



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia de
Produção.



**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO
E CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM CARROS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO
LEAN MANUFACTURING E GESTÃO VISUAL: UMA ANÁLISE BASEADA NO
SETOR FERROVIÁRIO E AEROVIÁRIO**

**Marianna Moda Barbosa
Ouro Preto
2021**

Marianna Moda Barbosa

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE
MANUTENÇÃO EM CARROS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO LEAN
MANUFACTURING E GESTÃO VISUAL: UMA ANÁLISE BASEADA NO
SETOR FERROVIÁRIO E AEROVIÁRIO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Engenheiro de Produção.

Prof.^a Dr.^a Irce Fernandes Gomes Guimarães
Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP
Orientadora

Ouro Preto
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Marianna Moda Barbosa

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM CARROS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO LEAN
MANUFACTURING E GESTÃO VISUAL: UMA ANÁLISE BASEADA NO SETOR FERROVIÁRIO E AEROMARÍTIMO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 17 de janeiro de 2022.

Membros da banca

Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)
Dra. Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza- (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)
Dr. Aloísio de Castro Gomes Júnior - (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)
Gerente de Planejamento, Confiabilidade e Trem de Passageiros EPVM- Engenheiro Gustavo Moreira- (Empresa Vale)
Coordenador de planejamento e controle de manutenção, confiabilidade e gestão- Administrador Rodrigo Castelubi Sarmento- (Empresa Vale)

Irce Fernandes Gomes Guimarães, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 31/01/2022



Documento assinado eletronicamente por Irce Fernandes Gomes Guimarães, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR, em 08/02/2022, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2013](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_documento_acesso_externo=0, informando o código verificador 0269279 e o código CRC C3621876.

Resumo

O desempenho da manutenção moderna tem se tornando cada vez mais sofisticado, sendo assim, as empresas precisam garantir a segurança operacional com programas de manutenção que busquem a excelência. As metodologias de gestão da manutenção vêm apresentando diferentes estratégias e podem variar em alguns setores, de acordo com os objetivos de cada organização. Devido a este fato, esse estudo tem por objetivo analisar os princípios da gestão da manutenção, a utilização das ferramentas do *Lean Manufacturing* como base dos processos, bem como, a integração das principais funções e diferentes tecnologias no desempenho da manutenção. A pesquisa foi baseada no formato de *benchmarking* por meio de uma comparação do setor ferroviário com o setor aeroviário, que foram escolhidos como ramo base, dado argumentos sobre o bom desenvolvimento na gestão da manutenção e a importância da segurança nas operações do transporte destes modais. Foram analisados estudos de casos sobre empresas prestadoras de serviço para aviação da aeronáutica, comparando-os com as diretrizes do planejamento e controle de manutenção de uma empresa de transporte de pessoas em ferrovia. Conclui-se este estudo com o entendimento sobre a posição ocupada pela empresa ferroviária, e a similaridade dos processos de manutenção entre as organizações, as quais, buscam pelo desempenho de excelência. Entretanto, durante a confrontação dos dois modais é perceptível que a integração entre os sistemas, pessoas, departamentos e objetivos precisam ser ajustados. O desenvolvimento e implementação de tecnologias, como aquisição de sensores precisam estar alinhados com os processos para que de fato sejam úteis. Além disso, os mecanismos de gestão a vista necessitam de melhorias para integrar as informações de forma física e computacional, por isso, essas diretrizes são apresentadas detalhadamente neste estudo.

Palavras Chaves: Manutenção; gestão da manutenção, planejamento e controle de manutenção, setor ferroviário, setor aeroviário, *Lean Manufacturing*, gestão à vista.

Abstract

The performance of modern maintenance has become increasingly sophisticated, so companies need to ensure operational safety with maintenance programs that strive for excellence. Maintenance management methodologies have been presenting different strategies and may vary in some sectors, according to the objectives of each organization. Due to this fact, this study aims to analyze the principles of maintenance management, the use of Lean Manufacturing tools as the basis of processes, as well as the integration of the main functions and different technologies in maintenance performance. The research was based on the benchmarking format through a comparison of the railway sector with the airline sector, which was chosen as the base branch, given arguments about the good development in maintenance management and the importance of safety in the transport operation of this modal. Case studies were carried out on companies that provide services for aviation in the aeronautical sector, comparing them with the guidelines of planning and maintenance control of a company that transports people by rail. The work is concluded with the understanding of the position occupied by the railway company, and the similarity of the processes between the organizations, which seek for excellence performance. However, during the confrontation it is noticeable that the integration between systems, people, departments and objectives need to be adjusted. The development and implementation of technologies, such as sensor acquisition, need to be aligned with the processes in order to be useful. In addition, the sight management mechanisms need improvements to integrate information in physical and computational ways, so these guidelines are presented in detail in this study.

Keywords: Maintenance; maintenance management, maintenance planning and control, railway sector, aircraft sector, Lean Manufacturing and visual management.

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa ferroviário no território brasileiro.....	11
Figura 2: Quantitativo de passageiros transportados em viagens interestaduais.....	12
Figura 3: Passageiros transportados por Km (PPK).....	13
Figura 4: Fluxograma PCM e TPM.....	23
Figura 5: Fatores mantenedores da manutenção.....	27
Figura 6: Relação dos tipos de manutenção	31
Figura 7: Etapas do macroprocesso na manutenção.....	35
Figura 8: Fluxograma do processo de planejamento e controle de manutenção em uma empresa aérea.....	37
Figura 9: Fluxograma dos processos de planejamento e controle de manutenção	38
Figura 10: Estratégias de manutenção	39
Figura 11: Diagrama dos processos da Manutenção Centrada no Risco.	40
Figura 12: Estrutura da terceira geração TPM	41
Figura 13: Benefícios da aplicação da gestão à vista	45
Figura 14: Fluxo de movimentação de materiais.....	51
Figura 15: Fluxograma dos processos de benchmarking	54
Figura 16: Modelo de relacionamento OMR	57
Figura 17: Estrutura organizacional de uma MRO	59
Figura 18: Diagrama processos de manutenção baseada em condição	63
Figura 19: Responsabilidades sobre o sistema.....	68
Figura 20: Responsabilidades na função PCM	68

Lista de Quadros

Serviços das MRO's	
Quadro 1	60
Processos da manutenção baseada em condição	
Quadro 2	64
Processos da manutenção no setor ferroviário	
Quadro 3	66
Diretrizes para melhoria na gestão da manutenção	
Quadro 4	71

Sumário

1.	Introdução	10
1.1	Contextualização do estudo	10
1.2.	Objetivos	16
1.3.	Relevância desse estudo	16
1.4.	Organização da Monografia	17
2.	Revisão Bibliográfica.....	19
2.1	Sistema Toyota de Produção	19
2.2.	O Sistema Lean Manufacturing	21
2.2.1.	Princípios do <i>Lean Manufacturing</i> aliados a manutenção.....	21
2.2.2.	Desperdícios	24
2.3.	A Manutenção e o Sistema <i>Lean</i> de Produção.....	26
2.4.	Principais conceitos da Manutenção	28
2.4.1.	Tipos de manutenção	29
2.4.2.	Gestão da manutenção	33
2.4.3.	Estratégias de manutenção.....	38
3.	A Gestão Visual na Manutenção.....	43
3.1.	Gestão Visual e Indicadores.....	47
3.2.	Gestão Visual e o Programa 8S	47
3.3.	<i>Kanban</i> e a Gestão Visual	49
4.	Materiais e Métodos.....	52
4.1.	Abordagem de pesquisa.....	52
4.2.	Benchmarking	53
4.3.	Estudo de Caso.....	54
5.	Gestão da manutenção nos trabalhos selecionados para o estudo de caso e <i>Benchmarking</i>	55
5.1.	Controle dos serviços de manutenção aeronáutica em uma unidade de negócio segundo MORONI (2003).....	56
5.1.1.	Apresentação da Dissertação.....	56
5.1.2.	Características das MROs.....	58
5.1.3.	Serviços das MRO's	59
5.1.4.	Informações relevantes apresentadas na dissertação	61
5.2.	Principais iniciativas para aumento da segurança operacional no transporte aéreo segundo ROCHA (2010)	62
5.2.1.	Apresentação do artigo	62

5.2.2. Desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a implementação da manutenção preditiva com foco na segurança operacional	62
5.2.3. Manutenção baseada em dados.....	63
5.2.4. Informações levantadas	65
5.3. Gestão da Manutenção no setor na empresa de transporte ferroviário de pessoas ..	65
5.3.1. Apresentação da empresa.....	65
5.3.2. Planejamento e controle da manutenção ferroviária	66
5.3.3. Utilização do sistema automatizado	67
5.3.4. Gerenciamento de riscos.....	69
5.3.5. Gestão visual (FMDS)	69
5.3.6. Informações levantadas	70
6. Diretrizes levantadas pelo o Benchmarking para o aprimoramento da Gestão da Manutenção Ferroviária	70
7. Considerações Finais e Propostas para projetos futuros	73
8. Referências Bibliográficas:.....	76

1. Introdução

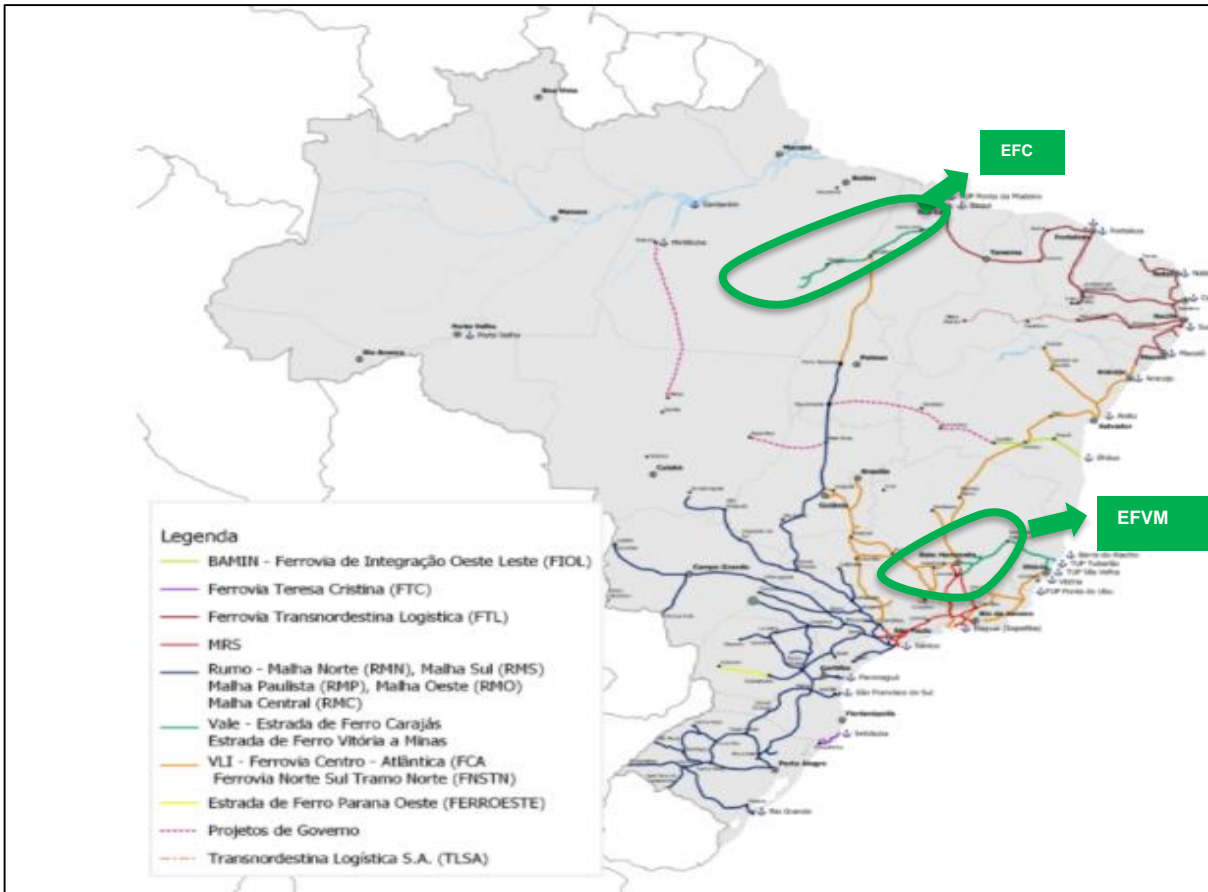
O modal ferroviário, em função dos atributos que lhe proporcionam grande eficiência, menor custo e alto índice de segurança, é considerado um veículo eficaz para mobilidade e desenvolvimento. Neste trabalho, serão apresentadas as principais características do referido meio de transporte, a importância de gestão da manutenção para a operação do mesmo, aliando o processo de manter com a segurança. Pretende-se a partir disso, formular diretrizes capazes de proporcionar melhorias perante os indicadores apresentados, com resultados que buscam a excelência operacional. Para tanto, inicialmente é feita contextualização deste estudo, os objetivos que motivaram essa pesquisa e relevância deste trabalho para o setor de manutenção de transporte de passageiros e áreas de pesquisas que dedicam a esse assunto.

1.1 Contextualização do estudo

Segundo o relatório de política nacional de transporte ferroviário de passageiros (2020), o transporte ferroviário de passageiros é crucial para garantir a eficiência do transporte em massa. Com ele é possível promover a redução da utilização de rodovias, e conseqüentemente, a redução do número de acidentes com veículos e a adequação em relação as emissões de carbono. Sendo o Brasil um país continental e com crescimento demográfico acima de 1% ao ano nos grandes centros urbanos é necessário garantir a eficiência de mobilidade no mesmo. Desta forma, nos territórios brasileiros o modal ferroviário assume importante papel estratégico na composição da matriz de transporte, principalmente porque a malha ferroviária do país, em sua grande maioria, é voltada para a mobilidade de cargas. Devido ao desenvolvimento focado no transporte de cargas, no país poucas e específicas ferrovias oferecem o serviço de transporte de pessoas, seja para viagens interestaduais ou para turismo.

Na Figura 1 é possível visualizar o quantitativo de malhas ferroviárias no território brasileiro e sinaliza-se em verde quais possuem trens de passageiros em operação.

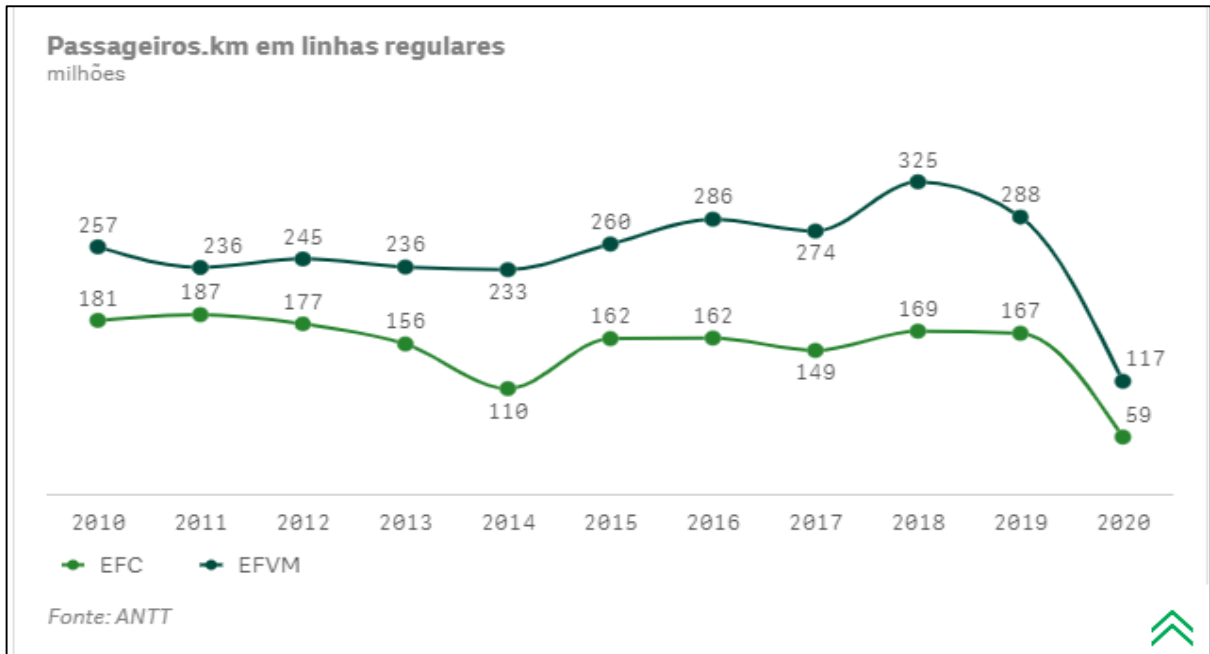
Figura 1: Mapa ferroviário no território brasileiro



Fonte: Site ANTF (2021)

No momento presente, permanecem duas linhas de trens de passageiros contínuas na malha ferroviária brasileira. Estes trens são operados pela concessionária VALE S.A. na Estrada de Ferro Vitória a Minas - EFVM e na Estrada de Ferro Carajás – EFC. Os trens que objetivam o passeio turístico, trabalham pelo intuito histórico-cultural caracterizando-se por contribuírem para a preservação do patrimônio histórico e da memória das ferrovias, e bem como pela operação continuada ao longo do ano, atualmente no Brasil existem 24 empreendimentos com essas finalidades. Na Figura 2 é apresentado o número de passageiros transportados em viagens interestaduais por trens nos últimos dez anos.

Figura 2: Quantitativo de passageiros transportados em viagens interestaduais



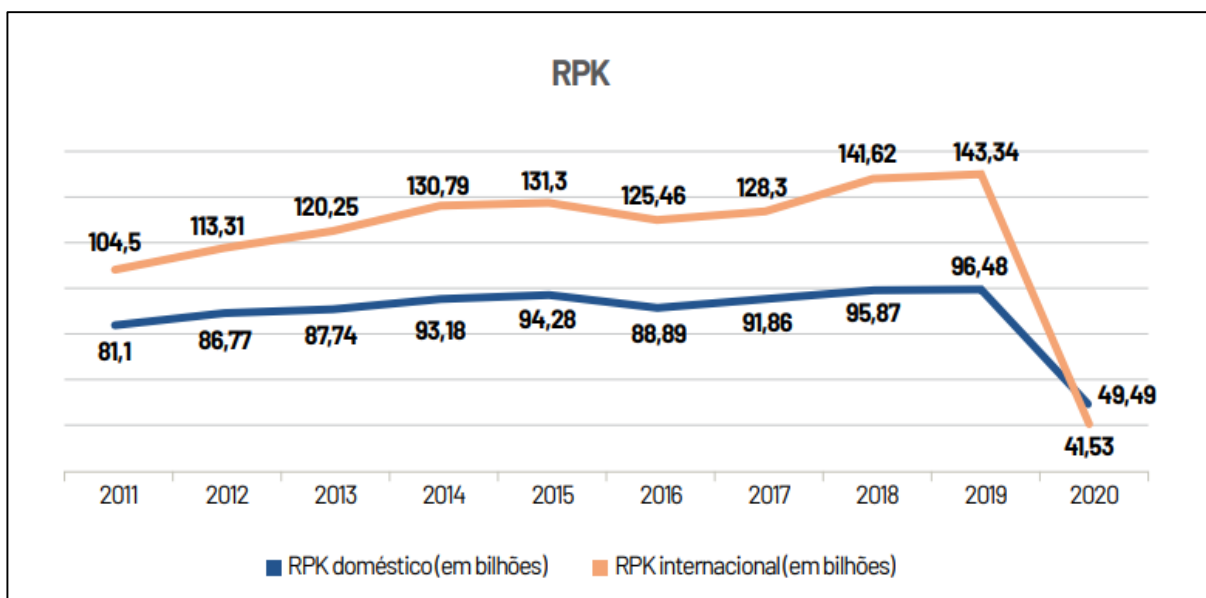
Fonte: ANTT (2020)

Segundo Regina (2001), mesmo com a presença de algumas linhas, ainda sendo utilizadas para o transporte de pessoas, este serviço foi descontinuado sob a argumentação de não possuir viabilidade econômica. O modelo adotado para a privatização aos concessionários em sua maioria, são apenas de responsabilidade pelo transporte de mercadorias, o que contribui para a extinção deste tipo de transporte.

Em alguns países, como França, Japão e Alemanha, a ferrovia ganha espaço no transporte de pessoas utilizando os “trens de alta velocidade”. Nestas localidades tem-se o objetivo de interligar grandes distâncias e utilizar a modalidade como fator de integração nacional. No entanto, ao que se refere ao Brasil ainda existem muitos desafios até crescimento adequado deste modal de transporte. Com intuito de buscar por diretrizes de desenvolvimento e pela excelência operacional no setor ferroviário, esse trabalho pesquisa as tendências de desenvolvimento ao longo dos anos que podem ser observadas fazendo um benchmarking com o modal da aviação civil. Destaca-se a aviação civil como referência de mobilidade no Brasil sendo influenciada diretamente por fatores econômicos, políticos e sociais.

O funcionamento de modo geral da aviação em 2020 foi duramente impactado pela pandemia de COVID-19. Como principal consequência negativa ocorreu a diminuição das operações aéreas de um modo geral. Na Figura 3 é possível observar o indicador RPK (*Revenue Passenger-Kilometers*) que se refere ao volume de passageiros por quilômetros transportados, ou seja, a soma do produto entre o número de passageiros e a distâncias de cada etapa.

Figura 3: Passageiros transportados por Km (PPK)



Fonte: ANAC 2020

Ao considerar o alto crescimento do setor aeroviário, dos investimentos e melhorias operacionais, este estudo compara avanços relacionados a gestão da manutenção, com o intuito de projetar estratégias utilizadas no setor aeroviário, para gestão da manutenção nos trens de passageiros tendo em vista a importância deste primeiro modal para a segurança e eficiência do transporte ferroviário.

Neste contexto, acredita-se que uma cuidadosa gestão da manutenção, com planejamento e execução adequados ao ambiente, pode manter a segurança de todos. Além disso, a própria manutenção deve ocorrer sistematicamente, com a proteção adequada dos trabalhadores. Lembrando que as falhas de manutenção podem contribuir para ocorrência de desastres, o que ressalta a importância dos procedimentos de avaliação de riscos nas operações.

Ao longo de todo o processo, uma boa gestão da manutenção deve assegurar que a manutenção é corretamente coordenada, programada e executada conforme o planejado, fazendo com que o equipamento ou local de trabalho permaneçam em boas condições de segurança para utilização. (POMBAL, 2018). Portanto as ferrovias e a aviação utilizam diretrizes para mitigar esses riscos, seja por diretrizes de manutenções, inspeções e trabalho em conjunto com todo o ambiente que envolve o transporte.

Para Monteiro Junior (2019) é indispensável que a manutenção dos equipamentos seja eficaz, por isso, é fundamental reparar um componente ou ativo sempre que necessário. Além disso, deve-se manter as funções e capacidade produtiva das máquinas evitando falhas e riscos. Sendo assim, o planejamento e controle da manutenção possibilita um bom entendimento e desenvolvimento das atividades de manutenção, beneficiando a segurança, confiabilidade, a qualidade da manutenção, custos e tempo de vida dos ativos.

Neste contexto, o elevado crescimento de transporte aéreo pode provocar maior exposição a riscos de acidentes, os meios de comunicação possibilitam cada vez mais o acesso à informação, fazendo com que a sociedade se torne mais sensível a acidentes e incidentes, o que impulsiona ainda mais a segurança operacional. Com o intuito de solucionar essas demandas, o setor aéreo estimula o desenvolvimento de estratégias e implantação de tecnologias com o objetivo de aumentar a segurança operacional por meio da atuação humana e aspectos organizacionais (ROCHA, 2010).

Neste sentido, o setor aéreo propõe o desenvolvimento de novas tecnologias e processos dentro da manutenção preditiva. Devido ao grande avanço tecnológico, os sensores embarcados nas aeronaves ganharam espaço, pois possibilitam uma nova forma de manter, muitos destes instrumentos são utilizados para analisar e controlar níveis de degradação dos equipamentos críticos. Tais avanços consolidam a manutenção baseada na condição, transformando a busca pelo melhor momento de realizar a manutenção. (ROCHA, 2010).

As aeronaves são projetadas para operar com segurança, aeronavegabilidade e possuem um programa de manutenção detalhado, o mesmo é desenvolvido com base nos novos modelos de aeronave ou baseados nos modelos existentes. Os programas de manutenção são adaptados conforme cada

companhia aérea e suas operações particulares, mas todos os planos passam por aprovações por parte de autoridades responsáveis. Proporcionando a aeronavegabilidade em todas as circunstâncias, garantindo, desta forma, que as empresas possibilitem melhorias técnicas de projetos de manutenção e desenvolvam programas de manutenção, mantendo a excelência operacional. (FONSECA, 2016).

Com o intuito de estudar culturas organizacionais e ferramentas para então formular as melhores diretrizes de planejamento e controle de manutenção, a filosofia *Lean* é frequentemente utilizada. A associação das ferramentas *Lean* com a manutenção permeia objetivos como aplicação da melhoria contínua, elevação da produtividade, eliminação de desperdícios, confiabilidade dos equipamentos, criação de valor e excelência nos serviços.

Uma das ferramentas frequentemente utilizada no *Lean Manufacturing* é a Gestão à vista. As estratégias de manutenção aliadas à Gestão à vista, geralmente proporcionam a participação de toda a equipe na solução de problemas, na formulação de *Kaizens*, na corrida por estratégias de diminuição de desperdícios e na geração de valor nas atividades de retaguarda como a manutenção. Estes recursos podem otimizar a cada dia o planejamento e controle de manutenção, os mapas de manutenção (cronograma de atividades), também auxiliam no *checklists* das atividades, padrões de segurança e os resultados dos indicadores, de forma clara, objetiva e didática.

Por meio da gestão à vista é possível visualizar o ambiente de trabalho globalmente, em um painel todos os agentes do processo conseguem informações referentes a todas as atividades e seus impactos nos resultados da organização. Proporcionando acessibilidade, simplicidade de informações, buscando fomentar a autonomia dos trabalhadores nos processos, na troca de informações entre as equipes, disseminando o conhecimento ao maior número de envolvidos, auxiliando nos relacionamentos e na troca de conhecimento. A longo prazo esses benefícios começam a se tornar cultura da organização e os resultados desejados são assegurados. (MURÇA, 2012)

Dentro desse contexto, este estudo busca analisar como os princípios do *Lean Manufacturing* e a gestão a vista podem auxiliar no processo de manutenção de transporte de passageiros.

1.2. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é apresentar diretrizes para a gestão, planejamento e controle da manutenção em carros ferroviários de passageiro, tendo como pilares de elaboração o *Lean Manufacturing*, a gestão visual e benchmarking com o setor de manutenção aeroviário.

Para atingi-lo, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar bibliograficamente a filosofia *Lean Manufacturing* aprofundando nas ferramentas do *Lean* e da gestão visual aplicadas ao setor ferroviário e aeroviário;
- Descrever os processos de planejamento e controle de manutenção no setor ferroviário e aeroviário.
- Apresentar um benchmarking entre os processos de manutenção baseado nos materiais científicos da bibliometria e um caso real.

1.3. Relevância desse estudo

Devido ao progresso das atividades de manutenção e a crescente preocupação por segurança operacional, tanto no tocante ao transporte e quanto no que se refere ao cuidado com os operadores, pretende-se com esta pesquisa avaliar alguns recursos que podem aperfeiçoar o planejamento e controle de manutenção. Com a aplicação das ferramentas *Lean*, busca-se em muitos setores reduzir os desperdícios, padronizar os processos e utilizar a gestão à vista para aprimorar as atividades operacionais e melhor controlar as atividades e reduzir ou eliminar situações de riscos.

Sendo assim, o estudo que aqui se apresenta compõe um *benchmarking* da gestão da manutenção, analisando o setor aeroviário e investigando possibilidades de aplicação no planejamento do setor ferroviário. Segundo Rodrigues (2016), comumente as empresas passam por uma sequência de falhas nos ativos e componentes, na qual somente medidas corretivas são tomadas, seja pela indisponibilidade de tempo, recursos, ou falta de planejamentos adequados. Como consequência ocorrem altos índices de retrabalho, manutenções não programadas, falhas e aumento de custos. Devido a estes fatores, ressalta-se a importância de inserir nas rotinas operacionais atividades de estudos detalhados das causas

raízes que desencadeiam manutenções corretivas para criar meios de evitar sequências de falhas.

Esta rotina pode motivar pesquisas e estudos no campo da gestão da manutenção, e assim suprir questões que são levantadas cotidianamente, e com isso resolver problemas corriqueiros. A escolha dos princípios da gestão à vista para operações de manutenção, neste estudo, justifica-se devido ao fato de verificar relevantes benefícios com o uso deste recurso. Os principais deles são o comprometimento de equipes de trabalhos com as soluções de problemas e a apresentação de soluções de situações reais, permitindo a participação de todos operadores e gestores, dando visibilidade para o trabalho, para os indicadores e possibilitando maior engajamento da equipe.

Além disso, devido ao crescente desenvolvimento do transporte aéreo e seu alto grau de complexidade, também se busca nessa pesquisa analisar boas práticas, estratégias e perspectivas para o setor, obtendo uma comparação direcionada à gestão de manutenção em trens de passageiros, ainda pouco difundidos no Brasil.

1.4. Organização da Monografia

No capítulo 1 está disposta a introdução, neste ponto desenvolve-se uma contextualização dos setores: ferroviário e aeroviário, de modo a abordar o desenvolvimento dos mesmos, suas perspectivas, os fatores que motivaram o interesse pelo tema desse trabalho e, por fim, a formulação dos desafios a serem alcançados com o estudo.

No capítulo 2 é evidenciado o referencial teórico do trabalho com os conceitos de diferentes autores a respeito dos temas envolvidos neste estudo: Sistema Toyota de Produção; O Sistema Lean Manufacturing associados a manutenção; bem como, os principais conceitos de manutenção e gestão da manutenção.

As informações do capítulo 3 são baseadas nos processos de gestão à vista e sua associação com a manutenção, além de contemplar uma referência de conceitos, ele associa os benefícios dessa ferramenta com os programas 5's e 8's e o *Kanban*, identificando os pontos de melhoria que essas ferramentas retornam para gestão da manutenção.

No capítulo 4 está descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho, que se baseia em uma pesquisa qualitativa, na aplicação da metodologia de benchmarking e estudos de casos.

Como previsto na metodologia, o capítulo 5 aborda o estudo de caso de dois artigos relacionados a gestão da manutenção no setor aeroviário, os processos e atividades dessas organizações são descritos e exemplificados com fluxogramas e quadros. Foi possível concluir sobre benefícios relacionados ao desenvolvimento da manutenção e sua gestão. O ponto importante deste capítulo trata de indicadores relacionados a gestão de riscos e as metodologias de desenvolvimento para controle e excelência operacional. Para finalizar, é apresentado a empresa que se deseja propor diretrizes de melhorias e seus processos de gestão e planejamento e controle de manutenção, bem como seus objetivos e sua posição no mercado.

No capítulo 6 é feito um resumo de todos os pontos levantados, após o levantamento são observadas as diretrizes conduzidas para as melhorias dentro da gestão na manutenção de carros de passageiros ferroviárias. Essas diretrizes são detalhadas em um quadro, levando em consideração o contexto e o benefício que as mesmas podem gerar.

O capítulo 7 apresenta as considerações finais do trabalho, bem como um levantamento de todo o processo de construção deste. Além disso, também são levantadas as propostas futuras associadas a esse tema.

Por fim, são descritas as referências que apoiaram a escrita do trabalho e basearam os conceitos estudados.

2. Revisão Bibliográfica

Nesta seção, é apresentada a revisão bibliográfica sobre o Sistema Toyota de Produção, bem como, os principais conceitos sobre o planejamento e controle da gestão da manutenção e o uso da gestão visual neste setor.

2.1 Sistema Toyota de Produção

A eclosão da filosofia *Lean Manufacturing* é correlacionada com o desenvolvimento da indústria automobilística, pois foi nesse setor que o *Lean* se apresentou pela primeira vez, portanto, sua evolução “confunde-se” em certa parte com a evolução do automóvel. (FERREIRA, 2011). A evolução do setor automobilístico se origina por um sistema de produção artesanal, descentralizado, com um volume de produção baixo e altos preços. No início do século XX o setor automobilístico teve ascensão, promovida por Henry Ford através do sistema de produção em massa. (OHNO, 1997).

Esta produção era baseada em uma linha de montagem sobre uma “esteira rolante” onde os produtos (automóveis) eram construídos pelos funcionários conforme a esteira se movimentava, sem necessidade do funcionário se deslocar. Sendo assim, restringiu-se a movimentação dos operários, bem como, a necessidade de uma mão de obra diversificada, uma vez que cada funcionário passa a ser encarregado de apenas um processo da esteira de montagem do automóvel. (FERREIRA, 2011). A produção em massa potencializou o desenvolvimento da produtividade e dos conceitos de qualidade, em razão da padronização e aplicação de técnicas de controle estatístico. (LINDGREN, 2001).

Devido às resoluções obtidas por Henry Ford, a Toyota buscou entender sobre as técnicas gerenciais que impulsionaram o setor automobilístico americano, tais como, o controle de qualidade total (CQT) e métodos de engenharia industrial (EI). Porém, após o difícil cenário econômico pós-guerra, o Japão poderia não perdurar no mercado automobilístico (DENNIS, 2008).

Pode-se dizer então, que o Sistema Toyota de Produção foi desencadeado após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), sendo notado pelo diferencial em relação ao sistema de produção americano (OHNO, 1997). As primeiras dificuldades que estimularam o STP foram baseadas no mercado interno japonês: O pequeno número de demandas de variados modelos de automóveis, o capital do

país que foi afetado pela Segunda Guerra e o alto índice de exportação de empresas já estabelecidas no setor automobilístico. Em virtude destes estímulos o Sistema Toyota de Produção foi criado com o intuito de reduzir desperdícios e aumentar a produtividade.

Para Dennis (2008), Eiji Toyoda e Taiichi Ohno criaram um sistema que fazia da virtude uma necessidade. Por exemplo, a falta de capital incentivou o desenvolvimento de máquinas flexíveis e de tamanho coerente, além disso, haviam trocas rápidas destes maquinários. As restrições e medidas legais, associadas as demissões de operadores fortaleceram a imagem da empresa Toyota como uma comunidade, dessa forma, foi criada uma cultura que o funcionário se envolvesse de forma intensa e direcionada a solução de problemas.

De acordo com Ohno (1997) a essência do STP é a eliminação dos desperdícios, sendo os pilares necessários para a atuação do sistema: o *Just-in-time* e automação. Segundo o autor, o *just-in-time* consiste em um fluxo, possibilitando pedidos necessários, na quantidade solicitada, no momento certo, com o intuito de deixar os estoques próximos ao zero. Almejando deste modo, um sistema de produção aprimorado, porém considerando os processos produtivos complexos, chegar ao êxito com *just-in-time* não é uma tarefa tão simples.

Com o intuito de aplicação do *just-in-time*, o processo começou a ser observado de forma inversa, tendo como referência a demanda do produto e a partir desta as requisições das peças necessárias. Para gestão dessa informação o *Kanban* foi implantado, o *Kanban* era um quadro de sinalização das requisições de matérias e produção, fixado em todos os processos. Segundo Ohno (1997) o método *kanban* é uma ferramenta que possibilita que o Sistema Toyota de Produção decorra suavemente.

Neste contexto, o principal desafio que destacou a necessidade de inserção do segundo pilar do STP foi a falta de controle de qualidade de forma autônoma, peças defeituosas eram produzidas até que esses defeitos fossem verificados, gerando desperdício desses componentes. As máquinas não possuíam um sistema de alerta de falhas. Devido a este fato, Ohno (1997) definiu que todas as máquinas necessitavam de parada automática, possibilitando a estas um cuidado humano. Para que esta ação fosse aplicável de forma integral toda vez que as linhas de produção parassem, era introduzida a rotina de apresentar o motivo da parada aos

supervisores, com o intuito de reduzir as anormalidades e aplicar a melhoria contínua. De acordo com Ferreira (2011) antes do STP, apenas uma pessoa podia parar a linha de produção, e essa pausa apenas ocorria quando fosse “obrigatório”, ou seja, quando o maquinário apresentasse falhas na operação, falta de matéria-prima, dentre outros.

Ohno (1997) implementou uma filosofia por meio da qual foram criadas várias equipes com um líder, cada equipe estava apta a uma tarefa específica na linha de montagem. As equipes operavam em conjunto, trocando experiências, dando a sua opinião em relação ao processo com o objetivo de incrementar melhorias. Esta atividade era feita com o intuito de otimizar o processo, reduzir custos e automaticamente obter resultados, e deste modo, a autonomia se tornava o segundo pilar do TPS.

2.2. O Sistema Lean Manufacturing

Segundo Dennis (2008), a produção *Lean*, também nomeada como o Sistema Toyota de Produção, corresponde a fazer mais com menos, por meio de um sistema de produção cujo ponto crucial é a identificação e em seguida a eliminação de desperdícios. O Sistema Toyota de Produção, representa uma forma de buscar uma produção com um quantitativo maior e com um número menor de recursos, esse modelo ficou conhecido como produção enxuta (*Lean Production ou Lean Manufacturing*) por James P. Womack e Daniel T. Jones, no livro *A Máquina que Mudou o Mundo*. Esse estudo foi apresentado em 1990 nos Estados Unidos, denominado: *The Machine that Changed the World* é um trabalho sobre a indústria automobilística mundial decorrido na década de 1980 pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). (WERKEMA, 2011)

Para Ohno (1997), o *Lean Manufacturing* objetiva eliminar todas as ações, que demandam tempo, custo e que não agregam valor. Ohno (1997) ainda diz que todo desperdício é um sinal e não a causa efetiva de um problema.

2.2.1. Princípios do *Lean Manufacturing* aliados a manutenção

A redução dos custos pela eliminação das perdas é alcançada por meio de uma análise do valor do produto, de sua cadeia de valores, do fluxo do processo, da produção puxada, ou seja, utilizando os princípios *Lean*. (SILVA, 2005).

Womack e Jones (1998) identificam cinco princípios do pensamento *Lean*: Especificação do Valor: O conceito de valor deve ser evidenciado pelo cliente final do componente, buscando o atendimento de forma eficaz.

No setor de manutenção industrial, em muitas empresas os clientes são os próprios trabalhadores internos, por isso, outros departamentos dependem da manutenção dos equipamentos para o andamento das atividades. Assim como os clientes externos, os departamentos não ficam satisfeitos com elevada frequência de manutenções corretivas ou com um planejamento de manutenções preventivas ineficiente, eles esperam um sistema de manutenção adequado e otimizado. (MURCA, 2012).

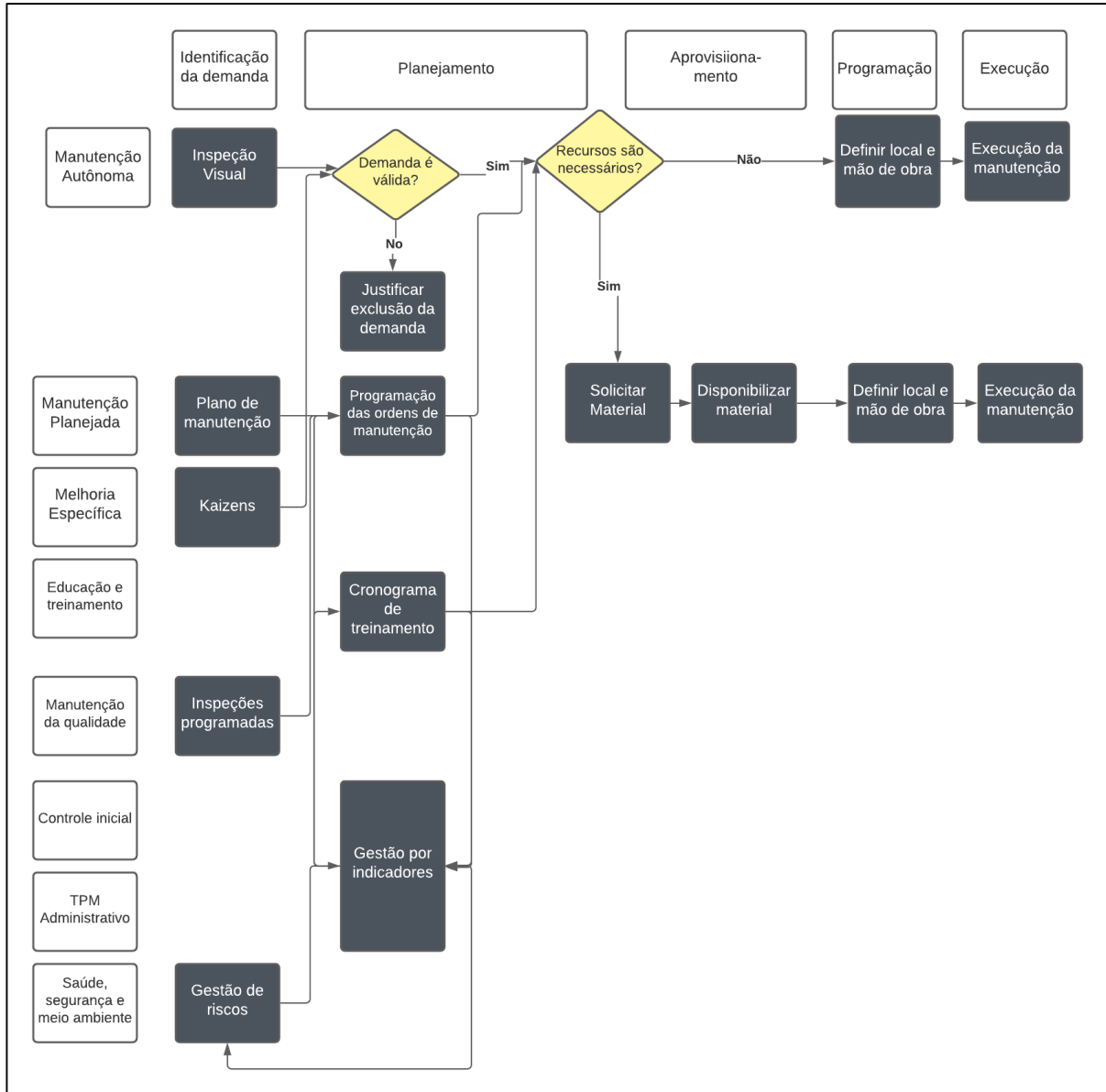
Para Pombal, (2018) com a identificação do que gera valor para o cliente na manutenção é possível analisar e alinhar suas expectativas, elas podem variar entre alguns objetivos como: eliminação de defeitos, acidentes, paradas, redução de tempos não produtivos, redução de custos e aumento da eficiência das operações, além disso, o cliente pode esperar receber por parte do setor de manutenção o desenvolvimento de novos processos e equipamentos. A cadeia de valor se baseia nas atividades que são classificadas como geradoras e não geradoras de valor, entretanto, são necessárias para o desenvolvimento do produto. Com as observações dos processos de planejamento e controle de manutenção e suas atividades (diretas e de suporte) é possível identificar a cadeia de valor. Um exemplo dos processos de planejamento e controle de manutenção associados a TPM é exposto na Figura 4.

Womack e Jones (1998) sugerem interpretações a serem pontuadas no estudo do fluxo de valor, são: evidenciar o foco do produto desde sua etapa inicial até o final do processo (após a definição do valor e da cadeia de valor); ignorar os limites tradicionais, como a divisão entre departamentos e empresas e a distribuição de funções, remover as barreiras do fluxo contínuo; reconsiderando as práticas e ferramentas de trabalho específicas.

Com esses métodos, é possível visualizar toda a cadeia produtiva e determinar as etapas e peças que precisam ser verificadas para que haja um processo contínuo. Ele pode ser mapeando obtendo toda a cadeia de valor, não apenas de pontos específicos. Além disso, é possível apontar as causas raízes das

perdas e a conexão entre o fluxo de materiais e o fluxo de informações.

Figura 4: Fluxograma PCM e TPM



Fonte: Adaptado Pombal (2018), Wormark e Jones (1998) e Werkena (2011)

Estes métodos ainda são marcados pela Produção Puxada: O processo deve puxar a produção, sendo assim, apenas o que for solicitado será fabricado. Para alcançar o sucesso com a integração dos princípios, é necessário obter a maior satisfação do cliente, atendendo o máximo de suas necessidades. O fomento para atingir a perfeição pode ser alavancado pela comunicação com todos os envolvidos no processo, e dando espaço para que possam contribuir e agregar valor ao produto.

Entretanto, não é possível proceder uma aplicação direta do *Lean* na produção com o *Lean* na manutenção, pelo fato da produção ser sustentada por vendas, sendo assim, tem o controle caso ocorra um aumento ou diminuição de produção. Já o processo de manutenção é colocado em prática um cronograma de manutenção, integrando ocorrência de paradas ou avarias não previstas. Segundo Murça (2012) a produção e a manutenção podem se diferenciar na questão da organização das atividades. Na produção, o *just in time* se adapta melhor, uma vez que é possível avaliá-la pelo planejamento de produção, conhecendo as necessidades dos clientes, na manutenção o autor faz uma comparação, definindo os processos como *just in case* pelo fato de ter processos relacionados com previsão de situações e ocorrência de avarias não planejadas.

Logo a eliminação de desperdícios na manutenção deve ser analisada nas atividades diárias dos processos, pelo fato de na manutenção as atividades não ocorrerem com alto índice de linearidade. Um exemplo é um equipamento que pode ser colocado para funcionar com sobrecarga, o que pode gerar um impacto na sua performance ou tempo de vida, tendo que sofrer manutenção antes do tempo programado, portanto é necessária uma análise a longo prazo quando se tem a intenção de aplicar o *Lean* na manutenção.

2.2.2. Desperdícios

Segundo Werkema (2011), na filosofia *Lean Manufacturing* procura-se obter a redução dos sete tipos de desperdícios identificados por Taiichi Ohno: “Defeitos, produção excessiva de produtos, estoque de mercadorias esperando para serem processadas ou consumidas, processamento desnecessário, movimentação (de pessoal), transporte (de mercadorias) e espera (para concluir o trabalho ou realizar atividades anteriores).

Para a eliminação de desperdícios na manutenção é necessário analisar as ações de manutenção realizadas durante as rotinas de atividades, já que essas rotinas não seguem um padrão linear.

Para Murça (2012) são identificados alguns desperdícios no setor de manutenção, sendo eles:

- Trabalho improdutivo: Execução de atividades que não acrescentam valor, como no caso de manutenções preventivas executadas em

excesso ou quando não são necessárias.

- Retrabalho: Refazer alguma tarefa, ou adicionar uma nova tarefa pelo fato da primeira não atingir o objetivo final. No setor de manutenção industrial são necessárias intervenções de urgência nos equipamentos, com isso, os trabalhadores podem se sentir pressionados para entregar o equipamento podendo não ter dado a atenção necessária e assim ser necessário uma nova manutenção.
- Tempo de espera: A rotina no setor de manutenção pode muitas vezes ficar parada aguardando peças, máquinas, ferramentas e trabalhadores necessários para executar uma ação, ou mesmo aguardar uma ordem de manutenção, uma estratégia que esteja desatualizada.
- Movimentação: Deslocamento correspondente a aquisição de ferramentas, deslocamento de material para outras áreas e deslocamento de trabalhadores.
- Gestão de estoque: Falta de material adequado para determinada ação de manutenção, excesso de material (componentes danificados ou obsoletos que ficam alocados nos estoques ou no próprio espaço de trabalho).
- Não aproveitamento do potencial humano: Não abrangência de treinamentos e inclusão de atividades entre os trabalhadores, de forma que troquem experiências e todos consigam executar diversas ações de manutenção. Não explorando suas capacidades e experiências.
- Gestão de dados: Coleta de dados que não são utilizados e em alguns casos falta daqueles que são essenciais para o processo, sistemas de informação automatizados que são ineficientes não gerando uma conexão ou redundância dos dados.
- Má utilização do maquinário: Operação incorreta das máquinas de apoio a ações de manutenção ou estratégias de utilização de máquinas prescritas sem necessidade.

Por meio desses pilares, observa-se que todos os desperdícios associados à manutenção geram impactos na disponibilidade das máquinas e em consequência, aumento dos custos, impactam também no tempo de manutenção

e podem gerar instabilidade na segurança operacional, bem como, na eficiência de uma organização.

2.3. A Manutenção e o Sistema *Lean* de Produção

Segundo Pulz (2019) a evolução da manutenção e os grandes marcos da indústria também acompanharam os marcos do desenvolvimento do TPS, a princípio as empresas não possuíam uma mecanização desenvolvida, os equipamentos não possuíam tecnologia avançada, as trocas de informações nas áreas eram feitas pelos superiores. Também não havia uma manutenção sistematizada, eram prestados no tocante à manutenção apenas serviços básicos como: lubrificação, limpeza e reparos após quebras.

Com as grandes mudanças impulsionadas pela guerra, as indústrias foram impactadas por altas demandas e conseqüentemente, ocorreu uma mecanização da produção, houve então a demanda de uma maior complexidade industrial, o que tornou o funcionamento das empresas dependente do bom funcionamento das máquinas. Tal fator trouxe à tona o conceito de manutenção preventiva, que era realizada em intervalos fixos, os custos relacionados a essas manutenções começaram a fazer diferença nos negócios, passa-se então a existir um controle de manutenção. Com o decorrer da evolução dos processos de manutenção, as empresas buscam por novas técnicas de controle dos equipamentos e máquinas elevando a disponibilidade e confiabilidades dos ativos. A paralização da produção passou a cada vez mais ser um ponto chave para capacidade produtiva e qualidade da produção, por isso as empresas:

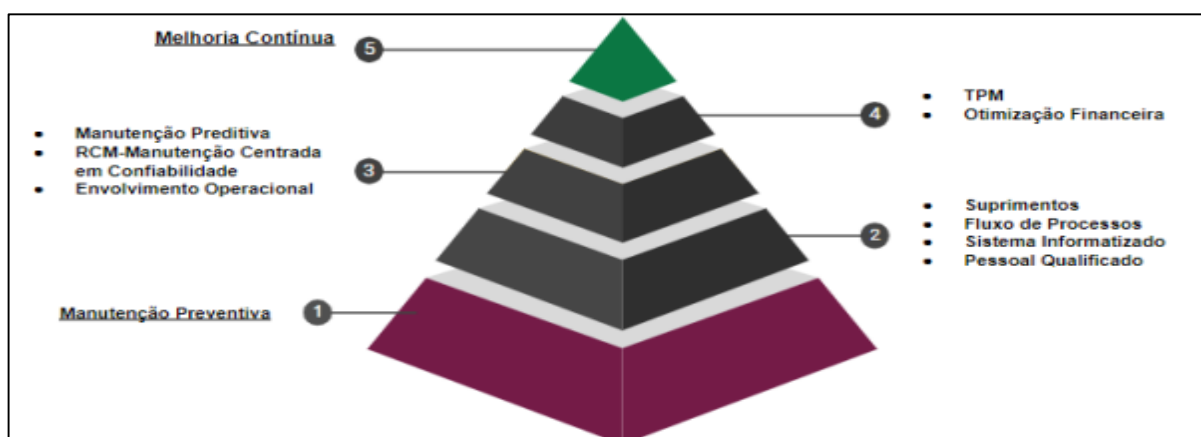
“(...) reforçaram-se o conceito e utilização da manutenção preventiva, o avanço da informática permitiu a utilização de computadores e o desenvolvimento de softwares eficazes para o planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. O conceito de confiabilidade começa a ser cada vez mais aplicado pela Engenharia de Manutenção, o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), apoiado nos estudos de confiabilidade da indústria aeronáutica, tem sua implicação iniciada na década de 90 no Brasil. Os novos projetos buscam uma maior confiabilidade, contudo a falta de interações entre as áreas de engenharia, manutenção e

operação, impediam que os resultados fossem melhores e, em consequência, as taxas de falhas prematuras eram elevadas. A prática de análise de falhas é uma metodologia reconhecida como sendo capaz de melhorar o desempenho dos equipamentos e da empresa. Com o intuito de intervir cada vez menos na planta, surge a manutenção preditiva e o monitoramento de condições de equipamentos do processo, sempre evitando que ela promova a paralisação dos equipamentos e do sistema, impactando negativamente na produção”. (PULZ 2019)

Em vista disso, a manutenção é uma conexão com outras áreas e funcionalidades, ou seja, atua em todos os níveis de tomada de decisões de uma companhia. Portanto, o planejamento e controle da manutenção avalia a necessidade de melhorias constantes, como evidenciado no seu histórico. Neste contexto, alguns fatores se tornaram desafios para a gestão da manutenção, o que impulsionou o surgimento de novas estruturas estratégicas, tendo como linha de frente: tecnologia, pessoas e sistemas organizacionais. SOARES (2019).

Segundo Wireman (2005) a base de estruturas estratégicas na gestão da manutenção é a manutenção preventiva. O autor exemplifica pelo diagrama a organização de condições que as empresas necessitam ter por meio de uma ilustração em forma de pirâmide, conforme a Figura 5.

Figura 5: Fatores mantenedores da manutenção



Fonte: Wireman(2005)

Os outros patamares expostos na pirâmide, suportam possibilidades para que o sistema seja organizado e gerido, sempre com o objetivo de otimizar os processos e agregar valor à gestão da manutenção (WIREMAN, 2005). Soares (2019) complementa que os desafios decisivos para as companhias são as melhores estratégias de manutenção para cada negócio, tendo em vista a busca pelo aprimoramento das capacidades operacionais, redução de custos e competitividade. Sendo esses vinculados com segurança, eficiência e eficácia.

2.4. Principais conceitos da Manutenção

Segundo Xenus (1998), a manutenção é conceituada como a associação de serviços técnicos, operacionais e administrativos, que permeia o controle, com o objetivo de manter ou realocar um componente em um estado no qual possa desempenhar sua função com excelência. Ou seja, promover uma segurança de que aquele equipamento possa continuar fornecendo um desempenho planejado dentro do processo

Ainda segundo o mesmo autor, existem dois tipos de manutenção com objetivos distintos, as atividades de manutenção de equipamentos visam manter as condições originais de funcionamento e desempenho. Já as atividades de melhoria dos equipamentos visam melhorar as condições originais de operação, desempenho e confiabilidade intrínseca, por meio da incorporação de modificações ou alterações no seu projeto ou configuração original. Portanto, falhas certamente reduzirão a capacidade funcional do equipamento, por isso, o objetivo mais importante da manutenção é prevenir a ocorrência de falhas, somente as atividades de manutenção poderão ser insuficientes, sendo assim, as atividades de melhoria se fazem necessárias.

Para Souza (2008) a escolha de uma concepção e um plano que esteja alinhado com as particularidades, objetivos e metas da empresa proporciona resultados com maior aderência e atendimento às expectativas da empresa a partir da manutenção. Portanto, o propósito de qualquer empresa é ter as ações de manutenção estrategicamente projetadas, para assegurar as operações corretas nos equipamentos e obter dos equipamentos a maior disponibilidade possível.

2.4.1. Tipos de manutenção

De acordo com Gregório (2018) alguns fatores são essenciais para conformidade das manutenções e seus respectivos planos ou estratégias, são eles: As orientações dos fornecedores sobre a preservação, o plano de manutenção, adequações, calibração, procedimento para correção de intempéries. Condições associadas aos custos da manutenção e do processo produtivo. A verificação das questões legais relacionadas à segurança e meio ambiente. E conseqüentemente as próprias características das máquinas, a performance e análise dos tempos, vida mínima, tempo de reparo e tempo de falha. Levando em consideração essas frentes tem-se algumas estratégias de manutenção, quais sejam: a manutenção corretiva, preventiva, detectiva, manutenção autônoma e a engenharia de manutenção.

A Manutenção Corretiva Não Planejada é definida pela ABNT (1994): Norma NBR 5462, como o serviço (manutenção) realizado da após um incidente de uma pane com o objetivo de recolocar um componente condições de exercer uma função planejada. Segundo Viana (2016), as manutenções corretivas podem alocar benefícios econômicos em relação a outros tipos de estratégias, entretanto, não se pode acomodar com a ocorrência de falhas como um evento esperado. É necessário realizar um estudo com o intuito de bloquear as falhas e identificar suas causas para uma possível bloqueio e otimização dos processos.

Para Soares (2019), a manutenção preventiva tem o objetivo de proporcionar que o equipamento permaneça em um nível operacional satisfatório, com uma proposta de inspeção, detecção e correção sistêmica de falhas, antes que o ativo desenvolva maiores problemas que afetem sua produtividade ou segurança. Sendo assim, seu principal alcance é prever uma falha e assim adequar programas de manutenção baseado nos requisitos e estratégias de manutenção.

Em busca da excelência operacional e uma cultura de segurança, a manutenção preventiva se caracteriza como essencial para o bom andamento e funcionamento dos ativos. Segundo Nascif (2013) a manutenção preventiva realizada de forma regular deve ser o alicerce para qualquer organização, após a implementação deste tipo de manutenção, o cronograma precisa ser seguido de forma obrigatória. Em comparação com a manutenção corretiva, a preventiva pode ter custos maiores, pelas trocas periódicas de componentes e as reformas antes do próprio equipamento manifestar desgaste ou falha. Entretanto, a segurança,

gestão de riscos e disponibilidade do equipamento passam a ser controladas e previstas na rotina do empreendimento.

De acordo com Gregório (2018) a manutenção preditiva propõe a aplicação de forma planejada e recorrente de técnicas com análises para reduzir as ocorrências de manutenções preventivas e corretivas. Contudo seus custos são elevados, por ser necessário a utilização de ferramentas e tecnologias sofisticadas, que necessitam de constante atualização. Alguns exemplos são análises, controle e acompanhamento de fenômenos: Alteração no nível de vibração, pressão e ruídos, contaminação de óleos lubrificantes, entre outros.

É eficiente que não se tenha uma equipe independente para atuar com a manutenção preventiva. Para Soares (2019) é necessário entender que a manutenção preditiva é um dos recursos da manutenção preventiva, ao colocar em prática a manutenção preditiva e integrada, as atividades destas devem fazer parte do cronograma de atividades de manutenção preventiva, o que direciona a manutenção preditiva como uma forma de inspeção e melhoria contínua.

Já a manutenção detectiva está associada a atuação em sistemas de proteção, controle e comando, com objetivo de detectar falhas não perceptíveis nas operações dos equipamentos. O que é primordial para garantir a confiabilidade em sistemas complexos. Sua principal diferença em relação a manutenção preditiva é o alto grau de manutenção autônoma. A manutenção detectiva atua diretamente na coleta de informações junto ao chão de fábrica, já a preditiva possui uma serie de análises e diagnósticos, por meio de medições de parâmetros. (PULZ, 2019).

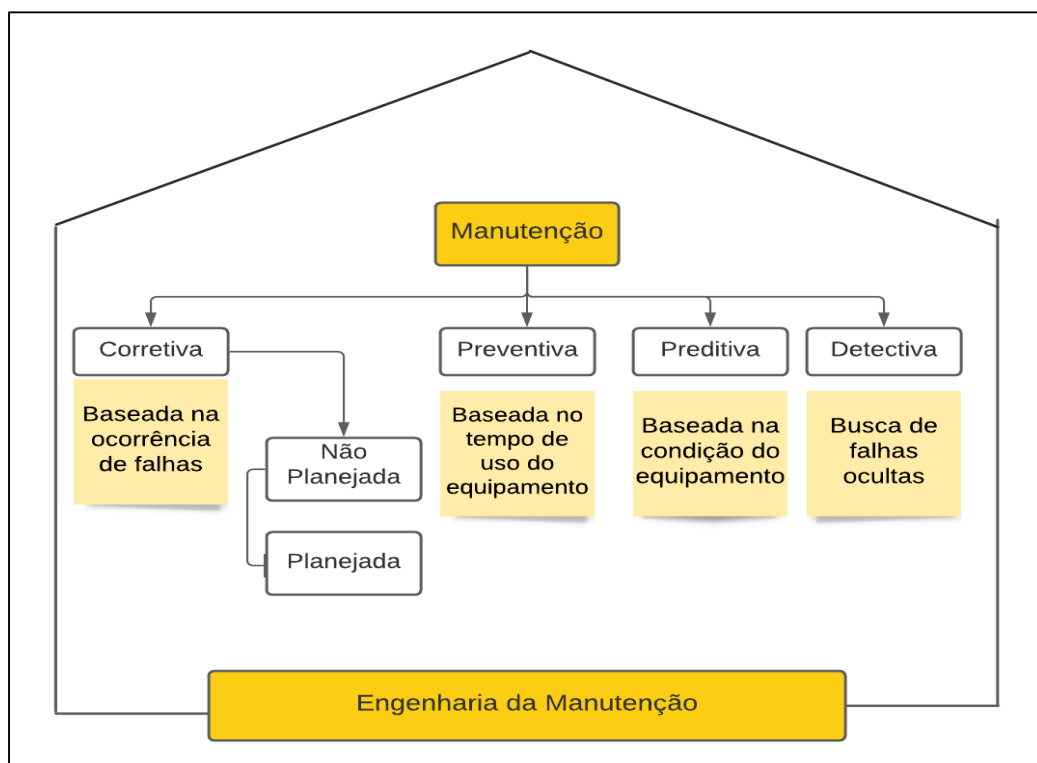
De acordo com Yamaguchi (2005), a manutenção autônoma se desencadeia com o desenvolvimento da Gestão pela Qualidade Total (GQT) no qual se busca um período de funcionamento das máquinas cada vez maior. Esse fato tem a característica pela percepção de anomalias dos componentes durante seu funcionamento, assim a operação ou o responsável pelo processo utiliza de inspeções visuais, lubrificações, limpezas, dentre outras intervenções, de acordo com os critérios específicos de cada equipamento e os treinamentos necessários. Sendo assim, as anomalias são identificadas de forma imediatas como consequência de uma manutenção efetiva.

Analisando a integração dos tipos de manutenção explicitados, uma organização que coloca em prática a engenharia de manutenção tem como

consequência o aumento da confiabilidade, garantia da disponibilidade, segurança e manutenibilidade. Eliminando problemas e procurando melhorias por meio de recursos tecnológicos, modificando o desempenho dos equipamentos e ativos. Outros fatores que também abrangem a engenharia de manutenção são as questões relacionadas a dados e análises, o estudo de falhas, de planos de manutenção eficientes, análises críticas, acompanhamento de indicadores e estratégias baseadas em fatores técnicos. (VELÁZQUEZ; OLIVEIRA, 2018)

Segundo os autores Yamaguchi (2005), Viana (2016), Velazquez e Oliveira (2018) e Soares (2019) os tipos de manutenções associados uns com os outros podem trazer benefícios em termos de desempenho. Uma empresa que coloca em prática a engenharia de manutenção faz com que se tenha uma rotina de acompanhamento de indicadores e resultados, além disso, consegue ter um histórico de dados e informações sobre seus processos o que possibilita o planejamento de melhorias futuras. A Figura 6 ilustra a relação dos tipos de manutenção com a engenharia de manutenção.

Figura 6: Relação dos tipos de manutenção



Fonte: (VELÁZQUEZ; OLIVEIRA, 2018)

De acordo com Mendonça e Paz (2020) a aplicação dos tipos de manutenção nas aeronaves são procedimentos que necessitam ser feitos de forma sistemática e consistente, com *check-ups* frequentes e padronizados, para possibilitar a operações seguras. As peças utilizadas nesse processo são de engenharia multifacetadas e qualquer componente que esteja deslocado do seu devido lugar ou resíduos alocados nesses componentes, podem gerar algum transtorno, colocando a vida dos passageiros em risco. Muitas empresas têm buscado esforços para garantir que a manutenção seja feita de forma eficiente e segura, pois o histórico de acidentes envolvendo as aeronaves e relacionados com falhas associadas à manutenção sinaliza essa necessidade. Portanto, cada companhia possui seus processos de manutenção regulamentados e aprovados pelas autoridades competentes, os quais devem garantir que toda aeronave tenha inspeção mantida e reforma adequada em intervalos apropriados.

A manutenção em veículos ferroviários também segue os mesmos direcionamentos já que requer um planejamento prévio, com periodicidade definida, grau de análise e profundidade das intervenções, entre outros requisitos. Veículos ferroviários de passageiros ou locomotivas, tem a complexidade dos subsistemas um pouco maior, quando comparada aos vagões de transporte de carga. Neste sentido, demandam mais investimento e atenção. Outras questões que também devem ser analisadas em uma ferrovia perante a gestão manutenção são:

“(...) as instalações, as obras de engenharia civil e o material rodante, requerem um conjunto de atenções, a fim de que possam prestar um serviço de transporte nas condições de segurança, garantia e qualidade especificadas. A interação existente no contato roda-trilho, que fundamenta a relação estática e dinâmica do veículo com a via; a utilização dos equipamentos de sinalização, comunicações, motores, freios, caixas truques e demais componentes, produzem seu progressivo desgaste, o que requer um grande trabalho de conservação. Essa conservação deve ser feita nos seus diferentes níveis de profundidade, indo desde uma simples inspeção visual ou até mesmo limpeza, até uma reparação com desmontagem e substituição de equipamentos. ” (VIDAL 2006)

Esses fatos demonstram que a alocação dos diversificados tipos de manutenção é válida devido ao número de atividades envolvidas para tratar e manter equipamentos de diferentes complexidades e que necessitam de várias interfaces para a concretização das manutenções, seja com a área operacional, com a gestão de custos, de preparação de materiais ou os recursos humanos.

2.4.2. Gestão da manutenção

Devido a busca por resultados cada vez melhores e mais eficientes a gestão de manutenção é essencial por sua função estratégica nas organizações, sendo responsável por várias frentes em uma empresa, como a disponibilidade dos ativos, a segurança, custos, entre outros. O processo de gestão conduz as atividades para uma estabilização da rotina, implementação de melhorias e o alcance de metas (NASCIF, 2013). Em vista disso, o planejamento e controle da manutenção (PCM) surge como forma de aplicar a gestão da manutenção.

Para Soares (2019) o PCM é um conjunto estratégico de ações com objetivo de preparar, programar, controlar e verificar o resultado do cumprimento das rotinas de manutenção, com correções a desvios, ações preventivas e segurança operacional. Tendo como propósito: realizar o sequenciamento correto das atividades no plano de manutenção (cronograma de manutenção), otimizar o intervalo entre as manutenções preventivas e melhorar a escolha das ações a serem efetuadas para reparação e conservação dos ativos. Esses planos de manutenção têm como principal função direcionar a rotina básica da equipe de manutenção, em especial, as manutenções preventivas. Com ele é possível acessar a rotina de inspeções e os métodos de manutenções detalhados.

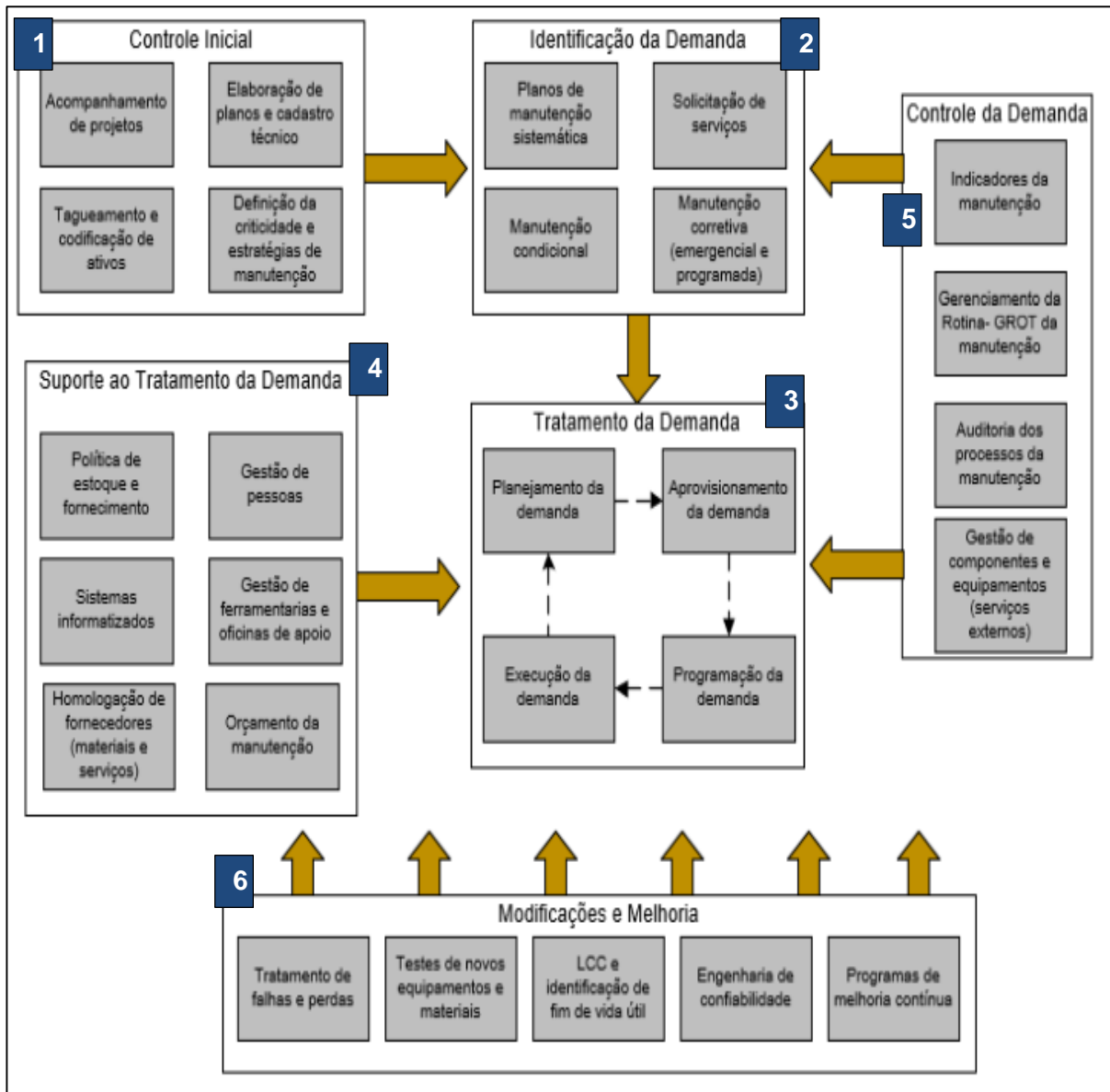
Com o intuito de obter um gerenciamento eficiente dos processos mantenedores, o entendimento do macroprocesso que envolve a manutenção é essencial e tem como resultado uma boa compreensão dos processos como um todo. (VIANA, 2016). O autor mostra na Figura 7 etapas do macroprocesso na gestão da manutenção. Os quais, auxiliam as empresas na construção de diretrizes para a otimização o desempenho das etapas atividades: (1) Controle Inicial; (2) Identificação da demanda; (3) Tratamento da demanda; (4). Suporte ao tratamento da demanda; (5) Controle da manutenção e (6) Modificações e melhorias.

Para a eficiência da gestão da manutenção é necessário se ter os papéis do

PCM bem definidos. Deste modo, determinados processos necessitam ser estudados para então obter uma organização no departamento de Planejamento, Programação e Controle da Manutenção segundo (BRANCO; FILHO, 2008)

- Planejamento: Organizar os serviços conforme o prazo ou periodicidade; avaliar as atividades para estabelecer métodos adequados e as sequências das operações, associar serviços técnicos, ferramentas e operações exigidas; planejar disponibilidade de equipamentos e máquinas; atribuir responsabilidades pelos serviços a serem executados.
- Programação: Determinar a data de início e término das atividades; aprovisionar adequadamente ferramentas e materiais; determinar as participações dos especialistas, supervisores ou chefes; coordenar, supervisionar a produção; analisar o decorrer das atividades durante a execução para que o planejamento seja controlado ou alterado.
- Controle: Comparar a performance obtida com o padrão estabelecido pelo planejamento, analisar os indicadores e identificar os desvios; apresentar cálculos de eficiência prevista; estabelecer sistemas de documentação técnica; listar os custos associados a manutenção de cada equipamento e máquina; estabelecer método para localização de máquina e equipamento obsoleto.

Figura 7: Etapas do macroprocesso na manutenção



Fonte: Viana (2016)

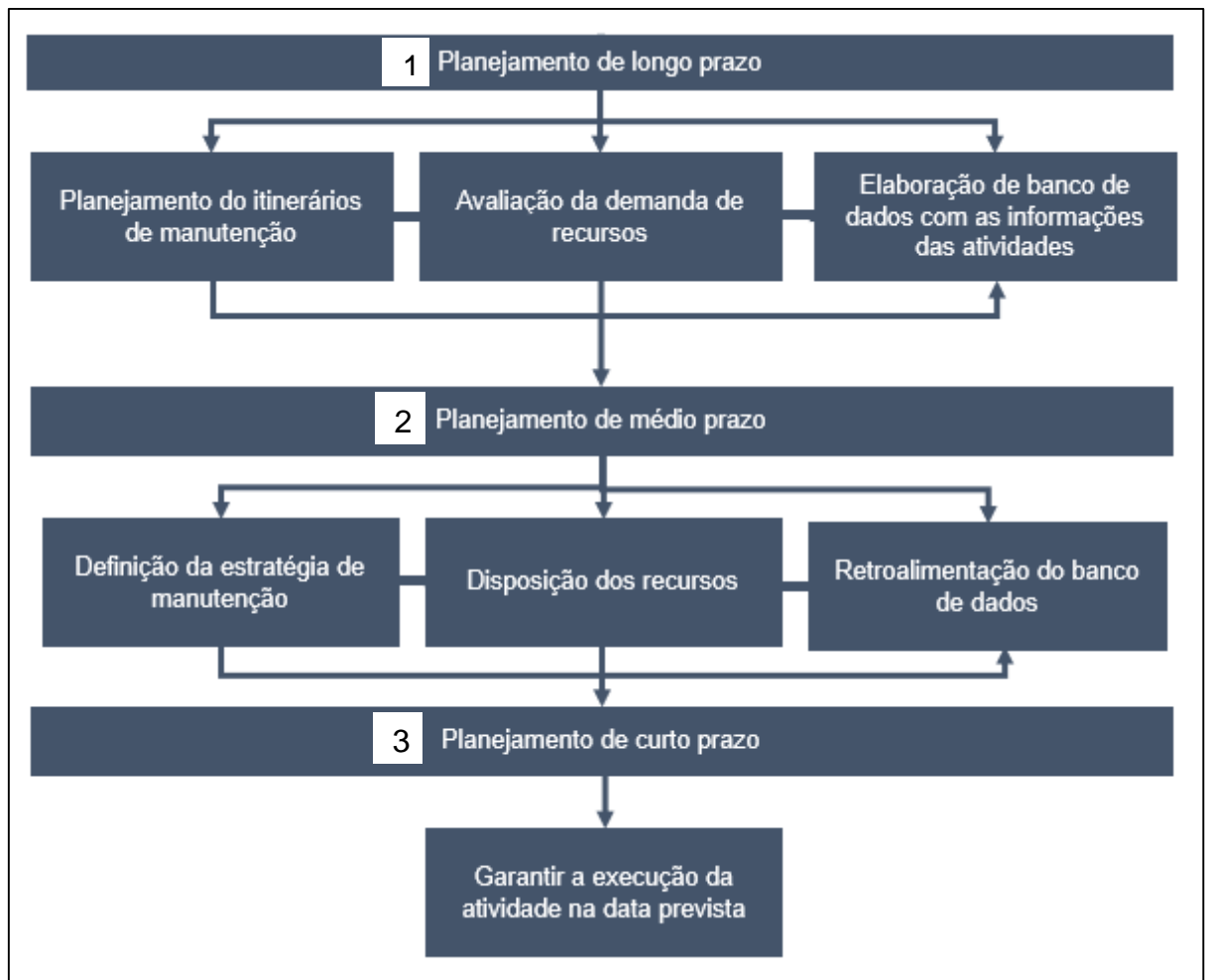
Portanto, a implantação do Planejamento e Controle de manutenção propõe uma rotina de tarefas otimizadas, organizando os recursos e favorecendo para os recursos estejam mais tempo disponível em produtividade (3). Além de cultivar a garantia da segurança operacional e a redução de riscos (5) e (6).

Com o intuito de exemplificar a gestão da manutenção no setor ferroviário e aeroviário, temos estudos de caso como o da autora Yasuda (2017) que aborda em seu trabalho uma empresa aérea que utiliza o planejamento e controle de

manutenção estruturado pelo planejamento de longo (1), médio (2) e curto prazo (3). O primeiro é responsável por desenhar os itinerários de programação de manutenção com a equipe de planejamento de malha, e assim, direcionar as necessidades de recursos, construir um banco de dados com as informações das atividades de cada manutenção (1). Já o segundo seleciona a estratégia para execução das tarefas, garantir os recursos nos locais determinados e por retroalimentar o banco de dados (2). O último é responsável por garantir a atividade na data de execução (3).

A empresa trabalha com o conceito de risco, analisando as datas de execução das manutenções, quanto mais próximo do vencimento, maior o risco de não realização no tempo planejado e caso o prazo não seja atendido a aeronave fica interditada para voos. Para utilização dessa metodologia foram determinadas faixas de risco, variando de alto, médio e baixo, possibilitando estratégias de priorização de atividades. Para o controle das atividades e sua execução a empresa utiliza um sistema próprio para suas especificidades, nesse sistema são alocadas as informações de todas as aeronaves e suas demandas de manutenção (preventiva e corretiva) e as relações de recursos necessários. A ilustração dos processos mencionados pode ser identificada na Figura 8. (YASUDA, 2017)

Figura 8: Fluxograma do processo de planejamento e controle de manutenção em uma empresa aérea



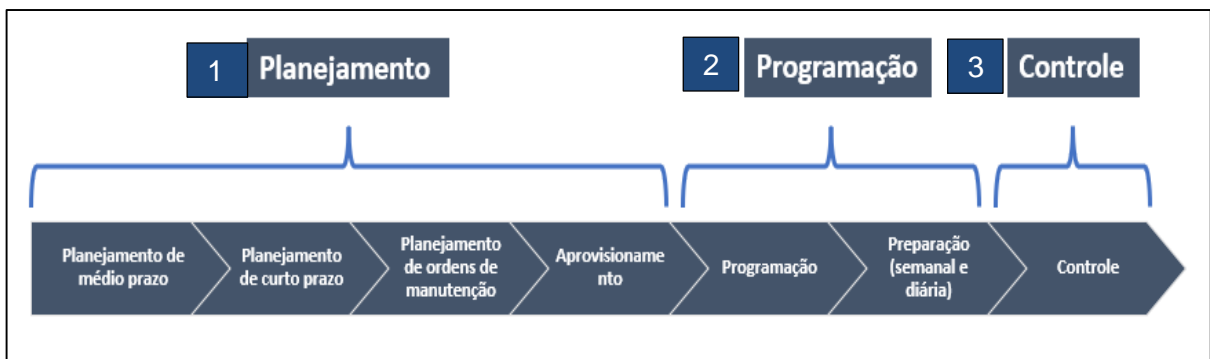
Fonte: Adaptado Yasuda (2017)

Santos (2007) aponta quais são as principais atividades sobre estratégia de manutenção em trem de passageiros. O autor define esse tipo de manutenção como uma atividade que envolve a coordenação de processos técnicos e administrativos, com técnicas de engenharia simultânea, englobando o desenvolvimento, a produção de novas máquinas e equipamentos e a assistência técnica. Os processos envolvem confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança (CDMS).

Neste sentido, o planejamento e controle de manutenção no setor ferroviário de passageiros também segue o mesmo direcionamento do setor aeroviário, pois inicia-se com o planejamento de médio prazo, planejamento de curto prazo, planejamento de ordem de manutenção e provisionamento (1). Já a programação

consiste nos processos de preparação, gerenciamento de indicadores, com o objetivo de realizar as manutenções planejadas e programadas conforme o plano estratégico elaborado pela engenharia (2). Todas as demandas dos ativos devem ser cadastradas e controladas por meio de Notas e Ordens de Manutenção (OM) em um *software* personalizado com as funções específicas para as demandas de cada empresa (3). O fluxograma da Figura 9 representa os processos descritos.

Figura 9: Fluxograma dos processos de planejamento e controle de manutenção



Fonte: Adaptado de Yasuda (2017)

2.4.3. Estratégias de manutenção

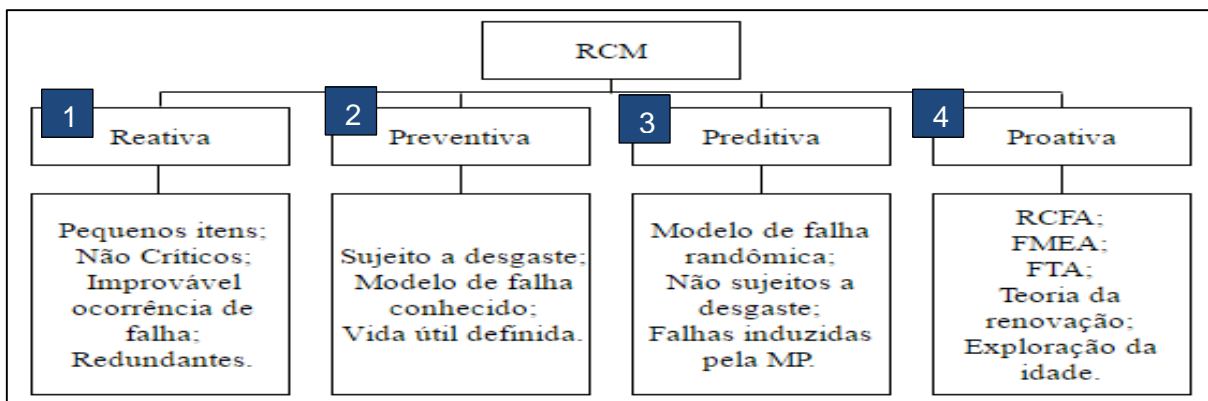
De acordo com Souza (2008) a concepção da manutenção se define como um conjunto de formas, nas quais, as atividades vinculadas a este fim podem ocorrer (corretiva, preventiva, preditiva, etc.). Algumas sugestões de gestão de manutenção são utilizadas e explicadas nos materiais de pesquisa, tais sugestões possuem suas características específicas e com vários níveis de sucesso ou insucesso dentro dos processos de gestão. As três abordadas neste trabalho são: Manutenção centrada em Confiabilidade (MCC), Manutenção Centrada em Risco e Manutenção Produtiva Total.

Para Nascif (2013) a evolução da tecnologia possibilitou o progresso dos *softwares* para as funções de planejamento, controle e acompanhamento dos processos de manutenção. Sendo assim, o conceito de confiabilidade passa cada vez mais a ser discutido e aplicado, a Manutenção Centrada na Confiabilidade é

impulsionada nos estudos de confiabilidade da indústria aeronáutica, com sua aplicabilidade iniciada na década de 90 no Brasil. A Manutenção Centrada em Confiabilidade integra a manutenção preventiva (2), preditiva (3), reativa (1) e proativa (4)

. Cada estratégia é desmembrada na Figura 10:

Figura 10: Estratégias de manutenção



Fonte: Adaptado NASA (2000)

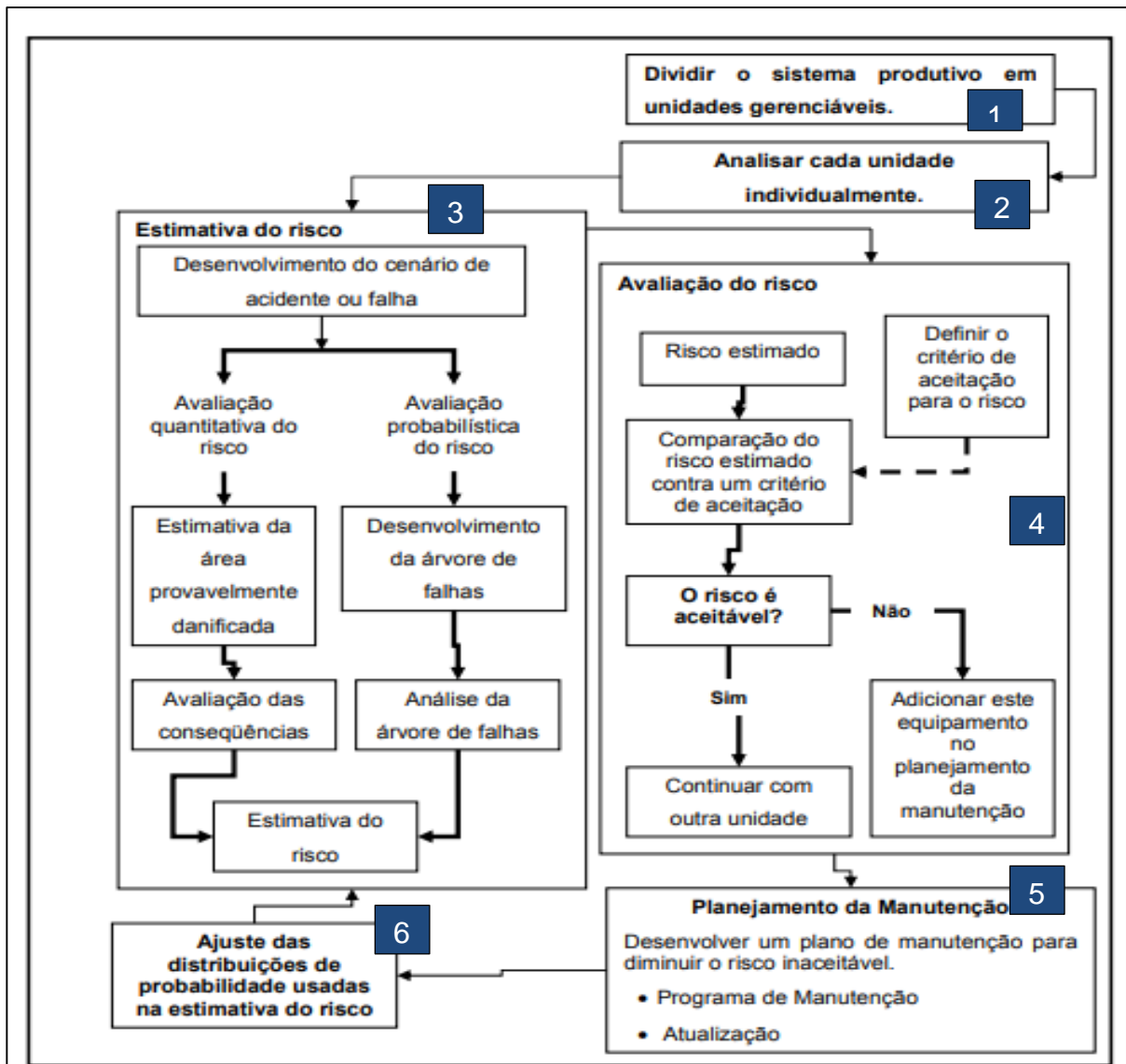
Essa estrutura tem uma perspectiva efetiva para as manutenções, com objetivo de melhorar a operacionalidade dos equipamentos, aprimorar a segurança e reduzir os custos de manutenção. Seu direcionamento é identificar e analisar ações de manutenção a serem desenvolvidas e executadas com base na condição do ativo, tempo ou ciclo de operação. Busca-se metodologias contínuas, com análises de dados do desempenho operacional utilizando os mesmos para construção de projetos de melhorias e desenvolvimento da manutenção futura. A estratégia de MCC é integrada aos processos, otimizando instalações de equipamentos, operacionalidade e eficiência. Com o principal objetivo de reduzir os impactos das falhas, com as decisões apoiadas por dados técnicos e econômicos. (NASA, 2000)

Outra proposta de estratégia de manutenção é a Manutenção Centrada nos Riscos, que tem como principal objetivo a redução do risco total resultados por consequências de falhas (6). Estes processos são alocados nos planos de manutenção de acordo com os riscos quantificados (4), de modo que o risco total possa ser reduzido, conforme falhas dos equipamentos. Os ativos de alto risco são

inspecionados com frequência e assim se pode obter maior atenção de acordo com sua manutenibilidade (5). (SOUZA, 2008)

Sendo assim, nos setores identificados com risco alto ou médio se tem um monitoramento e concentração de esforços de manutenção maior e em setores com um menor potencial de risco, os esforços de manutenção são menores (4). A finalidade desta análise é minimizar o escopo de trabalho e os custos do programa de manutenção (5). Na Figura 11 é apresentado pelo autor Khan (2003) um diagrama dos processos da Manutenção Centrada no Risco.

Figura 11: Diagrama dos processos da Manutenção Centrada no Risco.

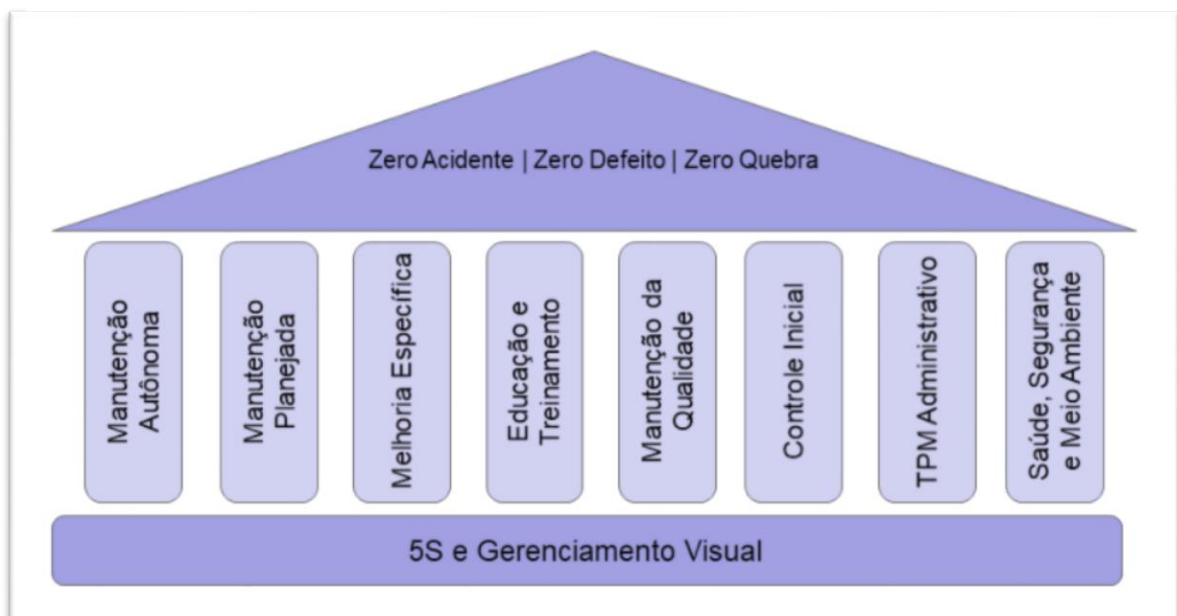


Fonte: Adaptada Khan e Adhara (2003)

Outra concepção de manutenção é a TPM (*Total Productive Maintenance*), este tipo de manutenção tem o intuito de englobar todos os setores dos processos de manutenção, com objetivo de chegar à “falha zero”, portanto, para alcance desse resultado, a metodologia propõe alguns conceitos como: Maximização global do uso dos equipamentos; eliminação das perdas; manutenção espontânea; falha zero. Essa estratégia tem como base a manutenção realizada de fôrma autônoma, ou seja, com participação efetiva das pessoas que trabalham com as máquinas, dentro de um processo de melhoria contínua e gestão da qualidade total. (SOUZA 2008)

A Manutenção Produtiva Total se desenvolveu por três fases, a primeira, iniciada no Japão, teve como atenção a produção caracterizada pela “falha zero”. A segunda se deu por aperfeiçoamento da primeira, denominada TPM Segunda Geração, tinha como principal foco a tradução da estratégia para toda companhia, já a Terceira Geração propunha melhorias nos indicadores e redução dos custos. (YAMAGUCHI, 2005). Como é mostrado na Figura 12:

Figura 12: Estrutura da terceira geração TPM



Fonte: <https://laboneconsultoria.com.br/treinamentos/tpm-manutencao> (2021)

Para Yamaguchi, (2005) o objetivo da metodologia TPM é orientar-se para

uma melhor utilização dos equipamentos, a análise dos custos em função do tempo, da incidência de intervenções em relação ao ciclo de vida dos ativos e a integração de todas as áreas da companhia na busca por melhorias, portanto envolvendo mudanças de comportamento e conseqüentemente um ambiente com mais potencial de colaboração e assim um ambiente de trabalho melhor, no qual cada integrante tem um papel fundamental. Essa estratégia pode ser aplicada em qualquer tipo de processo e organização.

Segundo Smalley (2006) a ideia central do TPM é a eliminação de tudo que faz parte das “perdas de tempo nas máquinas”, como: falhas, tempos de set up, perdas de ciclo, paradas curtas, sucata e retrabalho, a perda por avaria no início do turno. Ao mesmo tempo a filosofia *Lean* procura eliminar desperdícios em relação a mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos. O TPM se aprofunda no componente máquina (recursos).

Para garantir que a manutenção tenha seu papel de destaque e alinhe-se com o planejamento estratégico, é necessário definir objetivos, metas e estratégias. Assim faz-se necessário que seja elaborado um planejamento de manutenção que estejam diretamente associados com as estratégias de manutenção adequadas, sejam elas: MTP, MCC, MCR, entre outras estratégias existentes.

De acordo com Kinnison (2013) um programa centrado em confiabilidade é adequado para as empresas aéreas, com o objetivo de garantir a confiabilidade dos equipamentos, esses direcionamentos não impedem uma falha aleatória ou uma degradação, entretanto, as manutenções de rotina se baseiam nas verificações, para que isso não aconteça, mantendo a aeronave em boas condições de uso. Portanto, o autor apresenta um programa composto de regras e práticas, com sete elementos principais, sendo: Coleta de dados; alerta de área problemática; exibição de dados; análise de dados; ações corretivas; análise de acompanhamento e elaboração de relatórios. Como funções adicionais, o autor apresenta o monitoramento da eficácia de ações corretivas e o fornecimento de dados que justifiquem o ajuste de intervalos de manutenção ou dos procedimentos do programa de manutenção, sempre que for necessário.

De acordo com o programa centrado em confiabilidade, o autor aborda alguns conceitos da TPM, baseada nas abordagens dos pilotos e tripulantes. Associados à manutenção, eles podem atuar em determinadas ocorrências durante

a operação das máquinas, seja no registro das anomalias no diário de bordo, em inspeções de segurança, na verificação operacional das luzes de emergência, entre outras. Caso seja detectado um problema, o sistema de coleta de dados permite ao operador comparar o desempenho atual com o desempenho anterior, afim de avaliar a eficácia da manutenção, ou seja, atuam diretamente com a estratégia de manutenção autônoma e centrada em risco.

No setor ferroviário também ocorre uma busca pela garantia da disponibilidade dos ativos, portanto, os planos de manutenção colaboram com estratégias para melhoria dos níveis de desempenho, garantindo segurança e qualidade da operação, mitigando as interferências no tráfego ferroviário. Segundo as autoras Silva e Barroso (2017) em seu estudo, a manutenção corretiva não planejada são demandas de eventos inesperados e geram alto custo para as empresas, sendo assim, planos de manutenção preventivos são mais adequados frente aos objetivos descritos. Um dos mecanismos utilizados na empresa estudada são dispositivos de monitoramento dinâmico dos componentes do material rodante e identificação de possíveis falhas.

A tecnologia detalhada pelos autores tem o objetivo de coletar dados e elaborar relatórios detalhados das composições em tempo real, obtendo o monitoramento das condições de determinados componentes e emitindo alertas de anormalidades identificados, e assim é verificado se tem necessidade de um intervenção imediata, ou se é possível esperar uma parada para que seja realizado os procedimentos cabíveis para a recuperação ou retirada do ativo, a definição e planejamento ocorrem por parte da engenharia de manutenção.

Entretanto, ainda não são todas as empresas ferroviárias que utilizam tecnologias de monitoramento em tempo real de todos as locomotivas, vagões e carros de passageiros, portanto, esse acompanhamento em tempo real, relatórios centrados em confiabilidade e análise de falhas ainda são desafios enfrentados pelas companhias.

3. A Gestão Visual na Manutenção

A filosofia *Lean* utiliza de várias ferramentas elaboradas e aplicadas com o propósito de reduzir os desperdícios, propostos por Ohno, como o mapeamento de

fluxo de valor (MSV), o *Kaizen* (melhoria contínua), a metodologia 5S, o *poka-yoke* (à prova de erros), a gestão visual e o *Just-in-Time*.

A aplicação do Sistema *Lean manufacturing* abrange desde as técnicas a mudanças de paradigmas da organização. Neste estudo são detalhadas algumas ferramentas, que podem auxiliar na gestão visual, e sua aplicabilidade.

Para Moutinho e Santos (2016) a Gestão à Vista é uma estrutura de comunicação que pode ser entendida por todas as pessoas que trabalham em uma empresa, ou por outras que circulam naquele ambiente. Portanto, este tipo de gestão se caracteriza pela informação acessível, proporcionando uma mudança cultural através da valorização da comunicação e o acesso a todas informações que esse recurso pode proporcionar.

Ainda, apresenta um cenário cada vez mais dinâmico e que necessita da atuação de uma diversidade de colaboradores e áreas envolvidas. A gestão à vista vem como uma solução de transparência, ou seja, tem-se um gerenciamento com acesso amplo às informações e aos envolvidos neste processo, expondo os indicadores, a performance das áreas e as análises em geral.

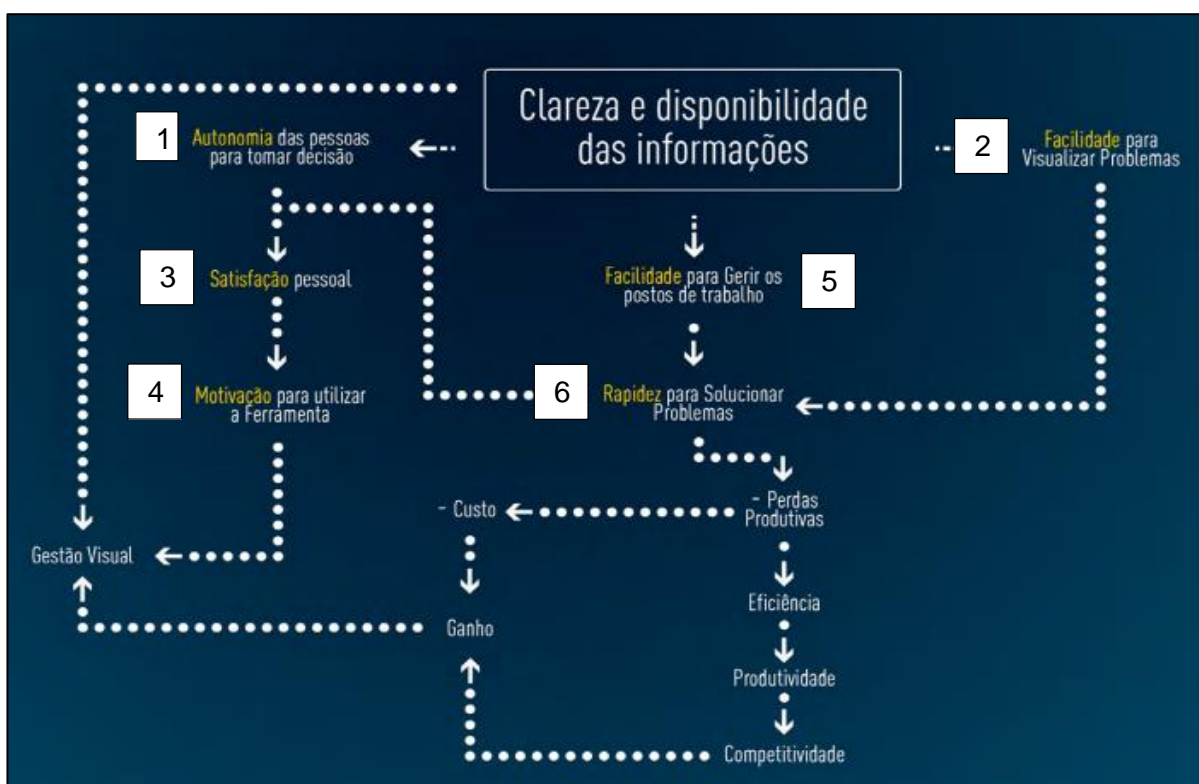
Os objetivos da gestão à vista, ainda segundo Moutinho e Santos (2016), são colaborar com o trabalho no dia a dia, favorecendo o desejo de se trabalhar com maior qualidade; aumentar o conhecimento e informações ao maior número de pessoas possíveis, reforçar a autonomia dos funcionários no sentido de enriquecer os relacionamentos, incentivando a participação e o trabalho em equipe, proporcionar que a troca de informações se torne parte da estratégia do negócio. O que se busca principalmente é uma forma visual de participar e se comunicar com todos os participantes de um determinado processo, de forma a tornar mais ágil a tomada de decisões, gerar senso de responsabilidade, independência e facilitar a observação dos resultados. Com o acompanhamento constante dos indicadores e dados essenciais, muitas das análises são simplificadas e realizadas pelos próprios trabalhadores. As informações são manipuladas e trocadas por várias pessoas que passam a ter vários pontos de vista, sendo direcionados a um objetivo específico. Sendo assim, os problemas ficam visíveis e é possível trabalhar pela melhoria contínua, com intervenções mais direcionadas evitando retrabalho, otimizando o uso de recursos e potencializando o desempenho.

Portanto, como todos os colaboradores passam a ter informações relevantes e de forma acessível, a geração dos dados são melhores, facilitando e unificando a

comunicação. Todos os agentes do processo passam a entender os desafios e estratégias da organização, sendo assim, uma consequência a redução de conflitos, pelo simples fato de todos sentirem cada vez mais motivados e satisfeitos.

Na Figura 13 é possível visualizar a dinâmica das possibilidades associadas a aplicação da gestão à vista.

Figura 13: Benefícios da aplicação da gestão à vista



Fonte: Adaptado Sebrae (2021)

Como exemplificado na Figura 13, os benefícios da gestão à vista podem ser diretamente correlacionados com os processos e gestão da manutenção. Começando pela atividade de planejamento que pode ser otimizada e clarificada pela facilidade que gestão à vista proporciona em relação a visualização dos postos de trabalho e seu gerenciamento (5). Já durante a execução dos procedimentos, as metodologias de manutenção, como: MPT, MCC e MCR podem ser potencializadas com possibilidades de autonomia dos trabalhadores e a integração entre os departamentos (1), (2) e (5). Além disso tais benefícios também estão associados aos resultados da melhoria contínua, por proporcionar clareza nas

análises dos problemas e na resolução imediata, de forma que todos os envolvidos conseguem sugerir soluções e desenvolver essas melhorias (2), (3) e (6).

De acordo com Nina (2016) a gestão visual é uma das ferramentas eficientes para a transmissão de informações. O autor considera que a gestão visual associada a manutenção é baseada na colocação de informações didáticas e uteis, inseridas onde são essenciais. Neste contexto, a informação cedida tem objetivos como: Alertar os colaboradores em relação à segurança; identificar o equipamento e dar informações de localização e sobre uma determinada tarefa a realizar.

Em seu estudo, o autor descreve a implantação de quadros de manutenção, os quais permitiram a fácil observação do panorama geral de manutenção na indústria e o rastreio de todas as anomalias detectadas, portanto, passou a ser possível elaborar o planejamento de ações corretivas e de melhoria. O desenvolvimento do quadro também trouxe evoluções no processo de comunicação entre operadores e responsáveis pela manutenção, evitando potenciais problemas com o aviso prévio de anomalias detectadas pelos operadores. Os quadros são compostos por um campo destinado a materiais, um para registro de necessidades de encomendas, e um para registro de utilização de materiais (possibilitando um controle de retirada). Também foi possível criar um acompanhamento de planos de manutenção e pedidos de manutenção, classificando como pendentes e resolvidos.

Portanto, quadros com informações básicas e de fácil acesso são ferramentas com ganhos consideráveis, entretanto, com a evolução de tecnologias e treinamentos, o mercado industrial vem implementando novos formatos de gestão visual, sejam por sistemas, controles por relatórios eletrônicos ou acompanhamentos pelas ferramentas da *Microsoft*. Devido os atuais acontecimentos envolvendo a sociedade e o desafios causados pela Covid – 19, com o isolamento social, ocorreram avanços nos novos formatos de comunicação e controle de atividades, pela implantação do trabalho remoto. Entretanto, as indústrias ainda possuem desafios com essas mudanças, os quadros tradicionais geram um gargalo em relação a acessibilidade, eles são expostos no chão de fábrica e devido ao cenário é necessário um complemento utilizando tecnologias em computadores. Portanto, a implementação do trabalho híbrido também prejudica o acompanhamento desses quadros e é favorável para o acompanhamento virtual. Sendo assim, o equilíbrio e formatos de integração são necessárias no desenvolvimento da gestão a vista.

3.1. Gestão Visual e Indicadores

Para Santos (2014), os indicadores são recursos eficientes para o gerenciamento de uma organização, e os dados que eles proporcionam são primordiais para a tomada de decisão. O indicador é um valor quantitativo, associado ao resultado de processos no decorrer do tempo. Os indicadores são constituídos por: valor numérico associado a um determinado tempo; um referencial utilizado como padrão de comparação; metas a serem alcançadas em determinados períodos de tempo.

Ainda segundo Santos (2014), os indicadores podem ser classificados como: Indicadores estratégicos; Indicadores de produtividade; Indicadores de qualidade; Indicadores de efetividade; Indicador de capacidade.

Cada organização faz a adaptação da utilização dos indicadores de acordo com suas necessidade e estratégias a serem alcanças. Entretanto, alguns indicadores são comuns aos setores de manutenção como: MTBF (*Mean time between failures*) que indica o tempo médio entre as falhas dos equipamentos; MTTR (*Mean time to repair*) que indica o tempo de reparo dos equipamentos; Indicador de disponibilidade física, o de custo de manutenção por faturamento; Backlog; Retrabalho; Alocação de hora homem em ordem de manutenção; treinamentos; Indicadores relacionados à segurança. (CASTILHO E FONSECA, 2011).

Neste contexto, segundo Oliveira (2013) a associação dos indicadores com a gestão à vista é essencial para que os empregados consigam observar os dados, bem como, acompanhar as metas e resultados buscados pela organização. Desta forma, o controle dos processos por meio de indicadores proporciona a análise de resultados, o que pode favorecer a redução dos desperdícios, potencializar o trabalho em equipe, analisar a capacidade produtiva, gerando avaliações de desempenho e melhoria contínua.

3.2. Gestão Visual e o Programa 8S

Segundo Dennis (2008) O sistema 5S foi delineado para gerar um ambiente de trabalho visual que seja esclarecedor, organizado e possível de aplicação da melhoria contínua. Onde a situação que está fora do padrão imediatamente fica evidenciada e os colaboradores podem agir perante aquela situação de maneira prática. Tornando a excelência aplicável e possível.

A gestão visual é uma ferramenta associada diretamente à qualidade do trabalho. Sendo assim, o 5S participa de forma intensa para proporcionar avanços na otimização dos processos. Segundo Pombal (2018), os cinco “s” são conceituados de acordo com a descrição abaixo:

Seiri: Senso de utilização, arrumação, organização, seleção;

Seiton: Senso de ordenação, sistematização, classificação;

Seiso: Senso de limpeza, zelo;

Seiketsu: Senso de padronização, objetiva padronizar etapas, possibilitando identificar falhas e possíveis problemas com mais facilidade;

Shitsuke: Senso de autodisciplina, educação, compromisso.

Com o intuito de aprimorar a metodologia e obter um ambiente de trabalho com a colaboração dos funcionários para as finalidades expostas, ocorreu o acréscimo de novos conceitos.

“O programa 8S foi derivado do Programa 5S e criado com o objetivo de incorporar a filosofia do 5S no Brasil, Abrantes propôs três novos sentidos (1997): Shikari Yaro (determinação e união), Shido (treinamento) e Setsuyaku (economia e combate ao desperdício). Estes sentidos contemplam o investimento na gestão de recursos humanos, com educação, qualificação profissional e treinamento, ou seja, a maior vantagem deste programa é não focar no investimento de máquinas e equipamentos, mas sim na gestão de pessoas e materiais.”
(ANTONIOLI, et al., 2019)

Tais implementações buscam a participação da liderança em parceria com todos os agentes do processo, promovendo a transparência na comunicação, estimulando a confiança, compromisso e melhoria nas relações interpessoais. Já o senso de treinamento vem como um alicerce para o treinamento profissional, desenvolvendo as pessoas para que se entendam e executem a ferramenta, com qualificações constantes e desenvolvendo profissionais competentes para o mercado industrial. (PASQUINI, 2012)

Para Rodrigues (2016) o departamento de manutenção é um candidato ideal para a implementação do 5S, pois é um local com muitos colaboradores, onde há partilha de ferramentas e fácil acumulação de material desnecessário, o *layout* e as

circunstâncias dos locais de trabalho, referente a ordenação e limpeza podem ser visualmente inspecionados por todos os operadores, facilitando a identificação de desvios e necessidades de alinhamento. Um setor de trabalho ordenado e limpo é essencial para execução de processos e implementação da filosofia do *Lean Manufacturing*.

Portanto, é notório que a aplicação dos sete conceitos está associada à gestão à vista, por meio de demarcações, tanto de movimentação, como de ferramentas, limites de segurança, avisos, divulgação de resultados, envolvimento dos colaboradores e indicadores dos processos.

3.3. Kanban e a Gestão Visual

Segundo Rodrigues (2016) O termo *Kanban* surgiu no Japão e foi utilizado inicialmente com significado de “cartão”/“etiqueta”. Atualmente, as empresas utilizam o *Kanban* para o gerenciamento de informações, com o intuito de otimizar o processo produtivo. Desde 1997, conforme sinalizado por Ohno (1997) o *Kanban* já tinha as seguintes funções: Viabilizar informações sobre o transporte, sobre a produção, dificultar a superprodução e a movimentação em excesso, desempenhar o papel referente a uma ordem de produção, impedir produtos defeituosos pela identificação do processo produtivo e expor problemas existentes.

Para Ferreira (2011), os *kanbans* são um sistema visual, se diferenciando pelo tipo de Cartão: *kanban* de transporte, *kanban* de produção e *kanban* de fornecedor; marcas sinalizadas sobre as superfícies: São locais definidos para o depósito de produtos, após ele ser retirado é possível identificar que é necessário a reposição. Indicador Luminoso: é ativado um controle luminoso no local de trabalho cada vez que retira um produto. Esse sinal é transmitido pelo processo, para que assim o item seja produzido novamente.

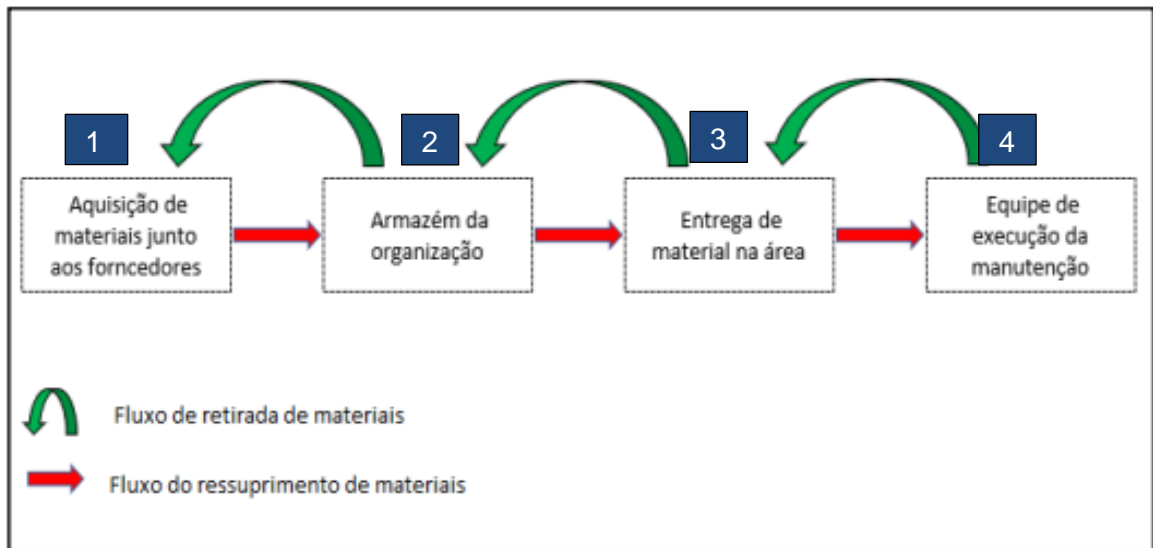
É possível concluir que para todos os modelos de *Kanban* a gestão à vista é representativa. Pois tem a função de transmitir informações essenciais para o processo produtivo e dar autonomia em muitas das operações. Para Oliveira (2019) a manutenção manuseia materiais consumíveis, componentes que necessitam de reposição e ferramentas para manter o processo produtivo em operação. Portanto, os materiais necessários devem estar disponíveis sempre que houver demanda, caso ocorra atraso ou ausência de material, impactará diretamente no desempenho

dos processos. De acordo com o autor, as empresas compram material em excesso temendo sua falta quando necessário, e ainda podem enfrentar barreiras com a grande variedade de peças e componentes utilizados em equipamentos específicos e ativos industriais, ainda deve-se levar em consideração a falta desses materiais no mercado, sendo assim, a manutenção enfrenta desafios relacionados ao excesso de materiais ou a falta para manutenções imediatas.

Ainda segundo Oliveira (2019), são apresentadas soluções alinhando os princípios do JIT com o *Kanban*, com objetivo de proporcionar um estoque e um controle visual da disponibilidade de recursos. Com estimativas dos principais recursos necessários durante a rotina, é possível construir um estoque eficiente, e após programação das atividades e a atuação da equipe de execução, os cartões devem ser movimentados para sinalizar a necessidade de reposição. Portanto, o fluxo segue requisitando o material até sua compra. Esse fluxo pode ser exemplificado na Figura 14.

A programação das atividades é entregue para a execução (4), que busca no estoque os materiais necessários (3), como exemplificado na Figura 14, ocorrendo da seguinte forma: os cartões *Kanban* são movimentados assim que ocorre a retirada do material (4) e a identificação da quantidade mínima de material (cartão vermelho) e quanto o estoque ainda possui a quantidade suficiente de material (cartão verde) (3). Então após a intervenção da equipe de execução, os mesmos sinalizam dentro do estoque com os cartões específicos e a equipe de suprimentos atende os requerimentos solicitados, suprimindo as demandas necessárias e alterando os cartões (1).

Figura 14: Fluxo de movimentação de materiais



Fonte: Oliveira (2019)

Com o exemplo descrito é possível identificar o *kanban* como uma forma de operacionalizar a filosofia *just in time* de produção, no que se refere a realocação de materiais e movimentação de componentes de uma forma puxada, isto é, “um produto é fabricado ou um item é retirado somente quando um cartão *kanban* assim o determinar”. (WERKEMA, 2006). Seguindo esse formato é possível criar um controle de compra e disponibilidade de materiais, ferramentas e até mão de obra, é possível determinar a dimensão e capacidade dos estoques, possibilitar a organização dos mesmos e favorecer a produtividade.

4. Materiais e Métodos

Esta seção aborda a metodologia utilizada na pesquisa. O método científico adotado foi dividido em três etapas. Revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados à gestão da manutenção e a filosofias *Lean Manufacturing*. A primeira etapa (teórica) consistirá de uma revisão sistemática da literatura sobre o planejamento e controle de manutenção, as estratégias de manutenção e ferramentas *Lean*, como a gestão visual, o 8S, e o *Kanban*.

Já a segunda etapa consiste em uma análise qualitativa das diretrizes sobre Planejamento e Controle de Manutenção, comparando (*benchmarking*) o setor ferroviário com o aeroviário, tendo as ferramentas *Lean* como suporte para a comparação e estudo. Por último, um estudo de caso elaborando as principais diretrizes sobre Planejamento e Controle de Manutenção, baseando em uma análise de resultados e indicadores referentes ao planejamento.

4.1. Abordagem de pesquisa

Em atenção aos propósitos deste estudo, a pesquisa realizada neste trabalho é de natureza qualitativa. De acordo com Proetti (2018) essa metodologia de pesquisa conduz as análises para respostas que oportunizam entender e interpretar circunstâncias, permite que o pesquisador mantenha uma proximidade direta com o objeto de estudo. Portanto, ela permeia as seguintes características: presença do pesquisador na organização, profunda compreensão do contexto, maior flexibilidade, a realidade é aquela construída pelos indivíduos envolvidos na pesquisa, uso de mais de uma fonte de dados, variáveis difíceis de quantificar, pouco conhecidas, proximidade entre pesquisador e objeto de pesquisa. Dessa maneira, a abordagem qualitativa é a que mais se aproxima das características desta pesquisa.

A busca de informação para realizar o referencial teórico foi feita nas bases de dados Google acadêmico, portal capes e Scopus utilizando as seguintes palavras-chave: manutenção, gestão da manutenção, planejamento e controle de manutenção, estratégia de manutenção, setor ferroviário, setor aeroviário, *Lean Manufacturing* e gestão a vista com seus termos equivalentes na língua inglesa. Foram usados como referências 51 materiais científicos de estudo dos temas.

4.2. Benchmarking

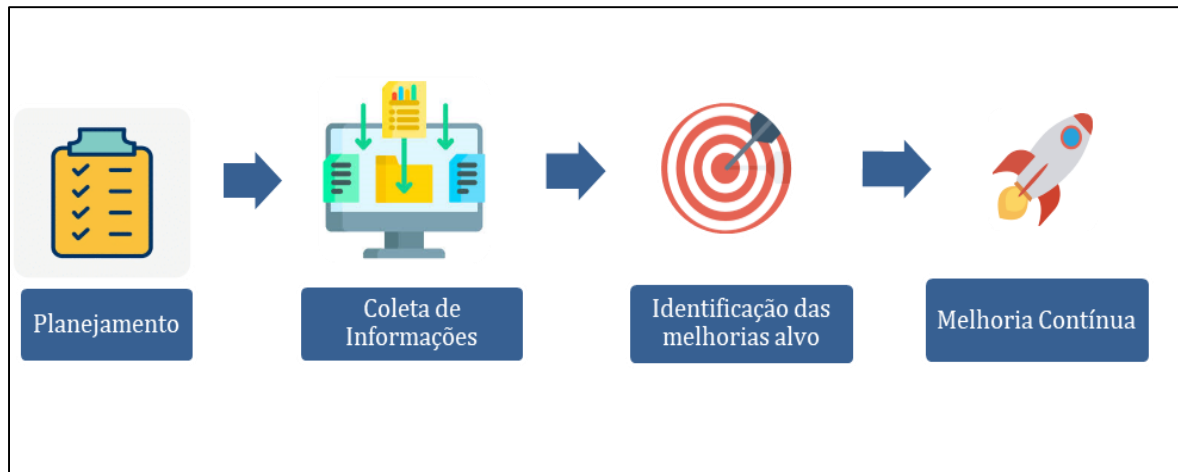
De acordo com Souza (2008) os Japoneses possuem culturalmente o objetivo de “lutar para ser o melhor”. Em busca dessa diretriz eles se baseiam em um processo de alto aprimoramento, que consiste em se espelhar e superar os pontos fortes dos concorrentes. Esse conceito se tornou parte do planejamento estratégico e vem produzindo resultados para grandes empreendimentos. O *Benchmarking* é um processo de comparação, seja de produtos, serviços ou práticas empresariais entre concorrentes e empresas com boas práticas.

Ainda segundo o estudo de Souza (2008) o *Benchmarking* pode ser classificado como uma metodologia de pesquisa que permite comparar e aprimorar práticas visando identificar melhor maneira de conduzir um conjunto de atividades para que atingir um resultado eficiente, fornecendo alguma vantagem competitiva. Essa metodologia surgiu como uma necessidade por informações e desejo de aprender de forma instantânea e aprimorar a resolução de problemas se baseando em experiências de outras empresas.

Neste estudo é abordado a pesquisa baseada no *benchmarking* com o intuito de entender as principais estratégias e avanços no Planejamento e Controle de Manutenção no setor aeroviário, pela sua complexidade e desenvolvimento mundial superior comparado ao setor ferroviário. Em busca da excelência operacional e eficiência, levando em consideração como objetivo principal a gestão de riscos e em como a manutenção pode prevenir ou evitar que um acidente ocorra.

De acordo com Junior e Vital (2004) o benchmarking é dividido em três etapas: planejamento, execução e implementação de melhorias. No planejamento, este estudo determina quais os principais processos e serviços podem ser melhorados e comparados, direciona fatores chaves e identifica trabalhos e estudos que apresentam experiências de excelência com desempenho nas práticas analisadas. Durante a etapa de execução este trabalho contempla a análise das organizações que serviram como referência, com o objetivo de descrever esses resultados. A etapa de implementação de melhorias, também abordada no trabalho, possibilita um estudo do desempenho dos processos que se tem o objetivo de melhorar, fazendo a comparação com as organizações alvo. A partir das informações coletadas foi possível identificar diretrizes e informações sobre a gestão e estratégias para a manutenção.

Figura 15: Fluxograma dos processos de benchmarking



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

4.3. Estudo de Caso

Para o desenvolvimento da monografia ocorreu uma análise das melhores diretrizes sobre gestão da manutenção, com aplicação do *Lean Manufacturing*, portanto, foram utilizados trabalhos anteriores dos setores de estudo, dados históricos e comparação atual do setor aeroviário e ferroviário com relação a manutenção industrial. Tais estudos de caso possibilitaram uma análise com objetivo de elaborar as melhores diretrizes aplicáveis para o setor ferroviário, colocando a gestão a vista como o principal agente de mudança para melhores resultados, tendo como principal objetivo, garantir a eficiência da gestão da manutenção, a aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing* e a excelência operacional, garantindo a gestão de riscos e o desenvolvimento do setor ferroviário, colocando o “trem nas nuvens”.

5. Gestão da manutenção nos trabalhos selecionados para o estudo de caso e *Benchmarking*

Com o intuito de solidificar os conhecimentos sobre a gestão da manutenção nos setores abordados no trabalho e conduzir o processo de benchmarking, foram selecionados um artigo e uma dissertação sobre a gestão da manutenção no modal aeroviário e o detalhamento da empresa ferroviária, sobre seus processos de gestão da manutenção.

Sendo assim, o primeiro material analisado foi a dissertação “Controle dos serviços de manutenção aeronáutica em uma unidade de negócio” do autor Moroni (2003). Neste estudo o autor aborda o desenvolvimento do modelo de gestão em empresas denominadas MRO's. Esse modelo de negócio é identificado como uma empresa desenvolvida para prestar serviços de manutenção em aeronaves, portanto, o estudo detalha os processos produtivos da empresa, seu formato de gestão, o desenvolvimento do conhecimento e associação entre os departamentos e fornecedores para gestão de novos produtos e melhorias no processo de manutenção.

O segundo é um artigo com o tema: “As principais iniciativas para o aumento da segurança operacional no transporte aéreo” do autor Rocha (2010). A seleção desse material foi importante para fornecer informações sobre a gestão de riscos e como ela é desenvolvida no setor aeroviário. O artigo destaca as práticas de segurança operacional e a necessidade de adequações, o desenvolvimento e implementação de novas tecnologias de controle (dentro da manutenção preditiva) e a importância da tecnologia na operação (tráfego aéreo). Sendo importante para associação da tecnologia, com a informação e integração de conhecimento frente a segurança operacional.

A última abordagem é referente a organização que se deseja propor melhorias, uma empresa do setor de transporte ferroviário de pessoas, os materiais utilizados como base foram direcionamentos de treinamentos e a presença do pesquisador no ambiente de trabalho. Foram descritos processos de planejamento e controle de manutenção, bem como as filosofias de gestão utilizadas, os fluxogramas das

atividades e os formatos de controle, como sistemas e formas de utilização da gestão à vista.

Com a associação dos materiais e informações de campo, foi possível entender a posição da empresa ferroviária no mercado, e quais os principais processos podem ser aprimorados e ajustados perante ao desenvolvimento da gestão da manutenção e aproximação do objetivo da empresa a excelência operacional.

5.1. Controle dos serviços de manutenção aeronáutica em uma unidade de negócio segundo MORONI (2003)

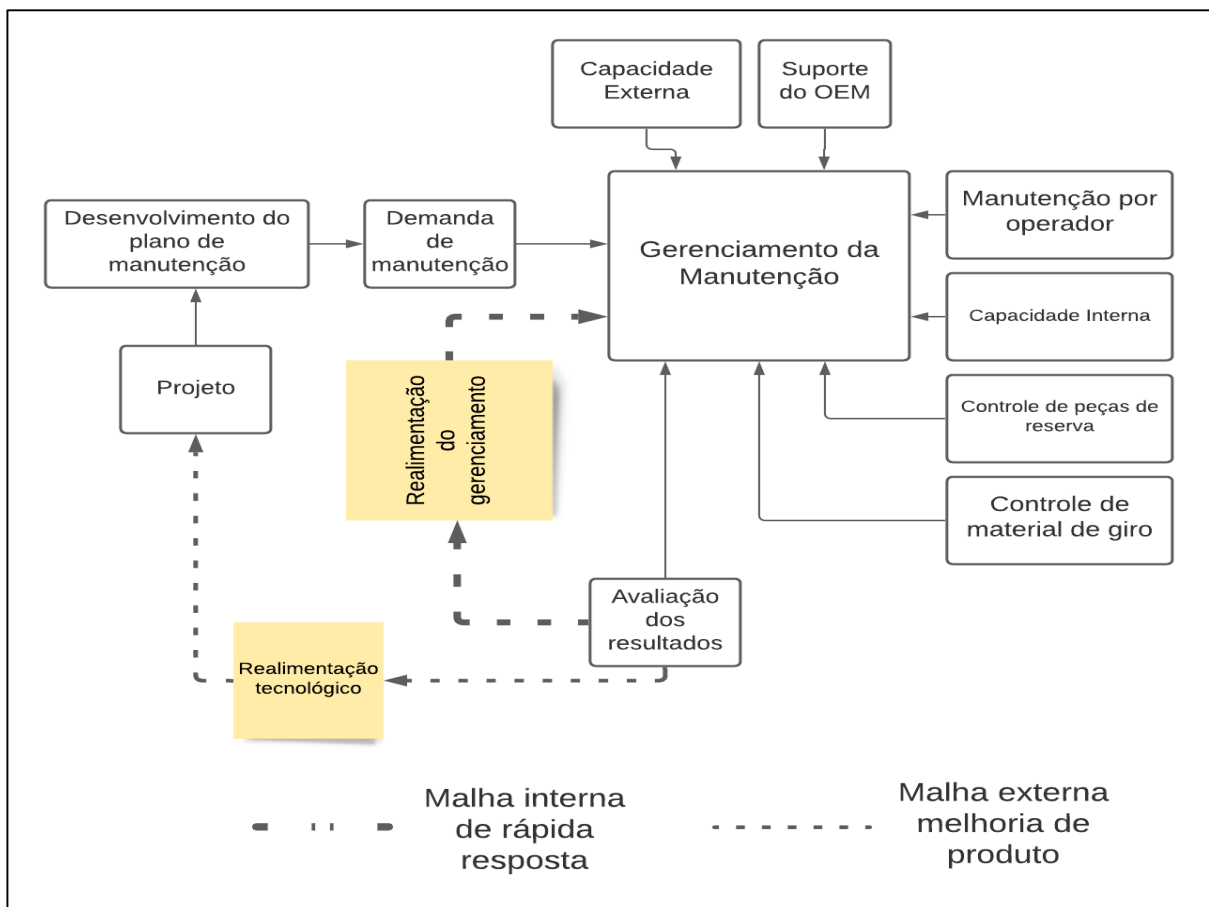
5.1.1. Apresentação da Dissertação

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa que atua no ramo de manutenção aeronáutica e busca subsídios teóricos para melhor entender as ferramentas disponíveis e avaliar as potencialidades no desenvolvimento de um modelo de gestão. O estudo se baseia em avaliações, ferramentas e comparações das necessidades do negócio, gerando um modelo considerado adequado para a empresa em análise. As MROs (*Maintenance Repair and Overhaul*) são empresas especializadas em serviços de manutenção, que nesse estudo se refere a serviços de manutenção para indústria aeronáutica.

No decorrer do estudo, é apresentado um modelo genérico dos processos e interfaces relacionadas à função manutenção, desenvolvido pela Universidade de Tecnologia de Eindhoven (EUT), por ele é possível obter uma visão das atividades voltadas aos processos de uma unidade de manutenção de alto custo e suas interfaces com outras organizações. O modelo por meio de dados da operação, apresenta duas frentes, uma interna na qual o desempenho afeta diretamente a demanda e controle de manutenção e outra externa, onde as melhorias são direcionadas para os fabricantes. Portanto as informações sobre os equipamentos, falhas e análises da operação são transmitidas para os fabricantes para possíveis melhorias. Na Figura 16, o modelo de relacionamento na manutenção em uma OMR.é detalhado.

Dessa forma, como processo central está o gerenciamento da manutenção. Os demais processos são: solicitação de manutenção para o operador dos equipamentos ou para o proprietário da oficina, gerenciamento da capacidade interna de reparos e execução de tarefas e controle de peças de reserva e material de giro. Sobre a frente externa tem-se os fornecedores de reparos e peças. Já o acompanhamento de resultados e dados, direciona o conhecimento técnico sobre os sistemas e é utilizado pelos fabricantes no desenvolvimento dos produtos e na definição de manutenções adequadas. O modelo de relacionamento está disposto na Figura 16.

Figura 16: Modelo de relacionamento OMR



Fonte: Moroni (2003)

5.1.2. Características das MROs

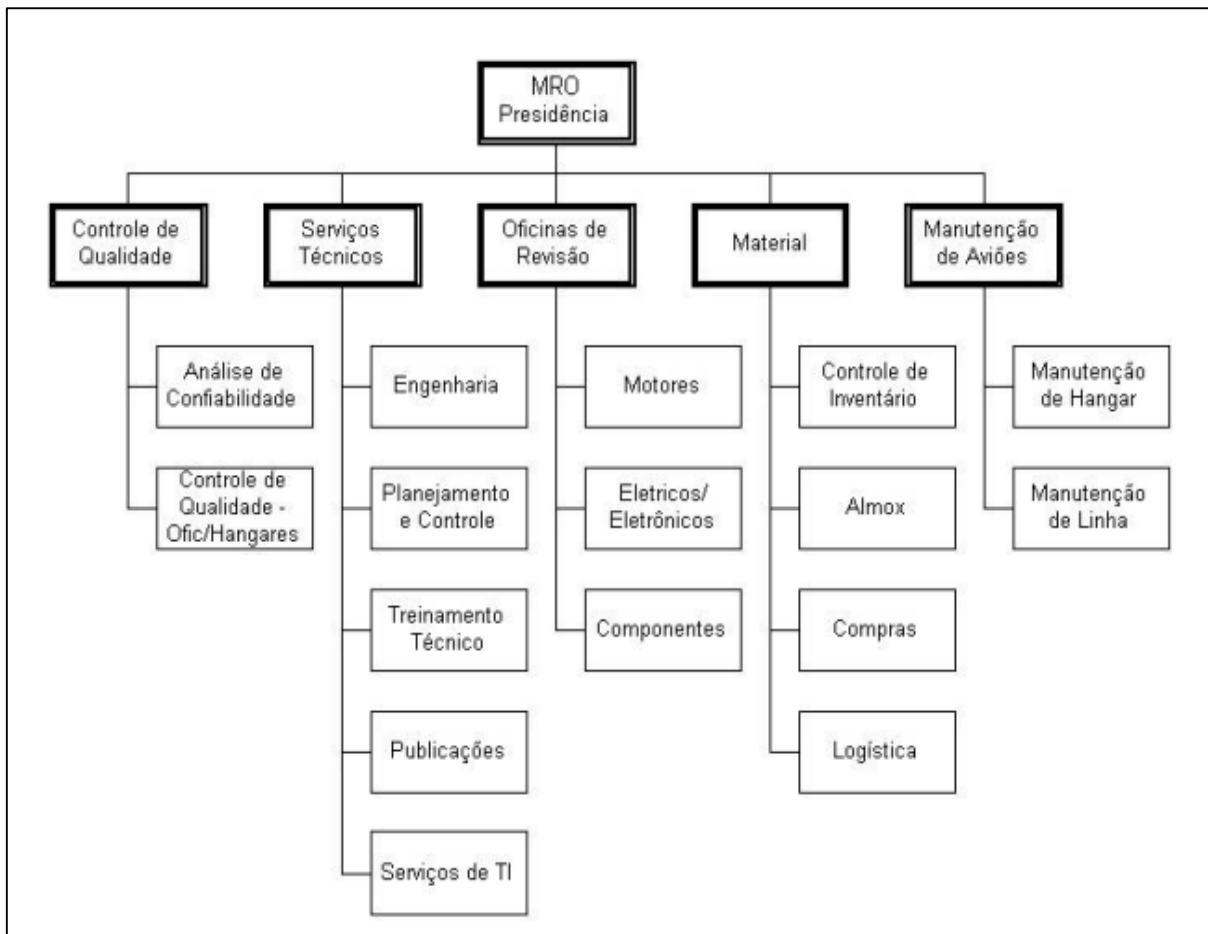
Empresas conceituadas como *Maintenance Repair and Overhaul* (Manutenção, Reparo e Revisão) representam as atividades de manutenção de aeronaves e componentes associados ao ramo aeronáutico. Organizações passaram a se dedicar perante esses serviços. As empresas aéreas que tinham como atividade principal o transporte de passageiros e até fabricantes de componentes e sistemas, por exemplo, buscam agregar serviços de pós-venda aos seus produtos. Portanto, a demanda por serviços completos de manutenção tem proporcionado o surgimento de MRO's. Entretanto, as empresas prestadoras de serviços como MRO são instruídas por aspectos legais que definem todo o escopo das atividades. Como se caracterizam como serviços de manutenção de ativos de alto custo e alto risco, as empresas buscam atuar de forma completa, fornece além dos serviços básicos como manutenção corretiva, preventiva e preditiva, buscam por relacionamentos duradouros com os clientes. Associando esses serviços com a visão estratégica das organizações, orientando programas de manutenção e tecnologias que sejam mais adequadas as atividades produtivas das empresas.

De acordo com suas certificações legais, as MRO's podem fornecer várias classificações de serviços, como: Serviços estruturais (*airframe*), componentes e serviços de linha.

- Serviços estruturais: são executados frente a estrutura da aeronave, frequentemente por hangar;
- Componentes: são serviços executados em peças e componentes isoladamente, frequentemente em oficinas ou locais apropriados;
- Manutenção de linha: São serviços de curta duração, normalmente executados quando a aeronave está em trânsito.

As MRO's que são organizações direcionadas para a manutenção aeronáutica, portanto, precisa de uma estrutura de suporte que contemple pessoas treinadas, certificados de atuação nas áreas demandadas. A Figura 17 representa a estrutura organizacional de uma MRO.

Figura 17: Estrutura organizacional de uma MRO



Fonte: Moroni (2003)

5.1.3. Serviços das MRO's

Nesse estudo também é apresentado, como exemplo, a empresa VRIG, classificada como MRO. Na Tabela são descritos os serviços, as estruturas e boas práticas identificadas:

Serviços das MRO's			
Serviço	Descrição	Estrutura	Boas práticas
Manutenção de célula (casco)	Serviços de revisão de componentes e sistemas. Os programas de manutenção são classificados em quatro fontes primárias (A, B, C e E), e suas variações, os processos são baseados no número de horas de operação das aeronaves, do plano de manutenção estruturado pelo fabricante e das práticas operacionais adotadas pelas empresas. Os serviços são orientados pela frente técnica, que direciona a execução dos reparos.	O serviço de manutenção de célula é disponibilizado em hangares, como manutenção estrutural (fuselagem, superfícies de comando e compartimentos).	Classificação dos planos de manutenção e suas diversas variações. As classificações podem variar de acordo com os objetivos estratégicos (classificação por número de horas, grau de risco, impacto na operação).
Revisão dos componentes e sistemas aeronáuticos	A execução dos serviços é direcionada por manuais dos fabricantes e determinações do departamento de engenharia. Os componentes também podem ser removidos das aeronaves para análise e busca por problemas detectados, portanto, são analisados e assim é necessário um certificado para operação e consequentemente sua instalação de volta a aeronave.	Este serviço é comumente realizado em oficinas especializadas, com equipamentos e estruturas adequadas para cada componente	Após análise e reparo do componente é necessário realizar todo <i>check</i> legal e assim obter a certificação para a instalação e operação do mesmo.
Serviços de manutenção de linha	Para execução desse modelo de manutenção, as pessoas envolvidas necessitam de capacitações voltadas a resolução de problemas, entretanto, as ações são direcionadas por um escopo, sendo assim, durante a análise de falhas um conjunto limitado de ações podem ser executadas com uma aeronave em operação. Para problemas específicos e de maior potencial ocorre a substituição da aeronave e caso seja interdita deve ser transferida para um hangar.	A manutenção de linha é realizada durante a operação da aeronave, em paradas e aeroportos.	As atividades são apoiadas por treinamentos voltados para resolução de problemas e as ações adotadas durante a manutenção de linha seguem um protocolo, caso a resolução do problema não esteja no protocolo, ocorre a interdição da aeronave.

Serviço	Descrição	Estrutura	Boas práticas
Serviços de engenharia aeronáutica	As demandas de engenharia passam pelas frentes de projetos, instalações de sistemas, configurações de cabines de passageiros e homologação de serviços nas autoridades aeronáuticas. Todo o acompanhamento da regulamentação para um serviço de manutenção deve ser orientado pela parte técnica e com experiência nos processos e na legislação. Pode ser um contrato terceirizado como uma consultoria técnica de compra de aeronave, de planejamento, estratégia envolvendo recurso, operação e distribuição.	Frequentemente as demandas de engenharia são atividades que precisam ser executadas em hangares e oficinas.	Acompanhamento da parte técnica e envolvimento interdisciplinar em relação a recurso, distribuição, gestão de riscos, operação e outras áreas.
Treinamento e formação técnica	Muitas empresas do setor de MRO's possuem a necessidade de treinar seus empregados tecnicamente com conhecimento específico, portanto, possuem um departamento próprio de capacitação.	Capacitação própria da organização	Alto investimento em capacitação técnica e específica para o setor, relacionamento com fornecedores para disseminação de conhecimento.

Fonte: Adaptado Moroni (2003)

5.1.4. Informações relevantes apresentadas na dissertação

A partir dos serviços descritos e as análises no tocante às boas práticas nos processos de manutenção, é possível identificar a gestão dos planos de manutenção, suas classificações e metodologias de priorização e relevância, quais sejam: Os procedimentos legais após a execução de uma atividade de manutenção ocorrem para garantir a instalação de um componente reparado, já o foco em treinamentos de resolução de problemas e a definição de ações classificadas e descritas para o controle da tomada de decisão fomentam a assertividade na operação.

Além disso, o envolvimento da engenharia com todos os departamentos e

conhecimentos interdisciplinares para compor projetos de melhoria, confiabilidade e desenvolvimento de novos produtos, e por fim, investimentos em capacitações técnicas específicas para os serviços prestados. Essas diretrizes são contempladas como processos chaves para uma manutenção de excelência, garantindo a segurança operacional de uma aeronave.

5.2. Principais iniciativas para aumento da segurança operacional no transporte aéreo segundo ROCHA (2010)

5.2.1. Apresentação do artigo

O artigo apresentado por Rocha (2010) destaca a necessidade do desenvolvimento da segurança operacional no transporte aéreo. Abordando a crescente demanda pelo transporte rápido, o desenvolvimento tecnológico e algumas estratégias para de fato potencializar o alcance desse objetivo. Segundo o autor o emprego de novos processos e tecnologias podem fornecer o aumento da segurança operacional, por meio de melhorias associadas ao desempenho humano e frentes organizacionais, que são frequentes motivos de acidentes e incidentes aéreos.

São descritos três grupos de iniciativas, sendo eles:

- Adequação de práticas de gestão da segurança operacional nas empresas;
- Desenvolvimento de novas tecnologias e processos para implementação da manutenção preditiva;
- Inserção e desenvolvimento de novas tecnologias e processos para o controle e gerenciamento do tráfego aéreo.

5.2.2. Desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a implementação da manutenção preditiva com foco na segurança operacional

Segundo o Autor, por meio do desenvolvimento de novas tecnologias foi possível ter avanços na diversidade de sensores embarcados nas aeronaves, que possuem suas funções frente a informações necessárias para os tripulantes e avaliar as condições dos componentes. Esses sensores então cada dia mais precisos e

confiáveis, proporcionando a manutenção baseada na condição.

Na manutenção focada na condição, se faz o controle da evolução da condição ou eficiência do componente ao longo do tempo e assim consegue obter um prazo de vida residual, baseando-se nas séries temporais dos parâmetros medidos. Portanto, as intervenções ocorrem baseadas em dados, de acordo com os parâmetros e indicadores de desgaste dos componentes, tornando as técnicas de operação mais seguras, evitando intervenções desnecessárias, que podem introduzir novas falhas. Ou antecipar informações de equipamentos sobre comportamentos anormais no sistema, antes da ocorrência de uma falha. A Figura 18 apresenta como são utilizados esses recursos no setor aeroviário.

Figura 18: Diagrama processos de manutenção baseada em condição



Fonte: Rocha (2010)

5.2.3. Manutenção baseada em dados

As decisões baseadas em informações disponíveis por meio de monitoramento da condição. São classificadas pelo autor em três fases: A obtenção de informações, o tratamento desses dados de dados e a tomada de decisão.

Quadro 2: Processos de manutenção baseados em condição

Processos da manutenção baseada em condição		
Processo	Descrição	Boas práticas
Aquisição de dados	A coleta de dados consiste no armazenamento de informações dos equipamentos. Os dados podem ser categorizados como: dados de eventos e dados de monitoramento da condição. Dados de eventos tratam de falhas ocorridas e sobre as medidas tomadas após a ocorrência. O monitoramento da condição e medidas relacionadas ao estado/condição do equipamento (pressão, temperatura, nível, densidade, etc.)	O registro de falhas e tomadas de decisão podem servir de apoio para estruturação de melhorias nos processos, identificação de causas raízes e incentivo para elaboração de projetos e produtos. O monitoramento de equipamentos é eficiente para garantir a segurança do equipamento, e a capacidade produtiva.
Processamento de dados	O processamento de dados se baseia primeiramente no filtro do mesmo, com o intuito de remover os erros que acompanham os dados. Para a utilização de dados em modelagens e análises é necessário que eles estejam válidos. Outra etapa dentro desse processo é a análise de dados de eventos, que também é nomeada como análise de confiabilidade. Portanto, esses processos têm objetivo de ajustar a distribuição de probabilidade de intervalos entre eventos a um modelo de distribuição para análises futuras.	Processamento dados é uma prática que apoia estudos de confiabilidade, tanto para novas metodologias de manutenção quanto para fornecedores e desenvolvedores de novos produtos.
Tomada de decisão de manutenção	A tomada de decisão passa a ser baseada em diagnósticos e prognósticos, que são categorias de suporte a decisão, fornecem informações para a equipe tomar decisões corretas, realizando manutenções eficientes. O prognóstico trabalha na prevenção de falhas e panes e quando necessário deixar a equipe preparada para os problemas iminentes. Entretanto, o prognóstico não consegue substituir o diagnóstico, pois existem falhas que não são previsíveis, já que todo equipamento está sujeito a falhas aleatórias. O diagnóstico sobre falhas em componentes é um procedimento de mapeamento das informações extraídas dos dados de monitoramento da condição e de eventos nos padrões de operação. Esse reconhecimento de falhas/padrões pode ser feito por pessoas altamente treinadas ou reconhecimento automático de padrões.	Com o auxílio dos diagnósticos e prognósticos as tomadas de decisões buscam ações preventivas que reduzem custos com manutenção corretiva e aumenta a segurança operacional. A tendência da manutenção baseada na condição é conciliar técnicas de diagnóstico com técnicas de análise de tendência, fazendo a detecção de um comportamento anormal antes da ocorrência de uma falha. Também é possível buscar parâmetros para identificar quando o componente pode falhar, afim de reduzir riscos a operação.

Fonte: Adaptado de Rocha (2010)

5.2.4. Informações levantadas

A manutenção baseada na confiabilidade aponta benefícios relacionados à melhoria na estratégia da manutenção programada e no suporte logístico. O uso reduzido de partes da aeronave por meio de um monitoramento de uso preciso e automatizado, redução de remoções indevidas de equipamentos, redução de prejuízos futuros através da execução de diagnósticos antecipados, melhora na análise de eventos, incidentes e acidentes, aumento da segurança operacional. A implementação da manutenção centrada em confiabilidade exige um esforço integrado de profissionais de diversas áreas, afim de adaptar a metodologia de acordo com as necessidades do negócio.

5.3. Gestão da Manutenção no setor na empresa de transporte ferroviário de pessoas

5.3.1. Apresentação da empresa

A organização analisada é responsável pelo transporte de pessoas em viagens interestaduais e por passeios turísticos, em carros de passageiros ferroviários. Dentre seus objetivos estratégicos, se tem a projeção de alcançar a excelência operacional e para isso é necessário alinhar a estratégia de manutenção com os objetivos da organização. Portanto, a mesma trabalha com a busca pelo desenvolvimento e alinhamento, os próprios funcionários já possuem a cultura de *benchmarking* e desejam entender a posição da gestão que é feita hoje, em relação ao mercado, e quais as diretrizes de melhoria devem ser implementadas.

A manutenção na empresa estudada tem como objetivo executar atividade de manutenção planejada e programada, com recursos disponíveis na quantidade adequada, no momento indicado, com a qualidade assegurada e com as execuções registradas no sistema informatizado. As manutenções são realizadas em prol de mitigar os riscos do negócio, deste modo, são realizadas análises de riscos antes, durante e após as manutenções, para assim ocorrer a liberação do componente. Toda rotina de manutenção é controlada por indicadores, que monitoram a eficiência e saúde dos processos por meio de sistemas.

5.3.2. Planejamento e controle da manutenção ferroviária

As atividades do planejamento e controle de manutenção são definidas por macroprocessos de Planejamento de médio prazo, planejamento de curto prazo, planejamento de ordem de manutenção, provisionamento, programação, preparação semanal ou diária e controle. A função de planejar baseia-se nos processos de planejamento em um mapa de 52 semanas e em seu desdobramento em curto prazo e ordens de manutenção. Após planejamento, a atividade de programação tem objetivo de organizar e disponibilizar recursos para a atividade. O controle está associado ao gerenciamento de KPIs e no cumprimento do mapa de 52 semanas de acordo com o planejamento estratégico da empresa.

Todas as demandas dos ativos devem ser cadastradas e controladas por meio de notas e ordens de manutenção, no sistema informatizado de manutenção e desempenho. Para assim, promover a melhoria contínua dos componentes e das pessoas envolvidas nas atividades. No Quadro 3 é possível analisar os processos e seus benefícios.

Quadro 3: Processos de manutenção (ferrovia)

continua...

Processos da manutenção no setor ferroviário		
Processo	Descrição	Boas práticas
Planejamento de médio prazo	Realizar o planejamento das atividades de acordo com o planejamento estratégico, com base no plano diretor de operação e de manutenção	Integrar conhecimentos da área de engenharia com demandas de condição, planos sistemáticos, confiabilidade e riscos do negócio
Planejamento de ordem de manutenção	Planejar a ordem de manutenção no sistema informatizado. Aceitar a nota conforme a demanda e a prioridade que a nota está classificada	Classificação das ordens de manutenção possibilitam criar um critério de prioridade e organização das atividades planejadas

Processo	Descrição	Boas práticas
Aprovisionamento	Solicitação de material e componente através da ordem de manutenção, diligenciando sua entrega	Acompanhamento de materiais e estoques para proporcionar o recurso no momento necessário
Programação	Programar as atividades de manutenção de acordo com as necessidades	Otimização da utilização dos recursos
Preparação (semanal e diária)	Proporcionar as atividades no local, tempo, qualidade e quantidade no momento certo	Preparar as condições de recebimento e devolução de materiais, componentes e fermentas. Como muitas vezes os componentes mantidos podem gerar uma complexa logística de movimentação e acesso.
Controle	Monitorar e gerenciar os processos e execução das atividades por meio de indicadores.	Processo de acompanhamento de indicadores resulta em soluções para problemas e falhas nos processos, além de auxiliar na identificação de oportunidades de melhoria

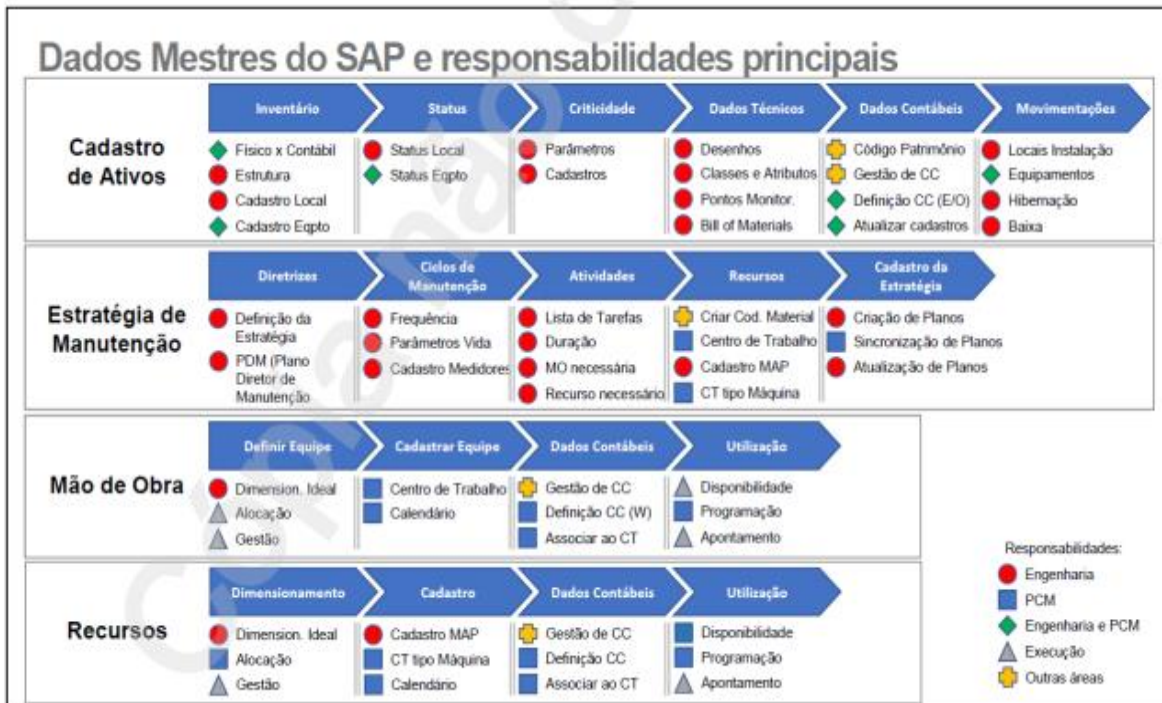
Fonte: Documentação da empresa estudada (2021)

5.3.3. Utilização do sistema automatizado

O sistema computacional precisa estar integrado e utilizado nos processos de programação e controle de manutenção. Em todos os processos, os dados devem ser armazenados no sistema, outros tipos de sistemas podem ser utilizados para coletar e inserir a base de dados, entretanto, a base oficial permanece com o SAP. É necessário garantir a validade das informações e manter os cadastros atualizados (planos, ativos, componentes e todos os requisitos que envolvem a manutenção).

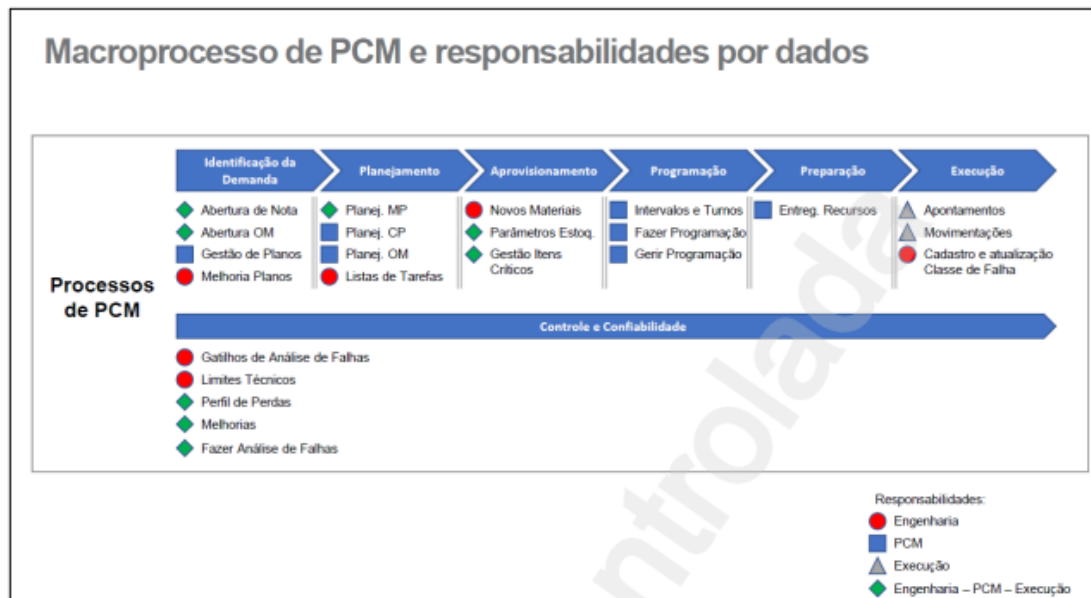
Os processos de adequação, controle e manutenção do sistema ocorre de forma integrada, portanto, várias funções possuem suas responsabilidades perante o sistema. Como é descrito na Figura 19.

Figura 19: Responsabilidades sobre o sistema



Fonte: Manual de treinamento da empresa estudada (2021)

Figura 20: Responsabilidades na função PCM



Fonte: Manual de treinamento da empresa estudada (2021)

Dada as responsabilidades é possível identificar a importância da integração entre as funções e os objetivos estratégicos de todos os departamentos, sendo necessário dinâmica no trabalho em equipe, gestão da informação e conseqüentemente uma gestão visual dos processos e desafios que necessitam da intervenção de diferentes responsabilidades.

5.3.4. Gerenciamento de riscos

Durante a análise de uma ordem de manutenção é possível classifica-la como uma ordem vermelha, o que facilita a identificação das atividades de gerenciamento de riscos, sendo utilizada desde o planejamento até sua execução. A classificação da ordem de manutenção vermelha garante a abrangência nas atividades de ativos críticos e controle dos riscos mapeados, em níveis altos ou muito altos, de acordo com a classificação vigente. Ela deve ser identificada e destacada em relação as demais notas de manutenção (tanto fisicamente, quanto no formato eletrônico) e precisa ser rastreada desde a abertura, até a conclusão.

5.3.5. Gestão visual (FMDS)

Para garantir e facilitar a medição e o reporte do desempenho das atividades de manutenção é necessário a utilização da gestão visual, que na empresa é realizada pelo FMDS (*Floor Management Development System*), uma ferramenta de gestão do sistema Toyota de Produção, desenvolvido em 2006, no contexto de expansão da empresa e com o objetivo de aprimorar o gerenciamento de chão de fábrica.

A gestão através do FMDS é o acompanhamento cotidiano das ações, definidas de acordo com o desdobramento estratégico, para verificar se os resultados esperados estão sendo atingidos e, caso negativo, sejam tomadas as ações corretivas a tempo. Permitindo, deste modo, que todos saibam claramente se o desempenho está bom ou ruim em bases diárias, semanais ou então mensais, possibilitando ainda, que todos os níveis enxerguem rapidamente o desvio ou problema que impede que as metas sejam atingidas. E que todos, igualmente, sejam responsáveis por tomar providências necessárias para corrigir esses problemas rapidamente.

O gerenciamento foi construído e programado para execução em chão de fábrica, entretanto, com o cenário pandêmico e a necessidade do trabalho remoto, a transição do FMDS foi um desafio para empresa, já que eram necessários os controles no chão de fábrica e o fluxo de informação de forma online. Para a concretização do gerenciamento são necessários os seguintes processos: Conectar as diretrizes da empresa com as atividades diárias; detalhar os problemas que estão impedindo o alcance da meta; envolver a equipe na solução desses problemas priorizados e acompanhar frequentemente os indicadores dos processos e as atividades e resultados destas soluções.

5.3.6. Informações levantadas

É possível concluir, ante o exposto, que a empresa utiliza de boas práticas estudadas como a classificação de planos de manutenção (e notas de manutenção) de acordo com suas prioridades, realiza mapeamento e gerenciamento de riscos, além disso, tem as funções do planejamento e controle de manutenção bem definidas, utiliza de um sistema informatizado para coleta, análise de dados, controle de atividades, entre outras funções.

Ademais, aplica conceitos de confiabilidade, possui várias funções dentro da manutenção afim de promover a dinâmica das responsabilidades e assim promover melhorias, realiza o controle das atividades por indicadores e possibilita sua exposição e alimentação por meio de um sistema de gerenciamento de chão de fábrica, que pode ser físico ou alimentado por sistemas computacionais.

6. Diretrizes levantadas pelo o Benchmarking para o aprimoramento da Gestão da Manutenção Ferroviária

Como última etapa da metodologia de benchmarking comparamos a organização que se deseja obter melhorias com as organizações escolhidas como referência nos processos de gestão e planejamento de manutenção. Dessa forma, foi possível entender a posição da manutenção em carros ferroviários em relação ao mercado e a gestão utilizada na manutenção de aeronaves.

Dado o exposto, foi possível construir uma relação de diretrizes, que mesmo já sendo aplicadas na organização podem ser reformuladas e aperfeiçoadas, de modo

que se garanta os benefícios. As mesmas também potencializam a preparação do ambiente para implementação de ferramentas do *Lean Manufacturing*, e sua manutenção dentro da rotina dos processos e atividades. Como apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Diretrizes para melhoria na gestão da manutenção

continua...

Diretrizes para melhoria na gestão da manutenção		
Diretrizes	Contexto	Benefícios
Fortalecimento da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade e suas responsabilidades dentro dos processos	A manutenção centrada em confiabilidade já é empregada na rotina da organização, entretanto, ainda é necessário potencializar a coleta de dados e a ligação entre o armazenamento de informações e as tomadas de decisão, como estratégias de desenvolvimento tecnológico, de produtos e novas formas de manter e prevenir falhas. Essa metodologia, por meio do seu histórico de dados, pode auxiliar na classificação e gestão dos ricos aplicados a manutenção e aos equipamentos.	A metodologia está associada a excelência operacional, ao desenvolvimento tecnológico, científico e ao desenvolvimento de novos componentes. Ela favorece o banco de dados em relação a falhas e informações do processo, que são base para a resolução de problemas e monitoramento de riscos e desempenho dos processos.
Desenvolvimento e adequação da tecnologia nos processos.	A tecnologia foi identificada como grande aliada da excelência operacional, do controle de falhas e gestão de riscos. Sendo assim, a organização já busca a implementação e desenvolvimento de tecnologias, sistemas integrados e sensores. Entretanto, ainda se tem espaço para a capacitação dos funcionários, tanto a adequação das tecnologias como em estudos para priorização de desenvolvimento de novos componentes e estratégias tecnológicas que de fato podem otimizar os processos. Colocando em prática a automação que ganha espaço dentro do MPT, MCC e MCR.	A adaptação das tecnologias as rotinas dos processos, e com isso gerar conhecimento técnico e integração entre a manutenção, a gestão e automação podem fortalecer a manutenção centrada em confiabilidade, a gestão de riscos, e além disso garantir o controle operacional. Que está alinhado com a excelência buscada pela organização.

Diretrizes	Contexto	Benefícios
Integração do sistema com todos os departamentos e objetivos estratégicos da organização	A organização utiliza um <i>software</i> moderno e produtivo para gestão e armazenamento de dados, todos os processos são alimentados e monitorados por esse sistema. Uma forma de otimizar a integração entre o sistema, as pessoas e os departamentos é o alinhamento das responsabilidades de cada segmento e função dentro do sistema de acordo com o objetivo geral da gestão. Como exemplo: Um alinhamento entre a engenharia com atualizações e melhorias nos planos de manutenção, o planejamento e controle com a coleta de informações importantes para o segmento de confiabilidade e vice versa, ou seja, a integração entre os responsáveis pela manutenção e operação dos processos.	Essa diretriz pode facilitar o trabalho de todos os envolvidos nos processos, além de agilizar a rotina dos funcionários que dependem de informações que ficam desatualizadas no sistema. Além disso, gera autonomia para resolução de problemas, desenvolvimento de melhorias, já que as informações ficam mais acessíveis, se tornando um formato de integração que reduz a probabilidade de conflito, favorecendo o trabalho em equipe e a motivação dos funcionários.
Investimento e adequação de painéis de gestão à vista	Atualmente o principal mecanismo de exposição de informações da organização é a metodologia de gerenciamento de chão de fábrica FMDS. Que basicamente trata dos objetivos, indicadores, resultados e problemas daquele setor, entretanto, esse formato apresenta desafios em relação a integração entre funcionários com trabalho presencial e os que tem suas funções em home office, a atualização das informações de forma instantânea é um fator que acaba sendo prejudicado, e por isso inúmeros benefícios da gestão à vista, abordados nesse trabalho são ineficientes na rotina.	A integração dos painéis de gestão a vista é um formato de adequar as novas tecnologias e mecanismos de coleta de informações, com a distribuição dessa desses dados a exatamente todos os envolvidos no processo. Com a implementação é possível colocar painéis de Power Bi expostos, gráficos. Controles da manutenção centrada em confiabilidade podem ser tratados por todos os envolvidos, além disso, atualizações sobre os indicadores podem ser feitas em tempo real e assim facilitar o planejamento, a execução e o controle de falhas.

Fonte: Elaborada pela Autora (2021)

7. Considerações Finais e Propostas para projetos futuros

Por meio da revisão bibliográfica, dos estudos de caso realizados e dos processos de benchmarking, um comparativo sobre a gestão da manutenção, com base nas ferramentas do *Lean Manufacturing* e nos processos de manutenção do setor ferroviário e aeroviário foi elaborado.

As ferramentas da filosofia *Lean* são a base dos processos na manutenção e quando aplicadas em associação com a gestão da manutenção proporcionam resultados relacionados com melhoria contínua, elevação da produtividade e redução/eliminação dos desperdícios, confiabilidade dos equipamentos e qualidade dos serviços, conseqüentemente favorecendo a segurança operacional. As empresas estudadas trabalham com a gestão da manutenção em um formato bem similar, contemplando as mesmas funções e objetivos, entretanto alguns detalhes podem ser considerados essenciais e que promovem melhorias eficientes.

Com o objetivo de analisar e propor diretrizes que potencializem a gestão de manutenção levando em consideração a necessidade de melhorias, bem como a compreensão de porquê e como as falhas ocorrem, para então prevenir sua ocorrência, transformando os mantenedores em especialistas no desenvolvimento de ferramentas que garantem a confiabilidade do equipamento em operação. Além disso, intenciona-se inserir a manutenção como parte do sistema, e não um ato isolado, onde todos os envolvidos tem suas responsabilidades com relação ao desempenho dos equipamentos.

Para tanto, o trabalho foi constituído a partir da metodologia de pesquisa classificada como *Benchmarking*, que permite comparar práticas e identificar uma forma de conduzir para um resultado mais eficiente. O setor aéreo foi escolhido como referência pela excelência do desempenho e nas práticas analisadas, por representar grandes avanços na logística do transporte, na engenharia e tecnologia.

Os estudos de caso, considerados para o *Benchmarking* foram baseados em empresas que prestam serviços para a aviação da aeronáutica. Os principais pontos estudados que garantem os resultados e excelência nos serviços são: os grandes avanços na manutenção centrada em confiabilidade e a utilização de dados para tomadas de decisão, planejamento e implementação de melhorias; Inserção da tecnologia como aliada ao monitoramento da operação e dos equipamentos. O desenvolvimento e implementação desses sensores foi um grande passo para a

melhoria na análise de eventos, incidentes, acidentes e aumento da segurança operacional. Os painéis de controle garantem o gerenciamento de possíveis falhas além de fomentar a tratativa preventiva, o desenvolvimento de produtos cada vez mais desenvolvidos, proporcionando a gestão a vista e a troca de informações de forma simultânea, tornando os processos mais produtivos e assertivos.

Na última etapa do processo de benchmarking, que se baseia no estudo do desempenho dos processos que se deseja melhorar, foi então feita a comparação com as organizações base. Neste momento, foi identificado que a empresa ferroviária aplica uma gestão da manutenção semelhante as organizações alvo (modal aeroviário), um dos processos identificados já em implementação é a manutenção centrada em confiabilidade, mesmo sendo utilizada durante a rotina ainda se tem desafios para alcançar o patamar da aviação, entretanto os objetivos e estratégias buscam esse resultado.

A organização ainda utiliza um sistema integrado para gestão e armazenamento de dados, todos os processos são alimentados e monitorados pelo sistema, que mesmo necessitando de ajustes e melhorias, já faz parte da cultura da empresa, dos funcionários e das atividades de planejamento e execução. Um ponto que pode possibilitar melhores resultados é a integração dentro e fora do sistema entre os departamentos que envolvem a manutenção, todos trabalhando pelo objetivo global do negócio e não por metas departamentais, o que pode ser facilitado pela gestão a vista, promovendo o envolvimento da equipe nas soluções de problemas e análises dos indicadores.

Uma das conclusões identificadas neste trabalho se deu no uso da tecnologia e seus impactos nos resultados. A tecnologia pode ser considerada uma grande aliada para o desenvolvimento, controle, qualidade e segurança nos processos, entretanto a organização precisa além de aderir aos sistemas, desenvolver as pessoas e adaptar os processos para que elas sejam de fato eficientes. A empresa estudada possui um sistema integrado, busca aderir tecnologias de sensores, mas ainda necessita de adequações entre os processos produtivos, pessoas e os sistemas, para que assim eles sejam eficientes perante os resultados.

Já as organizações alvo se mostram pioneiras no desenvolvimento de tecnologias, adaptados a rotina, trabalham com desenvolvedores e pessoas tecnicamente treinadas, se tornando referência e conseguindo demonstrar como a tecnologia é necessária e que é por meio de sistemas, sensores e da automação que se garante cada vez mais a segurança operacional. Outro ponto relevante

proporcionado pelos sistemas são os painéis de gestão a vista. Hoje a empresa estudada concentra seus procedimentos de gestão a vista por meio do FMDS (*Floor Management Development System*), que por muito tempo era realizado no chão de fábrica, com os desafios proporcionados pelo isolamento social, essa ferramenta passou por transformações e precisou ser utilizada no formato computacional. Esta situação deixou lacunas em relação a acessibilidade, os funcionários que participavam das reuniões online possuíam acesso às informações, já os empregados em atividades realizadas dentro da organização, não recebiam a informação de forma imediata e antes das mudanças essas informações estavam expostas nos quadros. Sendo assim, as metodologias de sistemas e painéis com televisores tornaram-se eficiente perante esse desafio, a informação é atualizada e exibida para todas as pessoas envolvidas no processo e de forma imediata, facilitando a rotina e proporcionando a excelência operacional.

Por fim, por meio deste trabalho foi possível compreender a posição da empresa estudada em relação as empresas destacadas como referência, visualizar sobre a similaridade entre os objetivos e os processos de gestão, e em como o setor de manutenção busca garantir a segurança e uma manutenção eficiente para o negócio. Além disso, possível identificar atividades na empresa alvo que são executadas com excelência e conduzem a bons resultados. Conclui-se que na empresa estudada esses procedimentos também ocorrem, entretanto podem ser melhor adaptados e integrados, e assim estar ainda mais próxima das empresas alvo e dos objetivos estratégicos.

Pelo contexto do estudo e os resultados dos trabalhos relacionados com o tema é possível identificar a importância de trabalhos futuros relacionados com o desenvolvimento de tecnologias (sensores de controle de falhas) associados a manutenção centrada em confiabilidade. A ainda correlacionar esses fatores com a divulgação dos dados em tempo real, tais estudos seriam de grande importância para o setor. Os benefícios desse desenvolvimento tecnológico potencializaram a gestão da manutenção e dos riscos na aeronavegabilidade do setor aéreo, e pode contemplar os mesmos benefícios em vários modais de transporte, modificando o patamar da excelência operacional no transporte de pessoas.

Outro estudo eficiente para a gestão da manutenção no setor ferroviário seria o entendimento sobre as possíveis falhas que ocorrem na gestão e na rotina de atividades, desde o planejamento até a execução da manutenção. Com base nesse trabalho seria possível direcionar melhorias para desafios específicos.

8. Referências Bibliográficas:

ANAC, Relatório de gestão e atividades 2020, Agência Nacional de Aviação Civil. Brasília, DF: ANAC, 2021.

ANT, Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, 2021.

ANTONIOLI , Leticia; MONTIEL , Natasha; COLOMBO, Simone; DAVID, Daniel. Proposta de aplicação do Programa 8s em uma Temakeria no Oeste do Paraná. IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção , [s. l.], 6 dez. 2019.

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. Confiabilidade e manutenibilidade: NBR ISO 5462. Rio de Janeiro, 1994.

BRANCO, F. G. A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

CASTILHO, Thiago Tinfel Fonseca. O PCM-Planejamento e Controle de Manutenção e os Indicadores de Desempenho da Manutenção. 2011.

DENNIS, Pascal. Produção Lean Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 174 p. v. 1. ISBN 978-85-7780-291-3.

FERREIRA, José Luis. Aplicação De Metodologias Lean Em Aeronáutica. Orientador: Professor Doutor José Manuel Lourenço da Saúde. 2011. 142 f. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Aeronáutica (Engenharia Aeronáutica) - UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, Covilhã, 2011

FONSECA, Hugo. Dos desafios da manutenção de aeronaves. 2016. 48 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Aeronáutica) - UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, [S. l.], 2016

GREGÓRIO, Gabriela; SILVEIRA, Aline. Manutenção Industrial. 1. ed. Porto Alegre: Sagah 2018. 180 p. ISBN 978-85-9502-697-1.

JUNIOR, Roberto. Manutenção Em Máquinas Rodoviárias: Um estudo de Caso. Orientador: Gustavo Portela de Deus. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Piauí, 2019.

JUNIOR, Reginaldo; VITAL , Tales. A utilização do benchmarking na elaboração do planejamento estratégico: Uma importante ferramenta para maximização da competitividade organizacional. Revista Brasileira de Gestão de Negócios, [s. l.], 2004.

KHAN F.I., HADDARA M.M. Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. Journal of Loss Prevention in the Process Industries Nº 16 pp. 561–573, 2003

Kinnison, H. A., & Siddiqui, T. (2013). Aviation Maintenance Management. Aviation Maintenance Management, (Second Edition).

LIKER, Jeffrey. O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. 2. ed. atual. Porto Alegre: Bookman, 2007. 306 p. v. 1. ISBN 978-85-7780-137-.

LINDGREN, Paulo. Implementação Do Sistema De Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) Na Embraer. Orientador: Dr. Luís Gonzaga Trabasso. 2001. 179 f. Monografia (Curso de MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) - UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, Taubaté - SP, 2001.

MELO, Luísa. As Empresas Que Mais Geraram Valor Para Seus Públicos No Ano. Portal Exame.com, 2015

MENDONÇA, Eduardo; PAZ, Luiz. A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO DE AERONAVES E A CULTURA DE SEGURANÇA. I Encontro de Trabalhos Científicos das Engenharias Mecânica e Produção Uninorte Laureate, [S. l.], p. 1-16, 21 out. 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, Relatório política nacional de transporte ferroviário de passageiros, 2020. Governo Federal, Brasil.

MORONI, Marco. Serviços De Manutenção Aeronáutica Como Unidade De Negócios: Um Modelo De Gestão Baseado Num Sistema De Indicadores De Desempenho. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, [S. l.], 2003.

MOUTINHO, Bernardo; SANTOS, Igor. GESTÃO À VISTA: CONTEXTO, TEORIA, APLICAÇÃO E ESTUDO DE CASO. 2016. Monografia (Engenheiro de Produção) - Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MURÇA, Vítor. Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção. 2012. 101 f. Dissertação (Bacharel em Engenharia Mecânica) - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA, Lisboa, 2012.

NASCIF, J., DORIGO, L. C. A importância da Gestão na Manutenção ou Como evitar “armadilhas” na Gestão da Manutenção. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Manutenção 2005, revisado 2013

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. Washington, 2000. 356 p

NINA, João. Melhoria da Gestão da Manutenção. Orientador: Doutor Paulo António da Silva Ávila. 2016. 197 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, [S. l.], 2016.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre, RS: Bookman, 1997. xiii, 149 p.

OLIVEIRA, Evanderson Luis et al. INDICADORES DE DESEMPENHO—UM ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA ALIMENTÍCIA. COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS, n. 1, 2013.

OLIVEIRA, Tiago. SISTEMA KANBAN: Estudo de Caso Aplicado em Planejamento e Controle da Manutenção. 2019. Monografia (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, [S. l.], 2019.

PASQUINI, Nilton. Implantação do programa 7S em uma empresa metalúrgica, benefícios e dificuldades. Revista Qualidade Emergente, [s. l.], 2012.

POMBAL, Tomé. Aplicação de metodologias lean na área da manutenção em uma empresa industrial. 2018. 163 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2018.

PROETTI, Sidney. As pesquisas qualitativa e quantitativa como métodos de investigação científica: Um estudo comparativo e objetivo. Revista Lumen-ISSN: 2447-8717, v. 2, n. 4, 2018.

PULZ, Edenilson. Evolução da gestão da manutenção nas indústrias. *Academia Accelerating the world's research*, [s. l.], 2019.

REGINA, Ivan. As funções da Ferrovia no Transporte de Pessoas. Associação Nacional de Transportes Públicos, Porto Alegre, p. 1-10, 3 dez. 2001

ROCHA, Guilherme. Principais Iniciativas Para Aumento Da Segurança Operacional No Transporte Aéreo. Simpósio de aplicações operacionais em áreas de defesa, São José dos Campos, p. 312-316, 28 set. 2010.

RODRIGUES, Marcus. Sistema De Produção Lean Manufacturing: Entendendo, aprendendo e desenvolvendo. 2. ed. Rio de Janeiro: Estúdio Castellani, 2016. 147 p. v. 1. ISBN 978-85-352-8459-1

SANTOS, Alexandre. Gerenciamento da Confiabilidade em Projetos de Material Rodante Ferroviário. 2007. 257 p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [S. l.], 2007.

SANTOS, F., B. Indicadores de desempenho organizacional. In: Portal do administrador, 2014, São Paulo.

SANTOS, Guilherme. Análise Da Segurança De Veículo Ferroviário De Carga Em Tangente Considerando A Excitação Periódica Da Via Permanente. Orientador: Roberto Spinola Barbosa. 2015. 113 f. Tese (Doutor em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVA, Hellen; BARROSO, Ana. ANÁLISE DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO – ESTUDO DE CASO MRS LOGÍSTICA. Universidade Salgado de Oliveira, [S. l.], p. 1-16, 8 jan. 2017.

SILVA, Rodrigo. Construção Predial Lean: Mapeamento da cadeia de valor das estruturas metálicas. Orientador: Cyro Alves Borges. 2005. 213 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE ESTUDUAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, 2005.

SMALLEY, Art. TPM no Coração do Lean. Acessado em, v. 8, 2006.

SOARES, Adeliane. Planejamento e controle da manutenção como alavanca de resultados: implantação em uma indústria de carcinicultura. Orientador: Dr. Herbert Ricardo Garcia Viana. 2019. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, Natal - RN, 2019

SOUZA, José. Alinhamento das Estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e Funções do Planejamento e controle da Produção. Orientador: Rui Francisco M. Marçal. 2008. 83 p. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

VELÁZQUEZ, Daniel; OLIVEIRA , Everton. Esquema conceitual para gerenciamento da manutenção no contexto das tecnologias híbridas de manufatura. Brazilian Technology Symposium, [s. l.], 2018.

VIANA, H. R. G. Fatores de sucesso para a gestão da manutenção de ativos. 1. ed. Rio de Janeiro: Bookstart, 2016.

VIDAL , Victor. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE OFICINAS DE LOCOMOTIVAS. 2006. Monografia (Especialização de Transporte Ferroviário de Carga. Especialização de Transporte Ferroviário de Carga.) - INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA ACADEMIA M.R.S., [S. l.], 2006.

WERKEMA, Cristina. Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2. ed. Rio de Janeiro: C&C Criações e Textos Ltda, 2011. 109 p. v. 4. ISBN 978-85-352- 5385-6.

WIREMAN, T. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. 2. ed. Nova York: Industrial Press, 2005.

WOMACK, J., JONES, D. Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. New York, NY: Simon & Schuster, 1996.

XENUS, H. G. Gerenciando A Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: Editora DG, 1998.

YAMAGUCHI, Carlos. TPM – Manutenção Produtiva Total. Instituto de consultoria e aperfeiçoamento profissional, [s. l.], 2005.

YASUDA, Paula. Planejamento de manutenção de aeronaves em um ambiente de fusão: identificação de método de sucesso. Refas, [s. l.], 2017.