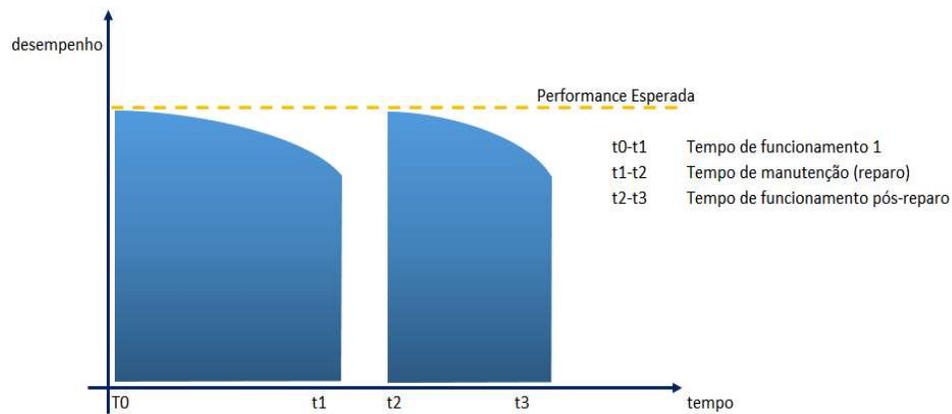


Figura 6 – Manutenção Corretiva Não Planejada – Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

- **Manutenção Corretiva Planejada**

A manutenção corretiva planejada pode ser definida como; correção de um desempenho menor do que o prenunciado ou correção de uma falha por decisão gerencial. Regularmente esta decisão baseia-se em um remodelamento dos parâmetros de condição ponderados pela manutenção preditiva. (Kardec e Nascif, 2009). A resolução de adotar o conceito de manutenção corretiva planejada pode ser originada com base em vários fatores, entre eles; acordo de parada do processo produtivo com os responsáveis da operação, melhoria no planejamento de serviços, questões relacionadas à segurança, garantia e disponibilidade de recursos humanos. A manutenção preventiva planejada proporciona o planejamento dos meios necessários para a mediação da manutenção, visto um ambiente onde a falha é esperada.

Para Higgins e Mobley (2002), a manutenção corretiva é voltada para atividades uniformes e planejadas que possuem o desígnio de manter todos os equipamentos e sistemas de uma planta operando em suas perfeitas condições. O êxito da manutenção deve ser medido pela vida útil operacional do produto e de seus custos atrelados e não pela presteza que um equipamento danificado pode voltar a executar suas funções desejadas. A principal diferença entre a manutenção corretiva planejada e a preventiva é que a primeira age na correção de uma discrepância já detectada e a outra atua na intenção de prevenir que uma falha ocorra baseada em dados e documentos históricos que relatam o comportamento do objeto em análise.

2.1.2 Manutenção Preventiva

Este tipo de manutenção é realizado independentemente se houve ou não uma falha operacional. Segue um padrão baseado em uma estimativa histórica e média que pode estar inserida num contexto de intervalos programados, horas de uso, modo de funcionamento, ambiente exposto, quantidade de ciclos operacionais, prazo de validade entre outros de acordo com o sistema em estudo. A intenção deste tipo manutenção é que o dispositivo passe por uma intervenção sem que tenha qualquer tipo de falha. Todavia, mesmo este modo representando a vantagem da previsibilidade, pode representar altos custos para manter uma estrutura pronta para fazer as revisões ou para contratar um serviço que a faça. Certamente, quando falamos em aeronaves, e em frotas grandes, nas quais o operador está disposto a deixar um equipamento ou até a própria aeronave inoperante durante o intervalo da inspeção este método é recomendado pois não implica em perdas produtivas. Para frotas reduzidas é necessária uma análise mais apurada dos responsáveis principalmente no que diz respeito ao custo benefício de se manter um equipamento reserva disponível quando outro estiver em manutenção (EDUARDO, 2003).

Para Morais (2004), a manutenção preventiva é uma das ferramentas primordiais para que um equipamento atinja a maior vida útil possível, porém é preciso manter uma coleção de materiais e recursos disponíveis para que a mesma seja aplicada de acordo com os manuais e bases históricas. Seguindo a linha de pensamento de Morais (2004), Neiva (1999), definia a manutenção preventiva ativa em um contexto onde ainda não se caracterizou um estado de falha, assim, essa metodologia deve ser empregada em um sistema com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrência da falha. Pode ser chamada de manutenção prevista, programada ou preparada que antecede uma possível discrepância. A atividade de manutenção preventiva pode ser no modo sistemático, ou seja, quando a degradação do objeto respeita um padrão já conhecido. Muito comum no meio aeronáutico, onde os equipamentos sistemáticos são verificados nas inspeções por hora de voo e trocados automaticamente independentemente do seu estado atual. Em muitos casos o padrão pode ser alterado, principalmente onde ocorre o uso indevido do equipamento. (MATA FILHO, 1998).

Para Kardec e Nascif (2009), de acordo com o tempo e com um acervo mais consistente e rico de informações a respeito dos equipamentos e sistemas no que diz respeito aos seus históricos de manutenção é possível criar planos de inspeções e intervenções mais eficazes e precisos. Porém mesmo com todo esse arsenal de informações e um bom funcionamento do plano preventivo com o decorrer da vida útil do equipamento as chances de ocorrer uma falha entre os períodos de manutenção aumentam o que pode gerar uma ação corretiva não planejada, como podemos observar na Figura 7:

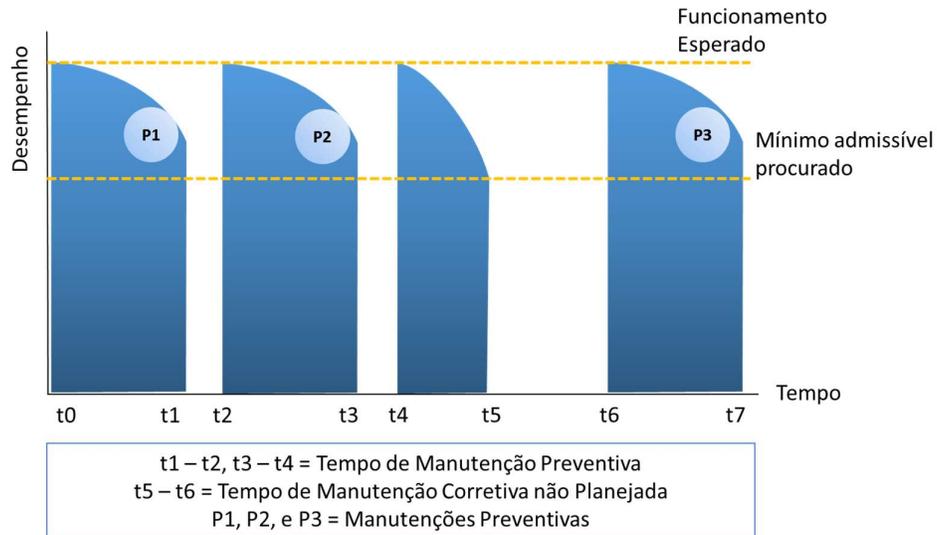


Figura 7 – Manutenção Preventiva x Corretiva Não Planejada – Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

2.1.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva atua no contexto referente a um contínuo acompanhamento dos limites de operação de um certo equipamento ou sistema verificando sua condição desejada de funcionamento. Analisada qualquer tendência para o surgimento de uma falha, funcional ou operacional do objeto em questão, este deve ser enviado para manutenção. (ELLER, 2015).

[...] monitorar parâmetros que caracterizam a condição de operação da máquina de forma a poder detectar, prever a época da provável ocorrência, e, se possível, diagnosticar o tipo de defeito para que se possa planejar a operação de manutenção na ocasião e na forma mais conveniente. (EDUARDO, 2003)

Este tipo de manutenção visa uma regular monitorização do atual estado das disposições mecânicas, práticas de operação, e demais indicadores, de modo a

proporcionar resultados que ratifiquem o máximo intervalo entre os reparos e minimizem o custo de paradas não programadas (MOBLEY, 2002).

Uma oferta generosa de técnicas preditivas pode ser utilizada para tal monitoramento e controle das condições operacionais e dos equipamentos e sistemas, sendo que em muitas situações mais de uma técnica pode ser utilizada a fim de alcançar os objetivos esperados e reestabelecer a operacionalidade. É importante ressaltar que para a manutenção preditiva tenha sentido, não está previsto o uso de nenhuma técnica destrutiva (SMITH e MOBLEY, 2008).

Para Telang (2010), a aplicação de um processo de manutenção preditiva possui seis principais regras a fim de garantir o seu funcionamento, conforme exposto no Quadro 01:

Avaliação Inicial:	Analisar as vantagens de se aplicar a manutenção, verificar disponibilidade e comparar custos de execução com os de aquisição.
Parâmetros de Monitoramento:	Averiguar todos os sistemas possíveis onde haja histórico de dados para realizar uma medição. Buscar uma parametrização que garanta que se houver um desvio do valor desejado este deve ser indicado o mais breve possível, antes da incidência de uma falha.
Seleção do Parâmetro e Equipamento para Medição	A escolha de um indicador ou uma constante para análise deve considerar uma relação de custo-eficiência, onde quanto mais crítico for o objeto de estudo, maior deve ser sua eficiência. A escolha do equipamento de medição deve satisfazer as séries de avaliações a analisar. Como o ciclo de inspeção de uma aeronave.
Formação de Equipe	Os recursos humanos disponíveis para manutenção devem estar familiarizados com os parâmetros de análise, os equipamentos de medições e a interface do sistema de armazenamento de dados das aferições. A interpretação dos dados por parte do operador é fundamental, até porque o mesmo pode ser o responsável por executar uma calibração do equipamento ou sistema.
Aplicação da condição de monitoramento	A regularidade de como é feito o monitoramento, comparações estatísticas de processos, análise dos limites pré-definidos, estudo da problemática e escolha de qual medida corretiva aplicar.
Armazenamento de dados	É fundamental a criação de uma gestão dos dados históricos para que se possa verificar tendências e auxiliar nas tomadas de decisão futuras.

Quadro 01 – Criado pelo autor adaptado de Telang (2010)

A sistemática da manutenção preditiva nivela-se à preventiva no que tange a remoção do componente, previamente à um registro de falha. O principal ponto que as difere está na flexibilidade do prazo desta intervenção, sendo que na preventiva é fixado antecipadamente e na preditiva a interferência é estabelecida conforme os resultados adquiridos durante o acompanhamento da performance de determinado dispositivo. A manutenção preventiva pode ser em muitos casos dispendiosa e poluente, visto que há a remoção do componente sem que tenha atingido o máximo de desempenho, desperdiçando parte de sua vida útil, na preditiva essa troca ou até mesmo o reparo é realizado o mais próximo possível do ponto ideal, proporcionando maior disponibilidade ao usuário (NIKRAZ, 2017).

2.2 Manutenção Centrada na Confiabilidade

A manutenção centrada em Confiabilidade (MCC) é uma plataforma que articula técnicas de engenharia em uma abordagem sistemática com o intuito de garantir que os equipamentos fabris preservem suas funcionalidades originais (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2008). A MCC proporciona a diminuição dos custos de manutenção por meio da priorização das técnicas essenciais do sistema em operação, inserindo tarefas de manutenção estritamente valiosas para a continuidade dessas técnicas e funções, evitando ou até removendo atividades de reparo desnecessárias (RAUSAND, 1998).

Apesar da MCC não abordar literalmente fatos relacionados a periodicidade de atividades, ela é um excelente mecanismo para a definição de roteiros e atividades de manutenção a serem executadas. A delimitação dos intervalos ideais entre as manutenções é complicada devido à dificuldade em se obter acesso as informações sobre taxa de falhas e custos das falhas e do ciclo de manutenção preventiva. Nesta linha, Mendes et al. (2011), referem que as abordagens qualitativas têm sido preferidas às abordagens quantitativas, relacionado a escassez de dados para um agrupar em uma base histórica dos objetivos de

estudo e de modelos estatísticos adequados para a interpretação destes dados. Em complemento, as pesquisas direcionadas a este assunto são em sua maioria desenvolvidas por matemáticos ou especialistas em estatística o que acaba tornando a pesquisa pouco acessível à compreensão daqueles que são e estão diretamente interessados na manutenção centrada na confiabilidade. Fato este último, que remete a importância deste estudo, onde o foco não está em desenvolver um método matemático e sim observar se as atividades atuais aplicadas a manutenção se enquadram no que encontramos de prático na literatura a respeito da MCC.

Podemos ressaltar que o empenho em oferecer um suporte quantitativo necessário à execução da MCC é importante para que, em seguida, consigam ser apresentados procedimentos que insiram esta abordagem quantitativa na programação da Manutenção. Procedimentos como estes, tendem a auxiliar as organizações a reduzir custos da manutenção e como consequência aumentar a disponibilidade e confiabilidade de seus produtos. (MENDES *et al.*, 2011).

Em uma literatura mais tradicional, Smith (1992), aponta como o conceito principal de MCC a preservação das funções do sistema, identificar os modos de falhas que possam afetar as configurações operacionais, determinar o grau de importância de cada uma dessas falhas e estudar quais os melhores métodos para prevenir essas possíveis falhas. Levando em consideração as diferentes formas de manutenção, o conceito de MCC visa resguardar a função inicial do equipamento, a partir das necessidades exigidas para operacionaliza-lo.

Buscando na história, Moss (1985), identifica a MCC estruturada com as convicções de que toda a atividade de manutenção deve ser justificada previamente à execução. Esse critério de justificativa condiz com a segurança, a disponibilidade e ao fator econômico em razão de protelar ou prevenir um modo específico de falha. Essas análises

baseadas nesses tipos de critérios compreendem a base da aplicação da MCC, ou seja, é a partir de uma investigação analítica das funções planejadas de cada sistema ou equipamento que devem ser estimadas as tarefas de manutenção mais adequadas em busca de garantir o máximo desempenho operacional do objeto de estudo. Seguindo a linha de raciocínio de Moss (1985), mais recentemente Fleming et al. (1997), sugere que a MCC compreende um agrupamento de etapas apoiadas em planilhas e diagramas de decisão condicionados a execução de uma atividade de manutenção mais adequada para tratar uma discrepância. Essa ferramenta de decisão possui questionamentos que auxiliam no mapeamento das atividades e ajudam a classificar as consequências das falhas para a execução das tarefas de manutenção mais adequadas e eficazes no que diz respeito a prevenção ou na mitigação destas falhas.

Avançando na linha do tempo da literatura, encontramos definições como a de Branco Filho (2008), onde a MCC é apontada como uma ferramenta de manutenção que tem como característica simplificar (de maneira a racionalizar) e arranjar (de maneira a sistematizar) as adequadas determinações de tarefas a serem cumpridas em um plano de inspeção, bem como garantir a confiabilidade e a garantia funcional dos equipamentos e até serviços ao menor custo. Nesta filosofia, a MCC está interligada com as transformações gerenciais que vêm se desenrolando recentemente na indústria como um todo, com destaque em fluxo de documentação, otimização de processos e rastreabilidade das atividades.

Para uma otimização da manutenção Ferrero et. al. (2002) é importante realizar um arranjo balanceado entre os três tipos de manutenção já citados na literatura previamente; a) corretiva, com foco de uso em falhas aleatórias onde o sistema é exigido até que uma falha ocorra; b) preventiva, está a vida útil do produto e é aplicada em situações onde já é conhecido o surgimento da falha devido ao tempo ou quantidade de vezes que foi utilizada;

c) preditiva, está ligada diretamente com a condição do componente, históricos de uso, análises de desgastes, estuda a possibilidade se encontrar um possível falha no futuro.

É possível agrupar os conceitos explorados por Bloom (2006) e Fogliatto e Ribeiro (2008), no que remete o direcionamento do uso de métodos qualitativos para escolha do tipo de manutenção e do intervalo entre elas a ser definido. Ambos representam soluções para tomada de decisão semelhantes para a proposta do tipo de manutenção e do tempo, essas respostas utilizam informações com origem em dados do componente que remetem a evidência da falha, suas consequências e o direcionamento correto da manutenção. É dado como sugestão, a consulta à equipe que está envolvida com a manutenção diretamente para estabelecer um critério para determinar um intervalo ideal para realizar a parada técnica para aplicação das revisões e a constante retroalimentação das informações em um sistema de armazenamento de dados. Esse tipo de ação auxilia a equipe gerencial na tomada de decisão sobre o correto método de manutenção a ser aplicado e quais as principais atividades devem ser executadas. Já para Sellitto (2005), uma abordagem quantitativa também pode ser adotada visto que para cada componente existe uma probabilidade e densidade específica de falhas. Por meio dessa análise, é possível criar um arranjo sobre o comportamento das falhas deste material ao longo de sua vida operacional e assim, definir com precisão o tipo de manutenção a ser aplicado.

A probabilidade condicional de falhas no tempo está correlacionada com o tipo de componente que está sendo estudado e qual universo este mesmo faz parte. Assim, encontramos como base as seguintes curvas (figura 08) que representam o comportamento do material ao longo de sua vida útil, retratado de maneira semelhante por Moubray (1997), Sellitto (2005), Mendes (2011) e Monteiro (2013).

As Curvas de Manutenção em relação a vida útil do equipamento apresentadas na Figura 08 podem ser definidas como:

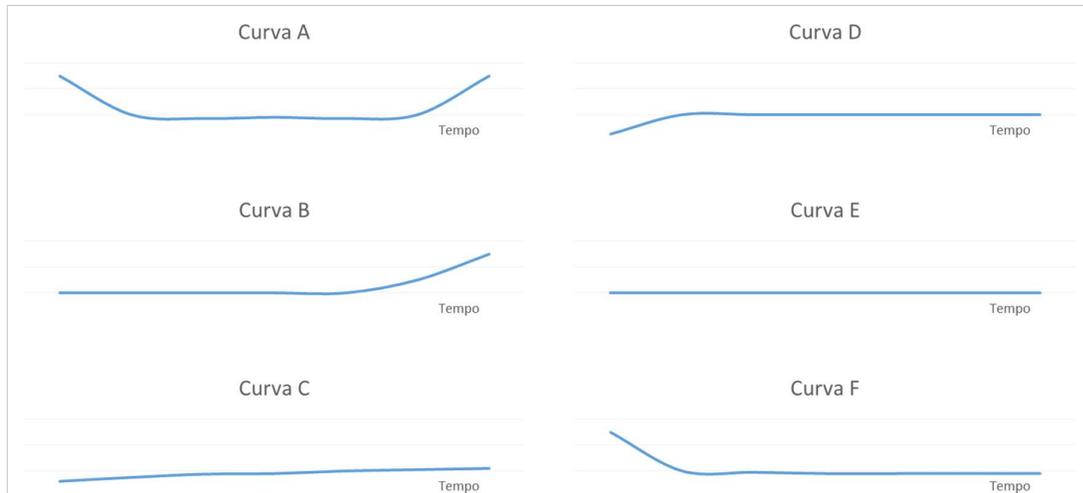


Figura 08, Tipos de probabilidades condicionais de falhas.
 Fonte: Criado pelo autor adaptado de Mendes (2011)

- a) Mais conhecida como a “curva da banheira”, onde é possível observar uma elevada taxa de falhas no início da operação, e logo em seguida uma queda com um período de estabilização onde falhas aleatórias podem ocorrer sem um precedente calculável e finaliza com novamente um aumento, muito em relação aos desgastes provenientes da quantidade de horas em uso e fadiga técnica;
- b) Representa um cenário onde encontra-se uma taxa de falhas constantes do início até a maturidade do objeto em análise com um crescimento de anomalias visível ao final, relacionado a idade. Exemplo que se aplica muito em equipamentos mecânicos;
- c) Comportamento de falhas baixo, e que com o passar do tempo tende a aumentar, porém sem picos ou grandes intervenções para aplicação de manutenção;
- d) Taxa de falhas baixas no início das operações do componente seguido de um constante índice de discrepâncias;
- e) Situação onde a taxa de falhas é constante durante toda a vida útil de um componente, neste caso o material pode ser acompanhado por uma mesma

- falha durante todo o tempo em que é utilizado ou pelo surgimento constante de falhas seguidas de resoluções anteriores, caso de componentes eletrônicos;
- f) Cenário onde a taxa de falhas no início da vida útil do componente é altíssima, seguida de um decréscimo durante sua maturidade e finalizando com um baixo índice ao final de sua vida operacional.

2.2.1 Escopo de Atividades da MCC

Conforme observado na literatura, podemos destacar como questões primordiais da MCC os seguintes fatores: capacitação e definição de uma equipe específica atuante na manutenção, definição das funções e estudo dos padrões de comportamento dos componentes e serviços em análise, verificação de falhas, escolha e classificação do tipo ideal de manutenção a ser aplicado, seleção e critério das atividades e estabelecimento de indicadores e metas a serem cumpridas (Rashid et al., 2015).

Para Mendes (2011), o objetivo da MCC é estabelecer uma estratégia de manutenção rotineira, que vise preservar e manter operacional as funções de sistemas e equipamentos de maneira aero navegável e dentro de uma margem de custos aceitáveis pela alta gerência. De modo a ter como exigência a análise dos gastos previstos com a aplicação das atividades de manutenção, como por exemplo, um cenário onde a manutenção preventiva possua custos maiores que os custos associados às perdas operacionais e ao reparo, a mesma passa ser ineficiente, com exceção de alguma norma ou exigência do cliente.

[...] a base de trabalho de um programa de MCC é a definição das funções e padrões de desempenho dos equipamentos, seguida da descrição de suas possíveis falhas, bem como da análise de suas

causas, consequências e da definição de ações que impeçam ou amenizem sua ocorrência (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2008).

Com base na contribuição dos autores citados nesta fundamentação e seguindo o conceito citado por Mendes (2011), é possível listar dez atividades que são consideradas essenciais para a validação da operacionalização da MCC destacadas no Quadro 02:

Atividades Essenciais para Operacionalização da M.C.C.	
Definição e Familiarização da Equipe junto ao Objeto de Estudo	Classificação dos Componentes
Listagem Técnica de Componentes	Classificação da Técnica de Manutenção Abordada
Classificação de Funções	Política e Dimensionamento de Estoques
Classificação de Falhas	Programação e Controle de Manutenção
Análise de Falhas	Monitoramento de Indicadores

Quadro 02 – Atividades Essenciais MCC – Adaptado de Mendes (2011).

Para definir uma equipe de trabalho é necessário que todos os envolvidos estejam familiarizados com o objeto a ser analisado, é nesta etapa que devem-se atribuir as funções, delegar as atividades e buscar treinamentos que possam auxiliar na operacionalização da MCC. No que remete a classificação de funções, estamos referindo aos componentes, no que diz respeito se sua atividade é essencial ou auxiliar. Sendo uma função essencial seu objetivo principal está direcionamento ligado a instalação do componente, e a auxiliar, é aquela relacionada ao suporte para operacionalizar tal componente de uma função essencial. A classificação das falhas vai depender de como a mesma é compreendida, se são falhas evidentes ou falhas ocultas e, para essa verificação envolvemos a atividade de análise de falhas que tem como objetivo estudar o comportamento dos produtos ou serviços ao longo do tempo e o ambiente que estes estão inseridos. Com isso é possível definir junto com a equipe gerencial do projeto qual tipo de

Manutenção é o melhor a ser aplicado, levando em consideração as premissas já apresentadas neste estudo previamente, seja ela preventiva, corretiva ou preditiva. (BLOOM, 2006; MENDES, 2011; SALONEN e BENGTTSSON, 2011.).

Para este estudo, tendo em vista o ambiente do qual se aplica, que está relacionado a um centro de manutenção e reparo de aeronaves de asas rotativas, dentre essas atividades listadas como essenciais, podemos considerar primordiais para a verificação do uso da MCC; a classificação dos componentes, política e dimensionamento de estoques, programação e controle de manutenção além do monitoramento de indicadores. Assim, conforme descrito por Mendes (2011) é possível realizar uma validação inicial do uso do método MCC em um produto ou serviço, sendo este último o mais relevante para o estudo conforme será apresentado nas análises, resultados e conclusões a seguir.

3. AVALIAÇÃO

3.1 Selecionar unidade de análise.

O ambiente do qual este estudo está inserido é um centro de reparos e manutenção de aeronaves leves, médias e pesadas do segmento de asas rotativas. Sua infraestrutura se divide em três unidades, sendo uma delas destinada ao centro de reposição e vendas de equipamentos e peças e outras duas especializadas em reparos. O maior volume de manutenção está concentrado na cidade de Itajubá e atende ao mercado civil e militar, este último por sua vez é responsável por enviar a maior quantidade de aeronaves para reparo e possui o modelo do qual o estudo aplica a verificação da MCC durante seu processo de inspeção obrigatória denominada de *Alfa Tango*.

O modelo de aeronave que está sendo avaliado a qualidade do processo de manutenção é o H225m, retratado na Figura 09, versão militar de porte pesado e com capacidade para até 16 tripulantes além de piloto e copiloto. Este modelo de aeronave possui autonomia de até 05 horas e 30 minutos de vôo ininterrupto com uma velocidade superior a 300 KM/h em modo cruzeiro e capacidade de até 11 toneladas. (Airbus Catalog, acessado em 09/10/2018).

No Brasil, o maior operador deste tipo de aeronave são as forças militares nacionais divididas entre aeronáutica, marinha e exército, sendo que cada um deles possui uma versão customizada do modelo que atenda suas necessidades. Visto essa importância, podemos entender a importância de se estabelecer um processo de manutenção robusto e bem definido que reduza os prazos onde a aeronave esteja fora de operação. Para a empresa de manutenção onde o estudo se aplica, é de grande valia estratégica que quanto mais aeronaves estiverem em atividade mais dessas precisaram passar por processos de manutenção e conseqüentemente gerar ganhos financeiros com os reparos e manutenções.

Visto esse cenário, a aplicação de ciclos curtos de paradas para manutenção se faz necessário, o que remete ao uso da manutenção preditiva aliada a preventiva conforme descrito na revisão de literatura apontada previamente. Para que esses ciclos ocorram de maneira mais rápida existem roteiros específicos de manutenção que devem ser seguidos de acordo com o tempo de uso ou quantidade de horas de voo de determinadas aeronaves.



Figura 09 – Aeronave H225m em estágio de Manutenção

Fonte: www.Airbus.com, acessado em 08.10.2018

Por sua vez estes roteiros de inspeção devem respeitar uma sequência e as definições previstas nos manuais de operação seja da aeronave ou dos equipamentos que a compõe, como por exemplo, motores, trem de pouso, rádios de navegação, caixa de transmissão, rotor de cauda, etc. Os roteiros são compostos por atas de cartão de trabalho, e cada cartão de trabalho está direcionado para um local ou grupo de itens específicos para cada modelo de aeronave. O grupo destes cartões montam uma ata, e assim é possível programar as manutenções e as ordens de serviços baseadas numa sequência de atas pré-definidas por uma equipe de apoio especializada, conforme literatura apontada por Mendes (2011). É neste ambiente onde podemos desenvolver o estudo, visando garantir que os roteiros de inspeção sejam concluídos dentro dos prazos pelos operadores com todos os materiais disponíveis no momento certo e com um sequenciamento de atividades

para que o cronograma de entrega da aeronave não sofra atrasos, sendo monitorados por indicadores atualizados pelos envolvidos no processo.

3.2 Definir técnica de coleta de dados

De acordo com a literatura, Couglan e Couglan (2002), sugere que para o método de pesquisa escolhido para este estudo, uma das maneiras de se obter os dados está nos indicadores de processos organizacionais rotineiros e em atividades usuais onde o pesquisador está inserido. Sendo para este estudo a base de dados para as futuras análises e verificação de resultados são extraídas do sistema de gerenciamento da cadeia produtiva e de materiais utilizado na organização onde o estudo se passa.

A técnica escolhida está ligada à extração de dados do sistema de MRP utilizado iniciou-se em outubro de 2016 até final de agosto de 2018. Os dados são exportados para planilhas de controle onde as análises e comparações serão realizadas. Outro meio para aquisição dos dados necessários foram reuniões formais realizadas com os departamentos envolvidos diretamente com o sequenciamento de ordens de serviço e planejamento de materiais.

Na figura 10 fica evidenciado um esquema simplificado de como o levantamento desses dados é possível identificar quais são os principais fatores, relacionados com a base teórica apresentada, que apresentam ou sugerem o uso das atividades essenciais da MCC.

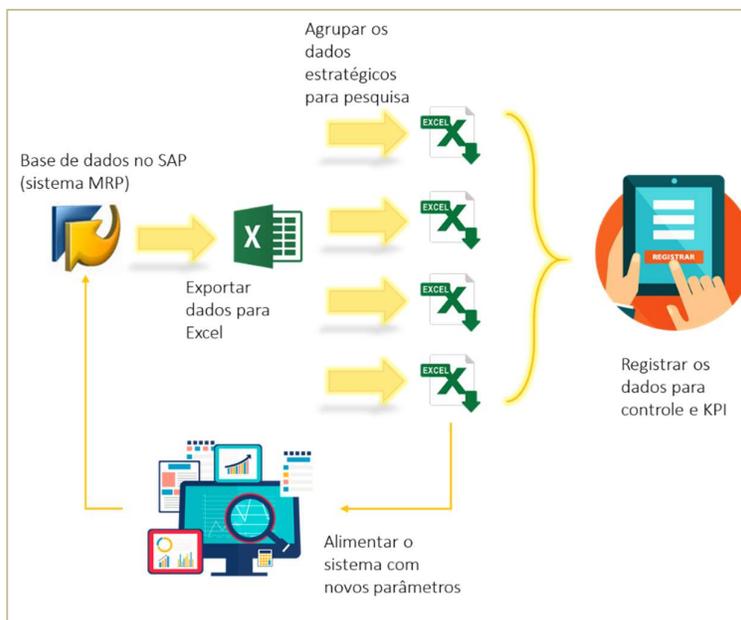


Figura 10 – Técnica adota para coleta de dados

O infográfico da Figura 11 ajuda a entender o cenário encontrado no início da pesquisa, mostrando quais são os principais fatores que impediam o atendimento dentro do prazo das inspeções do tipo A/T o que afeta diretamente na disponibilidade de frota.

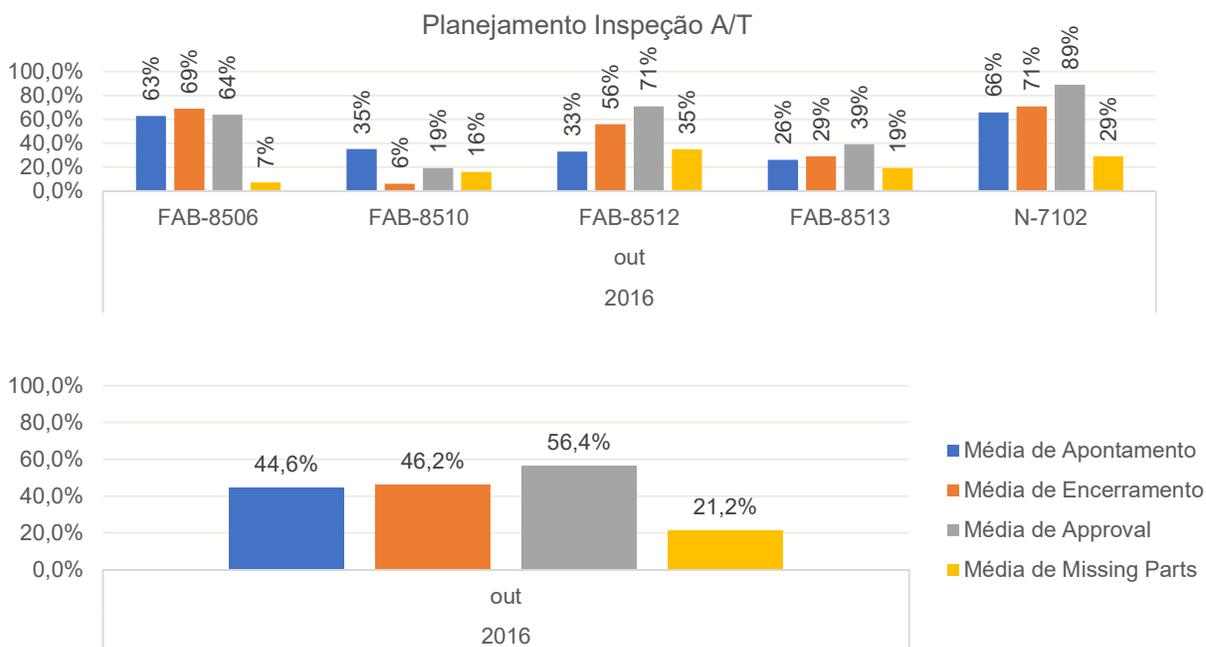


Figura 11 – Coleta de dados do sistema MPR utilizado no objeto de estudo (2016).

Seguindo essa base de dados, extraída de maneira atualizada do sistema de MRP conforme sugerido pela literatura (Mendes, 2011) entendeu-se a necessidade de aprimorar os processos de política de estoque e programação de produção afim de ambos fatores convergissem para um melhor planejamento e atendimento para as inspeções do tipo A/T gerando como consequência um menor impacto ao cliente e disponibilizando uma maior frota aero navegável.

Conforme mencionado, além dos dados extraídos do sistema, reuniões periódicas serão agendadas para que sejam discutidas as práticas e ações num primeiro momento com conceito corretivo para amenizar as falhas dos processos e procurar diminuir o índice de faltantes (Missing parts) e a aprovação de ordens de serviço pelo cliente, o que causa impacto na visibilidade do avançamento da manutenção e inspeção A/T.

Conforme figura 11, os dados coletados representam:

- a) Apontamento de horas nas ordens de serviço: o indicador mostra a média de horas apontadas dentro do previsto por ordem de serviço, por aeronave e por período.
- b) Encerramento técnico: está relacionado ao encerramento de cada atividade, se a mesma foi finalizada dentro do programado pelo cronograma original da inspeção A/T.
- c) *Approval*: remete a relação de ordens aprovadas pelo cliente em comparação ao volume de ordens enviadas para aprovação, em outras palavras, seria o percentual de orçamentos aprovados, o que garante a aplicação e a compra de material para executar alguma atividade ou corrigir discrepâncias lançadas no roteiro de inspeção.
- d) *Missing Parts*: está diretamente ligado ao dimensionamento de estoque, ou seja, indica quantas peças estão classificadas como faltantes no momento do

lançamento da demanda, que acontece simultaneamente a aprovação da ordem pelo cliente.

Com a base de dados definida e como essa coleta está aprovada, a pesquisa passará a identificar no objeto de estudo onde as técnicas de MCC apresentadas na literatura podem ajudar a convergirem os indicadores para uma tendência de melhora ao passo de buscar um aprimoramento nas técnicas de manutenção preditiva o que auxiliaria na tomada de decisão em situações onde exige uma abordagem de contrato de manutenção de longo prazo ou por hora voo. Este último, tomado como negócio estratégico pela organização para os próximos anos a fim de captar novas aeronaves e clientes, além de uma maior fidelização dos operadores já conhecidos.

Para tal, nos primeiros meses de observação e coleta de dados históricos, junto com o entendimento de como funciona o processo de inspeção A/T pelo pesquisador e os demais envolvidos, notou-se o um comportamento não desejado para reduzir o tempo de aeronave em chão (realizando manutenção) conforme podemos notar nos indicadores referentes aos três primeiros meses de observação apresentados na Figura 12:

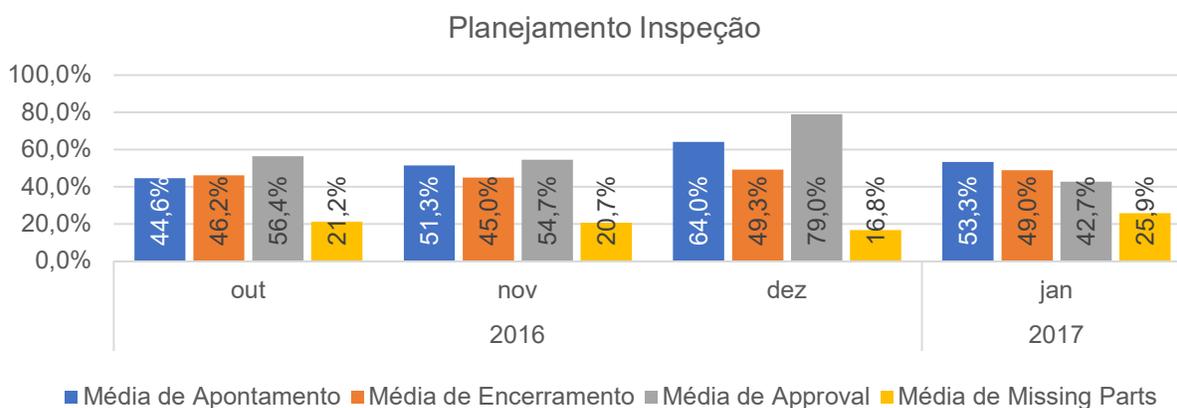


Figura 12 – Planejamento Inspeção de Out/2016 até Jan/2017

O período de coleta de dados para o estudo foi dividido em duas partes, a primeira compreende de outubro de 2016 até dezembro de 2017 e a segunda de janeiro de 2018 a agosto de 2018. A divisão se faz necessária para avaliar as ações e planos que foram

implementados para atingir os objetivos conforme dito anteriormente a para comparar as amostras atuais com o estado passado.

3.3 Elaborar Protocolo de Estudo

Conforme encontrado na literatura relacionada ao método de pesquisa-ação, a elaboração de um protocolo de estudo além de auxiliar a nortear o pesquisador garante também a confiabilidade da pesquisa. Afinal uma das técnicas mais evidentes nesse método é a observação participante, onde o pesquisador está diretamente envolvido com o ambiente de estudo e a comunidade atuante no objeto de análise.

A Tabela 4 representa como as diretrizes dessa pesquisa convergiram a fim de unir a literatura apresentada com o processo de manutenção de inspeção A/T verificando e analisando o uso da MCC.

<p>Visão geral do Projeto de pesquisa-ação</p>	<p>Verificar o uso da MCC nos processos de inspeção A/T em aeronaves pesadas</p> <p>Esclarecer questões de como enxugar o tempo gasto durante a inspeção</p> <p>Com a aplicação e verificação do conceito estabelecer uma relação com a disponibilidade da frota</p> <p>Relacionar quais das 10 atividades essenciais da MCC apresentadas na literatura possuem maior impacto no planejamento ideal das inspeções A/T</p>
<p>Procedimentos em Campo</p>	<p>A unidade escolhida para a análise são as ANV que passam pelo processo de inspeção A/T</p> <p>Os envolvidos nessa pesquisa além do próprio pesquisador são personagens ligados a logística, planejamento e engenharia de processos</p> <p>Os dados serão coletados periodicamente, em situações semanais e mensais com a base extraída do SAP e gerenciada pelo Excel</p> <p>As informações serão discutidas durante os pontos de encontro entre os envolvidos e na passagem de fase da aeronave</p>
<p>Questões da Pesquisa</p>	<p>Levantar dados que possam montar um conjunto de indicadores relacionados diretamente ao planejamento da manutenção</p> <p>Encontrar no local da aplicação evidências que justificam o uso da MCC</p> <p>Formalização dos dados e formatação para gerir com clareza as informações</p>
	<p>Elaborar um resumo com os pontos abordados</p>

Tabela 4 – Seções do protocolo de Pesquisa Ação

3.4 Registro dos Dados Coletados

De acordo com o que foi relatado anteriormente sobre a técnica de coleta de dados e respeitando as políticas o contexto da unidade de análise, o registro dos dados ocorreu durante o período de outubro de 2016 até agosto de 2018. Neste período foi possível registrar o comportamento dos envolvidos na pesquisa e das práticas adotadas para verificar o uso da MCC nos processos de inspeção A/T e para quais aeronaves as mudanças foram mais significativas. Levando em consideração que todos os registros são extraídos do SAP que é o software utilizado no ambiente de estudo para gerenciamento da cadeia de suprimento de os processos de MRP, a maneira mais visual e abrangente de manipular esses dados é exportando para o Excel em forma de tabela para a criação de indicadores que possam auxiliar no monitoramento e na performance que a inspeção A/T terá durante o período de análise a fim de se enquadrar numa proposta de redução de tempo de inspeção que possibilitaria ofertar ao cliente um contrato de manutenção baseada em hora de voo, o que vai de encontro ao conceito de manutenção preditiva conforme apresentado anteriormente nesta pesquisa.

Com a coleta desses dados em andamento foi possível planejar a execução e verificação do uso das atividades essenciais para gerenciar uma MCC. Assim, durante as reuniões realizadas com os membros envolvidos um dos primeiros pontos a serem levantados está relacionado a disponibilidade de materiais para execução das ordens de serviço dentro do prazo, essas por sua vez deveriam estar corretamente sequenciadas para que os materiais fossem comprados dentro do tempo correto respeitando os prazos e níveis

de estoque. Para que este último ponto fosse atingível, era necessário estabelecer quem seria a equipe de profissionais que estariam focados no desenvolvimento deste projeto, estabelecendo e formalizando os processos de montagem, o sequenciamento das atividades, a atualização de um cronograma de entrega e a logística para abastecimento dos materiais. Para que estes registros respeitassem os prazos e as metas estipuladas alguns indicadores de performance foram desenvolvidos que retratassem claramente os objetivos, a relevância para organização e um prazo real atingível.

Com os dados registrados foi possível verificar o status de quatro fatores, que foram destacados anteriormente; apontamento, o encerramento técnico, a aprovação do reparo pelo cliente e o índice de Missing parts. De acordo com o que a literatura apresentou nesta pesquisa, o dimensionamento dos estoques é essencial para garantir o abastecimento da oficina de manutenção e o pagamento de materiais nas ordens de serviço de maneira completa, ou seja, sem deixar que a atividade seja executada de forma parcial devido a alguma peça faltante.

A Tabela 05 representa os 34 cabeçalhos de informações extraídas do sistema de gerenciamento utilizadas para montagem da base de dados deste estudo. Contemplando desde; datas, modelo de aeronave, valor dos materiais, classificação dos componentes, ata de registro, faixa de preço, entre outros.

Dados	Registros	Dados	Registros
Revisão	60276564	Contagem Geral	9
Mestrado	MESTRADO	Contagem Recente	7
TIPO	INSPEÇÃO A/T	Frequencia	CH1
Ordem	11000325985	Planejador	TSM
Cen.	BR10	Coleção	PART_COLECTION
Tp.	ZBR1	Unit Price	USD 2,06
Status	Liberada	Price Range	VERY CHEAP
Data criação	23/09/2016	Texto breve material	MS28775-016\JUNTA DE VEDAÇÃO
Data encerramento	27/12/2016	Lista BuyBack CLS	Parte da Coleção
Prefixo	FAB-8506	NºMaterial	N7423079016
Cliente	COMANDO DA AERONAUTICA	Relevância MRP	Imediatamente
Elemento PEP	BV.CLS725.L.60.276564.I	QtdNecess.	3
Operação	10	UMB	PC
Item	60	C.B.H.	Covered - CBH extended
Material	34465	FRQ. Em 34 Revisões	9
Máx p/ Solicitação	4	Classificação Componente	AH_MISC
Valor Coleção	USD 8,24	Nº cap.ATA	129/115

Tabela 5 – Exemplo de registro de dados para monitoramento do objeto de análise.

3.5 Análise de Dados Empíricos com a Teoria

Com uma definição estabelecida de técnica para coleta de dados e com o suporte do sistema de ERP disponível junto a tabulação dos registros em planilhas é possível fazer uma análise dos dados obtidos relacionado com a teoria apresentada enquadrando as atividades essenciais da MCC na unidade de análise. Conforme retratado anteriormente esta análise deu-se início junto ao primeiro registro dos dados acontecido em outubro de 2016 em um cenário onde havia cinco aeronaves em processo de inspeção A/T, sendo que para duas delas a inspeção se encontrava em fase final, denominada de pista. A análise dos dados parte do fato de reduzir os prazos de entrega e diminuir os tempos de perda do processo, causados por falta de peças, falhas de sequenciamento e ociosidade, falhas de definição e desalinhamento entre os departamentos envolvidos conforme constato pelo pesquisador. Os dados coletados apresentados nas figuras 11 e 12 retratam esse cenário, onde podemos analisar os dados de Missing parts por volta dos 20% de média, o que significa que várias ordens estavam sendo pagas para a manutenção de forma incompleta,

o que impedia sua finalização ou que impactava no sequenciamento visto que uma atividade não poderia seguir sem a finalização de uma anterior devido à falta de materiais.

Para que as análises dos dados estejam de acordo com a teoria apresentada em relação as atividades essenciais da MCC os registros foram coletados para que fosse possível medir onde podemos encontrar indícios do uso da MCC ou a aplicação do conceito para buscar uma melhora no processo. Sendo assim a análise reflete quanto a classificação de componentes a verificação dos registros de; qual o tipo de ordem de serviço foi lançado, qual a frequência de uso do componente lançado para resolução da discrepância, qual o planejador de materiais é o responsável por gerenciar as demandas deste grupo de componentes, se o material está inserido dentro de uma coleção estatística de material e qual o tipo de cobertura do material.

O tipo de cobertura do material foi criado para analisar o contexto onde o componente que está sendo solicitada a troca pertence, para tal três grandes grupos foram criados:

- a) **Materiais Consumíveis;** estes recebem a abreviação de CBH, que são os componentes de troca rápida de baixo custo com alto giro. Classificando como materiais consumíveis estão componentes como, porcas, arruelas, parafusos, chapas, rebites e demais itens que representam grande volume porém baixo custo. O que compreende cerca de 91% dos materiais utilizados durante a inspeção.
- b) **Materiais Passíveis de Reparo:** São componentes onde é possível realizar um reparo em oficina homologada ou uma nova certificação, nesta situação temos uma relação bem menor de componentes, porém o valor agregado é superior. Estes itens receberam a classificação de PBH, representam cerca de 6% do volume de componentes.

- c) **Materiais Não Reparáveis:** Os materiais não reparáveis são classificados com RBH e para estes a manutenção é corretiva, ou seja, em caso de qualquer discrepância encontrada se faz necessária a troca. Outros pontos são materiais que não permitem revalidação ou sua substituição se faz necessária devida a alguma atualização. Não possuem alto giro e por isso estão ausentes de uma política de estoque. Representam em média cerca de 3% do volume de troca dos componentes gerais.

Os registros de dados de sustentam as análises referentes a manutenção da programação dentro do conceito da MCC estão relacionados à; qual revisão tal aeronave está atrelada e, se esta pertence ao tipo de inspeção A/T, número da ordem de serviço e o centro solicitante de material, o status da ordem de serviço para que o programador possa inseri-la na sequência de execução da programação, as datas de criação, liberação e encerramento para acompanhamento das atividades em tempo hábil, o sequenciamento da ordem de operação, a relevância que a ordem possui para o sistema de MRP e em qual ata está inserida a atividade. A ata representa um conjunto de atividades que ao se agruparem, definem uma estação de serviço, esta por sua vez, deve ser sequenciada de modo a garantir o correto andamento do plano de programação da manutenção.

Respeitando a teoria apresentada, as fases de programação da manutenção foram divididas em; recebimento, roteiro de inspeção, análise de atualizações mandatórias, verificação das discrepâncias, remontagem, ensaios em solo, pista e finalização.

Levando em consideração os dados necessários para fazer a melhor aderência possível do dimensionamento do estoque a demanda exigida de peças durante a inspeção A/T dados como, elemento de custo, localização do material na lista de componentes, número do material (conhecido como *Part number*), descrição do material, código de referência do fornecedor, faixa de preço, regularidade de uso, quantidade média, máxima e mínima de solicitação de material por ordem de serviço e por revisão com referências

históricas, comportamento comparativo entre consumo passado e previsão a médio prazo e lead time do fornecedor.

Com esses registros é possível analisar o comportamento dos materiais e estimar quais deles devem fazer parte de uma política estratégica de materiais. Essa política, pode ser gerenciada através de estoques de segurança, pontos ideais de abastecimentos ou supermercados de Kanban. Para esta pesquisa, a política adotada foi de se criar estoques de segurança para os materiais que possuem maior giro, menor valor e relevância para os atendimentos das ordens de serviço. Assim, os materiais foram divididos por planejadores afim de facilitar o controle e monitoramento:

- a) Planejador CH1: Os itens CH1 compreendem aqueles que possuem maior frequência de uso, sem variação significativa de demanda e seus valores podem estar em qualquer faixa de custo desde que estejam classificados como CBH. A análise dessa frequência foi baseada no consumo dos últimos 60 meses, e todos os itens que foram solicitados pelo menos em 20 dos 60 meses estão inseridos dentro da coleção CH1.
- b) Planejador CH2: Os itens deste planejador são aqueles que entre os últimos 60 meses foram consumidos em mais de 10 oportunidades e menos de 19. São materiais de médio giro e não podem ser de alto valor, precisam ser observados com mais cuidado pois podem deixar de fazer parte da coleção devido há alguma pequena variação de demanda.
- c) Planejador CH3: Materiais cujo a frequência de uso é menor que 10 em 60 meses porem acima de 4. São itens de consumo esporádico que podem ser mantidos na coleção desde que ocorra dificuldade de fornecimento ou sejam itens classificados como “no go”, ou sejam materiais que impeçam a aeronave de fazer os ensaios de pista.

- d) Planejador TSM: são os itens mais utilizados durante os roteiros de troca sistemática, ou seja, são materiais que sempre são trocados independentemente do tipo de manutenção ou inspeção que esteja sendo aplicado. Neste caso podem fazer parte itens classificados como CBH e PBH.
- e) Planejador DCR: foram analisados componentes que fazem parte de reparos específicos, que devem ser executados somente por oficina homologada. Os materiais pertencentes a este planejador são considerados de alta criticidade e de alto valor agregado, devem possuir uma política de estoque enxuta devido ao custo elevado.

A classificação da abordagem de manutenção está relacionada a como o material está classificado e de que maneira a discrepância foi encontrada e relatada pela equipe de manutenção atuante na inspeção A/T de determinada aeronave. É neste momento que é feito o lançamento da ordem de serviço no sistema e neste documento deve contemplar as análises das falhas encontradas direcionando para a equipe técnica uma validação da listagem de componentes necessários para a execução da ordem de serviço. Esse processo foi verificado na unidade de análise e pode ser mapeado e analisado respeitando o esquema apresentado na Figura 13:

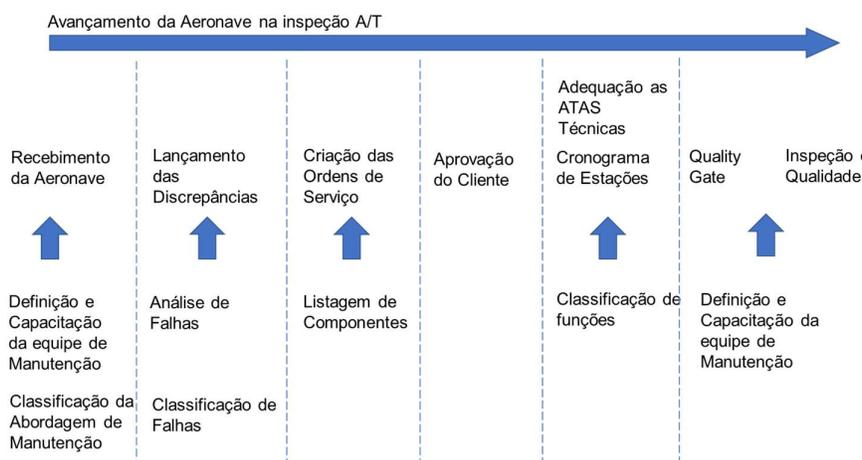


Figura 13 – Verificação do uso da MCC no processo de Inspeção A/T

Analisando os dados registrados por período em busca da validação do uso da MCC nas atividades que envolvem a inspeção do tipo A/T, é notável que o cenário encontrado não demonstra com clareza o uso eficaz nas ferramentas conforme apresentado na metodologia. Em busca de atuar com manutenção preditiva o objeto de análise deveria alcançar índices melhores na redução de peças faltantes e um cumprimento melhor dos prazos de encerramento das ordens de serviço. Isso impacta no atraso de aprovação dos reparos por parte do cliente e no acúmulo de horas apontadas.

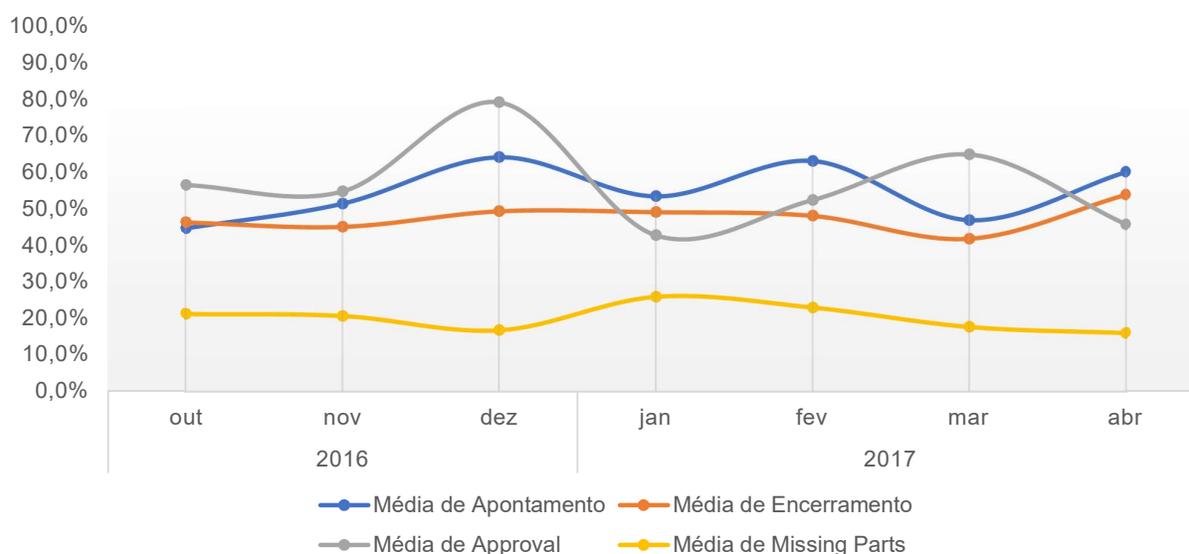


Figura 14 - Planejamento Inspeção de Out/2016 até abr/2017

Conforme analisado na Figura 14, é notável uma melhora nos indicies no período de dezembro de 2016, porem isso não afirmou para os próximos meses, deixando claro que não havia uma tendência e sim uma incerteza do que poderia acontecer com as próximas aeronaves e o andamento das inspeções que estavam em execução no período. Essa ausência de padrão implica na dificuldade de se fazer um planejamento de programação da manutenção, pois a carência de visibilidade por parte dos planejadores em relação a quais ordens de serviço podem ser encerradas impactam no cumprimento do

cronograma, gerando atraso na entrega das aeronaves para o cliente e como consequência reduzindo a frota operacional.

Para buscar o melhoramento destes indicadores e que o uso da MCC foi levado em consideração a fim de promover uma melhor programação da manutenção reduzindo o tempo que a aeronave fica em processo de inspeção dois planos de ação foram lançados pelo pesquisador junto a equipe definida como apoio. O primeiro dele é estabelecer uma coleção estatística de materiais baseada na classificação dos materiais apresentada anteriormente e com um monitoramento de sua taxa de carregamento por planejador. Estimar uma meta de abastecimento para garantir a disponibilidade dos materiais com um valor que não seja prejudicial ao dimensionamento dos estoques. O segundo plano está relacionado ao enquadramento preciso do cronograma da inspeção em uma atualização do sequenciamento das atividades e um novo agrupamento para variação das Atas Técnicas de montagem. Além disso fases denominadas de “*Quality gate*” terão o papel de monitorar cada passagem de estação a fim de garantir o cumprimento das ordens e disparar ações aos envolvidos que possuem pendências que possam impactar as próximas atividades e até mesmo a entrega final da aeronave.

Essas duas ações servirão como evidência do uso da MCC no processo de inspeção A/T e para organização onde a pesquisa está inserida, servirá como base para ofertar aos seus clientes um contrato de manutenção por hora de voo, que tem como base os conceitos de manutenção preditiva.

3.6 Planejar Ações

3.6.1 Elaborar plano de ação – Plano I

Com base nos dados registrados durante a pesquisa, para validar o uso da MCC e como consequência uma melhora no processo de inspeção A/T conforme relatado nos

objetivos específicos desta, o dimensionamento dos estoques, que atrelado a uma coleção estatística de materiais foi um dos planos de ação a ser elaborado pelo pesquisador junto a equipe de apoio previamente definida, quem envolve representantes das áreas de logística, programação de manutenção, engenharia de processo e compras estratégicas.

Para dimensionar os estoques de maneira a atender a demanda existente e prevista a médio prazo foi realizado um plano, onde as principais ações tomadas foram:

- 1) Levantar o histórico do uso e consumo de todos os itens utilizados no processo de inspeção A/T dos últimos 60 meses a fim de montar um banco de dados que fosse possível observar qual a frequência e regularidade de cada item.
- 2) Enquadrar os materiais de acordo com seu planejador, conforme apresentado anteriormente, CH1, CH2, CH3, TSM ou DCR e assim classificar os componentes verificando a qual grupo cada um pertence; CBH, RBH ou PBH.
- 3) Definir qual a quantidade ideal a se manter em estoque com base na faixa de preço de cada componente, quantidade média, mínima e máxima de consumo, lead time do fornecedor e nível de criticidade do componente.
- 4) Verificar qual a quantidade máxima de itens representa o maior índice de consumo com o menor valor investimento, ou seja, buscar um equilíbrio entre os custos de se manter o item em estoque e o giro de saída.
- 5) Criar indicadores para medir o nível de atendimento e cobertura da coleção por planejador e classificação de material.

O resultado dessas ações gerou um cenário onde, 987 itens deveriam possuir estoques de segurança, o que representa cerca de 7% de todos os materiais cadastrados na ficha técnica do modelo de aeronave, porém estes materiais estão presentes em 86% das solicitações de troca nas ordens de serviço abertas durante o período de análise. Esses itens estão divididos em; CH1 com 37%, CH2 com 51% e CH3 com 11% do total. Levando em conta sua classificação, 94% estão na lista de itens CBH e 6% como itens PBH. Para

os itens RBH nenhum foi escolhido para se manter em estoque de segurança devido à complexidade de armazenamento e o alto valor.

Para definir qual a quantidade ideal para cada um desses 987 componentes à se manter em um estoque de segurança, foi criado um modelo para auxiliar a composição em massa dos parâmetros, que respeita a média de consumo, a frequência, a regularidade e a classificação. A Tabela 06 representa o modelo de como a estratégia de estoque foi definida para cada classe de material:

TIPO	CLASSE	REGULARIDADE	FAIXA PREÇO (em EUR)	FATOR (Multiplica Média de Consumo)	ESTOQUE SEGURANÇA	VOLUME DE ITENS
CH1	CBH	BAIXA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH1	CBH	BAIXA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH1	CBH	BAIXA	300 a 850	3	SIM	2,128%
CH1	CBH	BAIXA	50 a 300	4	SIM	4,762%
CH1	CBH	BAIXA	1 A 50	5	SIM	6,484%
CH1	CBH	MÉDIA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH1	CBH	MÉDIA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH1	CBH	MÉDIA	300 a 850	4	SIM	2,837%
CH1	CBH	MÉDIA	50 a 300	5	SIM	5,370%
CH1	CBH	MÉDIA	1 A 50	7	SIM	3,951%
CH1	CBH	ALTA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH1	CBH	ALTA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH1	CBH	ALTA	300 a 850	4	SIM	2,634%
CH1	CBH	ALTA	50 a 300	6	SIM	4,458%
CH1	CBH	ALTA	1 A 50	10	SIM	2,330%
CH1	PBH	BAIXA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH1	PBH	BAIXA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH1	PBH	BAIXA	300 a 850	1	SIM	0,507%
CH1	PBH	MÉDIA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH1	PBH	MÉDIA	850 a 2000	1	SIM	1,114%
CH1	PBH	MÉDIA	300 a 850	1	SIM	0,304%
CH1	PBH	ALTA	Acima de 2000	1	SIM	0,405%
CH1	PBH	ALTA	850 a 2000	2	SIM	0,203%
CH1	PBH	ALTA	300 a 850	4	SIM	0,304%
CH2	CBH	BAIXA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH2	CBH	BAIXA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH2	CBH	BAIXA	300 a 850	2	SIM	4,357%
CH2	CBH	BAIXA	50 a 300	3	SIM	8,207%
CH2	CBH	BAIXA	1 A 50	4	SIM	12,867%
CH2	CBH	MÉDIA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH2	CBH	MÉDIA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH2	CBH	MÉDIA	300 a 850	3	SIM	2,634%
CH2	CBH	MÉDIA	50 a 300	4	SIM	5,167%
CH2	CBH	MÉDIA	1 A 50	5	SIM	7,497%
CH2	CBH	ALTA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH2	CBH	ALTA	850 a 2000	1	SIM	1,216%
CH2	CBH	ALTA	300 a 850	3	SIM	2,128%
CH2	CBH	ALTA	50 a 300	5	SIM	2,634%
CH2	CBH	ALTA	1 A 50	7	SIM	1,722%
CH2	PBH	BAIXA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH2	PBH	BAIXA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH2	PBH	BAIXA	300 a 850	1	SIM	0,304%
CH2	PBH	MÉDIA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH2	PBH	MÉDIA	850 a 2000	1	SIM	0,507%
CH2	PBH	MÉDIA	300 a 850	2	SIM	0,608%
CH2	PBH	ALTA	Acima de 2000	1	SIM	0,507%
CH2	PBH	ALTA	850 a 2000	2	SIM	0,203%
CH2	PBH	ALTA	300 a 850	3	SIM	0,203%
CH3	CBH	ALTA	Acima de 2000	0	NÃO	N/A
CH3	CBH	ALTA	850 a 2000	0	NÃO	N/A
CH3	CBH	ALTA	300 a 850	1	SIM	1,216%
CH3	CBH	ALTA	50 a 300	2	SIM	2,736%
CH3	CBH	ALTA	1 A 50	3	SIM	5,674%
TSM	PBH	ALTA	N/A	3	SIM	0,304%
TSM	PBH	MÉDIA	N/A	1	SIM	0,709%
TSM	PBH	BAIXA	N/A	0	NÃO	N/A
DCR	PBH	ALTA	N/A	2	SIM	0,203%
DCR	PBH	MÉDIA	N/A	1	SIM	0,608%
DCR	PBH	BAIXA	N/A	0	NÃO	N/A

Tabela 6 – Classificação de materiais por frequência e definição de política de estoque

Seguindo este modelo apresentado na Tabela 06, foi aplicado ao parâmetro de cada um dos 987 itens uma quantidade de estoque de segurança equivalente ao fator que multiplica a média de consumo do período escolhido. Para os materiais onde não havia saldo de estoque disponível que atendesse aos novos parâmetros, pedidos de compra foram lançados para cobrir a demanda e para aqueles onde o saldo era suficiente a ação é monitorar o nível para que um pedido de compra fosse disparado no momento onde a quantidade disponível fosse menor que o mínimo desejado, entra-se em ação o planejamento de controle do estoque. Este por sua vez tem a função de garantir uma taxa de abastecimento capaz de suprir as necessidades das operações de manutenção.

Como podemos observar no indicador de apresentado na Figura 15, a partir da atualização do dimensionamento dos estoques tivemos uma estabilidade no nível de peças faltantes, o que deve proporcionar com o monitoramento um melhor cenário para o planejamento de programação da manutenção. Em um primeiro momento quando o indicador foi inserido nota-se o baixo nível de cobertura do estoque para os itens que deveriam fazer parte da coleção, porém com a chegada dos pedidos dos materiais que foram parametrizados acontecendo nos próximos meses a cobertura apresenta uma melhora e passa a interferir na redução gradativa do índice de Missing parts. Vale ressaltar que em maio de 2017 havia 4 aeronaves em processo de inspeção e em agosto já eram 9, ou seja, mesmo com o aumento do volume de manutenção a coleção garantiu o atendimento e a cobertura de peças para as ordens de serviço que foram abertas.

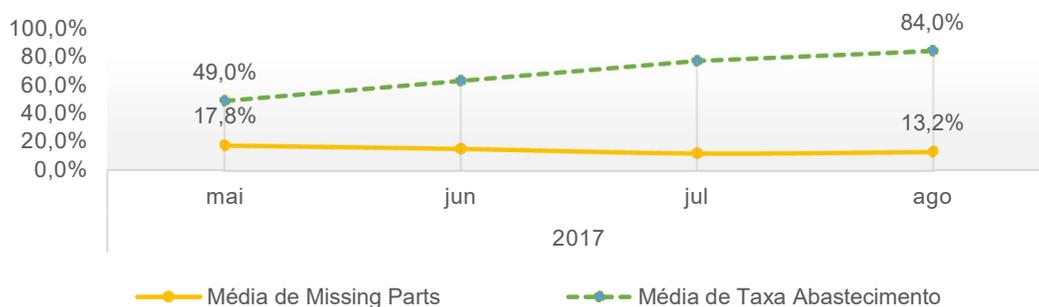


Figura 15 - Planejamento Inspeção com Taxa de Abastecimento da Coleção – Mai/2017 a Ago/2017

3.6.2 Monitoramento das implementações planejadas – Plano I

O monitoramento das ações lançadas, com o alinhamento feito entre os envolvidos junto ao pesquisador, foi feito mensalmente acompanhando os indicadores de planejamento de cada aeronave em processo de manutenção. Esse monitoramento teve início em outubro de 2016 junto as primeiras coletas de dados e intensificado a partir de abril de 2017 para acompanhar as ações de dimensionamento de estoque, que conforme previamente especificado, deve proporcionar aos envolvidos uma melhor visibilidade das atividades que podem ser executadas e programadas.

O monitoramento dos principais indicadores foi feito a cada 30 dias, porem reuniões diárias no piso de manutenção com os líderes de cada departamento de apoio foram realizadas e o assunto que impediam o avançamento da aeronave eram escalados para uma reunião gerencial, a fim de ajudar os planejadores a conseguir melhores prazos e negociações com o cliente final. Uma avaliação a respeito do cumprimento dos prazos também era feita, verificando o andamento da aeronave junto ao seu cronograma inicial de manutenção. Em adicional a isso, a cada passagem de estação, uma reunião de planejamento é realizada, denominada de *Quality gate*, como já dito anteriormente. Os indicadores de monitoramento e avançamento são apresentados nessa reunião e para aqueles índices que estão fora do planejados, são reportados para serem discutidos durante a reunião gerencial.

A seguir será apresentado o monitoramento realizado para cada aeronave ao longo de 2017, verificando os indicadores de planejamento. O primeiro estudo mostra que no primeiro mês de atividade, quando as fases de recebimento e lançamento de discrepância é feito podemos verificar um índice de aprovação de ordens serviço em torno de 69%, ou seja de todas as ordens enviadas para aprovação de orçamento, 31% foram rejeitas ou reprovadas em um primeiro momento, o que causa um atraso no cumprimento do

cronograma representado pelo índice de encerramento com menos da metade as atividades finalizadas dentro do prazo, cerca de 45%. O índice alto de Missing parts nessa fase pode ser aceitável, pois neste primeiro momento é onde as demandas são requisitadas e se as atividades não estiverem bem sequenciadas o pedido de peças pode acontecer fora do tempo ideal de consumo.

Ao longo do ano é possível destacar situações onde, com o índice baixo de peças faltantes a aeronave consegue avançar no processo de manutenção, porém não podemos afirmar que a disponibilidade das peças garante uma redução do tempo geral de inspeção.

No caso desta amostra exibida na Figura 16, observamos que os melhores índices acontecem no final do processo de manutenção, isso muito acontece devido a ações de força tarefa executadas pelos envolvidos para finalizar as discrepâncias, escalar assuntos junto a alta gerência e negociar novos prazos e aprovações junto ao cliente. Porém esses pontos não são favoráveis em cenário onde se deseja aplicar uma manutenção preditiva com vertentes relacionadas a MCC.

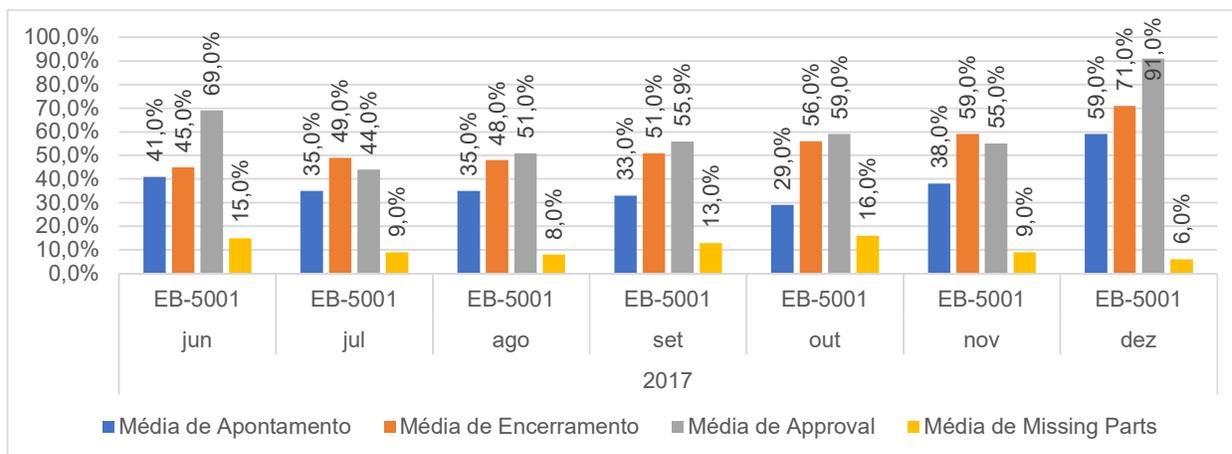


Figura 16 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave Eb-5001

Situação semelhante acontece com o monitoramento da Figura 17, a próxima aeronave que iniciou sua fase de inspeção, ao mesmo tempo que a anterior, e ainda apresenta fortemente os conceitos contrários aqueles que esta pesquisa visa demonstrar,

com exceção do mês de dezembro de 2017, onde os índices estão satisfatórios, durante todo o resto do ano, o único ponto que apresentou uma melhora constante foi a média de apontamento, que iniciou em junho de 2017 por volta de 54% e foi crescendo até chegar a 81%.

Isso significa que as horas previstas para serem gastas e tal atividade estão sendo cumpridas dentro do prazo ou com tempo menor do que previsto. Esse indicador aponta para o amadurecimento da equipe envolvida no processo de manutenção, que ao assimilar os conceitos compartilhados nessa pesquisa demonstrou capacidade de cumprir as ordens de serviço de maneira mais eficiente e sem desperdício de tempo, tornando o processo mais produtivo e enxuto.

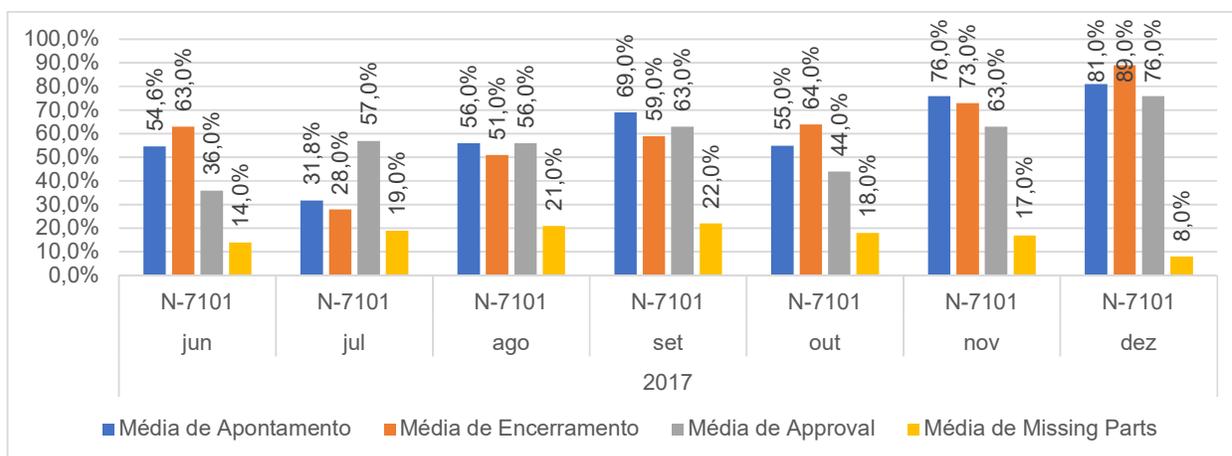


Figura 17 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave N-7101

Mesmo ainda não atingindo um valor ideal nos indicadores de monitoramento a medição anterior já demonstrou uma melhora em relação ao primeiro cenário analisado e também ajudou a entender quais pontos ainda precisavam ser melhorados. Com isso o pesquisador pode alinhar junto a equipe de planejamento de manutenção uma atualização no sistema de ERP que fosse possível realizar o acompanhamento online do encerramento e apontamento das ordens de serviço e assim medir de maneira precisa o avançamento da aeronave durante o processo de manutenção. Essa atualização foi desenvolvida junto aos especialistas de programação e com os aplicativos de customização disponibilizados pelo

SAP. Assim um melhor controle foi adicionado ao processo, oferecendo aos programadores uma ferramenta a mais para ajudar no planejamento das atividades.

Como podemos observar no monitoramento a da Figura 18, na aeronave FAB-8510, os indicadores de apontamento e aprovação do cliente tiveram um papel fundamental na redução do tempo total de inspeção, como é possível observar neste caso o período total que a aeronave passou aplicando as manutenções necessárias foi reduzido de aproximadamente 7 meses para um período próximo de 4 meses. As aprovações mais rápidas por parte do cliente auxiliam na liberação das ordens de serviço, e isso garante uma maior visibilidade para a equipe de compras e logística, que assim tem passa ter uma demanda mais firme e consegue trabalhar prazos melhores para chegada de materiais, principalmente aqueles que são mais críticos para finalizar as manutenções. O índice de aprovação chegou a atingir 95% em agosto e a aeronave iniciou o último mês de inspeção A/T com apenas 2% de peças faltantes.

Para facilitar a aprovação por parte do cliente, a equipe de programas, responsável por essa interface utilizou um método de aprovação de ordem de serviço por pacote de montagem, assim o cliente aprovava o orçamento do pacote de serviço e não necessariamente ordem por ordem. Isso reduziu o tempo de espera e agilizou as aprovações de grande parte das ordens a serem aplicadas na manutenção da aeronave.

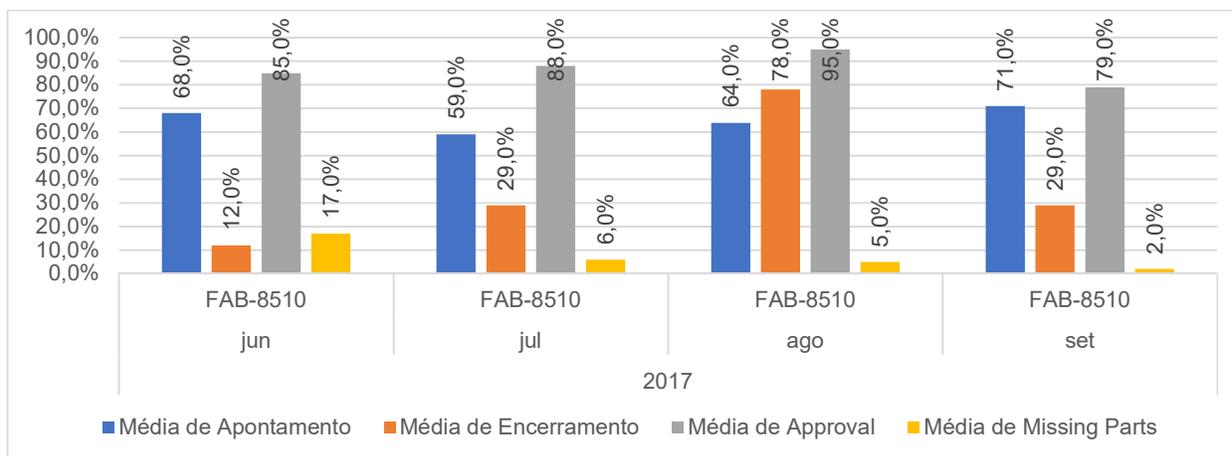


Figura 18 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave FAB-8510

O próximo monitoramento realizado foi do modelo N-7106, do qual a manutenção teve início em setembro de 2017 e término em fevereiro de 2018, exibido pela Figura 19. Vale ressaltar que, para o período onde essa revisão iniciou-se os conceitos aplicados para aprovação do cliente, acompanhamento online de encerramento técnico e capacitação da equipe envolvida já estavam em uma fase mais madura do que nas anteriores devido as experiências encontradas. Infelizmente para esta aeronave houve fatores externos a manutenção que implicou na redução do tempo e melhor números para os indicadores.

Em novembro, no terceiro mês da inspeção, por parte do cliente foi solicitada uma postergação no prazo de entrega o que comprometeu o restante do monitoramento visto que este tipo de situação não é previsto tanto pela organização quanto pelo pesquisador. Mesmo assim para os períodos onde as atividades foram executadas de acordo como cronograma foi possível verificar uma melhora significativa nos números, principalmente nos meses de setembro e outubro de 2017.

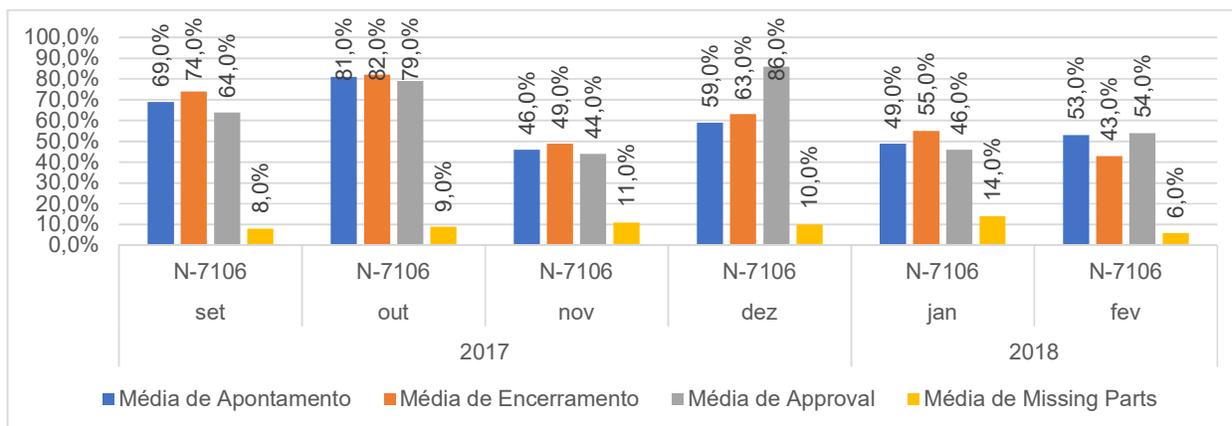


Figura 19 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave N-7106

A aeronave a seguir representa grande importância para a pesquisa e para os desejos da organização onde o pesquisador está desenvolvendo as análises, pois o

monitoramento dessa inspeção deve garantir o uso da MCC afim de validar os conceitos dos três tipos de manutenção aplicados em seus devidos momentos.

Os dados obtidos com esse monitoramento devem garantir que para as próximas aeronaves que passarem pelo processo de manutenção possam se enquadrar no conceito de um contrato por hora de voo, onde o cliente pagará pelo serviço de acordo com o número de horas voadas e assim cabe a organização avaliar quais serão as manutenções a serem aplicadas acompanhando o comportamento de cada aeronave.

Sendo assim conforme podemos observar na Figura 20, o tempo total de inspeção foi mais curto, por volta dos 5 meses, mais ainda longe do ideal definido que é de 86 dias. As ações que foram tomadas para o dimensionamento correto dos estoques agora se mostram totalmente relevante garantindo que os materiais necessários para aplicação das discrepâncias estivessem disponíveis no momento correto da montagem. Isso proporcionou aos mecânicos facilidade ao realizar as atividades lançadas nas ordens de serviço, que por sua vez eram aprovadas em pacotes, o que impactou positivamente na programação da manutenção.

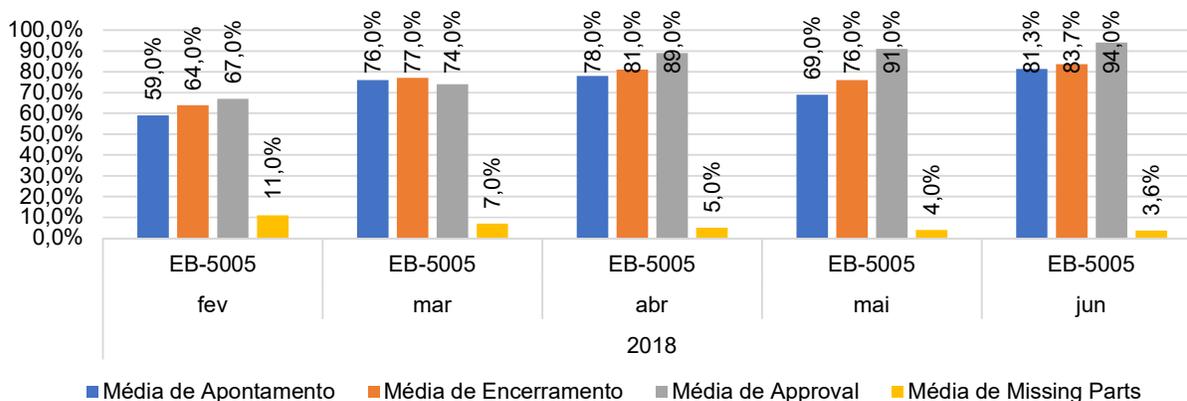


Figura 20 - Planejamento Inspeção – Monitoramento aeronave EB-5005

A avaliação que pode ser feita em relação a esse primeiro plano de ação voltado para o dimensionamento dos estoques é positiva, pois conforme monitoramento realizado

o índice de peças faltantes ou Missing parts caiu significativamente no período de monitoramento, chegando em algumas situações a números de quase zero faltas.

O indicador da Figura 21 mostra como o abastecimento da coleção de materiais tem influência na redução de Missing parts.

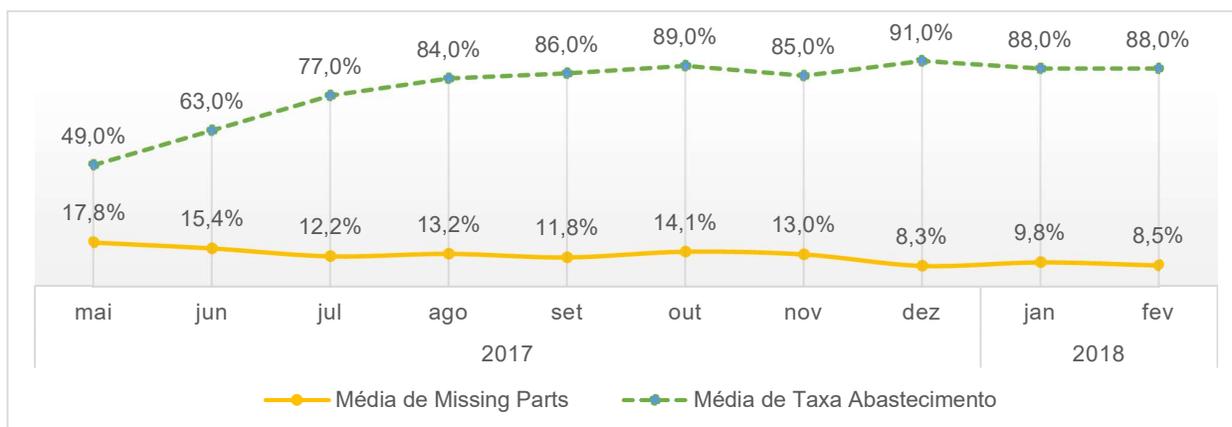


Figura 21 - Planejamento Inspeção – Monitoramento dimensionamento dos estoques.

Mesmo com o aprimoramento do dimensionamento do estoque conforme sugere uma das atividades essenciais da MCC a redução do ciclo de inspeção não alcançou os 86 dias conforme desejado. O aumento da cobertura da coleção de materiais de 49% para 88% com um pico de 91% em dezembro de 2017 garantiu a queda dos faltantes em 53%, reduzindo de uma média de 17,8% em maio de 2017 para 8,5% em fevereiro de 2018.

Com o monitoramento e o controle feito em relação a disponibilidade de material é preciso agir em uma nova ação que garanta a redução do tempo de inspeção e assim fazendo garantir o uso dos conceitos de MCC apresentados nesta pesquisa.

3.6.3 Elaborar plano de ação – Plano II

O segundo plano realizado pelo pesquisador junto a equipe de apoio está relacionado a otimizar o processo de manutenção com um melhor sequenciamento das atividades, visando uma melhor definição das estações de montagem com o agrupamento das atas de inspeção. Cada de ata de inspeção é formada por um grupo de verificações

obrigatórias conforme manual a fim de assegurar que cada conjunto de equipamento esteja operando de maneira conforme e livre de discrepâncias. Ao todo, durante o processo de inspeção A/T 33 atas devem ser analisadas e inspecionadas pela equipe de manutenção. Essas 33 atas são subdividas em cartões de trabalho, estes por sua vez devem ser lançados nas ordens de serviço pelo operador para que os inspetores saibam qual local da aeronave está sendo feita a verificação da discrepância, para que o departamento de engenharia de processo avalie tecnicamente quais materiais devem ser utilizados para executar tal tarefa e qual a quantidade de horas estimada para apontamento da atividade. Por fim a aprovação chega ao cliente que vai relacionar os materiais, as horas com a aplicação do cartão de trabalho ao custo da ordem de serviço e seguir com seu aval ou não. Com o aval do cliente a ordem de serviço é liberada no sistema tornando visível ao departamento de compras e logística a demanda dos componentes. As ordens de serviço liberadas devem respeitar uma sequência pré-definida para que o fluxo de inspeção A/T seja respeitado.

A seguir listamos as ações que foram disparadas para realizar um novo sequenciamento para a manutenção de inspeção A/T com base nos conceitos apresentados e que atendessem as necessidades da empresa, onde para garantir o cumprimento de novos contratos existe uma necessidade de reduzir o fluxo todo para menos de 90 dias;

- 1) Identificar no fluxo de manutenção todas as discrepâncias possíveis de serem lançadas de acordo com os cartões de trabalho obrigatórios, com isso atualizar os parâmetros de horas para execução utilizando os conceitos de curva de aprendizagem. De acordo com que mais discrepâncias do mesmo cartão de trabalho fosse lançada o tempo de execução deve ser diminuído, visto que a equipe operacional selecionada já foi adquirindo por meio da repetição uma maturidade na resolução de tal discrepância.

- 2) Alocar corretamente as atas em estações de trabalho que devem respeitar uma ordem de montagem onde não aconteça interrupções de atividades. Ou seja, para atacar uma discrepância outra não deve gerar empecilho ou dificultar o acesso para executar alguma atividade. A intenção dessa ação é evitar paradas de montagem devido a uma possível sobreposição de tarefas, o que atrasaria as montagens uma vez que o operador ficaria impossibilitado de executar o planejamento por dificuldades para acesso a tal região da aeronave.
- 3) Definir quantas e quais serão as estações de montagens e o que cada uma tem responsabilidade de cumprir. Assim é possível agrupar pacotes de ordens de serviço que podem ser realizadas em paralelo e não gere entraves nas montagens seguintes. Essa ação é fundamental para o cumprimento do cronograma da inspeção, pois ao encerrar cada estação o planejamento de manutenção é responsável por avaliar a situação da aeronave através dos *Quality Gate*. Neste ponto todas as áreas envolvidas devem ser chamadas para uma reunião operacional onde ações são disparadas a fim de garantir a passagem da estação com o mínimo de pendências possíveis.

Um dos resultados gerados através dessas ações está representado na figura a seguir, onde podemos notar o novo fluxo de inspeção A/T divulgado para todos os envolvidos em atividades de MRO. Esse fluxo representa na seguinte ordem as fases:

- a) **Recebimento:** Procedimento realizado junto ao cliente para avaliação técnica da aeronave e redigir relatório do estado físico que a mesma se encontra. A fase de recebimento tem previsão para acontecer em no máximo 3 dias.
- b) **Roteiro:** Nesta etapa após a validação do recebimento que é feito as verificações de inspeção. Durante os 20 dias previsto para esta estação todas as ordens de serviço devem ser abertas e enviadas para os inspetores avaliarem se estão de acordo com os cartões de trabalho aplicado, verificar se

não há lançamento duplicado e que os materiais lançados para efetuar as trocas estejam lançados de acordo com o cadastro, evitando compras desnecessárias. Nesta etapa a engenharia de processo avalia o lançamento das horas de serviço ideais para execução de cada ordem, esses valores serão utilizados para calcular o custo de hora/homem e a disponibilidade de hora/máquina. Em média nesta etapa são lançadas cerca de 1.400 ordens de serviço que devem estar corretamente encaixadas nas sequências de montagem e desmontagens das atas de inspeção.

- c) **Retrofits:** Neste momento é avaliado todas as atualizações e certificações obrigatórias e opcionais que a aeronave pode receber e o cliente está disposto a aplicar. O pacote de atualização deve ser lançado de acordo com a ata de aplicação e dentro do período de 16 dias. Vale lembrar que qualquer atualização deve ser requerida ou lançada neste momento, caso contrário a solicitação após esta etapa pode gerar atrasos finais de entrega e dificuldades de acesso à alguma instalação, visto que é necessário respeitar a ordem de montagem e remontagem dos equipamentos.
- d) **Discrepâncias:** A estação das discrepâncias está dividida em 3 blocos que possuem planejamento de execução estimado em 1 semana. Para cada semana um conjunto de atas específico é atacado pela equipe de operadores responsáveis por cada tecnologia; aviônica, mecânica e estrutural. Por definição de processo, as primeiras atas a serem finalizadas são aquelas que remetem a estrutura da aeronave, atividades de reparo estrutural, chapeamento e demais discrepâncias externas. Após a finalização dessas atas, os cartões de trabalho referente às discrepâncias mecânicas passam a ser finalizados, visto que os acessos estão disponíveis para montagem, como por exemplo sistemas de combustível, ventilação, tubulação e motores. Por fim as discrepâncias

relacionadas à tecnologia aviônica são finalizadas, essas atividades estão ligadas aos equipamentos, instrumentos de navegação, rádios e antenas de comunicação, painel e demais instalações de cablagens.

- e) Remontagem: Na fase de remontagem todas partes que foram removidas para a resolução das discrepâncias e inspeções, facilitar acessos e pintura são novamente instaladas na aeronave respeitando o fluxo das atas e cartões de trabalho. Esta estação tem um ciclo menor que das discrepâncias, estimado em 12 dias.
- f) Ensaios: nesta etapa todos os ensaios e certificações possíveis de serem realizados em solo são feitos. Simulações e inspeções da qualidade são realizadas nesta fase, assim como medições e testes de comunicação, combustível, motores, indicadores e todos os instrumentos de painel são validados quanto a qualidade referente a aeronavegabilidade. A fase de ensaios leva em torno de 5 dias e é a última etapa em que a aeronave permanece dentro da oficina de manutenção.
- g) Pista: Nesta penúltima estação com prazo de 7 dias todos os cenários de voo são testados e inspecionados junto a equipe de pilotagens e técnicos de pista. O prazo nesta etapa pode-se estender se por algum motivo alguma discrepância ainda for detectada, principalmente algo que impeça a segurança do voo. Todas as atas são checadas e validadas pelos inspetores e as ordens de serviço que foram abertas devem estar em sua totalidade encerradas.
- h) Finalização: Esta é a última estação, representa o momento de entrega da aeronave após todas as verificações internas. É neste momento que o cliente é acionado para iniciar o processo de entrega da aeronave. O cliente recebe um laudo com tudo que foi inspecionado, substituído, reparado e certificado pelas atividades lançadas em todas as ordens de serviço. A equipe de programas é

responsável por fazer toda a interface com o cliente e apresentar a aeronave finalizada sem nenhuma pendência. Para esta fase final, o tempo previsto é de 03 dias.

A Figura 22 traz esse novo fluxo alinhado entre todos os envolvidos e aprovado pela alta gerência estimasse reduzir o tempo de entrega da aeronave, com isso o prazo de inspeção A/T deve reduzir para um plano ideal de 86 dias, desde o momento que a aeronave é recebida pelo time de MRO até a entrega ao cliente.

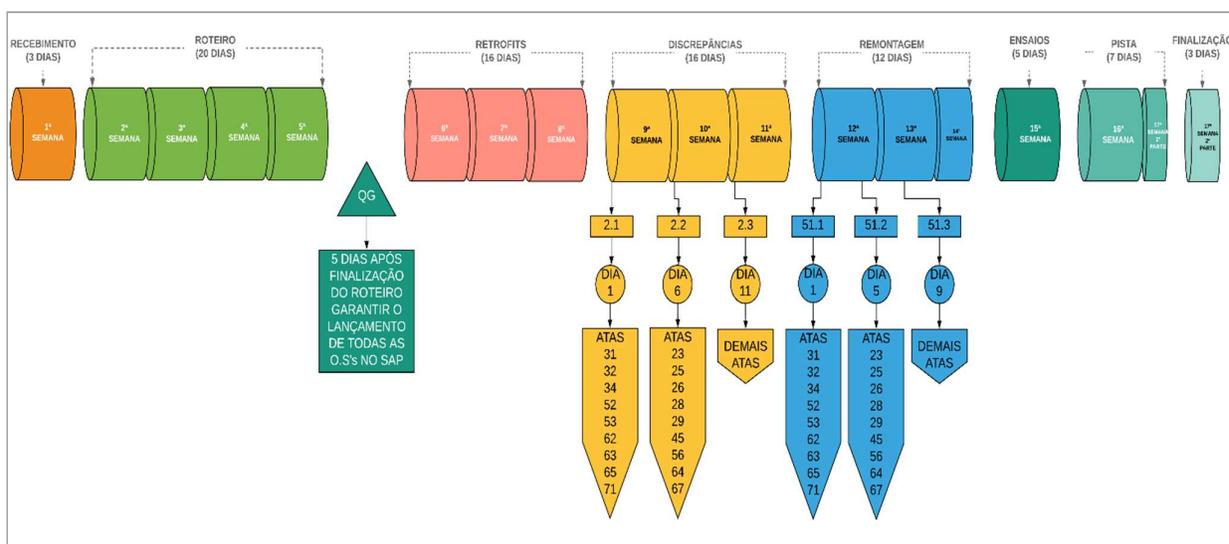


Figura 22 - Planejamento Inspeção – Novo Fluxo de inspeção A/T.

3.6.4 Monitoramento das implementações planejadas – Plano II

O monitoramento da validação do novo fluxo de inspeção a fim de atingir melhores números relacionados a programação da manutenção foi feito para as 2 próximas e últimas aeronaves que foram recebidas dentro do período de análise definido pelo pesquisador. A Figura 23, representa a média de cada um dos quatro indicadores de programação de manutenção avaliados antes da criação do plano de ação referente ao novo fluxo de inspeção, que definido por estações tem como objetivo alinhar o cronograma de manutenção com as atividades de gerenciamento logístico.

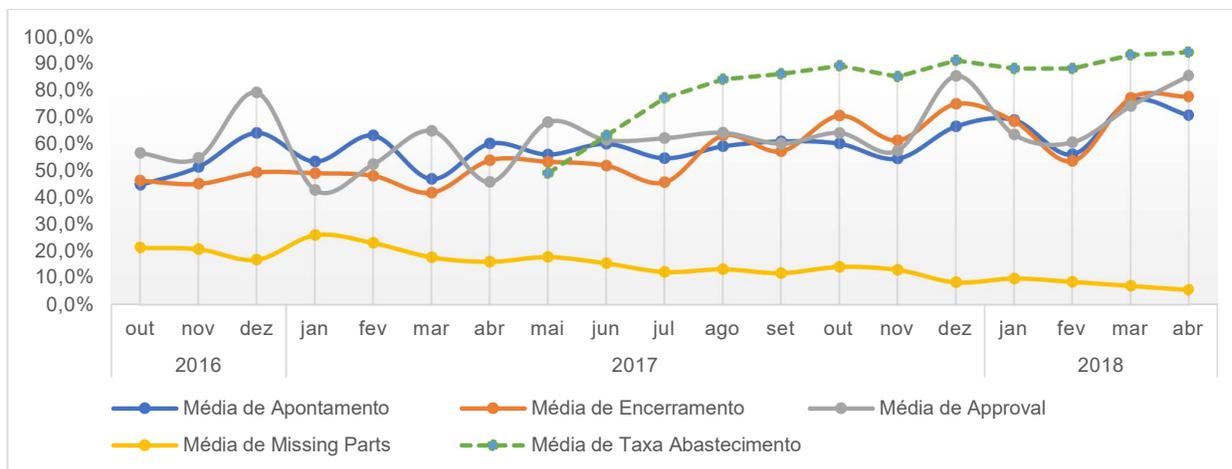


Figura 23 - Planejamento Inspeção – Análise Histórica de out/2016 até abr/2018.

Analisando as informações geradas pelo gráfico acima é notável que com o dimensionamento de estoques todos os indicadores passaram a ter melhores resultados, porém ainda não havia uma estabilidade como a apresentada pelo indicador de Missing parts, que vem apresentado uma melhora mês a mês. Os picos nos meses de dezembro não são coincidências, esse fenômeno é explicado devido a ser um período do ano onde o cliente tende a aprovar mais recursos e para finalizar as atividades anuais todos os departamentos buscam resolver suas pendências, isso auxilia na melhor das métricas.

Monitorando a próxima aeronave a passar pelo processo de inspeção A/T, o modelo FAB-8514 foi a segunda máquina a fazer parte do conceito do contrato por hora de voo, que já desenhava fortes traços dos conceitos de MCC principalmente em relação a práticas de manutenção preditiva. Para essa aeronave que entrou em linha de manutenção quase que em paralelo a anterior o período de inspeção teve início em 07 de abril de 2018 e finalização em 13 de julho de 2018, totalizando 97 dias. O prazo atingido ainda não representa a meta estipulada em 86 dias, porém historicamente é o menor ciclo de inspeção A/T realizado pela oficina de MRO onde a pesquisa foi realizada. Podemos observar na Figura 24 que esta diminuição no prazo se deve a melhora dos indicadores e com a

validação do dimensionamento dos estoques aliado ao novo fluxo de programação com as estações bem definidas.

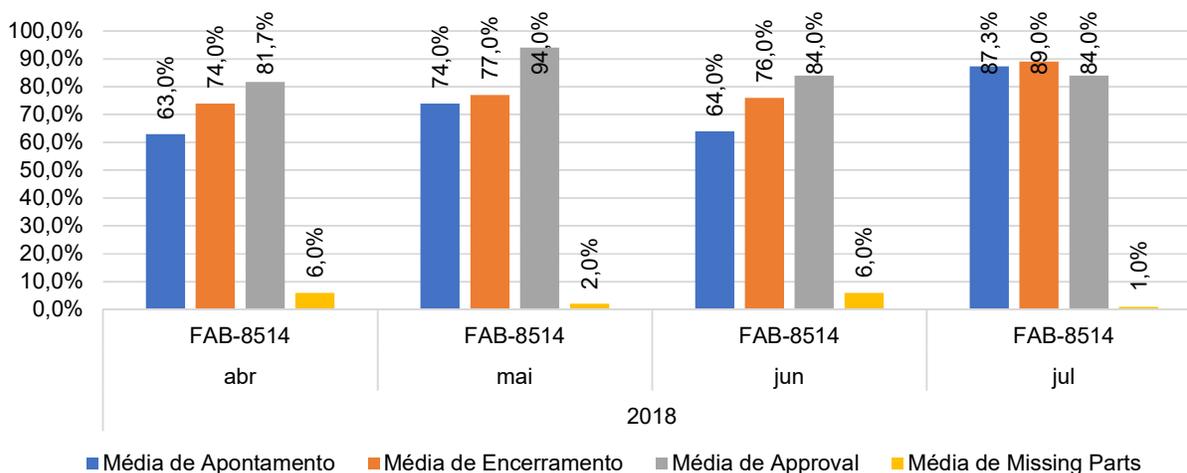


Figura 24 - Planejamento Inspeção – Monitoramento da aeronave FAB-8514

O encerramento das ordens de serviço dentro prazo, alcançando índices de até 89% de média dentro do mês de julho para FAB-8514, remete ao plano de ação criado para melhorar o fluxo de inspeção A/T. Este índice alinhado a aprovação on-time feita pelo cliente garantiu com que a essa revisão de inspeção demonstrasse fortemente os conceitos relacionados as atividades essenciais da MCC conforme apresentado nessa pesquisa.

O próximo e último monitoramento feito dentro do período de pesquisa estipulado pelo pesquisados analisa a aeronave N-7104, que teve seu período de manutenção iniciado em junho de 2018. Essa revisão de inspeção A/T foi a terceira seguindo os conceitos de contrato por hora de voo, e tem como objetivo disponibilizar a aeronave no menor espaço de tempo possível para o cliente. Como para os modelos que fazer parte deste contrato específico um estudo focado no comportamento da aeronave foi realizado de maneira detalhada por uma equipe especializada, quando a mesma chegou na oficina de MRO para solucionar as possíveis discrepâncias, muitos dos materiais que poderiam ser faltantes já estavam disponíveis em estoque ou seus pedidos de comprar estavam em andamento. Essa análise comportamental do produto, que no caso se refere a aeronave N-7104,

garantiu aos técnicos se programarem antecipadamente para realizarem os roteiros de inspeção e agilizar o lançamento das ordens de serviços.

Por sua vez, como observado pelo indicador de apontamento e encerramento, o planejamento de programação da manutenção, pode escalar de maneira a respeitar o cronograma de entrega e o fluxo de inspeção o pagamento de peças e as sequencias de montagem, sem impactar na entrega da aeronave, como observado na Figura 25.

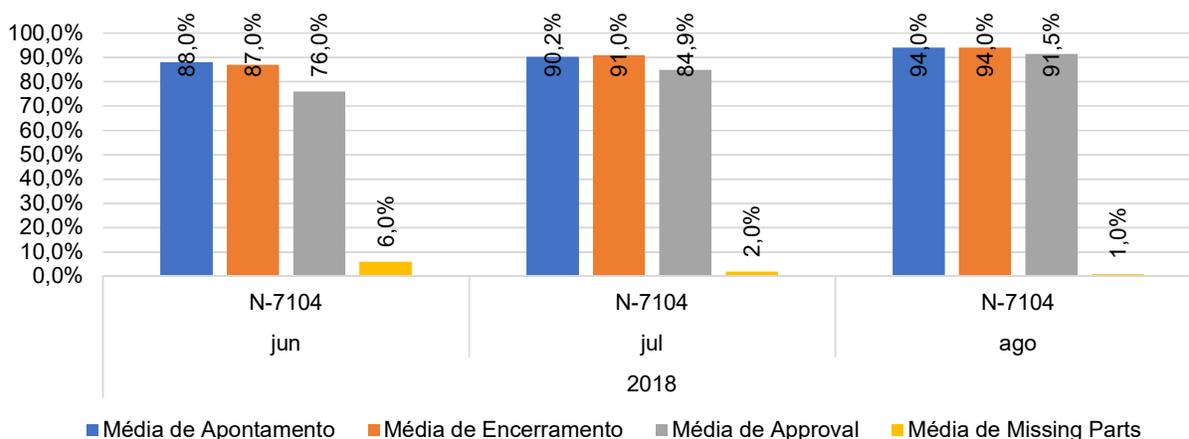


Figura 25 - Planejamento Inspeção – Monitoramento da aeronave N-7104

Com os planos de ação consolidados, tanto de dimensionamento de estoques quanto de programação da manutenção, essa última revisão de inspeção gastou ao todo 81 dias, desde a abertura do roteiro de recebimento até a fase de entrega ao cliente. O monitoramento representado na figura anterior mostra o baixo índice de Missing parts, com um ótimo avançamento das métricas relacionadas ao cumprimento do cronograma de entrega.

Com esses monitoramentos realizados junto aos dois planos de ação finalizados é possível colher os resultados e esperados e conforme os objetivos específicos verificar o uso das atividades essenciais da MCC no processo de inspeção A/T para aeronaves pesadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliar Resultado

Os resultados obtidos nessa pesquisa devem estar relacionados aos objetivos específicos apresentados no início, como prova de tal, a avaliação refere-se num primeiro momento a relacionar o método de manutenção utilizado no ambiente de pesquisa com as técnicas essenciais de MCC identificando onde é possível encontrar evidências do uso nos processos atuais e quais dessas técnicas podem ser incrementadas a fim de que a organização busque atingir seus alvos de negócios. Validar no contexto apresentado da MCC as ferramentas internas de gerenciamento utilizadas para auxiliar e identificar qual modelo ideal de manutenção deve ser abordado. E, avaliar de modo a absorver qual o suporte qualitativo os conceitos relacionados a MCC podem oferecer para aprimorar a operacionalização das atividades de revisão de inspeção A/T.

Para auxiliar na avaliação dos resultados, utilizaremos os dados apresentados na figura 26 e na tabela 07, que representam em uma linha cronológica os indicadores monitorados durante a aplicação dessa pesquisa.

Os primeiros resultados planejados estão relacionados a encontrar evidências do uso da MCC no contexto que envolve as atividades aplicadas pela organização onde o estudo foi realizado no processo de inspeção A/T. Essas evidências estão relacionadas aos conceitos apresentados nesta pesquisa em relação as principais atividades desempenhadas pela MCC.

Sendo assim podemos observar na Figura 26 que nos primeiros meses de verificação, representados pelo destaque em “1º bloco” que os indicadores de planejamento da manutenção não representavam um padrão, ou uma tendência de melhora que proporcionaria a organização alcançar novos projetos e conquistar novos contratos com a oferta de serviços de manutenção diferenciados. Com um alto índice mensal de peças

faltantes existia uma dificuldade em relação a como cumprir um cronograma de entrega sendo que em diversas ocasiões as ordens de serviço eram executadas de forma parcial e ficavam com o status em aberto aguardando a chegada dos materiais. Com isso os tempos de apontamento do operador ficavam maiores gerando custos desnecessários e retardando a aprovação por parte do cliente. Um conjunto de fatores gerava esse impacto na aprovação, pois os custos de cada ordem de serviço são um somatório do valor dos materiais e das horas de serviço de cada operador envolvido. Com a falta do material, muitas vezes era preciso fazer fretes específicos o que deixa o custo médio do produto elevado, e quanto mais tempo a ordem ficava em aberto, mais horas eram apontadas, aumentando o custo médio por ordem de serviço para cada tecnologia.

Os usos dos conceitos da MCC eram evidentes na teoria dos procedimentos internos da organização, porém os resultados não retratavam um benefício para o processo como um todo. Devido a isso, o primeiro plano de ação teve como proposta fazer uma atualização no dimensionamento dos estoques, que está entre uma das atividades essenciais para operacionalização da MCC.

Os resultados com esse dimensionamento estão relacionados a criação de uma coleção estatística de materiais, que devem representar um conjunto de peças representativas na inspeção A/T a fim de garantir com que as ordens de serviço não ficassem com o status de aguardando peça e disponibilizando frentes de trabalho aos operadores. A coleção de materiais está composta por 987 materiais, divididos por planejadores específicos com a garantia de manter o abastecimento dos estoques de segurança em 95%. Esses materiais selecionados visam garantir 86% das demandas das ordens de serviço. Para se ter uma ideia, durante um processo de inspeção cerca de 14.000 itens diferentes podem ser reparados e/ou substituídos.

Os resultados do dimensionamento de estoques alinhado as demais atividades passou a ser monitorado em maio de 2017, ainda com um baixo índice de cobertura devido

ao lead time de chegada das peças que faziam a composição destes parâmetros. Assim que o abastecimento da coleção foi sendo aprimorado o reflexo no índice de Missing parts foi reduzido de maneira significativa, passando de aproximadamente 21% para apenas 1,1% de média no último monitoramento realizado.

O resultado atingido pelo dimensionamento do estoque além de apresentar a redução no índice de Missing parts, acarretou numa melhora no quis diz respeito a programação da manutenção, os resultados apontam para uma tendência de melhora significativa que pode ser observada nas métricas representadas no “2º bloco” da Figura 26, onde podemos avaliar o aumento da efetividade do encerramento das ordens de serviço, isso significa que ao final do mês de dezembro de 2017 cerca de 74% das ordens encerradas conforme planejado, esse índice no início do monitoramento era de 46%.

A melhora no encerramento *on-time* das ordens de serviço não alavancou da mesma forma o índice de apontamento das horas de serviço conforme previsto pela engenharia de processo e não garantiu uma estabilidade quanto a aprovação do cliente. Esses resultados não apresentaram uma significativa melhora com a validação e difusão dos conceitos da MCC até aquele momento. Para o indicador de aprovação do cliente é justificável a melhora nos meses finais de cada ano devido há como se comporta a liberação de verbas para execução das ordens. É rotineiro neste tipo de negócio o cliente destinar suas verbas anuais restantes para a execução de ordens de serviços pendentes ao longo do processo de inspeção, visto que em algumas situações o ciclo passava de 06 meses.

Para que as demais métricas convergissem para um resultado melhor, o segundo plano de ação foi lançado com o propósito de redefinir o fluxo de inspeção A/T, deixando o processo mais enxuto e melhor sequenciado. As avaliações dos resultados deste plano podem ser analisadas no cenário representado pelo “3º Bloco”, como podemos observar na Figura 26, onde o monitoramento dos resultados teve início em março de 2018. Os resultados dessa atualização foram positivos em todos os fatores analisados, fazendo com

que os indicadores de planejamento de produção atingissem os melhores níveis desde que os registros começaram a ser medidos. Com o sequenciamento das atividades de programação bem definidos, os apontamentos passaram a ser mais coerentes com o planejado evitando desperdícios na montagem e ociosidade dos operadores. Com uma quantidade de horas apontadas reduzidas, os custos das ordens diminuem e isso agiliza a aprovação por parte do cliente.

De modo geral podemos avaliar os resultados de maneira positiva e dentro dos objetivos esperados, visto que o uso da MCC proporcionou uma melhora qualitativa ao processo de inspeção A/T que pode ser representado pelos indicadores de programação da manutenção. As técnicas sugeridas pela literatura da MCC foram claramente identificadas no monitoramento feito pelo pesquisador e o resultado da pesquisa-ação elaborada gerou dois planos de ação que tiveram como base as atividades essenciais da MCC.

Complementando a Figura 26 a Tabela 07 traz os dados no detalhe porcentual mês a mês desde o início do estudo considerando a média de todas as aeronaves em linha aplicando o mesmo tipo de manutenção.

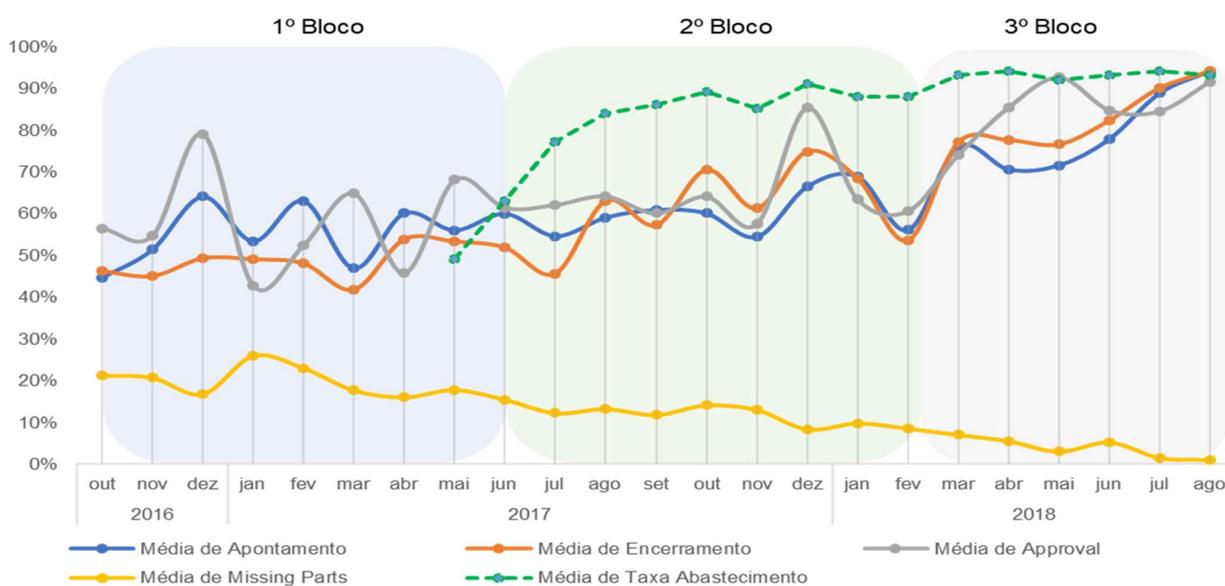


Figura 26 – Indicadores para Programação de Manutenção em 03 blocos

Período	Apontamento	Encerramento	Approval	Missing Parts	Taxa Abastecimento	
2016	out	44,6%	46,2%	56,4%	21,2%	n/a
	nov	51,3%	45,0%	54,7%	20,7%	n/a
	dez	64,0%	49,3%	79,0%	16,8%	n/a
2017	jan	53,3%	49,0%	42,7%	25,9%	n/a
	fev	63,0%	48,0%	52,3%	23,0%	n/a
	mar	46,8%	41,8%	64,8%	17,7%	n/a
	abr	60,0%	53,8%	45,7%	16,0%	n/a
	mai	56,0%	53,3%	68,0%	17,8%	49,0%
	jun	59,9%	51,8%	61,3%	15,4%	63,0%
	jul	54,6%	45,6%	62,0%	12,2%	77,0%
	ago	59,0%	63,0%	64,1%	13,2%	84,0%
	set	60,8%	57,2%	60,0%	11,8%	86,0%
	out	60,0%	70,4%	64,0%	14,1%	89,0%
	nov	54,4%	61,2%	57,4%	13,0%	85,0%
	dez	66,4%	74,8%	85,2%	8,3%	91,0%
2018	jan	68,8%	68,3%	63,3%	9,8%	88,0%
	fev	56,0%	53,5%	60,5%	8,5%	88,0%
	mar	76,0%	77,0%	74,0%	7,0%	93,0%
	abr	70,5%	77,5%	85,4%	5,5%	94,0%
	mai	71,5%	76,5%	92,5%	3,0%	92,0%
	jun	77,8%	82,2%	84,7%	5,2%	93,0%
	jul	88,8%	90,0%	84,5%	1,5%	94,0%
	ago	94,0%	94,0%	91,5%	1,1%	93,0%

Tabela 7 – Indicadores para Programação, dados do período de outubro de 2016 até agosto de 2018

4.1.1 Verificar necessidade de replicação

Durante as etapas de verificação do uso da MCC na unidade de análise selecionada, o pesquisador se deparou com um cenário onde os conceitos de manutenção preventiva e corretiva estavam bem difundidos, porém o mesmo não era evidente para os conceitos de manutenção preditiva. Para que a MCC seja uma ferramenta de apoio garantindo a qualidade de um processo é necessário alinhar o uso do tipo correto de manutenção a ser aplicado a cada componente no fluxo de inspeção e estudar seu comportamento ao longo de sua vida útil sugerindo qual o tipo de reparo deve ser o mais indicado ou eficiente. Em algumas situações somente a substituição é válida, porém

existem equipamentos que podem manter seu nível de operacionalidade com reparos especializados, atualizações de versões e certificações de segurança.

Para tal verificação do uso da MCC, um processo de monitoramento do pesquisador aliado a uma equipe definida, se desenvolveu com o interesse da organização em utilizar deste conceito como um diferencial para ofertar ao mercado contratos de serviços específicos que teriam como objetivo oferecer ao cliente um contrato por hora de voo com base nos conceitos da manutenção centrada em confiabilidade. Durante essa fase de monitoramento foi verificado o uso de algumas das atividades essenciais da MCC com clareza, porém para aprimorar os processos de inspeção A/T num primeiro momento foi realizado um plano de ação a fim de dimensionar os estoques de modo mais aderente as demandas existentes.

Com a validação do primeiro plano foi notado uma melhora nos indicadores de performance do planejamento da inspeção, principalmente no que diz respeito à disponibilidade dos materiais. Entretanto, nem todos os resultados desse plano foi satisfatório e por esse motivo um novo plano foi criado, gerando uma replicação e um novo monitoramento de todo o processo.

A replicação feita no segundo plano de ação teve como objetivo fazer uma reestruturação do fluxo total de como a inspeção A/T é realizada na oficina de MRO. Uma reindexação das atas de montagem agrupadas em estações que devem respeitar uma sequência de montagem de modo a otimizar a execução das ordens de serviços lançadas durante o roteiro de inspeção.

Como o dimensionamento dos estoques com uma coleção estatística de materiais não foi o suficiente para atingir os níveis esperados de performance, a replicação envolvendo o planejamento de programação da manutenção foi essencial para que ao final do período de monitoramento os objetivos fossem alcançados. A replicação do processo auxiliará a redigir o relatório de indicadores fazendo um comparativo entre os cenários

encontrados no início da pesquisa com aqueles observados após a validação do uso da MCC.

4.2 Redigir relatório de resultados com indicadores

Como finalização da avaliação dos resultados, um relatório com os indicadores que, apresentem como os objetivos dessa pesquisa foram alcançados, será exibido de forma a evidenciar como a organização aplica as atividades essenciais da MCC e como essas atividades podem influenciar num processo de manutenção de inspeção A/T para as aeronaves que foram selecionadas como objeto de análise. Uma vez em que todos os dados foram coletados e analisados pelo pesquisador, a verificação para uma reflexão sobre os resultados que essa pesquisa alcançou vai de encontro com o método adotado inicialmente. O monitoramento desses dados permite aos interessados a possibilidade de se comparar os cenários onde os conceitos da MCC foram devidamente difundidos em relação a um cenário anterior onde esses mesmos conceitos não estavam acontecendo na prática.

Em um primeiro momento, como evidência do uso da MCC onde a pesquisa foi aplicada, a Tabela 8 traz o resultado de como foi identificado o uso das atividades essenciais da MCC no processo de inspeção A/T. A tabela traz como a validação dos objetivos em relação os principais pontos encontrados na rotina de manutenção que estão ligados ao embasamento teórico apresentado nesta pesquisa.

Atividades Essenciais para Operacionalização da M.C.C.		
Atividades	Escopo apresentado na Literatura	Contribuição dos Métodos (evidência prática)
Definição e Familiarização da Equipe junto ao Objeto de Estudo	Escolha da Equipe; atribuições de funções; treinamentos	Equipe fixa atuante desde o início da inspeção, operadores com apoio da engenharia de processo, validações e treinamentos por célula específica

Listagem Técnica de Componentes	Identificação de todos equipamentos	Atualização cíclica dos manuais do fabricante, definição de cartão de trabalho agrupados por atas
Classificação de Funções	Função essencial ou função auxiliar de cada componente	Listagem de itens críticos classificados como "no go", ou seja, componentes que impedem o voo
Classificação de Falhas	Falhas evidentes ou escondidas	Cumprimento do roteiro de inspeção para identificação das discrepâncias; criação das ordens de serviço
Análise de Falhas	Estudo do comportamento do componente	Banco de dados com histórico de RMA abertas; responsável técnico presente nas bases dos principais clientes; acompanhamento junto ao cliente.
Classificação dos Componentes	Como atuar com os componentes críticos	Criação de planejadores de materiais compostos por um conjunto de itens definidos como; CBH, PBH e RBH
Classificação da Técnica de Manutenção Abordada	Escolha da Manutenção mais apropriada	A partir de como o material é classificado, reparável ou não; discrepância encontra durante o roteiro de inspeção; definição no cartão de trabalho
Política e Dimensionamento de Estoques	Tamanho do estoque para suprir as demandas	Criação de uma coleção estatística de materiais com base de frequência histórica com os componentes classificados de acordo com os parâmetros de consumo e criticidade; definição de itens CH1, CH2, CH3, TSM e DCR
Programação e Controle de Manutenção	Pacotes de manutenção e planejamento de sua execução	Definição dos conceitos de estação, cronograma de montagem, sequenciamento das ordens de serviço, equipe dedicada ao planejamento e controle de manutenção, Capacidade da linha de manutenção; sistema SAP para gerenciamento da cadeia de suprimentos; identificação dos intervalos ótimos de manutenção

Monitoramento de Indicadores	Monitoramento do processo de manutenção	Verificação da eficácia e produtividade do processo de inspeção A/T; métricas relacionadas ao atendimento, cobertura e avançamento da aeronave; taxa de cobertura do estoque; Monitoramento do custo da estratégia de manutenção
------------------------------	---	--

Tabela 8 – Resultado comparativo entre teoria e prática evidenciada.

Com base nas evidências encontradas e outras atividades que envolvem o uso da MCC aprimoradas conforme apresentado anteriormente na avaliação dos resultados, os indicadores a seguir servem como uma validação da pesquisa fazendo uma comparação dos cenários de modo a deixar claro o impacto do uso adequado e a disseminação da teoria da MCC aplicada ao processo de inspeção A/T.

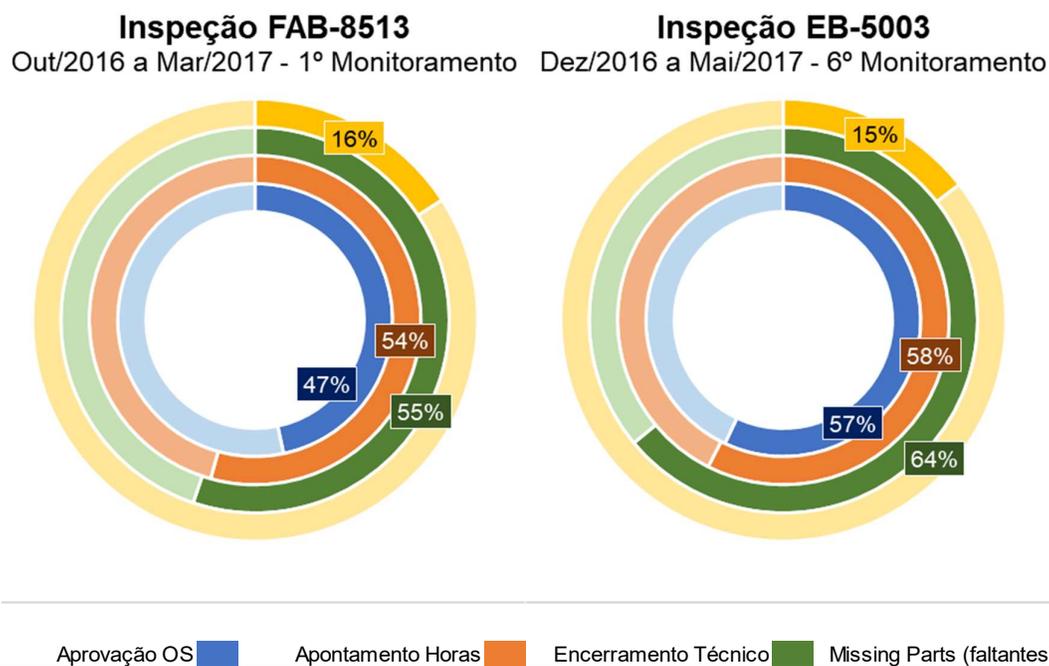


Figura 27 – Relatório de Indicadores, 1º Monitoramento comparado ao 6º.

A Figura 27 faz um comparativo, na primeira amostra, notada na figura anterior, dos relatórios que comparam os cenários do desenvolvimento da MCC já foi possível identificar

uma ligeira melhora no processo de manutenção mesmo com um intervalo de início entre uma inspeção e outra de apenas dois meses. Nessa primeira abordagem notamos o resultado de melhora entre o 1º e o 6º Monitoramento realizado principalmente no que diz respeito a aprovação das ordens de serviço pelo cliente. Os ganhos de aproximadamente 10 pontos percentuais servem de base para uma visibilidade maior do time de logística que por sua vez pode estender o horizonte de planejamento de materiais visto a demanda firme ocasionada pelo alto índice de aprovação das ordens de serviço.

Em uma nova validação dos resultados como pode ser observado a seguir, os indicadores do 8º monitoramento se mantiveram estáveis, entretanto com um ganho significativo nas métricas de apontamento, reduzindo o custo direto da manutenção e gerando oportunidades para melhorias do processo, principalmente do que diz respeito à curva de aprendizado. As ações de planejamento já passam a sentir um efeito maior pela equipe de manutenção envolvida na inspeção A/T a partir do 11º monitoramento, onde os índices de peças faltantes passam a ser os menores já apresentados aliados ao crescimento conjunto das demais métricas, que apresentam uma tendência de melhora, principalmente ao ser comparado com aquelas do 1º monitoramento.

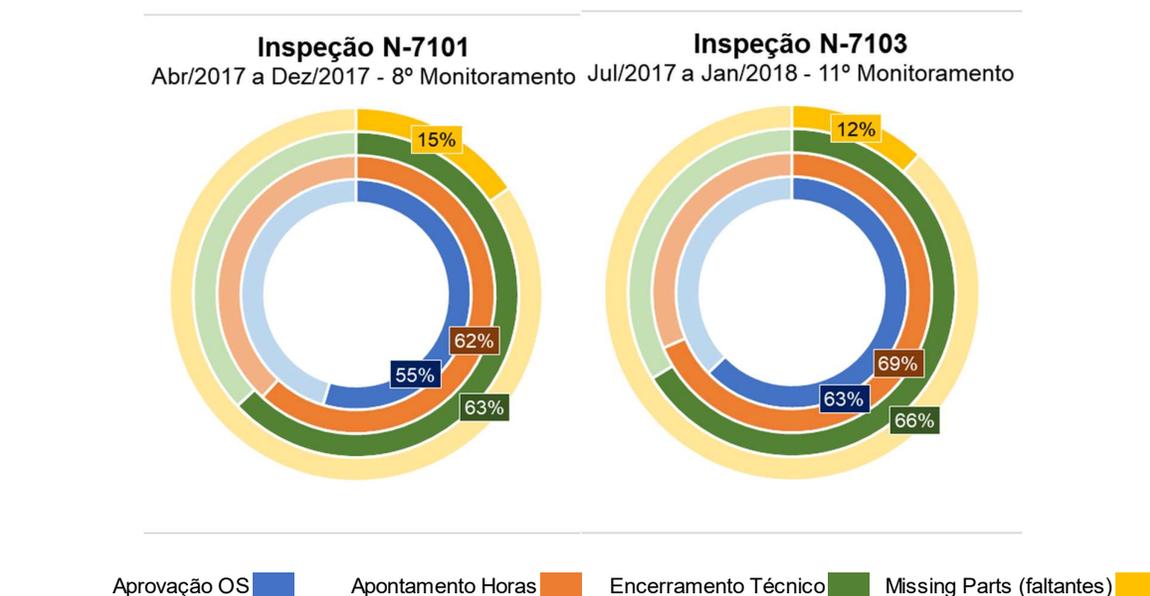


Figura 28 – Relatório de Indicadores, 8º Monitoramento comparado ao 11º

Após o 11º monitoramento realizado no processo de inspeção A/T, iniciou-se o plano para realizar uma atualização no dimensionamento dos estoques, conforme uma das atividades essenciais da MCC sugere. Esse plano tem como objetivo reduzir o número de peças faltantes a fim de incrementar as atividades de planejamento e controle de manutenção com uma coleção específica e estatística de materiais. O resultado desse plano pode ser facilmente notado nos resultados a seguir, que compararam as análises feitas entre o 9º monitoramento e o 13º, um antes e outro pouco depois do plano entrar em vigor. A queda do índice de Missing parts acontece de maneira satisfatória e com tendência a reduzir ainda mais.

O indicador apresentado na Figura 28 que antes nunca havia ficado na casa abaixo de dois dígitos agora apresenta apenas 6% de peças faltantes no momento da execução ideal da ordem de serviço, chamada internamente de DANE, data de necessidade do material.

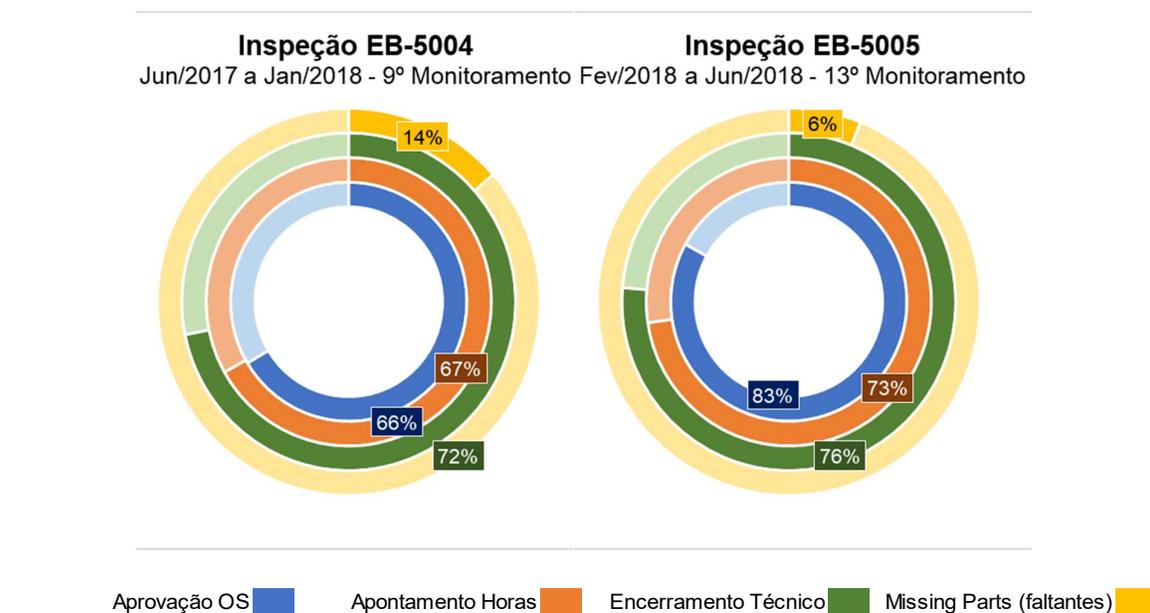


Figura 29 – Relatório de Indicadores, 9º Monitoramento comparado ao 13º

A inspeção EB-5005 apresentada nos indicadores da Figura 29 representa o primeiro modelo a contemplar uma nova modalidade de serviço oferecido ao cliente, com o nome de contrato por hora de voo, que tem como base os princípios da manutenção preditiva e que apresenta fortemente os conceitos de MCC.

Em busca de melhorar ainda mais o processo de manutenção e extrair os conceitos da MCC, a organização buscava encolher o ciclo de manutenção para algo próximo de 86 dias, e para isso era necessário garantir a disponibilidade dos materiais no tempo certo e cumprir com o cronograma de entrega estabelecido no momento do recebimento da aeronave. Com uma maturidade evidenciada nos demais processos, o segundo plano de ação entrou em vigor durante a inspeção EB-5005 e visava criar um novo fluxo de programação com a criação de estações de montagem onde atividades em paralelo poderiam acontecer, reduzindo os tempos de montagem dentro de um sequenciamento que respeitasse as condições impostas pelas atas e cartões de trabalho definidos no manual da aeronave. O comparativo da Figura 30 entre as próximas aeronaves demonstra como um plano de ação completa o outro ao verificarmos a impulso positivo de que todas as métricas do planejamento de inspeção monitora.

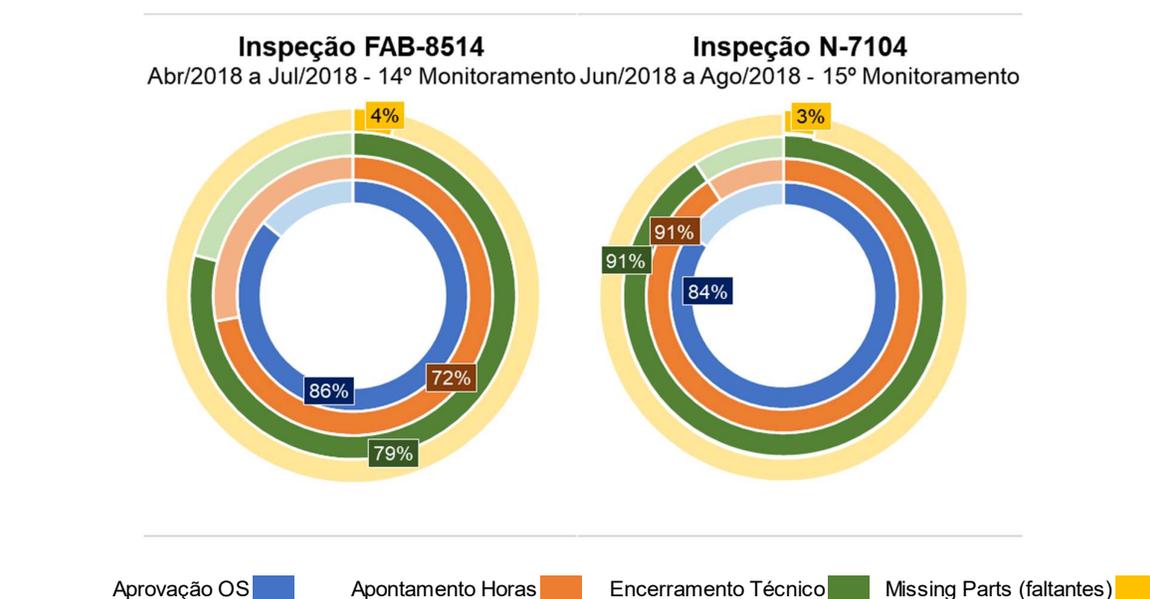


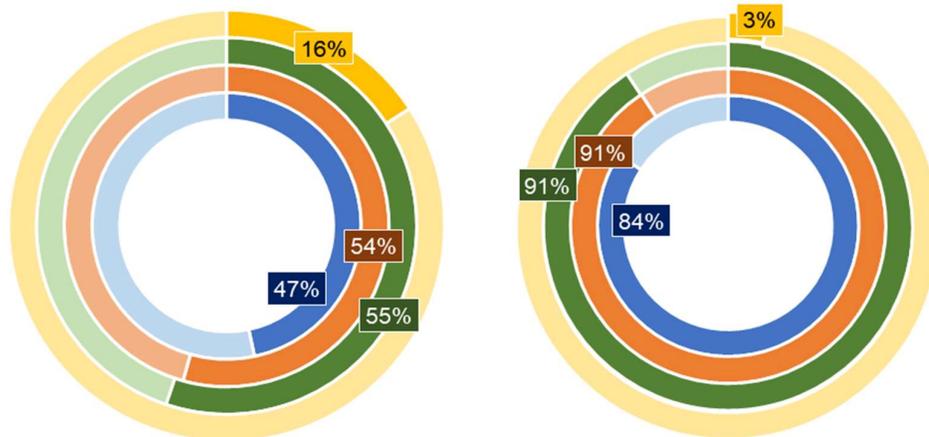
Figura 30 – Relatório de Indicadores, 14º Monitoramento comparado ao 15º

A redução das peças faltantes abriu frente para que os demais envolvidos no processo de manutenção vislumbrassem outras melhorias, que, aliadas a disponibilidade de peças puderam ser suportadas pela alta gerência. Essas ações proporcionaram para que o último monitoramento realizado na inspeção N-7104 atingissem o conjunto de melhor desempenho desde que a medição do processo passou a ser feita. Com 91% do encerramento técnico realizado de acordo com o planejado a aeronave foi entregue dentro do prazo planejado e sem estourar os limites de horas previstas, uma vez que 91% dos apontamentos foram realizados em menor ou igual tempo ao estipulado pela equipe técnica.

Para que o relatório da verificação dos resultados ilustre de maneira efetiva o uso da MCC aliado ao aprimoramento do processo podemos observar a seguir um comparativo final entre o primeiro monitoramento, onde as atividades de MCC ainda não estavam claramente identificadas, e o 15º, com aproximadamente dois anos de pesquisa de diferença entre eles.

Todos os indicadores apresentaram um impulso significativo, como visto na Figura 31, assim como todo o processo de inspeção A/T, que apoiado aos conceitos da MCC, fez com que a organização buscasse novas abordagens contratuais expandindo suas opções nos modelos de oferta em relação a serviços de manutenção. Das métricas, vale o destaque para redução de aproximadamente 80% nos índices de peças faltantes e aprovação por parte do cliente. Ambas reduções propulsionaram a melhora em cerca de 65% das métricas mais relacionadas ao cumprimento das datas que são os apontamentos e encerramentos sendo realizados dentro do planejado.

Inspeção FAB-8513 **Inspeção N-7104**
Out/2016 a Mar/2017 - 1º Monitoramento Jun/2018 a Ago/2018 - 15º Monitoramento



Aprovação OS Apontamento Horas Encerramento Técnico Missing Parts (faltantes)

Figura 31 – Relatório de Indicadores, 1º Monitoramento comparado ao 15º

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Respeitando os objetivos estabelecidos no início deste estudo, as conclusões que podem ser relatadas estão relacionadas diretamente ao uso ou não das abordagens que se referem a manutenção centrada em confiabilidade. Durante os processos de monitoramento das inspeções A/T o pesquisador pode observar em primeiro momento que os conceitos de MCC estavam descritos em diversos procedimentos internos, porém na prática isso não estava sendo retratado levando em consideração aos atrasos constantes no prazo de entrega das aeronaves e as diversas paradas técnicas por falta de material ou por uma falha no sequenciamento das montagens.

Sendo assim, enquanto esse monitoramento foi sendo realizado, ações de melhoria e para a aplicação dos conceitos de MCC foram sendo desenvolvidas pela equipe previamente definida, e os resultados começaram a ser expostos por meio de indicadores renovados de planejamento de manutenção trazendo como métricas, pontos que eram relevantes tanto para a pesquisa quanto para a organização. Com isso foi avaliado o suporte qualitativo que a MCC pode oferecer a organização, desenvolvendo as atividades de manutenção com um estreitamento entre o fabricante e o cliente no que diz respeito a uma análise comportamental do equipamento durante seu ciclo de vida. Assim é possível definir melhor os intervalos obrigatórios de manutenção e programar as paradas técnicas aliadas a disponibilidade da oficina de manutenção e a compra de materiais necessários para atender as discrepâncias encontradas.

As técnicas de MCC apresentadas nesse estudo foram monitoradas em 16 amostras com aeronaves de operadores em diferentes regiões do país, assim uma base de dados foi montada para que fosse possível a criação de indicadores a fim de comparar os

resultados encontrados durante os monitoramentos. Uma das evidências que melhor conclui o uso das técnicas oferecidas pelas atividades essenciais da MCC está relacionada a redução do ciclo de manutenção que tem como indicador ao cliente a disponibilidade de frota.

Podemos concluir, observando a gráfico representado na próxima figura, que durante o intervalo onde a pesquisa foi aplicada a disponibilidade de máquinas com o status de aero navegável atingiu as metas compartilhadas entre o cliente e o fabricante. Conclui-se que o uso das ferramentas de MCC foram fundamentais para a melhora no processo de manutenção no ambiente estudado, reduzindo os índices de peças faltantes, aprimorando o fluxo de montagem com sequenciamento bem definido, reduzindo os desperdícios durante as montagens com os apontamentos de horas dentro do planejado e, fazendo com o que o cliente aprovasse as ordens de serviço de maneira mais eficiente, afinal os custos de reparo como consequência estavam reduzidos.

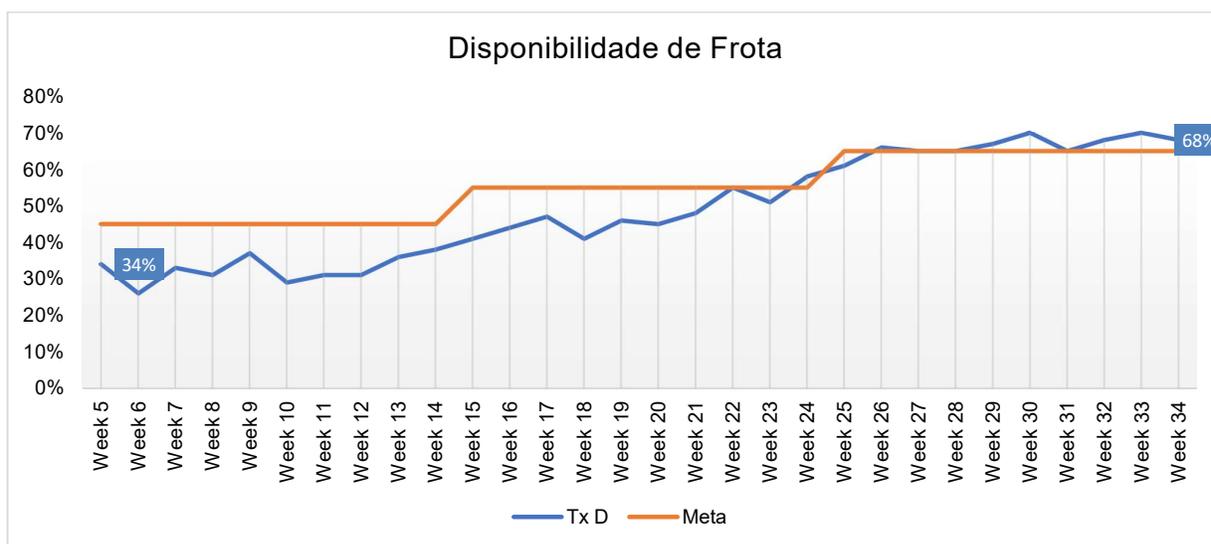


Figura 32 – Taxa de disponibilidade de Frota Operacional em 2018

O indicador de disponibilidade de frota da Figura 32, pode ser o que mais representa como o resultado de um planejamento de programação da manutenção bem alinhado pode trazer benefícios para a organização e demais envolvidos. Os conceitos aplicados e verificados relacionados a MCC inseridos no fluxo de inspeção A/T trouxe oportunidades de melhorias e geraram planos de ação em busca de garantir uma redução do tempo de ciclo geral, fazendo com que as aeronaves ficassem menos tempo paradas, o que não é interessante para nenhum dos lados. A criação de um estoque estratégico que pudesse atender as demandas dos operadores on-time fez com que as ordens de serviço fossem encerradas em menor tempo e isso gerou questionamentos ao ponto de fazer um novo sequenciamento de atividades, garantindo o cumprimento do cronograma de montagem e proporcionando uma melhora significativa em todo processo, principalmente com a redução evidenciado do tempo total para execução de uma inspeção A/T.

5.2 Sugestões futuras

Como sugestão para trabalhos futuros, que usem como base os conceitos apresentados nesta pesquisa, uma avaliação dos impactos financeiros relacionados ao uso da MCC como um diferencial competitivo no mercado da aviação seria algo a complementar esta pesquisa apresentando uma vertente ainda pouco explorada.

Em complemento a este, avaliar no ponto vista do cliente, quais os benefícios proporcionados ao realizar um contrato de manutenção com empresas que aplicam conceitos relacionados a MCC. Entender junto ao mercado, quais são as tendências e customizações que os contratos de manutenção devem se submeter a fim de buscar novos negócios e parceiros.

6. REFENCIAL TEÓRICO

AFNOR “Maintenance industrielle” recueil de normes françaises 1988, NF X 60-010 Juin, France, 1984.

ALVES Cordeiro, J., & PONTES Assumpção, M. Indicadores para gestão na manutenção corretiva. *Exacta*, 2016, 14 (2), 173-182.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Certificação de produto aeronáutico. Brasília, 2011. Emenda nº 01, publicada no diário oficial da união N° 230, de 01/12/2011. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - RBAC 21. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462; confiabilidade e manutenibilidade. : [S.1.: s.n.], 1994. 37p.

BRANCO FILHO, Gil. A organização, o planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

BEVILACQUA, M.; BRAGLIA, M. The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering and System Safety*, n. 70, p. 71-93. Pisa, Itália, 2000.

CASTELLA, Marco César. Análise crítica da aera de manutenção em uma empresa brasileira de geração de energia elétrica. 152f. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

CENIPA. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Helicópteros – Sumário Estatístico 2006 – 2017. Brasília 2017

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. *International Journal of operations & production management*, v.22, n.2, p.220-240, Irlanda, 2002.

EDUARDO, A. C. Diagnóstico de defeitos em sistemas mecânicos rotativos através da análise de correlações e redes neurais artificiais. Campinas: Unicamp, 2003.

ELLER, Michelle Aparecida Gomes. Manutenção Aeronáutica no Brasil: distribuição geográfica e técnica. *Gestão da Produção, São Carlos*, v.22, n.2, p. 243-245, 2015

FARRERO, J. C.; TARRÉS, L. G.; LOSILLA, C. B. Optimization of replacement stocks using a maintenance programme derived from reliability studies of production systems. *Industrial Management & Data Systems*, v. 102, n. 4, p. 188-196, 2002.

FERREIRA, A. A. **Gestão empresarial de Taylor aos nossos dias**: Evolução e tendências da moderna administração de empresas. São Paulo: Pioneira, 2000.

FLEMING, P. V.; OLIVEIRA, L. F. S. de; FRANÇA, S. R. Aplicações de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em instalações da Petrobrás. In: V Encontro Técnico sobre Engenharia de Confiabilidade e Análise de Risco. 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Petrobrás, 1997.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e Manutenção Industrial. São Paulo Campus – Elsevier, 2009.

GERAGHETY, T. *Obtendo efetividade no custo de Manutenção através da integração das Técnicas de monitoramento de condição, RCM e TPM*. 2000.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION - ICAO. Doc 9859 AN/474: safety management manual (SMM). 2. ed. (Advance edition – unedited). Montreal, 2008.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio Aquino. *Manutenção: Função Estratégica*. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009. 384p.

KUMAR S., A knowledge based reliability engineering approach to manage product safety and recalls. *Expert Systems with Applications*, University of St. Thomas, Minneapolis, USA. 41, p5323-5339, 2014

LEITE, M. M. J. A pesquisa-ação como método para reconstrução de um processo de avaliação de desempenho. *Cogitare*. 2004 Jun; 9(1):50-9.

MORAIS, V. C. Metodologia de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de manutenção preventiva. Campinas: Unicamp 2004.

MOSS, M. A. Designing for minimal maintenance expense: the practical application of reliability. New York: Marcel Dekker Inc., 1985.

MACHADO, M. C. Qualidade na indústria aeronáutica. IN: OLIVIERA, O. J. (Org.) *Gestão da Qualidade: tópicos avançados*. São Paulo: P. Thomson Learning, 2004.

MATA FILHO, J. N. Manutenção Baseada em Confiabilidade e Controle de Custos de Manutenção: um time de sucesso na indústria aeronáutica. In: 13º Congresso Brasileiro de Manutenção, Salvador. 1998

MARCORIN, A. J.; ABACKERLI, A. J. Estudo exploratório sobre áreas potenciais de aplicação de técnicas de confiabilidade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXI, 2001, Salvador. Anais... Porto Alegre: ABEPRO, 2001.

MENDES, A. A. Manutenção centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

MIGUEL, P. A. C., FLEURY, A., MELLO, C. H. P., NAKANO, D. N., LIMA, E. P., TURRIONI, J. B., HO, L. L., MORABITO, R., MARTINS, R. A., SOUSA, R., COSTA, S. E. G., PUREZA, V., Metodologia de pesquisa em Engenharia de produção e gestão de Operações. Rio de Janeiro, Campus – Elsevier, 2ª edição, 2011.

MOBLEY, Keith. An Introduction to Predictive Maintenance. Butterworth-Heinemann, 2nd Edition, p. 437, Integrated Systems Inc., Knoxville, TN, USA, 2012.

MONCHY, François. *A função Manutenção: Formação para a Gerência da Manutenção Industrial*. 422 pgs, Editora Durban / Ebras, São Paulo, 1989.

MOUBRAY, J. **RCM II**: manutenção centrada em confiabilidade. Grã-Bretanha: Biddles Ltd., Guilford and King's Lynn, 2000. Edição Brasileira.

MONTEIRO, A.; PAIVA, T. Avaliação no OEE no Processo de Forjaria de um Fabricante de Componentes para o Setor Automotivo; SIMEPRO, 2013.

NEIVA, F. A. A importância da manutenção no novo setor elétrico brasileiro. Revista Manutenção – ABRAMAN, Rio de Janeiro, n. 73, p. 4-6, jul/ago. 1999.

NIKRAZ, Hamid. Aircraft maintenance checks using critical chain Project path, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 89, issue: 6, p 879-892, 2017.

PORTER, M. E. Estratégia: a busca da vantagem competitiva. Rio de Janeiro: Campus. 1998.

RASHID H. S. J., PLACE C. S. HEALEY A. Reliability model for helicopter main gearbox lubrication system using influence diagrams. Reliability Engineering and System Safety, European Aviation Safety Agency-EU, Germany, 139, p50-57, 2015

RAUSAND, M. Reliability centered maintenance. Reliability Engineering and System Safety, v. 60, n. 2, p. 121-132, 1998.

SALONEN, A.; BENGTSSON, M. The potential in strategic maintenance development. Journal of Quality in Maintenance Engineering, p. 337-350, jun. 2011

SEABRA, G. F. Pesquisa científica: o método em questão. Brasília: Ed. da UnB, 2001.

SELLITTO, M. A. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. Revista Produção, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005.

SMITH, A. M. Reliability-centered maintenance. Califórnia-USA: McGraw-Hill, 1992.

TATSCH, D. M. Metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade Aplicada em uma Máquina de Montar Pneus. 2010. 130f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TELANG, Amit. Comprehensive Maintenance Management: Policies, strategies and Options, PHI Learning Private Limited, 192p. Índia, 2010.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo. 2007

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Revista Educação e Pesquisa, v.31, n.3, p. 443-446. 2005

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM, Planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed.01, 2002.