



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS
CURSO DE BACHAREL ENGENHARIA MECÂNICA

Bruno Hiroshi Nakamura Iwata

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA NA MÁQUINA DE SANGRAR FREIO
NUMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA DE DUAS RODAS**

MANAUS

2023

Bruno Hiroshi Nakamura Iwata

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA NA MÁQUINA DE SANGRAR FREIO
NUMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA DE DUAS RODAS**

Trabalho Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas do Campus Manaus Centro como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Paulo Fernando Figueiredo Maciel.

MANAUS

2023

Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro

I96a Iwata, Bruno Hiroshi Nakamura.

Aplicação da ferramenta FMEA na máquina de sangrar freio numa indústria automobilística de duas rodas / Bruno Hiroshi Nakamura Iwata. – Manaus, 2023. 50 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2023.

Orientador: Prof. Me. Paulo Fernando Figueiredo Maciel.

1. Engenharia mecânica. 2. Indústria automobilística. 3. Confiabilidade. I. Maciel, Paulo Fernando Figueiredo. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas IV. Título.

CDD 621



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

ATA Nº 280 / 2023 - CCGEM/CMC (11.01.03.01.16.12.01)

Nº do Protocolo: 23443.011962/2023-85

Manaus-AM, 01 de Agosto de 2023

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia três do mês de julho de dois mil e vinte e três, às 18 horas na Sala da Aula do Laboratório de Ensaios de Materiais do IFAM *Campus* Manaus Centro, o **Bruno Hiroshi Nakamura Iwata** apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora presidida pelo Prof. Me. Paulo Fernando Figueiredo Maciel (orientador), composta pelos demais examinadores: Profa. Ma. Camila da Costa Pinto (avaliadora - IFAM) e Prof. Me. Alberto Luiz Queiroga Fernandes (avaliador - IFAM). A sessão pública de defesa foi aberta pelo Presidente da Banca Examinadora, que fez a apresentação da mesma e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC que tem como título: **APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA NA MÁQUINA DE SANGRAR FREIO NUMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA DE DUAS RODAS**. Na sequência, o acadêmico teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho, e em seguida, cada integrante da Banca Examinadora fez suas arguições. Ouvidas as explicações do acadêmico, os membros da Banca Examinadora, reunidos em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberaram por **APROVAR** e atribuir à **nota 8,9** ao trabalho. Foi divulgado o resultado formalmente ao acadêmico e demais presentes, dando ciência ao mesmo que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o prazo máximo de 15 dias, com as devidas alterações sugeridas pela banca.

Nada mais a tratar, a sessão foi encerrada às (19h 00min), sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo acadêmico.

Prof. Orientador / Presidente: Prof. Me. Paulo Fernando Figueiredo Maciel

Prof. Membro 1: Profa. Ma. Camila da Costa Pinto

Prof. Membro 2: Prof. Me. Alberto Luiz Queiroga Fernandes

Acadêmico: Bruno Hiroshi Nakamura Iwata

(Assinado digitalmente em 15/08/2023 14:43)

ALBERTO LUIZ FERNANDES QUEIROGA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 1164531

(Assinado digitalmente em 02/08/2023 12:24)

CAMILA DA COSTA PINTO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 3268641

(Assinado digitalmente em 03/08/2023 17:42)

PAULO FERNANDO FIGUEIREDO MACIEL
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 3280746

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifam.edu.br/documentos/> informando seu número: **280**, ano: **2023**, tipo: **ATA**, data de emissão: **01/08/2023** e o código de verificação: **3f03df8c3**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família, especialmente aos meus pais, Jose Maria e Maria Elena, e ao meu irmão, Anderson Iwata, pelo apoio incondicional que me proporcionaram ao longo de todo o curso, tornando possível a concretização desse trabalho.

Agradeço imensamente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), e a todos os professores do curso de Engenharia Mecânica, pelos valiosos ensinamentos que me foram concedidos.

Por fim, não poderia deixar de expressar minha gratidão a todos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, participaram da realização deste projeto. Agradeço aos amigos e colegas de turma que compartilharam conhecimentos, experiências e incentivaram meu desenvolvimento. Também sou grato aos profissionais das bibliotecas e laboratórios, cuja ajuda foi fundamental para a realização das pesquisas e experimentos necessários para este estudo. Agradeço aos participantes da pesquisa, que generosamente dedicaram seu tempo e esforço para colaborar com a coleta de dados, tornando possível a análise e os resultados apresentados nesta monografia.

.

“It’s better try something, see it not work and learn from that it than do nothing. In a world that is changing rapidly, the only strategy that will certainly fail is to take no chances.”(Mark Zuckerberg)

RESUMO

Diante do crescimento da competitividade no cenário industrial, é imprescindível a existência da gestão de manutenção para aumento da confiabilidade e disponibilidade dos ativos. Desse modo, a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) sugere uma metodologia estruturada para que a gestão da manutenção seja realizada com foco nas atuações preventivas, para isso este estudo propõe a utilização da ferramenta FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ou, em português, Análise do Modo e Efeitos de Falha numa máquina de sangrar freio de uma indústria automobilística de duas rodas. O objetivo principal deste trabalho é a redução do tempo de falha e aumento do MTBF da respectiva máquina. Para a determinação do maquinário a ser aplicado na ferramenta, foi feito o levantamento de quatro máquinas que possuíram maiores registros de manutenções não planejada no ano de 2021, e dessa forma, foi escolhido a que teve maior impacto. Para este processo, foi preenchido a tabela FMEA com os principais componentes da máquina, indicando a sua função, os principais modos e efeitos de falha, além da classificação do índice de prioridade para cada item, através da mensuração do risco. Em seguida foi revisado o plano de manutenção preventiva existente e feito uma reformulação conforme a análise. Além disso, foi feito a aquisição dos materiais e realizado a troca programada conforme o cronograma estabelecido no trabalho. A execução da metodologia contribuiu para a otimização dos planos de manutenção, além da redução do tempo de falhas corretivas de 70,4% em relação ao período inicial analisado.

Palavras-chave: FMEA, Confiabilidade, MCC, Disponibilidade.

ABSTRACT

Given the growth of competitiveness in the industrial scenario, the existence of maintenance management is essential for increasing asset reliability and availability. Thus, Reliability-Centered Maintenance (RCM) suggests a structured methodology for conducting maintenance management with a focus on preventive actions. Therefore, this study proposes the use of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) tool in a brake bleeding machine of a two-wheeler automotive industry. The main objective of this work is to reduce failure time and increase the Mean Time Between Failures (MTBF) of the respective machine. To determine the machinery to be applied in the tool, a survey was conducted on four machines that had the highest records of unplanned maintenance in the year 2021, and thus, the one with the greatest impact was chosen. For this process, the FMEA table was filled out with the main components of the machine, indicating their function, the main failure modes and effects, as well as the classification of the priority index for each item, through risk assessment. Subsequently, the existing preventive maintenance plan was reviewed and reformulated based on the analysis. Additionally, the necessary materials were acquired and scheduled replacements were carried out according to the established work schedule. The implementation of the methodology contributed to the optimization of maintenance plans, as well as a 70.4% reduction in corrective failure time compared to the initial analyzed period.

Keywords: FMEA, Reliability, MCC, Availability.

1 LISTA DE FIGURAS

Figura 1: custo de manutenção x quantidade perdida.....	34
Figura 2: sequência da Metodologia adotada neste trabalho.....	45
Figura 3: diagrama de blocos funcionais.....	48
Figura 4: lista de estoque.....	60

2 LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: tempo de parada por máquina 2021.....	46
Gráfico 2: tempo de parada por componente da máquina de sangrar 2021.....	46
Gráfico 3: MTBF da Máquina de Sangrar Freio 2021.....	47
Gráfico 4: tempo de parada por máquina 2022.....	56
Gráfico 5: tempo de parada da Máquina de Sangrar Freio 2021 x 2022.....	57
Gráfico 6: MTBF da Máquina de Sangrar Freio 2022.....	57
Gráfico 7: tempo de parada por componente da máquina de sangrar 2022.....	58

3 LISTA DE TABELAS

Tabela 1: vantagens da indústria 4.0 em relação ao modelo atual.....	32
Tabela 2: índice de severidade.....	42
Tabela 3: índice de ocorrência.....	43
Tabela 4: índice de detecção.....	44
Tabela 5: descrição dos conjuntos.....	49
Tabela 6: análise do modo e seus efeitos.....	50
Tabela 7: índice de prioridade.....	51
Tabela 8: plano de preventiva existente.....	52
Tabela 9: ações do FMEA.....	53
Tabela 10: cronograma de troca de peças do FMEA.....	55
Tabela 11: descrição de falhas da Máquina de Sangrar Freio 2022.....	59

4 LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MCC Manutenção Centrada na Confiabilidade

MTBF *Mean Time Between Failures* (Tempo Medio entre falhas)

MTTR *Mean Time to Repair* (Tempo Medio para Reparo)

FMEA *Failure Mode and Effects Analysis* (Análise de modo e efeito de falha)

RPN *Risk Priority Number*

PCP Planejamento de controle de produção

PCM Planejamento e Controle de Manutenção

PDCA *Plan Do Check Action* (Plano Fazer Checar Ação)

OEE (Overall Equipment Effectiveness)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
2 REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO	31
2.1.1 <i>Gestão da manutenção preventiva.....</i>	<i>32</i>
2.1.2 <i>Planos de manutenção.....</i>	<i>33</i>
2.1.3 <i>Peças de reposição</i>	<i>33</i>
2.1.4 <i>Gestão do estoque da manutenção</i>	<i>34</i>
2.1.5 <i>Classificação de estoques.....</i>	<i>35</i>
2.1.6 <i>Controle de estoque de manutenção.....</i>	<i>36</i>
2.2 INDICADORES DE MANUTENÇÃO	37
2.2.1 <i>Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)</i>	<i>37</i>
2.2.2 <i>Tempo Médio de Reparo (MTTR).....</i>	<i>37</i>
2.3 MANTENABILIDADE E DISPONIBILIDADE	38
2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	38
2.4.1 <i>Pareto</i>	<i>39</i>
2.4.2 <i>Brainstorming.....</i>	<i>39</i>
2.5 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC).....	39
2.6 FMEA..	40
2.6.1 <i>Tipos de FMEA.....</i>	<i>41</i>
2.6.2 <i>Estrutura do FMEA</i>	<i>41</i>
2.7 PROCESSO DE SANGRAMENTO DE FREIO	45
3 METODOLOGIA.....	46
3.1 DEFINIÇÃO DA MÁQUINA A SER ANALISADO	47
3.2 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA E COMPONENTES	48
3.3 PREENCHIMENTO DO FMEA.....	49
3.3.1 <i>Preenchimento dos conjuntos com sua função</i>	<i>49</i>
3.3.2 <i>Análise do modo e seus efeitos</i>	<i>51</i>

3.4 DEFINIÇÃO DO GRAU DE PRIORIDADE	52
3.5 DEFINIÇÃO DO CONTROLE DE DETECÇÃO E CONTROLE DE PREVENÇÃO	53
4 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	57
4.1 GRÁFICOS E TABELAS	57
4.2 PLANO DE MANUTENÇÃO E CONTROLE DE ESTOQUE	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	63

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre a aplicação da ferramenta FMEA na máquina de sangrar freio numa indústria automobilística de duas rodas localizada no polo industrial de Manaus. O tema abordado visa a redução da probabilidade de ocorrência de modos potenciais de falhas bem como a melhoria da confiabilidade, manutenibilidade e durabilidade desta máquina. Envolvendo levantamento de peças críticas através dos manuais de máquinas, de forma que, em situação de quebra de peças (pneumático, mecânico, elétrico) seja garantida através de controles, a disponibilização de peças de reposição críticas de forma a potencializar o atendimento à máquina e diminuição do tempo de parada de máquina. Além da gestão de manutenção preventiva de forma a assegurar a execuções adequada dos serviços preventivos, diminuindo paradas não planejadas de maquinário e potencializando o andamento ideal do processo produtivo.

O presente estudo limitou-se ao levantamento de dados compreendidos pelos indicadores de desempenho relacionados à produtividade a uma máquina da produção do setor de montagem automobilística de duas rodas, utilizando a base histórica compreendida entre os meses de janeiro de 2021 a dezembro de 2022. Foram utilizados os dados de tempo de parada de máquina em minutos e o indicador MTTR (Mean Time to Repair).

A relevância desse estudo, foi pela necessidade das empresas adotarem a cultura que impulsiona constantemente, procurando o aprimoramento da manutenção autônoma, potencialização do atendimento a máquinas e a utilização de controles que, apesar do cenário atual, ainda é pouco aplicado nas empresas industriais.

Ao unir a teoria e a prática, o trabalho acadêmico promove uma consolidação efetiva do saber, permitindo aos estudantes expandir e aprimorar seu entendimento nessa área específica. Desse modo, o trabalho acadêmico se torna um meio essencial para aprofundar e aplicar o conhecimento teórico em um contexto real, contribuindo significativamente para a formação acadêmica dos estudantes.

O objetivo geral deste trabalho é aplicar a ferramenta FMEA com o intuito de identificar os principais modos de falhas dos componentes da máquina de sangrar freio e sugerir ações para mitigar essas falhas, desta forma, reduzindo tempo de *downtime* da máquina. Para isso, foram traçados os seguintes objetivos específicos: análise do histórico de falhas da máquina; análise do modo e efeito de falha dos componentes; revisão dos planos de preventiva existentes; determinar controles de detecção e controles de prevenção; análise dos dados após aplicação da ferramenta.

Branco Filho (2008) destaca que o controle e prevenção das falhas de manutenção, além de trazer bons resultados de confiabilidade e disponibilidade de ativos, impulsionaram as inovações de controle, medição e análise, principalmente após o avanço tecnológico ocorrido na década de 60.

Dentro desse contexto focado no planejamento e controle de manutenção, surgem duas abordagens fundamentais: a manutenção preditiva e o planejamento e controle de manutenção. O trabalho em questão é caracterizado como uma metodologia investigativa que envolve um estudo de campo, utilizando ferramentas e técnicas de resolução de problemas para aplicação prática. Essa abordagem é respaldada por uma base teórica sólida e inclui a comparação dos dados antes e depois da implementação do plano de ação. O processo segue uma série de etapas bem definidas, começando pela análise da situação atual, seguida pela identificação das causas dos problemas, o estudo das soluções propostas, a implementação das medidas e, por fim, a avaliação dos resultados obtidos.

Como resultado pôde-se obter diminuição de **70,4% de parada de máquina**.

A estrutura do trabalho segue uma organização por capítulos, onde cada etapa é descrita em sequência. No capítulo 2, são apresentadas as bases de referência relacionadas à gestão da manutenção. Nessa seção, são abordados os modelos de melhoria do processo produtivo, estratégias para redução de falhas e perdas ligadas à manutenção, bem como as ferramentas que podem auxiliar na resolução dos problemas identificados. No capítulo 3, é desenvolvida a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos no trabalho. No capítulo 4, ocorre o monitoramento dos resultados, que são quantificados e comparados com os resultados anteriores. Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais, juntamente com sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A realização do estudo da base teórica desempenha um papel fundamental na busca pela solução do problema em questão. Nesse sentido, serão analisados e estudados os modelos de melhoria de eficiência produtiva, bem como as estratégias para redução de falhas e perdas no processo produtivo. Além disso, será feito um levantamento das ferramentas disponíveis que poderão auxiliar na resolução dos problemas identificados. Essa abordagem teórica se configura como um ponto de partida essencial, fornecendo o embasamento necessário para o desenvolvimento de estratégias e soluções práticas. Dessa forma, o estudo da base teórica assume um papel primordial ao fornecer os fundamentos indispensáveis para a compreensão e abordagem do problema em questão.

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

As indústrias buscam continuamente a modernização e aperfeiçoamento de sua gestão, com o objetivo de aumentar sua produtividade e reduzir os custos envolvidos no processo, tendo a manutenção como influenciadora direta, assim como afirma Lima (2019) “uma vez que garantindo que a manutenção é efetuada de uma forma eficiente, isso significa que um dado equipamento ou sistema terá uma maior disponibilidade produtiva, levando a que a organização atinja melhores resultados”. O plano de manutenção adotado pela empresa vai garantir o sucesso da confecção e finalização de seu produto.

Em um mundo cada vez mais globalizado e competitivo, onde os consumidores estão sempre em busca de produtos de alta qualidade a preços baixos, as indústrias tiveram que ajustar seus processos produtivos para atender a demanda global ao longo dos anos para se adequar ao atual cenário histórico, neste cenário, criou-se o Planejamento de Controle de Manutenção (PCM), com a finalidade de proporcionar aos maquinários e sistemas industriais ferramentas e procedimentos de gestão visando a análise e solução de problemas em ambiente fabril (CAMPOS, 2020).

Filho (2008) caracteriza o PCM como "conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e da missão da empresa usando os meios disponíveis.". Campos (2020) propõe que o PCM tem por responsabilidade definir a periodicidade dos planos de manutenção bem como os procedimentos existentes nas OS's (Ordens de serviços) a serem verificados pelos técnicos de campo durante a realização do

serviço, é importante que o setor opere em alinhamento com a gerência e a disponibilidade do setor de PCP (Planejamento de controle de produção) na criação e revisão da programação das manutenções, visando sempre a menor perda de produtividade por conta de tempo de máquina parada.

Campos (2020) acrescentam que “o PCM fortalece o ciclo de gerenciamento da manutenção em uma organização”, em que as informações cotidianas presentes nas O.S. com relação a máquina, tempo de execução, componente defeituoso, sintoma apresentado, causa do defeito, serviço realizado e técnico responsável, serão levantadas e trabalhadas pelo setor com o intuito de aperfeiçoar a gestão na empresa. “Gestão de manutenção tem como estratégia estabelecer novos padrões, mudar os já existentes e cumpri-los, dentro deste contexto as atividades padronizadas de manutenção tende a buscar sempre a excelência das empresas” (CAMPOS,2020).

2.1.1 Gestão da manutenção preventiva

De acordo com Silva (2016) “objetivo da manutenção é prevenir todas as perdas causadas por problemas nos equipamentos.” e complementa dizendo que “A equipe de manutenção devem assegurar que todos os equipamentos estejam em boas condições de operação.”, a parada para uma manutenção de qualidade deve proceder no menor tempo possível por técnicos qualificados que disponham das ferramentas adequadas para a execução de serviço.

O item 2.8 da NBR 5462/1994 define os termos relacionados com a confiabilidade e manutenibilidade, classificando os tipos de manutenção empregado, o item 2.8.7 define Manutenção Preventiva como: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.”.

Silva (2018) afirma que “a manutenção industrial tem avançado na aplicação de ferramentas de gestão de suas operações.”, os gestores e demais envolvidos com o PCM da empresa coletam, armazenam e trabalham em cima de dados levantados nas Ordens de Serviço e desenvolvem eventuais diagnósticos que visam melhorar a produtividade. Silva (2018) salienta que “A indústria 4.0 projeta a manutenção preditiva como elemento de fundamental importância nesta mudança de paradigma.”, em que o maquinário e os demais sistemas fabris terão inteligência capaz de expor em tempo real sua eficiência e necessidades de manutenção para seus gestores. A tabela 1 contém um comparativo entre a indústria vigente e a projeção da 4.0 em resumo (SILVA,2018).

Tabela 1: vantagens da indústria 4.0 em relação ao modelo atual.

INDÚSTRIA 3.0	INDÚSTRIA 4.0	VANTAGENS
ESTOQUE CHEIO	ESTOQUE DINÂMICOS	REDUÇÃO DE CUSTOS
MANUTENÇÃO PREVENTIVAS E CORRETIVAS	MANUTENÇÃO PREDITIVAS	REDUÇÃO DE CUSTOS, REDUÇÃO DE ERROS
OPERÁRIO E MÁQUINA	MÁQUINA INTELIGENTE	AUMENTO DE SEGURANÇA, REDUÇÃO DE ERROS
USINAGEM	IMPRESSÃO 3D	REDUÇÃO DE CUSTOS
COMUNICAÇÃO DE DADOS VIA REDE / CABOS	BIG DATA	SEGURANÇA, TRANSPARÊNCIA NOS NEGÓCIOS
MÃO DE OBRA	INTELIGÊNCIA	QUALIFICAÇÃO

Fonte: SILVA, 2018

2.1.2 Planos de manutenção

A elaboração de planos de manutenção baseados em análises quantitativas é essencial para a compreensão do tipo e do intervalo de manutenção mais adequado ao comportamento da taxa de falhas de cada equipamento, permitindo assim, formular a melhor estratégia de manutenção para cada equipamento, evitando a execução de atividades desnecessárias ou ineficazes de manutenção (MENDES; RIBEIRO, 2014; SANTOS; SELKITTO, 2016).

2.1.3 Peças de reposição

Os produtos da manutenção são denominados de “peças de reposição”, e existem para servir as operações de manutenção e substituição de itens (Wang, 2012).

Segundo Campos e Rezende (2013) tais peças podem ser classificadas em dois tipos distintos:

Itens reparáveis são aqueles que podem ser recuperados tanto em termos técnicos quanto econômicos. São itens que sofreram algum tipo de degradação que os tornou inativos para uso, porém podem ser reparados para restaurar sua funcionalidade, permitindo sua reutilização nos equipamentos. Por outro lado, itens não-reparáveis (consumíveis descartáveis) são novos e, após serem utilizados e degradados, perdem sua funcionalidade e não podem ser recuperados ou reutilizados nos equipamentos (Rezende, 2013).

2.1.4 *Gestão do estoque da manutenção*

Estoque é sinônimo de gastos. Portanto, sob o aspecto econômico, o seu gerenciamento merece um cuidado especial, ensejando-se a interpretação de que o estoque é um passivo que deve ser reduzido e, se possível, eliminado, os estoques constituem um ativo da firma e, como tal, comparecem em valor monetário no balanço da empresa, do ponto de vista financeiro, os estoques representam um investimento de capital e devem, por conseguinte, competir com os demais ativos da firma (Stockton, 1976).

Se a demanda for previsível não é necessário manter estoques, isto é, quanto mais precisa for à previsão de demanda, mais simples de controlar os estoques, no entanto, como praticamente não existe previsão de demanda exata, as empresas utilizam estoques para reduzir os efeitos causados pelas variações de oferta e procura (Ballou, 2006).

Quanto ao gestor de estoques, é aquele que está em incessante busca de soluções para os problemas e dificuldades do seu cotidiano que são crescentes, a importância atribuída à gestão de estoques é fundamental para a redução e o controle dos custos totais e melhoria do nível de serviço prestado pela empresa é crescente (Wanke, 2006).

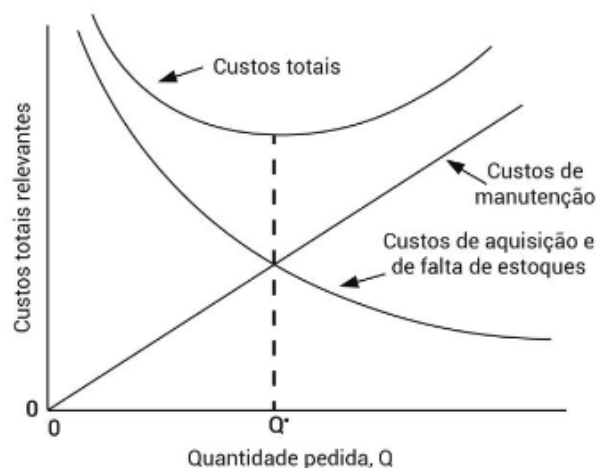
A função primordial do estoque é garantir um nível mínimo de disponibilidade de produtos e serviços, visando satisfazer prontamente as necessidades de consumo dos clientes. A habilidade de suprir as demandas do público-alvo não só mantém as vendas, mas também estimula o crescimento das mesmas (BALLOU, 2004).

Existem três custos principais relacionados ao estoque: (i) custos de aquisição; (ii) custos de manutenção; e (iii) custos de escassez. Esses custos são importantes, pois determinam a quantidade ideal de um produto a ser solicitado e armazenado, visando minimizar os gastos (Ballou, 2006).

No que diz respeito aos custos de manutenção, eles aumentam de forma inversamente proporcional à soma dos custos de aquisição e de falta de estoque. Isso resulta em um ponto de interseção, denotado por "Q", no gráfico que representa esses custos. Esse ponto determina a quantidade ideal de reposição de um produto no estoque, ou seja, a quantidade que minimiza o custo total associado a um determinado item (Ballou, 2006).

Nesse sentido, a soma de todos esses custos determina o custo total de um produto no estoque. A Figura 1 ilustra essa compensação e a soma desses custos.

Figura 1: custo de manutenção x quantidade perdida



Fonte: Ballou 2006

2.1.5 Classificação de estoques

Com base no método de criação dos estoques, é possível classificá-los em quatro tipos, mesmo que não sejam fisicamente distinguíveis posteriormente. No entanto, é crucial compreender essas diferenças para viabilizar um eventual diagnóstico e a implementação de medidas de redução de estoque (Closs, 2001).

Em relação à forma como são criados, os estoques podem ser classificados em quatro tipos: estoque cíclico, estoque de segurança, estoque de antecipação e estoque em trânsito. O estoque cíclico refere-se à porção do estoque total que varia proporcionalmente ao tamanho do lote de compra ou produção. Para determinar o tamanho do lote de compra (Q), é necessário estabelecer a frequência e quantidade de pedidos, levando em consideração dois princípios importantes. Primeiro, há uma relação direta entre o tamanho do lote e o tempo decorrido entre dois pedidos: um lote deve atender à demanda equivalente do mesmo período. Segundo, quanto maior o intervalo entre os pedidos de um determinado item, maior será o estoque cíclico correspondente (Fiorioli, 2002).

O estoque de segurança refere-se à parte do estoque destinada a proteger a empresa contra incertezas relacionadas à demanda, ao tempo de espera ($L = \text{lead time}$) e ao fornecimento. Em termos de qualidade, o estoque de segurança visa evitar a falta de atendimento aos clientes e os custos decorrentes da escassez de fornecimento. Além disso, garante que as operações industriais não sejam interrompidas em caso de ruptura de estoque. O estoque de segurança é calculado como a diferença entre o consumo durante o período

antecipado e o número de períodos correspondentes ao lead time de entrega do fornecedor (RITZAMN, 2004).

O estoque de antecipação, também conhecido como estoque de especulação, consiste em uma porção de estoque criada para mitigar o fluxo irregular de demanda ou fornecimento. Nesse tipo de estoque, os fabricantes de produtos sazonais, como por exemplo, aparelhos de ar-condicionado, acumulam produtos previamente durante períodos de demanda reduzida. Isso é feito para evitar aumentos abruptos na produção durante os picos de demanda. O nivelamento da taxa de produção por meio do estoque contribui para aumentar a produtividade, uma vez que flutuações na capacidade produtiva podem acarretar custos mais elevados (FIORIO, 2002).

O estoque em trânsito, também conhecido como estoque em movimento, refere-se à porção do estoque que está sendo transportada de um ponto a outro na cadeia de suprimentos. Trata-se dos pedidos que foram colocados, mas ainda não foram recebidos. Esse tipo de estoque pode ser medido como a demanda média durante o tempo de espera (lead time), que é calculada multiplicando a demanda média por período (d) pelo número de períodos no lead time do item em questão (BOWERSOX, 1999).

2.1.6 *Controle de estoque de manutenção*

Gerenciar estoques é equilibrar a disponibilidade dos produtos com os custos de abastecimento necessários para um determinado grau de disponibilidade, ainda, segundo o autor, a cúpula administrativa costuma ter maior interesse pelo investimento total em estoques e em níveis de serviços para mais grupos de itens do que pelo controle separado de itens, desta maneira, os métodos capazes de controlar grupos de itens coletivamente ganham espaço entre os procedimentos de controle de estoque (Ballou, 2006).

No ponto de vista prático, os sistemas de controle de estoques processam dados que refletem mudanças nos itens em estoque, após o processamento dos dados dos pedidos realizados pelos clientes, o sistema de controle de estoques registra as alterações nos níveis de estoques e prepara os documentos de expedição (O'Brien, 2004).

Manter um fluxo eficiente de entrada, estocagem e consumo de materiais é algo básico para se obter um controle de estoque, acompanhar a evolução dos consumos e insumos de materiais por classe, por grupos e por itens específicos para identificar os materiais que sofreram maior oscilação de consumo faz parte de outro controle importante, na visão dos autores (Bertó, 2001).

2.2 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Para um sistema de controle da manutenção ser eficiente e eficaz, tornam-se necessárias informações de desempenho do mesmo sob a forma de relações ou índices, tais indicadores deverão ser utilizados para indicar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas que estão causando resultados indesejáveis (Pinto, 2002).

Dessa forma, os indicadores de manutenção servem como tradução do comportamento dos equipamentos e sistemas de produção frente ações de manutenção, alguns desses indicadores são apresentados a seguir, estes relacionam os tempos de máquina funcionando entre intervenções, o número de intervenções e também o tempo para reparo (Pinto, 2002).

2.2.1 *Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)*

O Tempo Médio Entre Falhas (Mean Time Between Failures - MTBF) reflete a frequência de intervenções no equipamento durante determinado tempo específico (MARTINS, 2012).

O cálculo do MTBF se dá pela diferença entre o tempo total de produção e o tempo de parada de máquina dividido pelo número de ocorrência de falha, a equação 1 apresenta o cálculo do MTBF.

$$MTBF = \frac{T-F}{n} \quad (1)$$

Onde, T = Tempo total de produção

F = Tempo total de falha

n = número de ocorrência de falha

2.2.2 *Tempo Médio de Reparo (MTTR)*

O Tempo Médio Para Reparo (Mean Time To Repair - MTTR) reflete o tempo médio em que o equipamento deixa de operar devido à uma ação relacionada à manutenção, a Equação 2 apresenta a forma de cálculo do MTTR (MARTINS, 2012)..

$$MTTR = \frac{T_{man}}{n} \quad (2)$$

Onde, T_{man} = Tempo total de parada devido à falha de manutenção

n = número de ocorrência de falha

2.3 MANTENABILIDADE E DISPONIBILIDADE

A manutenibilidade é definida pela Norma Brasileira Registrada (NBR) 5642, (1994) como: “Capacidade de um item ser mantido ou recolocado no estado no qual pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos”.

O propósito de se estudar a manutenibilidade de equipamentos é o de reduzir o tempo em que este se encontra fora de operação, dessa forma, a melhoria da manutenibilidade deve ser alvo de todos os setores da organização, pois atinge diretamente o sistema de produção (KARDEC; NASCIF, 2001).

A disponibilidade $A_v(t)$ é a probabilidade de que um equipamento esteja disponível no momento em que for requisitado para operar. A disponibilidade aumenta quando aumenta o intervalo entre falhas e aumenta quando diminui o tempo até o reparo. É possível demonstrar que a disponibilidade $A_v(t)$ depende do tempo médio entre falhas e do tempo médio até o reparo (RAUSAND e HOYLAND, 2004). Esta dependência é representada pela equação 1.

$$A_v(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Segundo Miguel (2006), apud Junior (2010, p. 107) “as ferramentas da Qualidade são frequentemente usadas como suporte ao desenvolvimento da qualidade ou ao apoio à decisão na análise de determinado problema”.

Os objetivos das ferramentas da qualidade são: facilitar a visualização e entendimento dos problemas, sintetizar o conhecimento e as conclusões, desenvolver a criatividade, permitir o conhecimento do processo, fornecer elementos para o monitoramento dos processos (Falconi, 2009).

As espécies de ferramentas da qualidade são carta de controle, carta de tendência, diagrama de causa e efeito (diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe), diagrama de dispersão, diagrama de Pareto, fluxograma, histograma, brainstorming, 5S, ciclo PDCA e folha de verificação (Maligieri, 2018).

2.4.1 *Pareto*

O diagrama de Pareto tem como objetivo destacar a importância de todas as condições relacionadas a um problema específico, a fim de determinar o ponto de partida para sua solução. Ele auxilia na identificação da causa raiz do problema e permite monitorar o progresso e sucesso das ações tomadas.

Segundo Ballesterio-Alvarez (2010), apud Bezerra e Tinoco (2019, p.9) “Seu objetivo principal é detectar quais problemas são fundamentais e separá-los dos mais comuns”.

A elaboração de uma análise de Pareto segue as seguintes fases: identificação do problema: definir qual o problema que será abordado, quais os dados que serão coletados e como será feita a coleta, estratificação: buscaras diferentes causas que contribuem para o aparecimento do problema, coleta de dados: registrará frequência de cada uma das causas levantadas, priorização: construir gráfico de Pareto (causas X frequência), este gráfico representará as causas que mais contribuem para o problema e que devem ser priorizadas, desdobramento: as causas priorizadas: podem ser novamente desdobradas pela mesma metodologia conforme a necessidade de uma análise mais apurada. Este processo pode ser repetido inúmeras vezes, estabelecimento de metas: com os dados da análise definem-se metas para a resolução dos problemas atacando-se sempre as causas priorizadas em cada desdobramento.

2.4.2 *Brainstorming*

O Brainstorming significa “tempestade de ideias”, onde todos os envolvidos com o processo podem participar da geração de ideias, sua principal vantagem é que aqueles que estão diretamente ligados ao processo e que conhecem na prática o problema em questão participam expondo suas ideias, ao final, é feito um levantamento e reflexão de todas as ideias ouvidas para um consenso decisivo (Ballesterio-Alvarez, 2010).

2.5 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é um programa que combina técnicas de engenharia em uma abordagem sistemática a fim de garantir que os equipamentos fabris mantenham suas funções originais (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). Para Hansen (2006), a MCC desenvolve estratégias de manutenção que combinam princípios de disponibilidade dos equipamentos, confiabilidade, qualidade do produto, segurança e meio

ambiente. Através destes princípios, a MCC busca desenvolver um programa ótimo de manutenção (BLOOM, 2006).

Segundo Rausand (1998), a MCC possibilita a redução de custos de manutenção por meio da priorização das funções mais importantes do sistema, agregando atividades de manutenção estritamente necessárias para a continuidade destas funções e evitando ou removendo ações de manutenção desnecessárias.

Há diversas ferramentas de confiabilidade que podem ser utilizadas para auxiliar o desenvolvimento da MCC. Com base em Schmitt (2013) e Souza (2008), dentre as principais ferramentas, pode-se citar a FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falhas), FTA (Análise da Árvore de Falhas), RCA (Análise de Causa Raiz da Falha) e DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e controlar).

Neste trabalho foi utilizada a ferramenta FMEA que é a base de trabalho da MCC, onde se definem as funções e padrões de desempenho dos equipamentos, seus modos de falha, as causas e consequências dessas falhas e, conseqüentemente, a criticidade da falha para a linha de produção e o tipo de manutenção recomendada - preventiva, corretiva, preditiva ou rodar até a falha (BLOOM, 2006; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

2.6 FMEA

FMEA “Failure Mode and Effect Analysis” (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) é um método indutivo que permite analisar para cada componente de um sistema de uma forma sistemática os vários modos de falha que poderão ocorrer, as suas causas e os seus efeitos no funcionamento e segurança do sistema (Sobral & Abreu, 2013). Este método também pode ser definido como uma técnica de engenharia usada para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas e/ou potenciais, problemas e erros de um sistema, projeto, processo e/ou serviço, antes que chegue ao consumidor (Stamatis, 2003).

De um modo geral uma FMEA é uma ferramenta preventiva (e corretiva) que visa avaliar um projeto de um produto ou um processo, de forma a identificar onde e como ele pode falhar por meio de análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, a aplicação desta metodologia traz os seguintes benefícios, quando aplicada corretamente: minimizar ou eliminar a ocorrência de falhas, aumentar a viabilidade do sistema, calcular e avaliar os riscos para cada falha considerando diferentes critérios e atribuindo uma prioridade para a sua solução, permitir modificar e melhorar significativamente qualquer processo ou projeto, permitir identificar necessidades de desenvolvimento ou mudanças, os custos de prevenir as falhas são muito menores do que os custos de resolver falhas após estas terem ocorrido, reduzir custos

(considerando também os custos de garantia de um produto) e tempos desnecessários, maximizando eficiência, fonte de dados rastreáveis para manutenção e auditorias, permitir utilizar falhas identificadas como referências na fase de desenvolvimento de novos produtos, processos ou serviços, reduzindo assim tempo, custos, maximizando a sua viabilidade, ferramenta integrada na filosofia de Gestão Lean, diminuindo desperdícios e operações que não adicionam valor, maior competitividade e melhor imagem da empresa, documentação de melhorias e ações corretivas implementadas (muito usado na indústria automóvel e aeroespacial), serve como base para o desenvolvimento de um novo produto ou processo (Rizzi 2017).

2.6.1 Tipos de FMEA

Segundo Stamatis (2003), o FMEA pode ser dividido em quatro principais tipos:

FMEA de sistema – é empregado na análise de sistemas e subsistemas durante o processo de conceito e de desenvolvimento de um novo produto, o foco preponderante de um FMEA de sistema é identificar os modos de falhas potenciais, causados por deficiências do sistema, ou das funções do sistema, nas análises realizadas para este tipo de FMEA são incluídas interações entre sistemas e entre subsistemas de um sistema (Stamatis, 2003);

FMEA de produto ou de projeto – é empregado na análise de um produto antes que seja autorizada a sua manufatura, o FMEA de produto enfoca os modos potenciais de falha causados pelas deficiências do produto (Stamatis, 2003);

FMEA de processo – é empregado na análise de processos de fabricação e/ou montagem, um FMEA de processo direciona seu foco nos modos de falha causados por deficiências nas etapas de planejamento e execução dos processos de fabricação ou montagem (Stamatis, 2003);

FMEA de serviço – é empregado na análise de serviços antes que estes atinjam o consumidor, um FMEA de serviço foca em modos de falha (tarefas, erros ou enganos) causados por deficiências no sistema ou nos processos (Stamatis, 2003).

2.6.2 Estrutura do FMEA

Segundo Siqueira (2012) são considerados os seguintes aspectos do componente para a construção da tabela FMEA:

O que o usuário deseja que o item ou sistema faça dentro de um padrão de performance especificado (Siqueira, 2012);

Falha: interrupção ou alteração da capacidade do item em desempenhar sua função esperada (Siqueira, 2012);

Modo de falha: um evento ou condição física que causa uma falha funcional (Siqueira, 2012);

Efeitos provocados pelas falhas: o que acontece quando um modo de falha se apresenta (Siqueira, 2012);

Grau de risco dos efeitos percebidos (Siqueira, 2012);

Para a priorização das atividades do FMEA são consideradas três classificações, sendo elas a severidade (S), a ocorrência (O) e detecção (D). O índice de risco (RPN) é dado pela multiplicação das três classificações.

Trata-se de uma medida de risco do projeto/produto ou processo consoante a metodologia utilizada. Este número deve ser usado para priorizar as falhas do projeto (ex: Diagrama de Pareto), o RPN varia entre 1 e 1000, para RPN altos a equipe deve concentrar esforços de modo a reduzir o risco calculado através de ações corretivas, de modo geral, deveria ser dada atenção especial quando a severidade é alta, independentemente do RPN resultante (Moura, 2000).

$$\text{RPN} = \text{severidade (S)} \times \text{ocorrência (O)} \times \text{detecção (D)}$$

A seguir será descrito as classificações utilizadas para determinar o índice de prioridade para cada componente, sendo o primeiro a severidade.

A severidade é vista como a consequência do efeito potencial dos modos de falha identificados (LUI, 2016). Na Tabela 2 abaixo é listado o índice de severidade.

Tabela 2: índice de severidade

SEVERIDADE		
Efeito	Critério: severidade do efeito	Nota
Perigoso sem aviso	<i>Pode por em risco máquina ou operador. Alta severidade que afeta segurança do veículo ou legislação. Falha ocorre sem aviso/sinal.</i>	10
Perigoso com aviso	<i>Pode por em risco máquina ou operador. Alta severidade que afeta segurança do veículo ou legislação. Falha ocorre com aviso/sinal.</i>	9
Muito alto	<i>Grande interrupção da linha de produção. Possibilidade de 100% do produto ser refogado. Veículo/item sem operação. Perda da função primária. Cliente muito insatisfeito.</i>	8
Alto	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Produção terá que ser inspecionada e parte (menos de 100% do produto) ser refogada. Veículo/item em operação mas com desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.</i>	7
Moderado	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Parte da produção (menos de 100% do produto) pode ser refogada. Veículo/item em operação mas com algum item de conforto/conveniência inoperante. Cliente experimenta desconforto.</i>	6
Baixo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Possibilidade de 100% do produto ser retrabalhado. Veículo/item em operação mas com algum item de conforto/conveniência em operação mas com desempenho reduzido. Cliente experimenta alguma insatisfação.</i>	5
Muito baixo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Produção terá que ser inspecionada e parte (menos de 100% do produto) ser retrabalhado. Itens de acabamento não em conformidade. Defeito percebido pela maioria dos clientes.</i>	4
Mínimo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Parte da produção deverá ser retrabalhada na linha mas fora da estação de trabalho. Itens de acabamento não em conformidade. Defeito percebido pelo cliente mediano.</i>	3
Muito mínimo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Parte da produção deverá ser retrabalhada na estação de trabalho. Itens de acabamento não em conformidade. Defeito percebido pelo cliente mais detalhista.</i>	2
Nenhum	<i>Nenhum efeito.</i>	1

Fonte: (elaborado pelos autores)

Para esse índice a nota varia de 1 a 10, onde o número 1 representa uma ocorrência que não causa nenhum efeito para o processo, ou seja, não gerado nenhum problema ao ponto de ocasionar parada de máquina. Já a nota máxima, representada pelo número 10, ocasiona um perigo sem aviso ou sinal, sendo um problema que pode ocasionar risco ao operador ou ao funcionamento da máquina. Para a atribuição das notas no FMEA foi considerado o histórico de falhas e o conhecimento técnico da máquina.

A ocorrência é o fator que define a frequência com que os modos de falha ocorrem, levando em consideração os controles de prevenção já existentes (LIU, 2016). Na Tabela 3 abaixo é listado o índice de ocorrência.

Tabela 3: índice de ocorrência

OCORRÊNCIA			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota: falha é improvável. Nunca houve falha com processos quase idênticos	menor que 1 em 1.500.000	1,67
2	Muito baixa: apenas casos isolados de falhas	1 em 150.000	1,5
3	Pequena: apenas casos isolados de falhas	1 em 15.000	1,33
4	Moderada: geralmente associada a processos similares que apresentam falhas ocasionais	1 em 2.000	1,17
5		1 em 400	1,0
6		1 em 80	0,83
7	Alta: geralmente associada a processos similares que apresentam falhas frequentes.	1 em 20	0,67
8		1 em 8	0,51
9	Muito alta: falha é quase inevitável.	1 em 3	0,33
10		1 em 2	<0,33

Fonte: (elaborado pelos autores)

Para o índice acima a nota varia de 1 a 10, onde a nota 1 é dado para ocorrências remotas, que são falhas improváveis ou que nunca foram presenciadas pelo histórico. Já a nota 10, é considerado para falhas de alta frequência. Conforme a planilha do indicador da manutenção da frequência de repetições de falhas, foi definido internamente pelo time o índice para cada item.

A detecção indica a probabilidade de se detectar o modo de falha, levando em consideração a capacidade dos controles existentes em identificar a falha (LUI, 2016). Na Tabela 4 abaixo é listado o índice de probabilidade que varia de 1 a 10.

Tabela 4: índice de detecção

DETECÇÃO		
Índice	Deteção	Critério
1	Muito grande	Certamente será detectado.
2		
3		
4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado.
5		
6		
7	Moderada	Provavelmente será detectado.
8		
9		
10	Pequena	Provavelmente não será detectado.
	Muito pequena	Certamente não será detectado.

Fonte: (elaborado pelos autores)

2.7 PROCESSO DE SANGRAMENTO DE FREIO

Durante a produção de um automóvel, vários fluidos, como fluido de direção, fluido de freio, refrigerante de radiador, são necessários para a operação de um automóvel, são colocados no veículo por meio de um processo específico. Eventuais problemas como vazamentos nos sistemas de fluidos devem ser identificados durante o processo de abastecimento e as devidas correções devem ser feitas no automóvel antes que ele siga para a linha de produção. O processo de enchimento do fluido consiste na etapa de aspiração seguida da etapa de enchimento. (Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU), 2019).

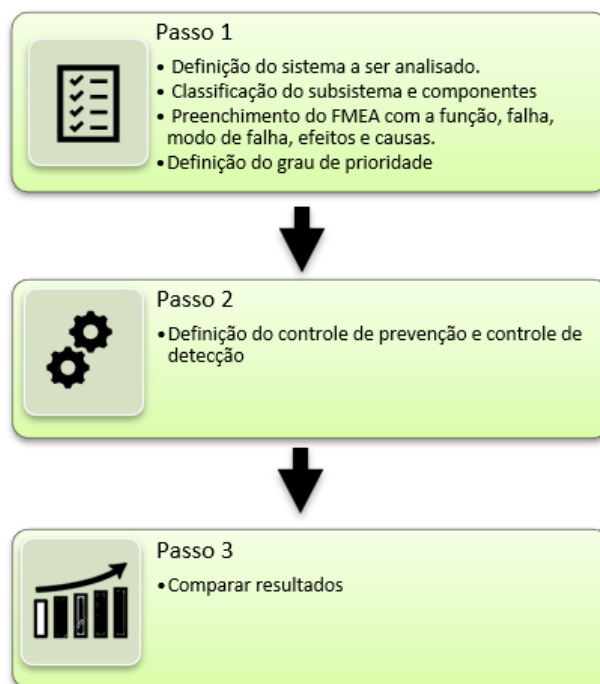
3 METODOLOGIA

No presente capítulo, será apresentado o desenvolvimento metodológico que tem como objetivo alcançar os objetivos estabelecidos neste trabalho. Para alcançar esse propósito, serão realizados estudos aprofundados, análises detalhadas e coleta de dados para embasar as conclusões.

A proposta é realizar um estudo, aplicação de ferramentas com o propósito de reduzir paradas não planejadas da máquina de sangrar freio de uma linha de produção de Montagem de automóveis de duas rodas em uma empresa do polo industrial de Manaus. O trabalho inicia com o levantamento de evidências qualitativas e quantitativas. Para o preenchimento inicial do formulário do FMEA, foi feito o brainstorming junto com o time técnico para identificação dos componentes de máquina a serem colocados no FMEA, foi feita uma revisão dos planos de manutenções existentes, além disso, através do sistema informatizado foram retirados os dados de histórico de falhas. Com estas informações, foi feita a análise de cada componente, indicando a sua função, falha, modo de falha, efeito e causas. Após isso, através dos critérios de severidade, ocorrência e detecção foi atribuído o grau de prioridade para cada item e por fim foi feita a criação de estratégias de controle de prevenção e controle de detecção.

Um esquema das etapas adotadas neste trabalho pode ser visualizado na Figura 2 abaixo:

Figura 2: sequência da Metodologia adotada neste trabalho

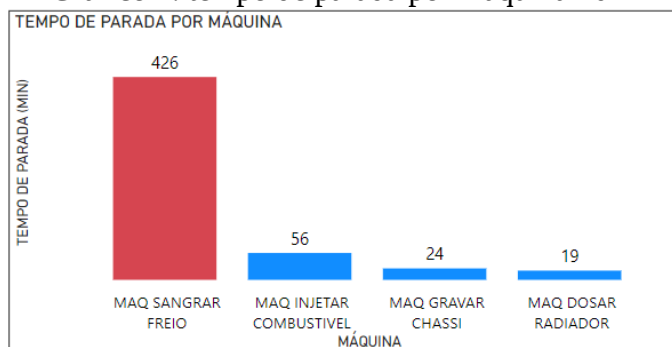


Fonte: Próprio autor

3.1 DEFINIÇÃO DA MÁQUINA A SER ANALISADO

O estudo foi realizado numa empresa automobilística de duas rodas, para a definição da máquina a ser aplicada na ferramenta FMEA foi feito o levantamento de dados de paradas em minutos das quatro máquinas mais críticas do processo no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021 e dessa forma, foi definido a máquina gargalo, como pode ser visualizada na Gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1: tempo de parada por máquina 2021

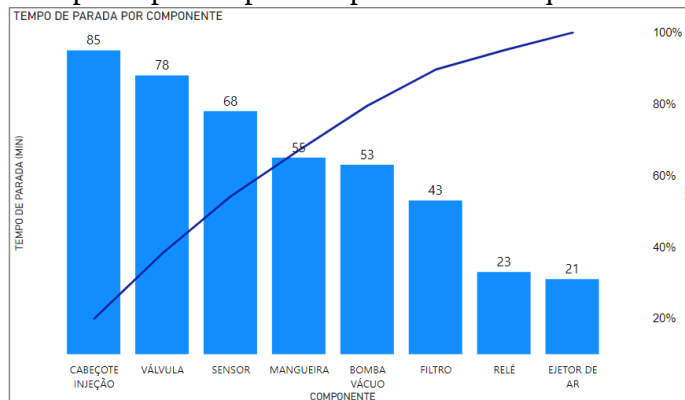


Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

Neste gráfico é possível verificar que a máquina de sangrar freio possuiu um tempo de parada no ano de 2021 de 426 minutos, que é equivalente a 760% maior que o tempo de parada da máquina de injetar combustível que foi a segunda colocada neste ano.

Após identificar a máquina gargalo, deu-se início ao estudo dos dados, onde os modos de falha da mencionada máquina foram padronizados e divididos em 8 componentes distintos. O Gráfico 2 apresenta o diagrama de Pareto, que destaca os componentes e o tempo em minutos de falha correspondente a cada um deles no equipamento analisado.

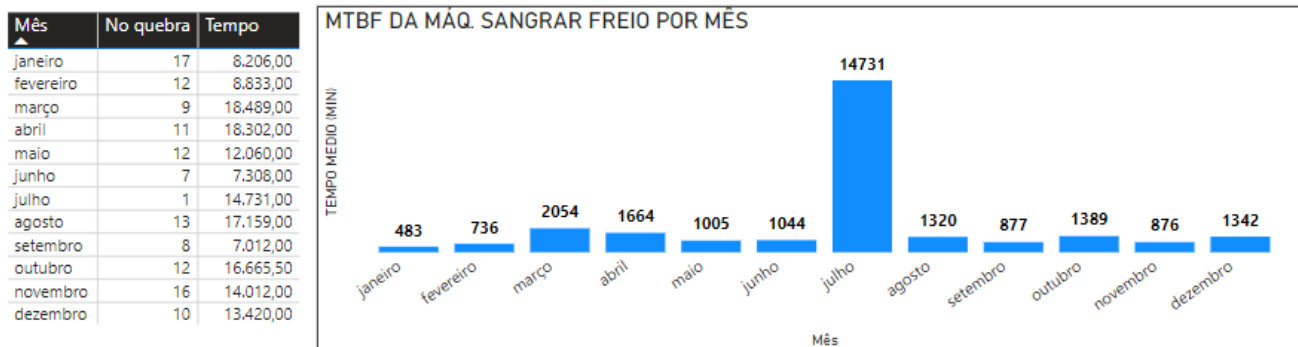
Gráfico 2: tempo de parada por componente da máquina de sangrar 2021



Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

Além do gráfico Pareto dos componentes, foi desenvolvido o indicador MTBF da máquina, que é um indicador de manutenção para análise do tempo médio de reparo. Através destes dados, será feito a comparação do antes e depois da implantação do FMEA.

Gráfico 3: MTBF da Máquina de Sangrar Freio 2021



Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

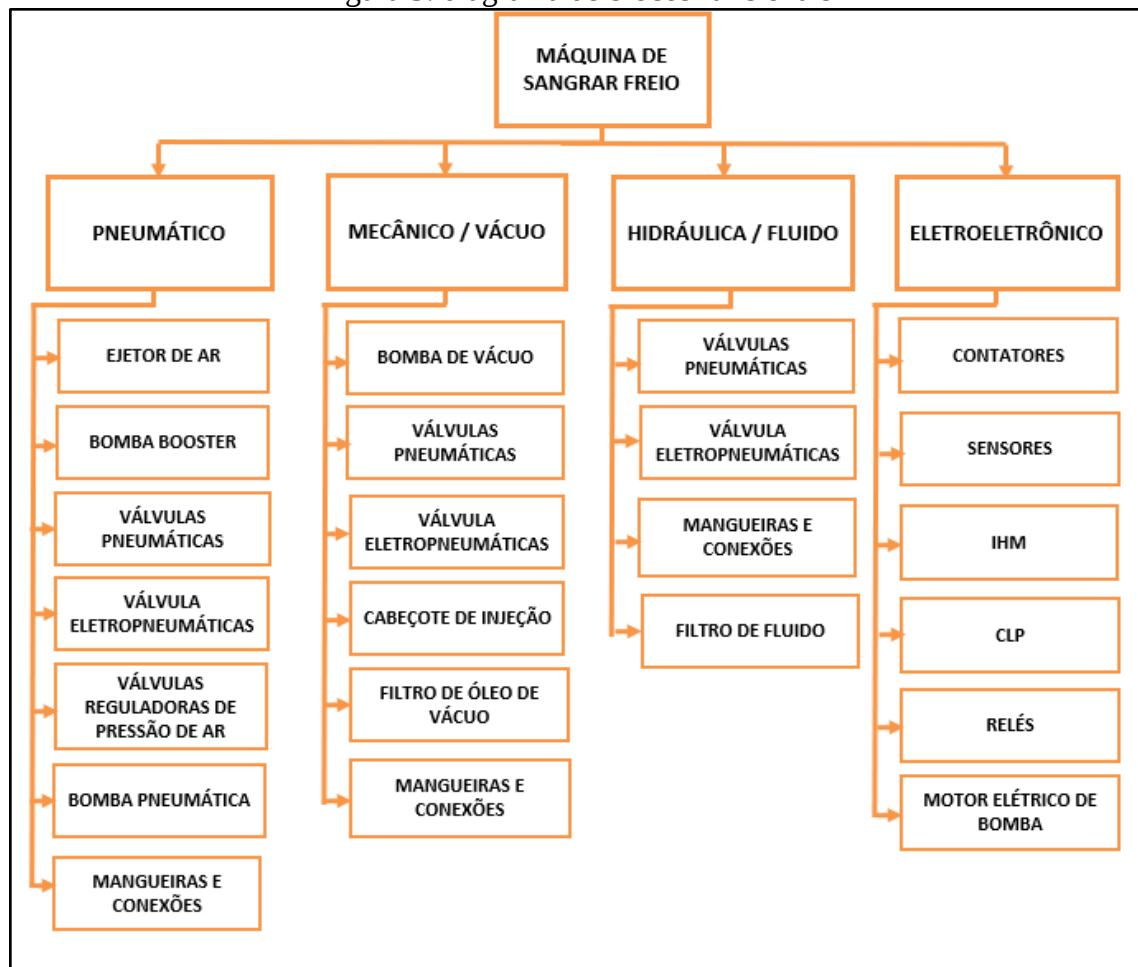
A partir deste gráfico acima tem-se como conclusão de que no ano de 2021 foi necessário, em média, um tempo de 2293 minutos para que ocorra uma falha na máquina de sangrar freio.

Após a escolha da máquina, a equipe envolvida no trabalho aprofundou os conhecimentos sobre tal processo, através de *braimsotming* realizado entre a equipe. Além disso, foram consultados materiais técnicos do fabricante do equipamento, sendo consultados diagramas elétricos, pneumáticos e hidráulicos.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA E COMPONENTES

Com o intuito de identificar os componentes a serem considerados no formulário, foi feito o diagrama de blocos funcionais, sendo divididos em máquina, sistema e componentes. Tendo o sistema classificado em quatro grupos, o sistema pneumático, mecânico, vácuo, hidráulico, fluido de freio e eletroeletrônico. Assim, foi elaborado o esquema representado na Figura 3, que desempenha um papel crucial ao direcionar os componentes que serão abordados na análise FMEA (Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticidade).

Figura 3: diagrama de blocos funcionais



Fonte: Próprio autor

3.3 PREENCHIMENTO DO FMEA

3.3.1 Preenchimento dos conjuntos com sua função

Com a lógica definido pelo diagrama organizacional, foi iniciado a elaboração da tabela FMEA. Inicialmente foram definidos, para cada componentes de cada sistema, a função principal descrita conforme a Tabela 5.

Tabela 5: descrição dos conjuntos

Conjunto	Função e requisitos do processo ou equipamento
Ejetor de ar	<i>Gerar vácuo na carcaça da bomba e na linha de sucção</i>
Bomba booster	<i>Gerar uma alta pressão de sucção</i>
Válvula pneumática	<i>Abastecimentos do tanque de fluido</i>
Válvula eletropneumática	<i>Atuar os processo de vácuo e de injeção de fluido de freio</i>
Válvula reguladora de pressão de ar	<i>Controlar a vazão do fluido</i>
Mangueira	<i>Transportar fluido de freio</i>
Conexão	<i>Fazer junção entre mangueira com componentes</i>
Bomba de Vácuo	<i>Fazer a absorção do ar e da umidade do sistema</i>
Cabeçote de injeção	<i>Fazer a injeção do fluido de freio</i>
Filtro	<i>Fazer retenção de particulado sólido</i>
Contator	<i>Realizar fechamento de contatos para atuar o motor</i>
Sensor	<i>Manter o nível setado nos tanque de enchimento</i>
IHM	<i>Atuar como mediador da interação entre um operador e o sistema de automação</i>
CLP	<i>Fazer o controle e monitoramento da máquina</i>
Relé	<i>Ligar ou desligar componentes eletroeletrônicos e eletropneumáticos da máquina</i>
Motor elétrico	<i>Gerar movimento para a bomba</i>

Fonte: Próprio autor

3.3.2 Análise do modo e seus efeitos

Nesta etapa foi realizada a análise da FMEA, sendo utilizada a tabela estabelecida internamente para desenvolver a análise dos modos e efeitos de falhas da Máquina de Sangrar Freio. A Tabela 6 apresenta, para cada conjunto, a função do processo, o modo de falha potencial, o efeito potencial das falhas e apresenta também a causa potencial para cada modo de falha.

Tabela 6: análise do modo e seus efeitos

Item	Sistema	Conjunto	Função e requisitos do processo ou equipamento	Falha funcional	Efeito potencial de falha	Modo de falha
1	Pneumático	Ejetor de ar	Gerar vácuo na carcaça da bomba e na linha de sucção	Falha no ejedor	não gerar vácuo	obstrução Aneis orings deteriorados
2	Pneumático	Bomba booster	Gerar uma alta pressão de sucção	Falha na bomba	Não gerar sucção	vedações com desgaste
3	Pneumático Mecânico / Vácuo Hidráulica / Fluido	Válvula pneumática	Abastecimentos do tanque de fluido	Falha na válvula	Tanque abaixo do nível	vedações com desgaste
4	Pneumático Mecânico / Vácuo Hidráulica / Fluido	Válvula eletropneumática	Atuar os processo de vácuo e de injeção de fluido de freio	Falha na válvula	Não injetar fluido de freio	Bobina solenoide em vedações com desgaste
5	Pneumático	Válvula reguladora de pressão de ar	Controlar a vazão do fluido	Falha no regulador	Não regular	Regulador quebrado
6	Pneumático Mecânico / Vácuo	Mangueira	Transportar fluido de freio	Rompimento ou estrangulamento	Não injetar fluido de freio	Desgaste da mangueira Má utilização operacional
7	Pneumático Mecânico / Vácuo Hidráulica / Fluido	Conexão	Fazer junção entre mangueira com componentes	Desgaste da conexão	Não injetar fluido de freio	Má utilização operacional
8	Mecânico / Vácuo	Bomba de Vácuo	Fazer a absorção do ar e da umidade do sistema	Falha na bomba	Não gerar vácuo	Palheta com desgaste vedações com desgaste
9	Hidráulica / Fluido	Cabeçote de injeção	Fazer a injeção do fluido de freio	Falha no cabeçote	Não injetar fluido de freio	vedações com desgaste
10	Mecânico / Vácuo Hidráulica / Fluido	Filtro	Fazer retenção de particulado sólido	Falha na filtração	vazamento	Filtro com entupido
11	Eletroeletrônico	Contator	Realizar fechamento de contatos para atuar o motor	Falha na bomba	Não gerar vácuo	Sobreaquecimento Curto circuito entre bobinas
12	Eletroeletrônico	Sensor	Manter o nível setado nos tanque de enchimento	Falha no sensor	Falha de tanque abaixo do nível	Sensor queimado Cabo do sensor danificado
13	Eletroeletrônico	IHM	Atuar como mediador da interação entre um operador e o sistema de automação	Falha no IHM	Não conseguir fazer setup	Bateria em falha
14	Eletroeletrônico	CLP	Fazer o controle e monitoramento da máquina	Falha no CLP	Máquina não funciona	Bateria em falha
15	Eletroeletrônico	Relé	Ligar ou desligar componentes eletroeletrônicos e eletropneumáticos da máquina	Falha no relé	Não atuação de componentes	Relé queimado Cabo de alimentação desgastado ou solto
16	Eletroeletrônico	Motor elétrico	Gerar movimento para a bomba	Falha no motor	Não gerar vácuo	Motor queimado Falha na contatora

Fonte: Próprio autor

3.4 DEFINIÇÃO DO GRAU DE PRIORIDADE

Para definição do grau de prioridade foram utilizados o modelo da Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4, sendo definido os índices de Severidade, Ocorrência e Detecção, a multiplicação dos três índices gerará um valor que, quanto maior o valor maior será a prioridade a ser dada na tomada de decisão para o controle de prevenção ou controle de detecção.

A Tabela 7 a seguir, apresenta o índice para cada conjunto, que foi definido internamente pelo time da manutenção.

Tabela 7: índice de prioridade

Conjunto	Função e requisitos do processo ou equipamento	Gravidade (G)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	Índice de Risco (R)
Ejetor de ar	Gerar vácuo na carcaça da bomba e na linha de sucção	7	2	5	70
		7	2	5	70
Bomba booster	Gerar uma alta pressão de sucção	7	2	5	70
Válvula pneumática	Abastecimentos do tanque de fluido	8	6	7	336
Válvula eletropneumática	Atuar os processo de vácuo e de injeção de fluido de freio	9	4	3	108
		9	6	7	378
Válvula reguladora de pressão de ar	Controlar a vazão do fluido	3	1	6	18
Mangueira	Transportar fluido de freio	8	6	3	144
		8	6	3	
Conexão	Fazer junção entre mangueira com componentes	8	5	3	120
		9	6	5	270
Bomba de Vácuo	Fazer a absorção do ar e da umidade do sistema	9	6	5	270
Cabeçote de injeção	Fazer a injeção do fluido de freio	9	7	4	252
Filtro	Fazer retenção de particulado sólido	3	5	2	30
Contator	Realizar fechamento de contatos para atuar o motor	9	2	9	162
		9	1	9	81
Sensor	Manter o nível setado nos tanque de enchimento	8	6	4	192
		8	5	4	160
IHM	Atuar como mediador da interação entre um operador e o sistema de automação	10	1	1	10
CLP	Fazer o controle e monitoramento da máquina	10	1	1	10
Relé	Ligar ou desligar componentes eletroeletrônicos e eletropneumáticos da máquina	8	5	5	200
		8	5	5	200
Motor elétrico	Gerar movimento para a bomba	9	4	5	180
		9	2	9	162

Fonte: Próprio autor

Na tabela 7 é possível notar que o item que possuiu maior pontuação foi a válvula eletropneumática com 378 e os componentes que tiveram menores pontuações foi o IHM e CLP que apesar de possuir alta gravidade quando o modo de falha surge, elas possuem baixa

pontuação de detecção por ser relativamente fácil de identificar a falha quando surge e também possui baixa pontuação de ocorrência, por raramente presenciar o problema no processo.

3.5 DEFINIÇÃO DO CONTROLE DE DETECÇÃO E CONTROLE DE PREVENÇÃO

Na etapa final do trabalho foi definido ações para mitigar a possibilidade de ocorrências de falhas, para isso, as falhas foram priorizadas de acordo com o índice de prioridade definido na Tabela 7.

A análise das estratégias atuais foi realizada por meio da consulta ao plano de manutenção da máquina registrado no sistema informatizado, que estabelece todas as atividades de manutenção necessárias e sua frequência. Além das respostas obtidas a partir das várias perguntas, a estratégia sugerida incluiu possíveis detalhamentos e responsáveis. Os detalhamentos podem abranger periodicidades para a execução das atividades, técnicas específicas de inspeção ou outras observações relevantes. Quanto à atribuição de responsabilidades, foram envolvidas as equipes dos setores de Planejamento e Controle da Manutenção.

Segue abaixo a Tabela 8 referente aos meios de controle de manutenções preventivas presentes no maquinário, e em seguida a Tabela 9 com os controles de detecção e prevenção determinado no FMEA.

Tabela 8: plano de preventiva existente

Conjunto	Ação recomendada	Periodicidade (dias)
Mangueiras	Checar vazamento	365
Bateria CLP	Troca	1095
Óleo da bomba	Troca	30
Bomba	Verificar ruído / aquecimento anormal	365
Bomba	Revisão geral da bomba	730
Filtro	Verificar estado do filtro (sem vazamento)	365
Máquina	Checagem visual da condição geral de operação	180

Fonte: Próprio autor

A tabela 8 representa o plano de manutenção existente na máquina, que é o plano recomendado pelo manual e o suporte técnico do fabricante.

Tabela 9: ações do FMEA

Conjunto	Ações recomendadas	Responsável e prazo
Ejetor de ar	1. Troca periódica a cada 5 anos.	Tec. Mec 2
	2. Manter peça em estoque.	Tec. Mec 2
Bomba booster	1. Troca periódica a cada 5 anos. 2. Manter peça em estoque.	Tec. Mec 2
Válvula pneumática	1. Troca periódica a cada 4 anos. 2. manter peça em estoque.	Tec. Mec 1
Válvula eletropneumática	1. Troca periódica a cada 4 anos. 2. manter peça em estoque.	Tec. Elec 1
Válvula reguladora de pressão de ar	1. Manter peça de reposição em estoque.	Tec. Mec 1
Mangueira	1. Fazer inspeção semestral. 2. Manter peça em estoque.	Tec. Mec 1
Conexão	1. Fazer inspeção semestral. 2. Manter peça em estoque.	Tec. Mec 1
Bomba de Vácuo	1. Inspeção anual. 2. Troca do kit de reparo a cada 5 anos. 3. Manter backup em estoque.	Tec. Mec 2
Cabeçote de injeção	1. Fazer troca do kit de reparo semestral. 2. Manter backup em estoque.	Tec. Mec 2
Filtro	1. Trocar a cada 2 anos. 2. Manter peça de reposição em estoque.	Tec. Mec 1
Contator	1. Realizar inspeção anual. 2. Manter peça de reposição em estoque.	Tec. Elec 1
Sensor	1. Fazer inspeção semestral. 2. Manter peças de reposição em estoque.	Tec. Elec 1
IHM	1. Troca da bateria a cada 4 anos. 2. Manter bateria em estoque.	Tec. Elec 1
CLP	1. Troca da bateria a cada 4 anos. 2. Manter bateria em estoque.	Tec. Elec 1
Relé	1. Realizar inspeção anual. 2. Manter peça de reposição em estoque.	Tec. Elec 1
Motor elétrico	1. Inspeção anual. 2. Manter backup em estoque.	Tec. Mec 1

Fonte: Próprio autor

Depois que os participantes do projeto concordaram sobre qual estratégia deveria realmente ser implementada, ela foi finalmente padronizada e documentada. O funcionário responsável foi instruído a modificar o plano de manutenção no sistema informatizado de acordo com as ações sugeridas. Um plano de manutenção serve como base de instrução para todo o time, tanto da execução quanto da programação. Isso é importante para orientar a equipe de manutenção a seguir e aderir às diretrizes estabelecidas no plano. Além disso, foi feito um sistema de gerenciamento de estoque, afim que seja garantida a disponibilidade das peças de reposições quando necessário.

Para implantação do sistema foi importante a utilização de um cronograma que irá indicar o tempo necessário para realização de cada atividade referente ao projeto. Foi solicitado o orçamento com fornecedores das peças de reposições conforme a tabela de ações recomendadas, tendo o orçamento foi realizado o pedido de compra dos materiais e por fim feito o planejamento para troca de cada componentes do projeto, foram trocados todos os materiais até o dia 25/06/2022, a Tabela 10 abaixo, mostra o cronograma das trocas de cada item do FMEA.

Tabela 10: cronograma de troca de peças do FMEA

CRONOGRAMA DE TROCA DE PEÇAS DO FMEA		Legenda					
		P - Programado					
		F - Finalizado					
Atividades		2022					
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Troca dos ejeto de ar	P						
	F						
Troca da bomba booster	P						
	F						
Troca das válvulas reguladora de pressão de ar	P						
	F						
Troca das válvulas eletropneumáticas	P						
	F						
Troca da bomba de Vácuo	P						
	F						
Troca do kit de reparo do cabeçote de injeção	P						
	F						
Troca dos filtros	P						
	F						
Troca das válvulas pneumáticas	P						
	F						
Troca das mangueira	P						
	F						
Troca das conexões	P						
	F						
Troca da bateria da IHM	P						
	F						
Troca da bateria do CLP	P						
	F						
Troca dos relés	P						
	F						

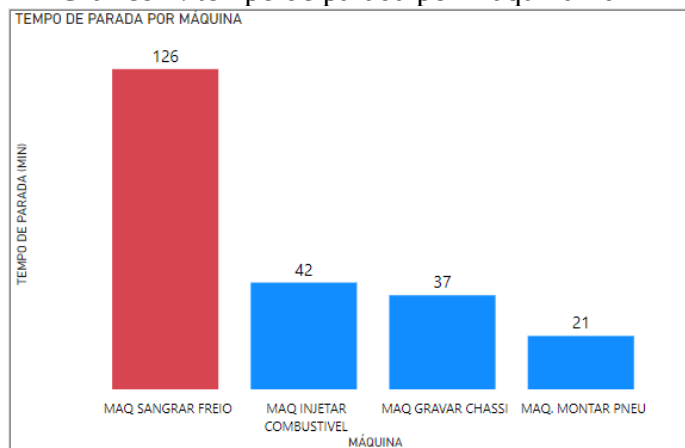
Fonte: Próprio autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 GRÁFICOS E TABELAS

Após a troca de todos os componentes estabelecido no FMEA, foi feito o levantamento do tempo de parada da máquina, levando em consideração um tempo de doze meses (janeiro de 2022 a dezembro de 2022) da implantação das atividades. Nos Gráficos 4 e 5 abaixo é mostrado o resultado obtido com a ferramenta, onde no Gráfico 5 é possível ver que houve uma diminuição de tempo de parada de aproximadamente 70,4%, que considerando que se trata de uma máquina que não possui backup no processo, ou seja, falhas nesta máquina causa parada de produção, trata-se de um resultado bastante expressivo para o andamento ideal da produção.

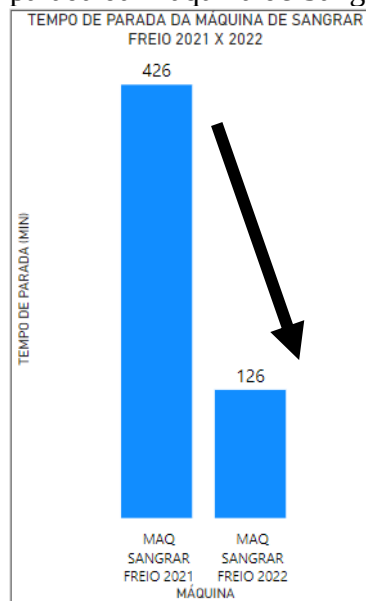
Gráfico 4: tempo de parada por máquina 2022



Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

Pode-se concluir com o gráfico acima que a máquina de sangrar de freio continua sendo a máquina com maior tempo de parada quando comparada com as demais. No entanto, o aperfeiçoamento no tempo de parada necessita da abrangência e suporte de outros departamentos como engenharia de processo e produção, a fim de realizar melhorias no método (jigs) e mão de obra (treinamentos).

Gráfico 5: tempo de parada da Máquina de Sangrar Freio 2021 x 2022

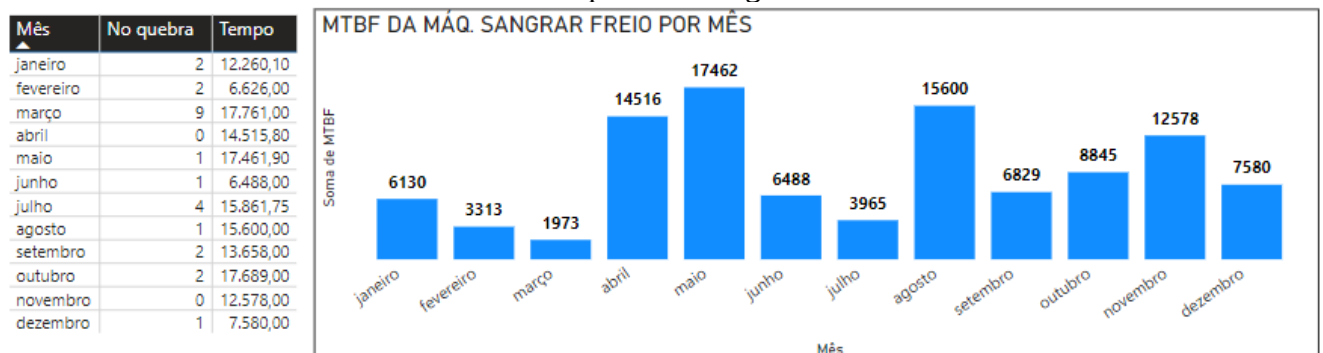


Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

Com o gráfico acima (Gráfico 5) é possível notar uma redução de 70,4% do tempo de parada, impactando diretamente no tempo de disponibilidade para produção. Além disso, pode-se aceitar que houve uma redução de custo proporcional à redução no tempo de parada.

Foi plotado o gráfico de MTBF da máquina referente ao ano de 2022, através dela é possível verificar que houve o aumento do tempo médio entre reparo da máquina (ver Gráfico 6).

Gráfico 6: MTBF da Máquina de Sangrar Freio 2022

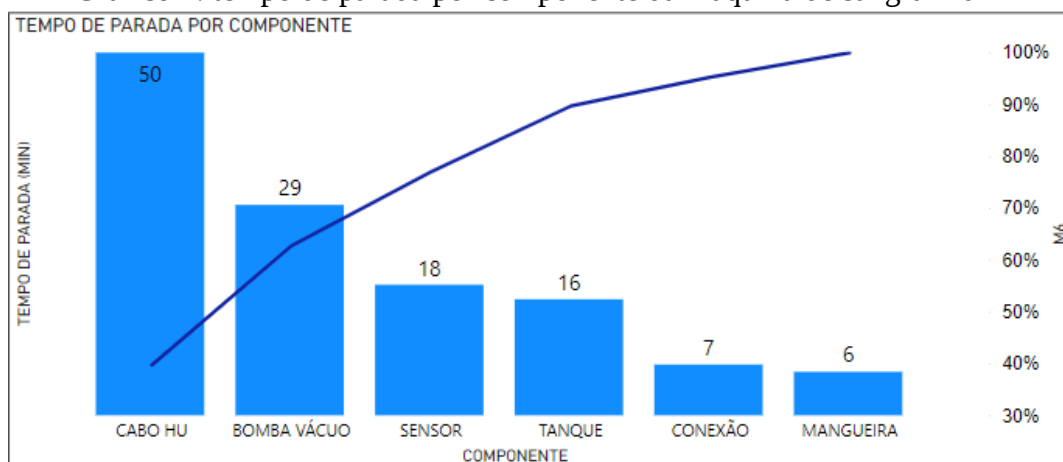


Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

Dessa forma, através dos dados acima (Gráfico 6) tem-se como conclusão que no ano de 2022 foram necessárias, em média, 8773 minutos para que ocorra uma falha na máquina de sangrar freio, um aumento de aproximadamente 383% em relação ao ano de 2021.

Prosseguindo para a análise de falha de componentes, foi observado que diversos componentes tiveram diminuição de quebras em relação ao período de 2021, porém também é notado que surge um novo item no histórico de quebra, sendo esse componente o cabo de comunicação HU, como pode ser visto no Gráfico 5. Além disso, na Tabela 10 é mostrado de forma detalhada todas as ocorrências de manutenção não planejada da máquina no período referente.

Gráfico 7: tempo de parada por componente da máquina de sangrar 2022



Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

No Gráfico 7 acima é possível verificar que alguns componentes que tiveram falhas no ano de 2021 não tiveram reincidência no ano de 2022, como por exemplo o cabeçote de injeção, válvulas, filtro, relé e ejetor de ar, porém surge um novo componente no gráfico que é o CABO HU, ela aparece como item de maior tempo de quebra para ano referente de 2022 da máquina de sangrar freio. Para mitigação de falhas deste componente seria de suma importância o envolvimento de demais setores como produção e engenharia, já que abrange o operacional.

Tabela 11: descrição de falhas da Máquina de Sangrar Freio 2022

LINHA	TEMPO PARADA	MÁQUINA	DETALHE	COMPONENTE	Setor	TURN O	DATA
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	05/01/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	25/01/2022
MONTAGEM	6,5	MAQ SANGRAR FREIO	Mangueira de injetar fluido de freio com vazamento	Mangueira	Manutenção	2º	04/02/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	2º	03/03/2022
MONTAGEM	4	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	2º	05/03/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	07/03/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	08/03/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	2º	10/03/2022
MONTAGEM	1,5	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	15/03/2022
MONTAGEM	7	MAQ SANGRAR FREIO	Mangueira da máquina de sangrar freio com vazamento	Conexão	Manutenção	1º	21/03/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	24/03/2022
MONTAGEM	6,5	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	28/03/2022
MONTAGEM	16,5	MAQ SANGRAR FREIO	Falha no cabo do HU	TANQUE	Manutenção	1º	10/05/2022
MONTAGEM	17,5	MAQ SANGRAR FREIO	Máquina de injetar fluido de freio travada	SENSOR	Manutenção	2º	16/02/2022
MONTAGEM	1	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	12/06/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	2º	11/07/2022
MONTAGEM	4	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	12/07/2022
MONTAGEM	29	MAQ SANGRAR FREIO	Máquina de sangrar freio parou de funcionar	Bomba	Manutenção	1º	15/07/2022
MONTAGEM	3	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	26/07/2022
MONTAGEM	1,5	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	05/08/2022
MONTAGEM	4	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	23/09/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	29/09/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	01/10/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	16/10/2022
MONTAGEM	2	MAQ SANGRAR FREIO	Problema no cabo HU	CABO HU	Manutenção	1º	12/12/2022

Fonte: Parada de manutenção da montagem (Jan/2023)

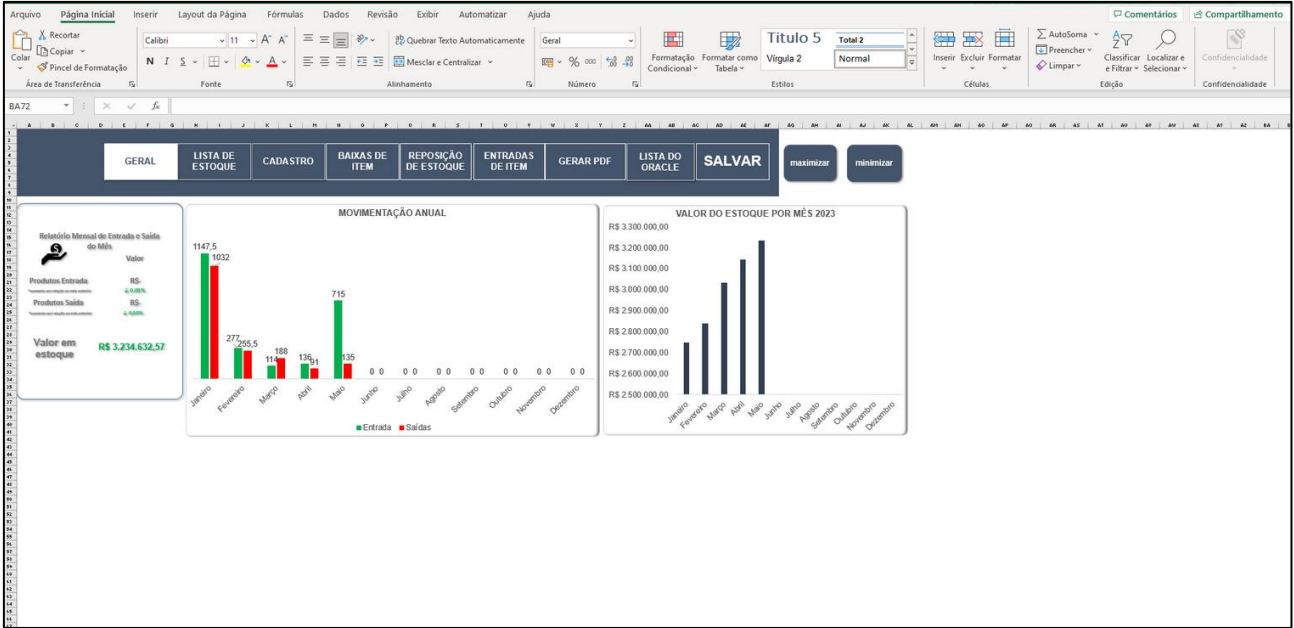
4.2 PLANO DE MANUTENÇÃO E CONTROLE DE ESTOQUE

Sobre o conceito de Manutenção Preventiva, define-se como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, ou até mesmo antes da ocorrência da falha. Esta classe de Manutenção compreende a Manutenção Sistemática, prestada a intervalos fixos e regulares ou períodos no calendário (ARCURI,2005).

Dessa forma, após a troca planejada dos itens, foi o momento de implementar planos de manutenções preventivas com inspeções e trocas periódicas para que a manutenção consiga de forma antecipada, intervir possíveis quebras na máquina. Além disso, foi implementado

controles através de macros e VBA no Microsoft Excel para que os *sparaes parts*, os chamados peças de reposições estejam sempre no estoque para atendimento em manutenções não planejadas e manutenções preventiva de máquina. A seguir, será mostrado na Figura 4 a tela do controle do estoque, que mostra informações como descrição, endereço, quantidade e se o material está no saldo máximo, saldo mínimo ou zerado.

Figura 4: lista de estoque



Fonte: Controle de estoque

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da ferramenta FMEA na máquina de sangrar freio de uma empresa automobilística de duas rodas mostrou que com essa metodologia é possível reduzir o índice de inoperância, a partir da implementação de estratégias de manutenção adequadas e que gerem resultados em custo e desempenho como foi mostrado, com uma redução de 70,4% de paradas não planejadas de manutenção. Além disso, essa ferramenta proporciona a otimização da rotina de manutenção e a preservação da saúde dos ativos, uma vez que promove uma abordagem cada vez mais preventiva nos equipamentos e o engajamento direto da equipe de manutenção. A implementação de planos de manutenção mais estruturados e eficazes resulta na redução de gastos excessivos com intervenções corretivas e na prevenção de perdas irreparáveis de componentes.

Outrossim, através da aplicação da ferramenta e do *braimsorming*, foi possível conhecer melhor o funcionamento da máquina e dessa forma, por meio da documentação será possível que os conhecimentos e informações adquiridas durante o projeto, possa ser passado adiante para

Os trabalhos futuros relacionados ao estudo realizado devem se concentrar na busca contínua pela melhoria do processo, visando garantir uma maior confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. É fundamental manter a tabela FMEA atualizada, especialmente em relação aos modos de falha, seus efeitos e as categorias de risco, para preservar e aprimorar a eficácia do método. Além disso, as atividades de manutenção sugeridas podem ser ajustadas de acordo com os objetivos estratégicos da organização ou com o desenvolvimento de novas tecnologias no campo da manutenção de equipamentos. Por fim, destaca-se a importância de realizar uma nova avaliação do risco estimado para os modos e efeitos das falhas, após a implementação do método, a fim de verificar a efetividade e o desempenho real das estratégias sugeridas.

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, segue a sugestão para trabalhos futuros a utilização do indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) que é um indicador que considerada a disponibilidade, performance e qualidade, com este indicador é possível verificar o quanto a empresa está utilizando os recursos disponíveis na produção.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRANCO FILHO, G. **A Organização o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA., 2008.

LIMA, Elon Vieira; SILVA, Daniela dos Santos da, **O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0**. Ponta Grossa, 2019.

CAMPOS, Ronaldo Ribeiro de; SANITÁ, William Matheus, **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção**. Disponível em <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/791/505> acesso em 17 de Fevereiro de 2023.

FILHO, G. B. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda.; 2008.

SILVA, Edson Pereira da, **A TRANSIÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL PARA O MODELO DO NOVO PARADIGMA DA INDÚSTRIA 4.0**. São Paulo, 2018 (Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Paulista-UNIP).

MENDES, A.A.; RIBEIRO, J.L.D. **Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT**. Production, v. 24, n. 3, p. 675-686, july/sept, 2014.

WANG, Wenbin. **A stochastic model for joint spare parts inventory and planned maintenance optimisation**. European Journal Of Operational Research, [s.l.], v. 216, n. 1, p. 127-139, jan. 2012.

BOWERSOX, D. J; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

FIORIOILLI, J.C **Modelagem Estocástica de Sistemas Hierárquicos de Estoques**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2002.

BEULKE, Rolando; BERTÓ, Dalvio José. **Estrutura e análise de custos**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de informações e as decisões gerenciais na era da Internet**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

PINTO, Alan Kardec; RIBEIRO, Haroldo. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro. ABRAMAN. 2002.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

BALLESTERO-ALVAREZ, M.E. **Gestão da qualidade, produção e operações**. 2ed. Editora Atlas, 2012.

MARTINS, Ana Patrícia Riberio de Almeida Pires **A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE)**. Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

RAUSAND, M.; HOYLAND, A. **System reliability theory**. N.York: Wiley Interscience, 2004.

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

BLOOM, N. B. **Reliability Centered Maintenance: implementation made simple**. New York, McGraw-Hill, 2006.

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

SCHMITT, José C. **Método de análise de falha utilizando a integração das ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA**. 2013. 111p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

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

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution**. ASQ Quality Press, 2003, 445p.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. [S.l.]: Qualitymark, 2012.

LIU, H. C. **FMEA Using Uncertainty Theories and MCDM Methods**. 2016, Springer, Singapore, 2016.

Kürşat İnce **Data Analysis for Automobile Brake Fluid Fill Process Leakage Detection using Machine Learning Methods**. Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU) 2019

