

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CARMEN LUCIA LOURENÇO DOS SANTOS  
DANIELA STEFANIA MARTINS SILVA  
DEANGELIS ALMEIDA SILVA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA MELHORIA DA  
DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE MANUTENÇÃO DE VIAS  
NUMA EMPRESA FERROVIÁRIA**

**VOLTA REDONDA  
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA MELHORIA DA  
DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE MANUTENÇÃO DE VIAS  
NUMA EMPRESA FERROVIÁRIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA como requisito a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Alunos:

Carmen Lúcia Lourenço dos Santos

Daniela Stefânia Martins Silva

Deângelis Almeida Silva

Orientadora:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Byanca Porto de Lima

**VOLTA REDONDA**

**2020**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA MELHORIA DA DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE MANUTENÇÃO DE VIAS NUMA EMPRESA FERROVIÁRIA**

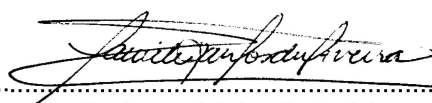
Elaborado por CARMEN LÚCIA LOURENÇO DOS SANTOS – 201611186, DANIELA STEFÂNIA MARTINS SILVA – 201411110 e DEÂNGELIS ALMEIDA SILVA – 201610628, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora via Plataforma *Microsoft Teams*, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia de Produção.

Aprovada em 24 de novembro de 2020.

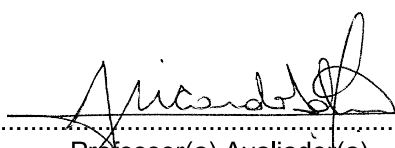
Banca Avaliadora:



.....  
Professor(a) Orientador(a)  
Profª Mestre Byanca Porto de Lima, UniFOA



.....  
Professor(a) Avaliador(a)  
Profª Mestre Daniele Santos de Oliveira Archanjo de Souza, UniFOA



.....  
Professor(a) Avaliador(a)  
Profº Mestre Sérgio Ricardo Bastos de Mello, UniFOA

Dedicamos este Trabalho de Conclusão de Curso a Deus, que nos tornou capazes de realizarmos trabalhos grandiosos como este. Aos profissionais ferroviários que se dispuseram a nos favorecer conhecimentos e experiências e, à orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Byanca Lima, que contribuiu eficaz e competentemente à formação de novos profissionais em sua área de atuação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aos que estiveram ao nosso lado durante toda a jornada, desde o início da graduação. A todos que contribuíram favoravelmente ao nosso desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal. Aos professores e todo UniFOA por nos ter preparado da melhor forma possível, para os desafios e descobertas do contexto profissional, baseados sempre em valores e princípios dignos de caráter.

## RESUMO

O presente estudo tem por objetivo analisar de maneira efetiva os processos que envolvem os setores de manutenção de via permanente e o setor de manutenção de equipamentos numa empresa ferroviária. Através da metodologia DMAIC, serão estudados e analisados os processos do setor que envia o equipamento para a manutenção e o setor que realiza a manutenção nesses equipamentos, a fim de detectar possíveis falhas na comunicação entre esses setores. Essas falhas geram o atraso nas atividades diárias e impactos na programação da manutenção, pois os equipamentos retornam do setor de manutenção apresentando os mesmos defeitos que apresentavam anteriormente. Além disso, há a dificuldade do setor de manutenção dos equipamentos em identificar quais são os defeitos, qual é o histórico do equipamento, com que frequência ocorre os defeitos e, outras possíveis informações que não foram sinalizadas pelo setor de manutenção de vias. Após a realização da análise dos processos foram pontuadas as falhas através do Diagrama de Ishikawa e propostas melhorias utilizando a ferramenta 5W2H, que possibilitou a criação de uma planilha de registro e controle da manutenção de todos os equipamentos de pequeno porte. A implementação da planilha não acrescenta nenhum tipo de custo e os resultados poderão ser medidos após o prazo pré-estabelecido de seis meses, quando haverá o *feedback* e análise dos retornos, tanto da coordenação, quanto do fornecedor que realiza a manutenção nos equipamentos. E espera-se que ao final do período de testes, a empresa analise os resultados obtidos e que o banco de dados seja, de fato, implementado e se torne prática usual diária desta, como forma de agregar na otimização dos processos aprimorando o uso da ordem de serviço na obtenção de dados para acompanhamento histórico e formal de cada equipamento reparado, organizando-os, identificando resultados através dos indicadores utilizados e auxiliando na tomada de decisões assertivas.

**Palavras-Chave:** Processos. Vias. Falhas. 5W2H. Análise. Otimização.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	Problema .....	14
1.2	Justificativa .....	15
1.3	Objetivo Geral .....	15
1.4	Objetivos Específicos.....	15
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
3.1	A Manutenção.....	16
3.2	Evolução da Manutenção .....	18
3.3	Tipos de Manutenção .....	21
3.3.1	Manutenção Corretiva .....	22
3.3.2	Manutenção Preventiva.....	22
3.3.3	Manutenção Preditiva.....	23
3.3.4	Manutenção Autônoma / Produtiva Total .....	23
3.3.5	Manutenção Detectiva / Centrada na Confiabilidade .....	23
3.4	Engenharia de Manutenção.....	24
3.4.1	Qualidade na Engenharia de Manutenção .....	24
3.5	Indicadores na Engenharia de Manutenção .....	25
3.5.1	Tempo Médio entre Falhas ( <i>MTBF – Medium Time Between Failure</i> ).....	25
3.5.2	Tempo Médio de Reparo ( <i>MTTR – Medium Time To Repair</i> ).....	26
3.5.3	Confiabilidade ( <i>R – Reability</i> ).....	26
3.5.4	Disponibilidade.....	27
3.5.5	Manutenabilidade.....	28
3.6	DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).....	28
3.6.1	Definir ( <i>Define</i> ).....	28
3.6.2	Medir ( <i>Measure</i> ).....	29
3.6.3	Analisar ( <i>Analyse</i> ).....	29
3.6.4	Melhorar ( <i>Improve</i> ).....	30
3.6.5	Controlar ( <i>Control</i> ).....	30
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>31</b>
4.1	Definir (D) .....	32
4.2	Medir (M) .....	33
4.2.1	Elaboração da relação de equipamentos .....	35
4.3	Analisar (A) .....	37

4.4	Melhorar (I) .....	38
4.4.1	Definição das Etapas .....	39
4.4.2	Criação do banco de dados .....	39
4.5	Controlar (C) .....	46
4.5.1	Definição dos Indicadores de Disponibilidade.....	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Responsabilidades da manutenção.....	17
<b>Figura 2:</b> Expectativas crescentes da manutenção.....	19
<b>Figura 3:</b> Fluxograma do envio e recebimento dos equipamentos.....	35
<b>Figura 4:</b> Diagrama de Ishikawa.....	37
<b>Figura 5:</b> Menu principal do sistema.....	40
<b>Figura 6:</b> Interface do sistema.....	41
<b>Figura 7:</b> Exemplo da inserção de um registro da manutenção.....	42
<b>Figura 8:</b> Exemplo da localização de um registro de manutenção.....	43
<b>Figura 9:</b> Exemplo da exclusão de um registro de manutenção.....	44
<b>Figura 10:</b> Exemplo da edição de um registro de manutenção.....	45
<b>Figura 11:</b> Exemplo da validação da manutenção.....	46
<b>Figura 12:</b> Histórico da manutenção no Excel.....	47
<b>Figura 13:</b> Continuação histórico da manutenção no Excel.....	47
<b>Figura 14:</b> Alimentação e utilização do controle no processo de manutenção dos equipamentos.....	53

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Evolução da manutenção.....	20
<b>Quadro 2:</b> Descrição e área do ativo.....	36
<b>Quadro 3:</b> Plano 5W2H.....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Cálculo dos indicadores.....	49
<b>Tabela 2:</b> Continuação cálculo dos indicadores.....	49
<b>Tabela 3:</b> Continuação cálculo dos indicadores.....	50
<b>Tabela 4:</b> Continuação cálculo dos indicadores.....	50
<b>Tabela 5:</b> Continuação cálculo dos indicadores.....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> TMEF.....	51
<b>Gráfico 2:</b> TMPR.....	51
<b>Gráfico 3:</b> Tempo médio entre as falhas e o Tempo médio para reparo.....	52
<b>Gráfico 4:</b> Disponibilidade operacional.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CCO – Centro de Controle Operacional

DMAIC – Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar

EPPs – Equipamentos de Pequeno Porte

KM – Quilômetro

MG – Minas Gerais

RJ – Rio de Janeiro

TPM (*Total Productive Maintenance*) ou Manutenção Produtiva Total

VBA – *Visual Basic for Applications*

## 1 INTRODUÇÃO

O modal ferroviário<sup>1</sup> caracteriza-se, especialmente, por sua capacidade de transportar grandes volumes, com elevada eficiência energética, principalmente em casos de deslocamentos a médias e grandes distâncias. Atualmente a malha ferroviária brasileira tem uma extensão de 28.190 km aproximadamente, com grande parte concentrada nas regiões sul e sudeste do país (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2014).

Com a constante busca pela qualidade dos processos e a efetividade das operações, o processo de manutenção em todas as suas vertentes dentro de uma organização, torna-se fator decisivo na qualidade das entregas finais e pela constante busca da excelência.

Neste estudo de caso, o assunto abordado será a manutenção de equipamentos de pequeno porte (EPP), que são responsáveis pela manutenção das vias permanentes, denominação usada para citar o conjunto de camadas e de elementos que possibilitam a passagem de trens. Sem a garantia de conformidade aos padrões de segurança e qualidade desses componentes, o transporte sobre os trilhos ficaria comprometido. Portanto, garantir o desempenho dos equipamentos utilizados nestes processos torna-se também, fator indispensável para garantia de resultados satisfatórios.

Na empresa estudada existe uma constante perda de qualidade no processo durante as operações de manutenção das vias, diretamente relacionado às avarias de equipamentos ainda que recém-chegados da manutenção.

O objeto de estudo deste trabalho surge pela necessidade de desenvolver uma ferramenta que auxilie no controle de manutenção destes equipamentos, a qual por meio de armazenamento de dados e indicadores mostre de forma objetiva a necessidade de reformulação do plano de manutenção adotado hoje pela empresa.

### 1.1 Problema

A quebra de equipamentos recém-chegados da manutenção em pleno curso das atividades rotineiras é um fator-problema, gerando atrasos e interferência nas

---

<sup>1</sup> Transporte realizado sobre linhas férreas para transportar pessoas e mercadorias.

programações dessas e de outras atividades que dependem da sua finalização para inicialização de outra, ou seja, para que o processo de trabalho não seja interrompido, sem a devida necessidade.

## **1.2 Justificativa**

Uma manutenção efetiva de equipamentos de via, que garanta a segurança e a integridade do transporte pelo modal ferroviário torna-se indispensável, além de um planejamento melhor estruturado para garantir o fluxo de informações entre os setores envolvidos. Com a disponibilidade de ferramentas para melhoria contínua em processos como este, o DMAIC se apresenta como a estrutura de um planejamento para otimizar o processo de uma forma geral e trazer uma nova perspectiva de reestruturação do processo para a empresa. Portanto, a gestão adequada da manutenção garante a efetividade da disponibilidade dos equipamentos de trabalho.

## **1.3 Objetivo Geral**

Analisar os processos que envolvem o setor de manutenção de Equipamentos de Pequeno Porte – EPPs e sua interface com o setor de utilização desses equipamentos observando de que forma essa comunicação se estabelece e quais os impactos causados pela estrutura atual.

## **1.4 Objetivos Específicos**

I – Identificar pontos de melhoria no processo de gestão da manutenção de equipamentos; II – Propor um modelo mais adequado e alinhado às necessidades da empresa; III – Criar plano de ação com base nas informações obtidas e implementá-lo, de fato, descrevendo os resultados obtidos; IV - Utilizar a metodologia DMAIC para melhorar, otimizar e controlar esse processo.

## **2 METODOLOGIA**

O presente trabalho utiliza uma abordagem de estudo de caso, onde, a princípio, através de uma análise do modelo de plano de manutenção atual serão identificadas, definidas e medidas as falhas no processo de comunicação no setor de manutenção de equipamentos.

A pesquisa de estudo de caso consiste em um estudo que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real. Trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, como no levantamento da situação e indicações de melhorias através do cenário observado / dos dados obtidos (MIGUEL, 2007, p. 2019).

Na segunda parte, uma análise é realizada como forma de consolidação de informações precisas e necessárias para a criação de um plano de ação adequado às necessidades da empresa e do processo.

Este plano será traçado e descrito numa terceira parte do trabalho, como forma de apresentação da proposta de melhoria. E por fim, serão registradas as conclusões finais obtidas através do estudo de caso.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste tópico serão abordados os conceitos de manutenção, sua evolução e os tipos de manutenção. Também serão tratadas as ferramentas utilizadas como DMAIC e Indicadores de Manutenção, e ambos servirão como base para o estudo de caso.

### **3.1 A Manutenção**

De acordo com a NBR 5462/94 (1994, p. 6) a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Soeiro, Olivio e Lucato (2017, p.10) discorrem que a manutenção não é mais uma simples atividade de reparo, mas, passa a ser um ambiente eficaz para atingir

as metas e os objetivos da empresa. Nesse ambiente novo são utilizados equipamentos com sistemas mecânicos e eletromecânicos muito mais modernos, de última geração e mais complexos e exigentes com relação ao nível de manutenção. Essa diversidade e complexidade dos equipamentos fizeram com que a manutenção se tornasse igualmente mais complexa, desenvolvendo novas técnicas, novas ferramentas de gestão e, também, abordagens inovadoras e estratégicas.

A manutenção para ser estratégica, na visão de Kardec e Nascif (2009, p.11), deve voltar-se para os resultados da empresa, ou seja, é necessário que seja não somente eficiente como também eficaz, por isso, deve reparar o equipamento o quão rápido possível, e também manter a funcionalidade do equipamento disponível operacionalmente, pois, desse modo, reduz-se a probabilidade de uma parada na produção que não tenha sido planejada.

De acordo com Gregório, Santos e Prata (2018, p. 25) em algumas empresas a manutenção tem uma função estratégica ajudando a mesma a tornar-se mais competitiva. Assim, considerando essa visão, a manutenção tem uma série de responsabilidades e algumas atribuições. E a figura 1 ilustra os quatro grandes grupos de atribuições:

Figura 1 – Responsabilidades da manutenção.



Fonte: (GREGÓRIO, SANTOS E PRATA, 2018, p. 26).

Ainda, em relação ao planejamento, cabe à manutenção algumas ações, como as 9 abaixo mencionadas e de acordo com Gregório, Santos e Prata (2018, p. 26):

- I) Definir o tipo de manutenção mais adequada para cada equipamento;
- II) Definir os procedimentos operacionais para a realização das trocas e dos reparos;
- III) Identificar o momento mais adequado para a realização das atividades de manutenção;
- IV) Planejar as necessidades de aquisição de sobressalentes e outros recursos;
- V) Definir as prioridades;
- VI) Identificar os indicadores mais adequados para avaliar as ações de manutenção;
- VII) Planejar ações de melhoria contínua;
- VIII) Planejar a integração das ações de manutenção com as de outros departamentos.
- IX) Ao controlar a manutenção, deve-se atentar para medir indicadores e avaliá-los.

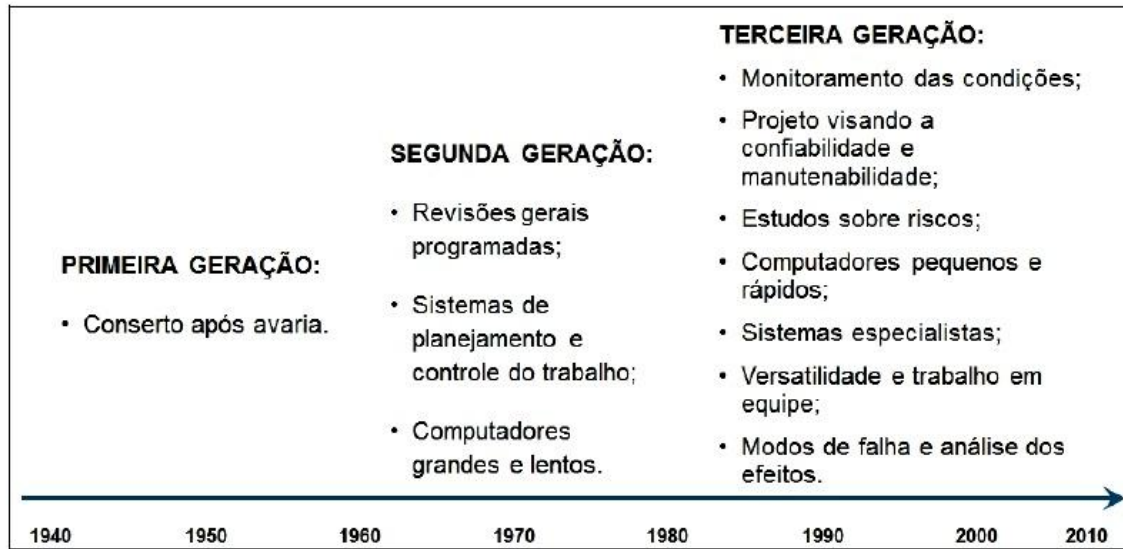
Os autores supracitados acrescentam 10 atribuições do grupo de execução da manutenção, como:

- I) Realização de reparos, trocas e restaurações dos itens;
- II) Efetuar os monitoramentos de parâmetros dos ativos;
- III) Acompanhamento dos equipamentos;
- IV) Execução de treinamentos;
- V) Manter a equipe motivada;
- VI) Acompanhamento dos projetos e montagens das instalações;
- VII) Instalação dos equipamentos;
- VIII) Realização da gestão de conhecimento;
- IX) Registro das boas práticas;
- X) Atualização dos sistemas de gestão da manutenção.

### **3.2 Evolução da Manutenção**

Desde 1930 a manutenção evoluiu muito, e pode ser analisada através de gerações conforme descrito na figura 2. Essas gerações mostram como os tipos de manutenção foram criados e classificados através das necessidades que surgiram em cada época (MOUBRAY, 2000, p. 02).

Figura 2 – Expectativas crescentes da manutenção.



Fonte: (MOUBRAY, 2000, p. 3)

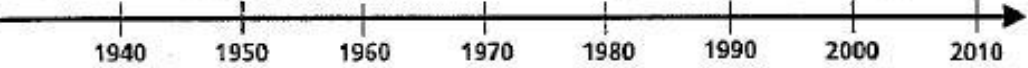
A evolução durante os anos é dividida em 3 gerações, sendo a primeira entre 1940 e 1950. A segunda já abordando as revisões e utilização de computadores, entre 1960 e 1970. A década de 1980 já houve uma grande melhoria na questão de avaliação de riscos, falhas e projetos com a temática de confiabilidade. Essa geração é bem atual, trazendo para ações em manutenção o planejamento, a estratégia e o trabalho em equipe.

Há também autores que evidenciam 4 e/ou 5 gerações, como Pinto e Xavier (2009, p. 05), que caracterizam a quarta geração de evolução entre 2000 e 2010.

No caso da quinta geração, coloca-se a mesma como expectativa para após o ano de 2010, com os investimentos em tecnologias consideradas mais avançadas, conhecimentos bem mais presentes e a discussão da academia em trazer soluções para este campo. Ressalta-se que os autores mencionados anteriormente colocam a terceira geração entre 1980 e 1990.

O quadro 1 com aspectos e divisão até a 4ª Geração.

Quadro 1 – Evolução da manutenção.

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO								
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração				
Ano								
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserto após a falha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade crescente</li> <li>• Maior vida útil do equipamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior confiabilidade</li> <li>• Maior disponibilidade</li> <li>• Melhor relação custo-benefício</li> <li>• Preservação do meio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior confiabilidade</li> <li>• Maior disponibilidade</li> <li>• Preservação do meio ambiente</li> <li>• Segurança</li> <li>• Influir nos resultados do negócio</li> <li>• Gerenciar os ativos</li> </ul>				
Visão quanto à falha do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan &amp; Heap e Moubrey) Ver Capítulo 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F. (Nowlan &amp; Heap e Moubrey) Ver Capítulo 5</li> </ul>				
Mudança nas técnicas de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades voltadas para o reparo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento manual da manutenção</li> <li>• Computadores grandes e lentos</li> <li>• Manutenção Preventiva (por tempo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento da condição</li> <li>• Manutenção Preditiva</li> <li>• Análise de risco</li> <li>• Computadores pequenos e rápidos</li> <li>• Softwares potentes</li> <li>• Grupos de trabalho multidisciplinares</li> <li>• Projetos voltados para a confiabilidade</li> <li>• Contratação por mão de obra e serviços</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição</li> <li>• Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada</li> <li>• Análise de Falhas</li> <li>• Técnicas de confiabilidade</li> <li>• Manutenibilidade</li> <li>• Engenharia de Manutenção</li> <li>• Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida.</li> <li>• Contratação por resultados</li> </ul>				

Fonte: (PINTO; XAVIER, 2009, p. 05).

Ainda segundo Pinto e Xavier (2009, p. 2), a Primeira Geração foi marcada pelo período antes da Segunda Guerra Mundial, quando os equipamentos eram simples, a indústria pouco mecanizada e a produtividade não era prioridade. Nessa geração faziam-se apenas reparos após a quebra do equipamento, limpezas e lubrificação, ou seja, a manutenção era corretiva não planejada.

Na Segunda Geração que ocorreu entre os anos 50 e 70, após a Segunda Grande Guerra, houve um aumento na demanda por vários tipos de produtos e a mão de obra diminuiu, sendo assim a mecanização aumentou e a complexidade das instalações industriais também. Então começou-se a buscar maior disponibilidade e confiabilidade para aumentar a produtividade, pois a área industrial dependia do bom funcionamento dos equipamentos. Foi quando surgiu a ideia de que as falhas dos equipamentos podiam ser evitadas, surgindo o conceito de manutenção preventiva (PINTO E XAVIER, 2009, p. 2).

Já na Terceira Geração, que foi a partir da década de 70, a preocupação maior de todas as organizações industriais era quando a produção paralisava, pois diminuía a capacidade de produzir, gerava aumento nos custos e afetava a qualidade dos produtos. Assim, de acordo com Pinto e Xavier (2009, p. 2), o conceito de manutenção preditiva esteve à frente junto com o avanço da tecnologia na área da informática que foi essencial para o planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção, aplicando ainda mais o conceito de confiabilidade.

A Quarta Geração continua com as mesmas expectativas que existiam na Terceira Geração, porém com realidade aumentada, ou seja, busca-se a garantia da Disponibilidade, da Confiabilidade e da Manutenibilidade dentro de uma estrutura organizacional de manutenção, o que tende a reduzir a aplicação das manutenções preventiva e corretiva não programada e finalmente, busca-se contratar terceirizadas com indicadores que medem os resultados que interessam o negócio e que tenham a qualidade desejada (PINTO; XAVIER, 2009, p. 02).

### **3.3 Tipos de Manutenção**

Viana (2002, p. 9) menciona que os tipos de manutenção podem ser abordados da forma de como são encaminhadas as assistências nos instrumentos de produção.

Os tipos são: Corretiva, Preventiva, Preditiva, Autônoma / Produtiva Total, Detectiva e Centrada na Confiabilidade.

### 3.3.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva conforme afirmação de Xenos (1998, p. 23) é sempre realizada depois que a falha já aconteceu. Para ele devem-se levar em consideração alguns fatores econômicos e se perguntar se é mais barato consertar ou prevenir-se de falhas. Então é uma boa opção a ser escolhida se for mais barato consertar, ou seja, se não houver perdas significativas com o tempo de parada do equipamento e conseqüentemente da produção.

Nesse tipo de manutenção pode ocorrer a ação planejada, quando a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra, ou uma ação não-planejada, não ocorrendo nenhum planejamento, determinado instrumento/peça e/ou máquina se danifica e é preciso consertar.

### 3.3.2 Manutenção Preventiva

Para Soeiro, Olivio e Lucato (2017, p.15) a manutenção preventiva é um tipo de manutenção muito importante em qualquer empresa e deve ser realizada periodicamente. Tem intervalos bem definidos entre as reformas e as trocas de peças e trabalha de forma sistemática. Comparando-a com a manutenção corretiva, considerando o custo direto de manutenção, as peças são trocadas e seus componentes substituídos ou reformados antes do prazo limite de vida útil das peças, o que a torna mais cara.

Mesmo assim continua sendo adequada quando o controle de deterioração da peça por tempo é eficiente, pois quando realizada, há uma redução tanto na frequência de ocorrência de falhas como nas interrupções repentinas do processo produtivo e, também, um aumento na disponibilidade dos equipamentos, destacam os autores supracitados.

Ainda, pode-se destacar que ela procura conservar os equipamentos, em nível operacional, programando ações de manutenção que reduzam e evitem as paradas que não foram programadas ou a deterioração dos equipamentos, de forma exagerada e que geraria custos e prejuízos consideráveis à operação (NETTO, 2018, p.31).

### 3.3.3 Manutenção Preditiva

É caracterizada pela medição e análise de variáveis da máquina que possam prognosticar uma eventual falha (MARCORIN E LIMA, 2003, p.39).

Nesse tipo de manutenção ocorre a relação com o gerenciamento, pois prediz o momento mais adequado de se fazer uma intervenção de manutenção. Portanto, pode-se dizer que ela não conserta, mas, indica o melhor momento para consertar. (ALMEIDA, 2016, p. 25).

### 3.3.4 Manutenção Autônoma / Produtiva Total

De acordo com Viana (2002, p. 16) é um tipo de manutenção por si própria e não somente um alicerce da TPM<sup>2</sup>, pois quando existe planejamento e programação durante os serviços realizados pelos operadores, há uma atividade assertiva e eficaz no processo produtivo. O que a caracteriza como um tipo de manutenção, pois influencia inevitavelmente na política de manutenção a ser adotada pela organização.

Os autores Martins e Laugeni (2005, p. 469) salientam que a Manutenção Produtiva Total visa atingir o que se pode chamar de zero falha ou zero quebra. Isto é, atingir uma situação aparentemente impossível de que nenhum equipamento venha a quebrar em operação.

### 3.3.5 Manutenção Detectiva / Centrada na Confiabilidade

Pinto e Xavier (2009, p.47) discorrem que é atuada em sistemas de proteção onde buscam encontrar falhas que estão ocultas ou não perceptíveis aos olhos do setor operacional e de manutenção. Ou seja, são realizadas tarefas para verificar se o sistema de proteção ainda funciona.

Segundo os autores supracitados essas falhas podem trazer outros dois tipos: a falha de atuação indevida ou não atuação, que resultam em uma confiabilidade diminuída afetando diretamente a disponibilidade nos processos. E, conforme cresce a utilização de instrumentação de comando, controle e automação nas indústrias, maior há a necessidade de usar a manutenção detectiva, para que a confiabilidade dos sistemas seja garantida.

Então, nesse tipo de manutenção são feitas verificações no sistema, sem interrupção do mesmo para detecção de falhas ocultas podendo, até mesmo, corrigir o problema com o sistema em operação.

### **3.4 Engenharia de Manutenção**

De acordo com Viana (2002, p.82) a Engenharia de Manutenção tem como objetivo gerar o avanço tecnológico dessa área, aplicando conhecimentos científicos e empíricos na solução de problemas encontrados nos processos.

Busca-se a melhoria da manutenção nas máquinas, aumento de produtividade e eliminação dos riscos com relação à segurança do trabalho e dos danos causados ao meio ambiente.

Praticar a Engenharia de Manutenção seria uma quebra de paradigma na manutenção, sendo que a aplicação da mesma resulta na consolidação da rotina com foco em melhoria contínua a fim de aumentar a confiabilidade, disponibilidade e segurança, como em melhorar a manutenibilidade e a capacitação do pessoal, eliminação de problemas crônicos, participação de novos projetos, suporte à execução, análise de falhas e estudos de indicadores. Ela usa dados adquiridos pela Manutenção para estar em constante melhoria e desenvolvimento dos processos que a compõe (PINTO e XAVIER, 2009, p. 50).

#### **3.4.1 Qualidade na Engenharia de Manutenção**

A utilização dos conceitos da gestão da qualidade não é um caminho somente para melhorar os serviços de manutenção em si, mas, para melhorar a relação com seus clientes internos e externos (fornecedores, distribuidores, clientes e os próprios funcionários), onde ela deixa de ser vista como apenas custo, e torna-se um centro de lucro e resultados (LEMOS, ALBERNAZ E CARVALHO, 2011, p.10).

Ainda, pode-se dizer que a qualidade:

Possui um grau de importância elevado dentro das empresas, pois é um fator que pode aumentar ou reduzir o desempenho de qualquer organização. Portanto, pode-se dizer que qualidade significa "fazer certo e bem feito", de acordo com o tipo de operação. Contudo a gestão da qualidade tem a visão de reduzir os processos que não agregam valor ao produto. Várias empresas distribuem seus processos e não realizam

acompanhamento, sendo identificado desvios desnecessários retardando a efetividade produtiva do processo, levando a eliminação ou redimensionamento das tarefas a fim de realizar otimizações. (ARAÚJO, MARTINS E ARAÚJO, 2016, p. 695).

É por isso que cabe a manutenção fazer a coordenação, o planejamento e o gerenciamento de estratégias, visando alcançar todos os envolvidos, sejam eles os clientes internos e/ou externos. É um modo pelo qual a empresa trabalha pensando no suprimento de materiais para que ocorra da melhor forma a operação/processos, a instalação e/ou adequação dos locais e dos próprios materiais utilizados, o próprio treinamento para funcionários e a comunicação entre os setores, para que tudo seja registrado e não haja perdas e/ou falta de alguma informação.

### **3.5 Indicadores na Engenharia de Manutenção**

Os indicadores são meios utilizados para medir e controlar as ações de manutenção e, assim, orientar a identificação de potenciais pontos de melhoria (GREGÓRIO, SANTOS E PRATA, 2018, p. 40).

Ainda segundo os autores supracitados os indicadores devem ser monitorados, mesmo que nem todos sejam utilizados nos processos. Além disso, devem permitir que a leitura dos resultados dos processos de manutenção seja clara, devendo conduzir a identificação de problemas e suas possíveis soluções.

#### **3.5.1 Tempo Médio entre Falhas (*MTBF - Medium Time Between Failure*)**

O MTBF (ou TMEF) é definido como a divisão do total das horas disponíveis do equipamento na operação pelo número de interferências corretivas neste mesmo equipamento em determinado período. Ou seja, se o MTBF aumentar no decorrer do tempo significa resultado positivo para manutenção, pois indica que o número de falhas vem diminuindo, e em consequência, aumentando o total de horas que o equipamento está em funcionamento (VIANA, 2002, p.142).

De acordo com Gregório, Santos e Prata (2018, p. 41), pode ser medido pela seguinte fórmula (1):

$$TMEF = \frac{\Sigma \text{Tempo de bom funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervalos observados}} \quad (1)$$

Onde:

TMEF: é o tempo médio entre falhas.

### 3.5.2 Tempo Médio de Reparo (*MTTR — Medium Time To Repair*)

O MTTR (ou Tmpr) é definido como a divisão do total das horas em que o equipamento ficou indisponível na operação para a manutenção corretiva pelo número total de falhas identificadas nesse equipamento no período observado (ALMEIDA; FARIA; ANDRADE, 2019, p. 05).

De acordo com Gregório, Santos e Prata (2018, p. 41), pode ser medido pela fórmula (2):

$$Tmpr = \frac{\Sigma \text{Tempo de não funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (2)$$

Onde:

Tmpr: é o tempo médio de reparo.

Além desses dois indicadores, serão mostrados a seguir outros três tipos de indicadores que Pinto e Xavier (2009, p. 105) afirmam fazer parte do cotidiano da manutenção: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade.

Segundo os autores supracitados, a missão da manutenção é assegurar que a função dos equipamentos e instalações seja disponível para atender a um processo de produção ou serviço sendo confiável, seguro, preservando o meio ambiente e que tenha custo apropriado.

### 3.5.3 Confiabilidade (R — Reliability)

A confiabilidade é a probabilidade estatística de não ocorrer falha de um determinado tipo para uma certa missão, com um dado nível de confiança (PINTO E XAVIER, 2009, p.107).

Ela é a probabilidade de que um item possa desempenhar sua função requerida por um período de tempo preestabelecido em determinado contexto operacional (GREGÓRIO, SANTOS E PRATA, 2018, p. 43).

Pode ser mensurada por meio da fórmula (3):

$$R = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

Onde:

R(t): confiabilidade a qualquer tempo t;

e: base de logaritmos neperianos (e=2,303);

$\lambda$ : taxa de falhas;

t: tempo previsto de operação.

#### 3.5.4 Disponibilidade

A disponibilidade é definida como a capacidade de um item, mediante manutenção apropriada, desempenhar sua função requerida em um determinado instante do tempo ou em um período de tempo predeterminado (FOGLIATTO E RIBEIRO, 2011, p.7).

É a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total (GREGÓRIO, SANTOS E PRATA, 2018, p. 43).

Pode ser mensurada pela fórmula (4):

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

Onde:

A: (do inglês *availability*) significa a disponibilidade média da unidade;

MTBF: é o tempo de bom funcionamento do equipamento;

MTTR: é o tempo médio de reparos feitos, segundo Fogliatto e Duarte (2011, p. 7).

### 3.5.5 Manutenibilidade

A manutenibilidade (ou Mantenabilidade), do inglês *Maintainability*, pode ser conceituada como sendo a característica de um equipamento ou instalação permitir um maior ou menor grau de facilidade na execução dos serviços de manutenção (PINTO e XAVIER, 2009, p. 116).

A manutenibilidade é um fator essencial no estabelecimento da disponibilidade de uma unidade (FOGLIATTO E RIBEIRO, 2011, p.7).

É definida por meio da fórmula (5):

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (5)$$

Onde:

$M(t)$ : significa a função manutenibilidade;

$e$ : é a base dos logaritmos neperianos;

$\mu$ : é o número de reparos efetuados em relação ao total de horas de reparo desse equipamento;

$t$ : é o tempo previsto de reparo do equipamento (PINTO; XAVIER, 2009, p. 116).

## 3.6 DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)

Refere-se a uma abordagem de ciclo de vida orientada por dados para Six Sigma de projetos de melhoria de processos; é uma parte essencial de um programa Six Sigma da empresa (SOKOVIC; PAVLETIC; PIPAN. 2010, p.480).

### 3.6.1 Definir (*Define*)

A primeira fase da metodologia DMAIC consiste na compreensão do problema com o objetivo de facilitar o desenvolvimento do projeto nas etapas subsequentes. A definição do problema constitui a espinha dorsal de qualquer projeto Seis Sigma (KAUSHIK; KHANDUJA, 2009, p. 199).

Segundo Gijo (2011, p. 254) o primeiro passo para se desenvolver esta etapa é formular uma equipe responsável pelo projeto, na qual fará o levantamento das informações necessárias como o mapeamento de processo.

Por isso, que se faz necessário realizar o levantamento dos problemas crônicos provenientes da rotina da empresa, com uma avaliação histórica do problema (nesse caso o de manutenção), como meio de justificar se o processo deve ou não se realizado e se o quanto ele deve ser melhorado.

Acrescenta-se de acordo com Carvalho e Paladini (2013, p. 23) que é preciso desenhar os processos críticos e identificar quais possuem relação com os resultados inadequados, onde conseqüentemente será realizada uma análise de custo-benefício do projeto, de modo a esclarecer o retorno que este deverá trazer para a empresa.

### 3.6.2 Medir (*Measure*)

Werkema (2004, p. 76), diz que “neste ponto são levantados os resultados que devem ser medidos e os focos prioritários do problema.”

Segundo Araújo (2012, p. 12) a fase da medição corresponde à aplicação de ferramentas estatísticas para traçar o processo a ser analisado, proporcionando a construção de metas e resultados a serem alcançados, recomenda-se bastante atenção nesta fase, para que se resolva de maneira mais conveniente o problema. Nesta fase do DMAIC, a ferramenta da qualidade gráfico de Pareto é utilizada para tornar evidente e visual os problemas.

De acordo com o Portal do Grupo Forlogic (2016) o gráfico de Pareto apresenta os fatores a serem analisados (ocorrências, não conformidades, reclamações, defeitos, etc) devem ser organizados em colunas, começando com os problemas mais recorrentes e avançando gradativamente do mais recorrente para o menos recorrente.

### 3.6.3 Analisar (*Analyse*)

Esta etapa tem como principal finalidade o estudo dos dados adquiridos na fase de medição. Para Werkema (2004, P. 51), “aqui são respondidas as perguntas levantadas nos passos anteriores do por que existirem os problemas prioritários.”

Ainda, segundo a referida autora:

Primeiramente deve-se realizar a observação do processo ao qual o problema prioritário está relacionado, para um melhor atendimento o fluxo e identificar as oportunidades de melhoria existentes. Deve-se então, através do uso intenso de ferramentas estatístico, analisar os dados do problema prioritário e de seu processo gerador, com o intuito de identificar os fatores que produzem variações nos resultados relacionados ao problema e como se dá a manifestação dessas variações (WERKEMA, 2004, p. 52).

Portanto, é nessa fase que são relacionados os problemas que foram levantados, relacionando com o(s) problema(s) prioritário(s), buscando encontrar causas fundamentais e detecção do(s) problema(s).

#### 3.6.4 Melhorar (*Improve*)

É nessa fase que há uma busca pela a melhor solução a ser implantada, visando à melhoria em todo o processo a ser realizado e/ou no setor. Para se alcançar tal objetivo, ideias deverão ser geradas e mapeadas, a fim de se ter as ideias e possíveis respostas a elas.

Deve-se ressaltar que a análise dos resultados obtidos nas fases de Definição, Medição e Análise deverão ser consistentes, uma vez que servirão de subsídios para que a fase de Melhoria possa estar gerando mudanças que realmente impactem positivamente no processo, caso contrário de nada servirá o projeto seis sigma (CHILELLI, 2017, p. 22).

#### 3.6.5 Controlar (*Control*)

Para Duarte (2011, p. 28) o principal objetivo é controlar os processos existentes, aplicar medições com o intuito de monitorar o andamento dos processos e antecipar ações corretivas e de prevenção de desvios. Busca-se manter as melhorias por meio das modificações nos sistemas, estruturas e processos que se encontram implantados nos setores da organização.

“Deve-se definir e implementar um plano para tomada de ações corretivas caso surjam problemas no processo, pois a agilidade na detecção de mudanças no comportamento do processo é importante para que ações corretivas apropriadas sejam tomadas e o processo seja corrigido sem causar grandes transtornos” (WERKEMA, 2004, p. 71).

Por fim, Werkema (2004, p. 72) reitera que “deve-se sumarizar tudo que foi aprendido e que se devem recapitular todas as atividades desenvolvidas com o intuito de avaliar o modo como foram conduzidas”.

Em relação ao ciclo DMAIC, pode discernir-se que o mesmo é um ciclo muito importante em processos, na gestão e organização das atividades em uma empresa. Pode ser utilizado em um setor e para a empresa, fomentando novas ideias e ações para conflitos e problemas organizacionais, como em problemas nos processos e na gestão da manutenção.

A manutenção pode utilizar esse ciclo com tarefas para que a comunicação seja o veículo que conduzirá todos os dados e informações, através de reuniões, dos registros e da fiscalização no setor, fazendo com que haja uma reflexão da importância de se pensar de maneira pró-ativa.

Portanto, esse ciclo é uma ferramenta importante que visa a melhoria nos processos e setores da organização, conseqüentemente na qualidade dos procedimentos e da aplicabilidade, com o objetivo de determinar metas, verificar as situações, analisar o que já está sendo feito e propor soluções para problemas que interferem no bom desempenho dos processos, contribuindo para a melhoria do trabalho e se possível antecedendo problemas que podem ser ocasionados.

#### **4 ESTUDO DE CASO**

O estudo de caso foi realizado no setor de manutenção de vias permanentes de uma empresa que presta serviços ferroviários localizada na cidade de Pinheiral-RJ.

Para manutenção das vias são necessários, além da mão de obra treinada e capacitada, ferramentas e equipamentos específicos para a execução das atividades. Estes equipamentos constituem o instrumental presente na frente de serviço e se dividem entre as modalidades de pequeno, médio e grande porte. Neste estudo será abordado a classe de pequeno porte, classe predominante entre os demais devido a sua capacidade portátil e perante a demanda por agilidade, praticidade, assim como pelo fato das manutenções acontecerem em diferentes quilômetros ao longo da malha ferroviária que contém mais de 1600 km de extensão

territorial e com tempo pré-determinado de, no máximo, 6h por dia, para não haver impacto na circulação de trens.

Devido à grande extensão territorial e a necessidade de um gerenciamento eficiente das manutenções de vias, cada região é responsável por um determinado local. Esse estudo de caso aborda o gerenciamento do processo de manutenção dos equipamentos de pequeno porte de uma coordenação responsável por administrar 53 km da malha ferroviária, partindo da cidade de Barra do Piraí-RJ até o final da cidade de Barra Mansa-RJ.

Os equipamentos são encaminhados para o setor de manutenção (fornecedor) e frequentemente retornam apresentando o mesmo problema e, em momento crítico, durante a execução das atividades de manutenção das vias. Os colaboradores, primeiros a ter acesso aos equipamentos, tentam resolver o problema trocando algumas peças e fazendo paliativos sem saber o real motivo e não comunicam à supervisão, o que compromete ainda mais a qualidade e desempenho do equipamento.

O gerenciamento da manutenção dos EPPs não possui registro das manutenções e intervenções ocorridas. O fornecedor responsável pela manutenção alega necessidade de informações confiáveis relativas às manutenções anteriores e de qualquer outra intervenção que tenha ocorrido, para que possa devolver à coordenação um serviço com maior confiabilidade. Este cenário demonstra a necessidade de ser proposta uma ferramenta para controle que torna possível o acompanhamento das intervenções nos equipamentos, bem como registros de qualquer ocorrência e a elaboração de indicadores que indiquem a disponibilidade operacional dos equipamentos para trabalho e o tempo em manutenção de cada um.

Diante disso, foi utilizada a metodologia DMAIC para estruturação da solução para a melhoria da gestão da manutenção destes equipamentos, conforme descrito a seguir.

#### **4.1 Definir (D)**

A empresa utiliza ordens de serviço para solicitação de manutenção nos equipamentos. Os equipamentos são enviados para o setor de manutenção que é realizada pelo próprio fornecedor das máquinas sediado na cidade de Juiz de Fora-MG e, constantemente, retornam apresentando, ainda que recentemente devolvidas,

o mesmo problema ou algum outro que não foi sinalizado anteriormente pela coordenação.

Além disso, ao identificar problemas com os equipamentos, os colaboradores tentam resolvê-los, mesmo sem estudar a causa, trocam peças e/ou componentes, realizam paliativos e não comunicam aos supervisores, o que pode agravar ainda mais o defeito. Esses defeitos surgem, frequentemente, durante as atividades de manutenção das vias que ficam comprometidas e, em algumas vezes, suspensas, devido à incapacidade da continuidade do serviço dentro do prazo estabelecido.

São realizadas paradas no processo de circulação de trens no determinado trecho para realização da manutenção das vias, manutenções estas, supervisionadas por colaboradores treinados para essa função e, durante o intervalo de, no máximo 6h, essas manutenções devem ser executadas e entregues com confiabilidade para posterior liberação da passagem de trens e demais veículos ferroviários, pois estes permanecem aguardando o término da manutenção ou prosseguem em velocidade restrita, como previsto e autorizado pelo Centro de Controle Operacional – CCO, setor responsável pelo controle da circulação de trens na ferrovia.

A não execução das atividades de manutenção programadas implica em reprogramação e conseqüentemente em perda de recursos, visto que os colaboradores poderiam estar alocados em outras atividades, e os custos relativos a caminhões e vans necessários para deslocamento e diárias de empresas terceiras contratadas, conseqüentemente se elevam.

Diante deste cenário, o problema a ser abordado, foi definido como um processo de gerenciamento de manutenção de equipamentos mal estruturado pela ausência de registros e evidências de intervenções e manutenções, dificultando assim a comunicação eficiente entre as áreas envolvidas e impossibilitando uma manutenção assertiva e eficaz.

#### **4.2 Medir (M)**

A manutenção dos EPP faz parte de um plano de manutenção preventiva geral realizada a cada 180 dias, adotado pela empresa em todas as regiões de operação. Não existem registros das intervenções ocorridas nas últimas manutenções de forma sistematizada. Também não existem indicadores que

informem a disponibilidade operacional de cada um e, o fornecedor é o responsável pela manutenção preventiva e corretiva de todos os equipamentos.

As manutenções preventivas são realizadas a cada 180 dias após emissão de ordens de serviço geradas de acordo com as inspeções previstas para cada modelo de equipamento. Já nas manutenções corretivas, o emissor da ordem, descreve o problema apresentado no equipamento. Ao receber o equipamento, o fornecedor o avalia e informa o orçamento ao setor financeiro que aprova ou não a execução da manutenção. Quando não autorizado, o equipamento retorna avariado, e quando autorizado a manutenção é realizada e logo após, o equipamento recolhido sem a realização de um teste para validação da manutenção pelo representante do setor de via.

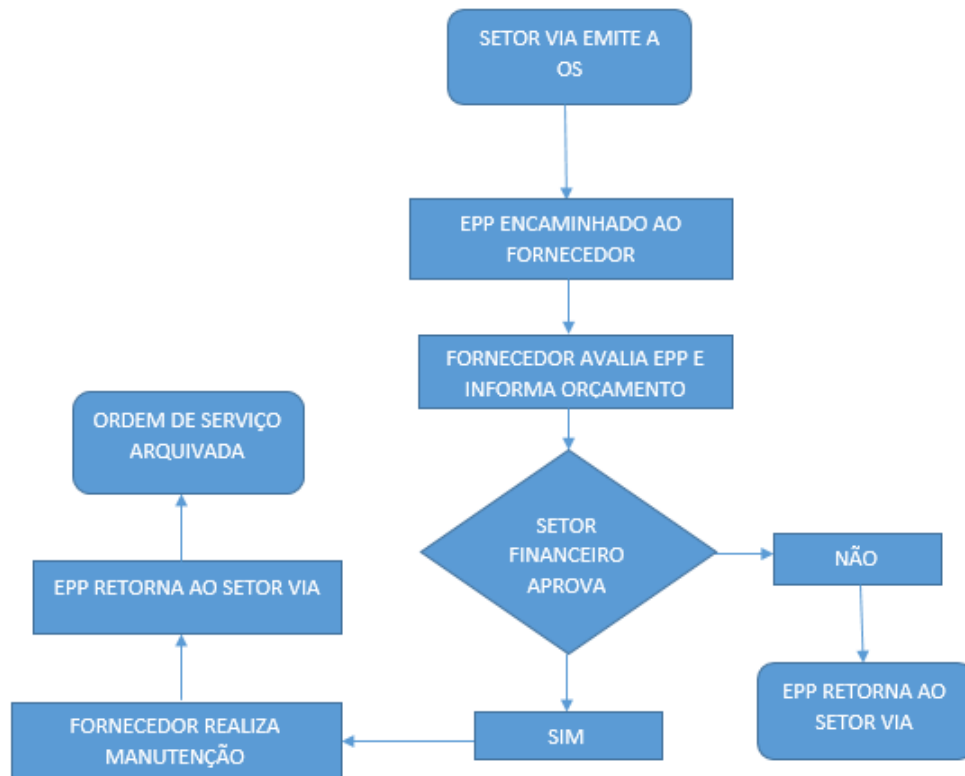
Durante a etapa de elaboração da ordem de serviço, seu criador descreve o pedido de manutenção corretiva de acordo com, somente, a informação recebida pelos colaboradores que utilizam o equipamento em campo e nenhuma informação relativa às últimas manutenções ou intervenções são informadas. Portanto, quando um equipamento é enviado para manutenção, não há nenhum registro com histórico de manutenções e intervenções já realizadas sendo informado ao fornecedor, dificultando assim, a efetividade da operação, considerando que estas informações contribuem para uma manutenção com maior assertividade.

As frequentes avarias ocorrem por vezes em momentos críticos que interferem no andamento das atividades de manutenção das vias. O fornecedor responsável pelas manutenções dos equipamentos alega que a empresa não sinaliza todos os defeitos a serem reparados e a empresa reconhece que muitas informações se perdem no dia a dia, quando os seus colaboradores realizam intervenções ou trocas de peças nos equipamentos e não informam aos supervisores, ou quando informalmente avisam e, por não haver registro dessa informação, a mesma se perde.

E não há registros de evidências que justifiquem novas compras, ou um indicador sinalizando que determinado equipamento sofre mais avarias que outro e que a manutenção corretiva, em alguns casos, já se tornou ineficiente.

O fluxograma a seguir ilustra o processo adotado pela empresa para envio e recebimento dos equipamentos em manutenção preventiva ou corretiva.

Figura 3 – Fluxograma do envio e recebimento dos equipamentos.



Fonte: Elaborado pelos autores


Como demonstrado no fluxograma acima, tem-se as etapas e o processo de envio dos equipamentos para a manutenção como dos orçamentos e todas essas ações tornam-se um ciclo de trabalho de avaliação e manutenção.

#### 4.2.1 Elaboração da Relação de Equipamentos

O trabalho foi aplicado em todos os equipamentos de pequeno porte da coordenação de Pinheiral, totalizando 46 ativos. Assim, correspondem às duas máquinas biseladoras, quatro cavaletes de solda, uma esmerilhadora hidráulica, uma esmerilhadora a bateria, uma furadeira de dormente portátil, duas furadeiras manuais de corrente, duas furadeiras manuais de dormentes, uma furadeira manual de impacto, três furadeiras de trilho a gasolina, duas furadeiras de trilho hidráulicas, três geradores elétricos, dois geradores hidráulicos, duas lixadeiras, três macacos hidráulicos, uma motosserra, seis máquinas de policorte, três rebarbadoras, quatro vibradores elétricos e três vibradores hidráulicos.

A codificação dos equipamentos se dá através de TAGs já adotadas pela empresa, os outros dados informados são descrição do ativo e área em que o ativo está locado, conforme mostra o quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Descrição e área do ativo.

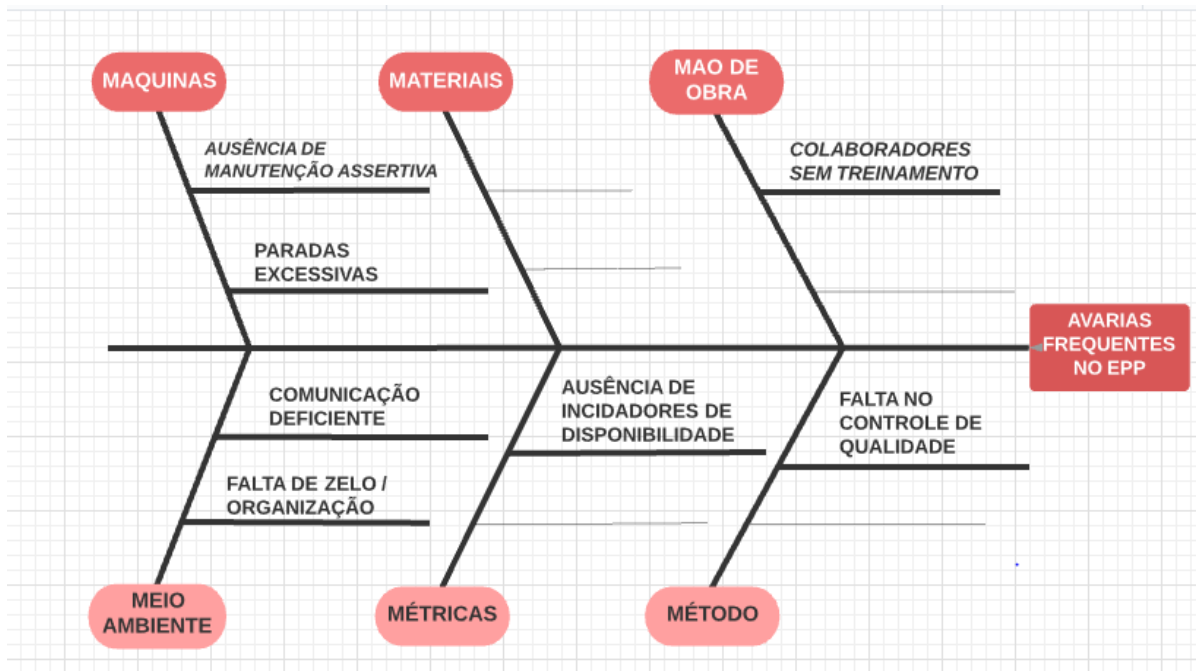
 Nº DO ATIVO (TAG)	DESCRIÇÃO DO ATIVO	ÁREA
BIS0003FPL	BISELADORA	Coordenação de Pinheiral
BIS0001FPL	BISELADORA	Coordenação de Pinheiral
CAV0003FPL	CAVALETES DE SOLDA	Coordenação de Pinheiral
CAV0004FPL	CAVALETES DE SOLDA	Coordenação de Pinheiral
CAV0005FPL	CAVALETES DE SOLDA	Coordenação de Pinheiral
CAV0006FPL	CAVALETES DE SOLDA	Coordenação de Pinheiral
EMH0003FPL	ESMERILHADORA HIDRÁULICA	Coordenação de Pinheiral
ESM0001FPL	ESMERILHADORA / LIXADEIRA 4.1/2" À BATERIA	Coordenação de Pinheiral
FDP0002FPL	FURADEIRA DORMENTE PORTÁTIL	Coordenação de Pinheiral
FMC0001FPL	FURADEIRA MANUAL DE CORRENTE (bicicletinha)	Coordenação de Pinheiral
FMC0002FPL	FURADEIRA MANUAL DE CORRENTE (bicicletinha)	Coordenação de Pinheiral
FMD0001FPL	FURADEIRA MANUAL DORMENTE	Coordenação de Pinheiral
FMD0002FPL	FURADEIRA MANUAL DORMENTE	Coordenação de Pinheiral
FMI0001FPL	FURADEIRA MANUAL DE IMPACTO	Coordenação de Pinheiral
FTG0002FPL	FURADEIRA TRILHO GASOLINA	Coordenação de Pinheiral
FTG0003FPL	FURADEIRA TRILHO GASOLINA	Coordenação de Pinheiral
FTG0004FPL	FURADEIRA DE TRILHO GASOLINA	Coordenação de Pinheiral
FTH0001FPL	FURADEIRA DE TRILHO HIDRÁULICA	Coordenação de Pinheiral
FTH0002FPL	FURADEIRA DE TRILHO HIDRÁULICA	Coordenação de Pinheiral
GEE0001FPL	GERADOR ELÉTRICO	Coordenação de Pinheiral
GEE0002FPL	GERADOR ELÉTRICO	Coordenação de Pinheiral
GEE0003FPL	GERADOR ELÉTRICO	Coordenação de Pinheiral
GER0001FPL	GERADOR HIDRÁULICO	Coordenação de Pinheiral
GER0002FPL	GERADOR HIDRÁULICO	Coordenação de Pinheiral
LXM0002FPL	LIXADEIRA	Coordenação de Pinheiral
LXM0003FPL	LIXADEIRA	Coordenação de Pinheiral
MAC0001FPL	MACACO HIDRÁULICO	Coordenação de Pinheiral
MAC0002FPL	MACACO HIDRÁULICO	Coordenação de Pinheiral
MAC0003FPL	MACACO HIDRÁULICO	Coordenação de Pinheiral
MTS0001FPL	MOTOSERRA	Coordenação de Pinheiral
POL0002FPL	POLICORTE	Coordenação de Pinheiral
POL0003FPL	POLICORTE	Coordenação de Pinheiral
POL0005FPL	POLICORTE HIDRÁULICA	Coordenação de Pinheiral
POL0006FPL	POLICORTE	Coordenação de Pinheiral
POL0007FPL	POLICORTE	Coordenação de Pinheiral
POL0008FPL	POLICORTE	Coordenação de Pinheiral
REB0001FPL	REBARBADORA	Coordenação de Pinheiral
REB0002FPL	REBARBADORA	Coordenação de Pinheiral
REB0003FPL	REBARBADORA	Coordenação de Pinheiral
VBE0001FPL	VIBRADOR ELÉTRICO JACKSON	Coordenação de Pinheiral
VBE0002FPL	VIBRADOR ELÉTRICO JACKSON	Coordenação de Pinheiral
VBE0003FPL	VIBRADOR ELÉTRICO JACKSON	Coordenação de Pinheiral
VBE0004FPL	VIBRADOR ELÉTRICO JACKSON	Coordenação de Pinheiral
VBH0001FPL	VIBRADOR HIDRÁULICO JACKSON	Coordenação de Pinheiral
VBH0002FPL	VIBRADOR HIDRÁULICO JACKSON	Coordenação de Pinheiral
VBH0003FPL	VIBRADOR HIDRÁULICO JACKSON	Coordenação de Pinheiral

Fonte: Criado pelos autores

### 4.3 Analisar (A)

Foi utilizado o Diagrama de Ishikawa para mapeamento dos fatores causadores do problema, conforme mostra a figura 4 abaixo:

Figura 4 – Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, foram elencadas, sendo:

**MÁQUINAS** – A ausência de uma manutenção assertiva gera menor confiabilidade no desempenho dos equipamentos considerando que o próprio fornecedor indica que a ausência destas informações interfere na garantia do resultado das manutenções; as paradas excessivas resultam em baixa produtividade.

**MÃO DE OBRA** – Colaboradores sem treinamento para reparos em equipamentos ao constatarem avarias, trocam peças por outras de outros equipamentos ou criam algum paliativo e deixam de sinalizar aos supervisores que o fizeram, o que geralmente se descobre apenas quando o equipamento já está com o fornecedor; Não existe treinamento para este caso e sim a recomendação de que não se façam intervenções sem a autorização de supervisores.

**MEIO AMBIENTE** – Em relação a algumas avarias, há falha na comunicação entre todos os envolvidos na utilização dos equipamentos e seus supervisores e responsáveis, comunicando apenas quando nada mais pode ser feito por este. Ainda que comunicado à supervisão, a informação por vezes se perde, por não haver meio formal de registro; Ausência de organização no meio quanto ao armazenamento dos equipamentos.

**MÉTRICAS** – Ausência de ferramenta de gestão que torne possível a medição e o consequente nível de desempenho do processo.

**MÉTODO** – Falta no controle de qualidade, a ausência de um controle que reúna informações pertinentes, histórico de manutenções e intervenções, teste de validação na retirada com fornecedor; comunicação informal quanto à sinalização de avarias.

#### 4.4 Melhorar (I)

Conforme analisada as causas do problema em questão foi definido um plano de ação (quadro 3). Com uma ferramenta voltada para o controle e registro das informações, o fornecedor, após receber o relatório com os dados, contará com maior confiabilidade de informações para tratar adequadamente o equipamento. Além disso, a coordenação responsável pelos equipamentos terá um gráfico indicando a disponibilidade operacional de cada um, auxiliando na tomada de decisão quanto à compra de novos equipamentos ou à opção pela manutenção corretiva por quantas vezes julgar necessário.

Quadro 3 – Plano 5W2H.

5W					2H	
WHAT?	WHY?	WHERE?	WHO?	WHEN?	HOW?	HOW MUCH?
O QUE?	POR QUE?	ONDE?	QUEM?	QUANDO?	COMO?	QUANTO?
Criação da planilha de controle e registros de intervenções.	Para criação de indicadores de disponibilidade operacional e histórico de intervenção/manutenção nos equipamentos.	Inicialmente na Coordenação de Manutenção de Vias na Cidade de Pinheiral/RJ.	Coordenação de manutenção de vias responsável pelos equipamentos.	Período de teste iniciado em Novembro de 2020 e encerrado em Maio de 2021; após esse período será feito um levantamento com os resultados obtidos tomando a decisão de implantação definitiva à rotina dessa e de outras coordenações de diferentes regiões da empresa.	Através da planilha de controle que deverá ser alimentada conforme ocorrer qualquer manutenção ou intervenção nos equipamentos. Toda informação adicional deverá ser adicionada à planilha também. O fornecedor receberá um relatório de todas as informações sobre o equipamento junto do indicador apontando sua disponibilidade.	Sem custos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A coordenação poderá encarregar um colaborador para ser o responsável pela alimentação da planilha ou treinar todos os envolvidos no processo para a utilização da mesma. Depois de inseridas as informações de data, abertura e fechamento da ordem de serviço, o indicador de disponibilidade, MTBF e MTTR são automaticamente alimentados e atualizados. Estas informações, assim como as informações de execução e de detalhes adicionais, serão acrescentadas através da opção “registro de intervenção de manutenção” na página inicial.

A opção “validação da manutenção” também foi adicionada para coletar os dados referentes ao colaborador que retirou o equipamento e realizou o teste validando a operação de manutenção.

#### 4.4.1 Definição das etapas

Após definida a necessidade de uma planilha de controle para registro das informações, foram definidas em etapas de trabalho:

Primeira etapa: Criação de um banco de dados alinhado ao modelo de ordem de serviço já utilizado na empresa.

Segunda etapa: Definição de indicadores para o controle de disponibilidade e desempenho das manutenções; e,

Terceira etapa: Inicialmente, em período de teste, inserir o controle na rotina do setor de via responsável pelos equipamentos.

#### 4.4.2 Criação do banco de dados

Para que as informações sejam acessadas com agilidade e confiabilidade por todos os envolvidos no processo de manutenção dos equipamentos é necessário um sistema simples e seguro e que seja facilmente incorporado à rotina da empresa.

Trata-se de uma ferramenta criada através de um programa do *Office*, o Excel, através de programação VBA - *Visual Basic for Applications*. De simples manuseio e que não trará custos a empresa.

O sistema foi criado para ser alimentado com base nas ordens de serviço. No banco de dados contém as informações extras realizadas nas manutenções que não estavam previstas nas ordens de serviços, bem como informações de intervenções simples autorizadas pelos coordenadores e realizadas pelos colaboradores durante

as atividades em campo – nomeadas “manutenções autônomas”. Assim, contém também informações sobre o que foi realizado, quando e porque foi realizado, e datas de abertura e fechamento de ordens de serviço, que são os principais dados do sistema.

Através das informações contidas nesse histórico e as datas de abertura e fechamento das ordens de serviço são calculados os indicadores de TMEF e TMPR onde é apontada a média de tempo disponível, a média de tempo para reparo e o indicador de desempenho operacional, e a disponibilidade e porcentagem de cada equipamento.

Foi ainda acrescida a aba “validação da manutenção” (figura 12) para que ao receber o equipamento do fornecedor, o representante da coordenação de origem do equipamento valide a manutenção do mesmo, realizando teste rápido e assegurando que o retirou com as condições adequadas para uso. Esse registro de validação evita que os equipamentos retornem sem a garantia de que os serviços foram executados corretamente.

A análise desse controle serve como base para tomada de decisões sobre a aquisição de novos equipamentos para substituir aqueles descartados e ao melhor gerenciamento das manutenções pelo fornecedor, para que haja maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis e aumento da confiabilidade e desempenho dos equipamentos reparados.

A seguir, a demonstração de como o banco de dados cria os registros de intervenção de manutenção e validação da manutenção, sendo a figura 5 apresentando o menu principal do sistema e a figura 6 a interface do sistema.

Figura 5 – Menu principal do sistema.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6 – Interface do sistema.

REGISTRO DE MANUTENÇÃO ×

**PARTE 1**

REGISTRO Nº  Nº DO ATIVO (TAG)  PESQUISAR

DESCRIÇÃO DO ATIVO  AREA  MANUT AUTÔNOMA

**PARTE 2**

ORDEM DE SERVIÇO  TIPO DE MANUT  DATA ABERTURA OS  DATA FECHAMENTO OS

SOLICITANTE

**PARTE 3**

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO REALIZADO  PEÇAS TROCADAS

OBSERVAÇÕES

EXECUTADO POR

ADICIONAR PESQUISAR SALVAR EDIÇÃO EXCLUIR

SAIR

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta interface permite ao usuário inserir todas as informações provenientes da ordem de serviço, bem como todas as demais observações acrescentadas pelos fornecedores no ato da manutenção dos equipamentos.

Ainda, a figura 7 apresenta um modelo de preenchimento, para melhor entendimento de como os registros devem ser feitos.

Figura 7 – Exemplo da inserção de um registro da manutenção.

REGISTRO DE MANUTENÇÃO ✕

**PARTE 1**

REGISTRO Nº:  Nº DO ATIVO (TAG):

DESCRIÇÃO DO ATIVO:  ÁREA:  MANUT AUTÔNOMA:

**PARTE 2**

ORDEM DE SERVIÇO:  TIPO DE MANUT:  DATA ABERTURA OS:  DATA FECHAMENTO OS:

SOLICITANTE:


**PARTE 3**

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO REALIZADO:

OBSERVAÇÕES:

EXECUTADO POR:

**REGISTRADO** ✕

 Manutenção registrada com sucesso

Fonte: Elaborado pelos autores

Após o registro, as informações são transferidas para a aba “histórico da manutenção” através do recurso da programação VBA no Excel.

Caso necessário a exclusão ou edição de algum registro, o botão “pesquisar” pode ser usado (figura 8) para localização através do número do registro e posteriormente os botões “excluir” (figura 9) ou “salvar edição” (figura 10) concluem a operação.

Figura 8 – Exemplo da localização de um registro de manutenção.

REGISTRO DE MANUTENÇÃO

PARTE 1

REGISTRO Nº: 5

Nº DO ATIVO (TAG): GEE001FPL

PESQUISAR

DESCRIÇÃO DO ATIVO: GERADOR ELÉTRICO

ÁREA: COORDENAÇÃO DE PINHEIR

MANUT AUTÔNOMA: NÃO

PARTE 2

ORDEM DE SERVIÇO: 123456

TIPO DE MANUT: CORRETIVA

DATA ABERTURA OS: 10/12/2020

DATA FECHAMENTO OS: 30/10/2020

SOLICITANTE: DANIELA

PARTE 3

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO REALIZADO: LUBRIFICAÇÃO E TROCA DE PEÇAS

REGISTRO Nº: 5

PESQUISAR

OBSERVAÇÕES: EQUIPAMENTO TROCA A CORREIA PELA QUINTA VEZ DURANTE OS ULTIMOS TRES MESES

EXECUTADO POR: VICENTE

ADICIONAR

PESQUISAR

SALVAR EDIÇÃO

EXCLUIR

SAIR

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9 – Exemplo da exclusão de um registro de manutenção.

REGISTRO DE MANUTENÇÃO ×

**PARTE 1**

REGISTRO Nº: 5      Nº DO ATIVO (TAG): GEE0001FPL      PESQUISAR

DESCRIÇÃO DO ATIVO: GERADOR ELÉTRICO      ÁREA: COORDENAÇÃO DE PINHEIR      MANUT AUTÔNOMA: NÃO

**PARTE 2**

ORDEM DE SERVIÇO: 123456      TIPO DE MANUT: CORRETIVA      DATA ABERTURA OS: 10/12/2020      DATA FECHAMENTO OS: 30/10/2020

SOLICITANTE: DANIELA

**PARTE 3**

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO REALIZADO: LUBRIFICAÇÃO E TROCA DE PEÇAS      PEÇAS TROCADAS: APENAS CORREIAS

OBSERVAÇÕES: EQUIPAMENTO TROCA A CORREIA PELA QUINTA VEZ DURANTE OS ULTIMOS TRES MESES

EXECUTADO POR: VICENTE

ADICIONAR      PESQUISAR      SALVAR EDIÇÃO      **EXCLUIR**      SAIR

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10 – Exemplo da edição de um registro de manutenção.

REGISTRO DE MANUTENÇÃO ×

**PARTE 1**

REGISTRO Nº: 5      Nº DO ATIVO (TAG): GEE0001FPL      PESQUISAR

DESCRIÇÃO DO ATIVO: GERADOR ELÉTRICO      ÁREA: COORDENAÇÃO DE PINHEIR      MANUT AUTÔNOMA: NÃO

**PARTE 2**

ORDEM DE SERVIÇO: 123456      TIPO DE MANUT: CORRETIVA      DATA ABERTURA OS: 10/12/2020      DATA FECHAMENTO OS: 30/10/2020

SOLICITANTE: DANIELA

**PARTE 3**

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO REALIZADO: LUBRIFICAÇÃO E TROCA DE PEÇAS


OBSERVAÇÕES: EQUIPAMENTO TROCA A CORREIA PELA QUINTA VEZ DURANTE OS ULTIMOS TRES MESES

EXECUTADO POR: VICENTE

ADICIONAR      PESQUISAR      **SALVAR EDIÇÃO**      EXCLUIR

SAIR

SALVO ×

 Registro salvo com sucesso!

OK

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 11 – Exemplo de validação da manutenção.

The screenshot shows a web-based form for maintenance validation. The main window has a title bar 'VALIDAÇÃO DA MANUTENÇÃO' with a close button. The form is organized into several sections:

- VALIDAÇÃO**: Contains a text input for 'Nº DO ATIVO (TAG)' with the value 'ESM0001FPL' and a 'PESQUISAR' button. To the right is a larger text input for 'DESCRIÇÃO DO ATIVO' with the value 'ESMERILHADORA / LIXADEIRA 4. 1/2" À BATERIA'.
- DATA DA RETIRADA**: A date input field containing '05/11/2020'.
- TESTE REALIZADO**: A dropdown menu currently set to 'SIM'.
- VALIDAÇÃO**: A dropdown menu currently set to 'SIM'.
- OBSERVAÇÃO**: A text area containing 'EQUIPAMENTO FUNCIONANDO NORMALMENTE'.
- ITENS ATENDIDOS**: A dropdown menu currently set to 'SIM'.
- OBSERVAÇÃO**: An empty text area.
- RESPONSÁVEL PELA RETIRADA**: A text input field containing 'DEANGELIS'.
- MATRÍCULA**: A text input field containing '30021234'.

At the bottom of the form are three buttons: 'ADICIONAR' (green), 'SALVAR EDIÇÃO' (yellow), and 'SAIR' (white). A modal dialog box titled 'REGISTRADO' is overlaid on the right side, featuring a blue information icon, the text 'Validação registrada com sucesso', and an 'OK' button.

Fonte: Elaborado pelos autores

Para representar o desempenho dos equipamentos e das manutenções, foi definido que os indicadores utilizados seriam o de Tempo Médio Entre Falhas; Tempo Médio Para Reparo e através destes obtida a disponibilidade operacional de cada um, os quais serão utilizados para a criação de planos de ação em prol da eficiência do processo de manutenção. Gerando insumo para análises e identificação de pontos que exigem melhorias. Para controlar a efetividade das ações propostas de melhorias, durante o período de teste da planilha de controle, foi criado um procedimento para inserção da alimentação e utilização deste controle na rotina da coordenação responsável pelos equipamentos. Estas ações serão detalhadas na etapa seguinte.

#### 4.5 Controlar (C)

A planilha passou a ser utilizada em fase de teste com período pré-estabelecido de seis meses. Após esse período, detectado os benefícios da

implementação do controle, haverá a incorporação da mesma planilha nas demais coordenações em outras regiões do estado do Rio de Janeiro.

As ordens de serviço dos anos de 2019 e 2020 foram inseridas no controle inicial para visualização da disponibilidade atual e para dar início ao controle. Assim, ficou estabelecido que uma pessoa fosse responsável pelo gerenciamento do controle nesse período bem como pela identificação de melhorias.

As figuras 12 e 13 a seguir demonstram o layout do histórico de intervenção dos equipamentos:

Figura 12: Histórico de manutenção no Excel.

REGISTRO Nº DO ATIVO (TA)	DESCRIÇÃO DO ATIVO	ÁREA	MANUT AUTÔNOMA?	ORDEM DE SERVIÇO	DATA DE ABERTURA OS	DATA FECHAMENTO OS	TIPO DE MANUT.	SOLICITANTE	
1	CAV0003FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3358182	10/01/2019	13/02/2019	PREVENTIVA	30025668
2	CAV0003FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3149519	13/05/2019	23/07/2019	CORRETIVA	99003988
3	CAV0003FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	2976042	18/08/2019	26/08/2019	CORRETIVA	30025668
4	CAV0003FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	2493664	26/09/2019	10/10/2019	CORRETIVA	30025668
5	GEE0001FPL	GERADOR ELÉTRICO	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	123456	10/10/2020	30/10/2020	CORRETIVA	30025668
8	CAV0004FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3358183	23/12/2019	01/08/2020	CORRETIVA	30024778
9	CAV0004FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3149522	13/11/2019	23/11/2019	CORRETIVA	30025668
10	CAV0005FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3358184	10/01/2019	01/08/2019	CORRETIVA	30025668
9	CAV0006FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3358185	05/10/2019	08/01/2020	PREVENTIVA	30025668
10	CAV0006FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3149525	13/02/2020	23/09/2020	PREVENTIVA	30025668
20	EMH0003FPL	ESMERILHADORA HIDRÁULICA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3487649	14/05/2019	17/02/2020	CORRETIVA	30025668
11	EMH0003FPL	ESMERILHADORA HIDRÁULICA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3358186	05/03/2020	19/07/2020	CORRETIVA	30031234
13	CAV0003FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	1234567	02/01/2020	28/10/2020	CORRETIVA	30025668
14	BIS0002FPL	BISELADORA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	2935703	23/03/2019	23/08/2020	PREVENTIVA	30025668
15	BIS0003FPL	BISELADORA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3216046	21/08/2019	21/12/2020	PREVENTIVA	30021234
16	CAV0005FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3358184	05/10/2020	28/11/2020	CORRETIVA	30025668
17	CAV0006FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3358185	24/10/2020	28/10/2020	CORRETIVA	30025668
18	CAV0006FPL	CAVALETES DE SOLDA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3149525	31/10/2020	02/11/2020	CORRETIVA	30025668
19	EMH0003FPL	ESMERILHADORA HIDRÁULICA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3456788	11/08/2020	31/08/2020	CORRETIVA	30025668
21	EMH0003FPL	ESMERILHADORA HIDRÁULICA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3546789	21/09/2020	27/09/2020	CORRETIVA	30025668
12	EMH0003FPL	ESMERILHADORA HIDRÁULICA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3149533	13/10/2020	23/10/2020	CORRETIVA	30025668
22	ESM0001FPL	ESMERILHADORA / LIXADEIRA 4. 1/2" À BATERIA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3578657	10/01/2020	10/02/2020	PREVENTIVA	30025668
23	ESM0001FPL	ESMERILHADORA / LIXADEIRA 4. 1/2" À BATERIA	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3598765	19/03/2020	23/09/2020	CORRETIVA	30021234
24	FDPO002FPL	FURADEIRA DORMENTE PORTÁTIL	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3509356	18/03/2019	28/08/2019	CORRETIVA	30025668
25	FDPO002FPL	FURADEIRA DORMENTE PORTÁTIL	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3576856	27/01/2020	28/10/2020	CORRETIVA	30035668
26	FMCC001FPL	FURADEIRA MANUAL DE CORRENTE (BICICLETINHA)	COORDENAÇÃO DE PINHEIRAL	NÃO	3456789	10/05/2019	19/12/2019	CORRETIVA	30025668

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 13: Continuação Histórico de manutenção no Excel.

SOLICITANTE	DESCRIÇÃO SERVIÇO REALIZADO	PEÇAS TROCADAS	OBSERVAÇÕES	EXECUTADO POR
30025668	VERIFICADA PARTE ESTRUTURAL DO EQUIPAMENTO, VERIFICADO ROSCAS E PARAFUSOS	NA		30021234
99003988	ROLAMENTO AXIAL, LIMPEZA, REAPERTO E LUBRIFICAÇÕES	NA		30021234
30025668	SERVIÇO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	NA		30021234
30025668	SERVIÇO DE MANUT CORRETIVA	ROLAMENTO AXIAL		30021234
30025668	LUBRIFICAÇÃO E TROCA DE PEÇAS	CORREIA E PARAFUSOS	EQUIPAMENTO TROCA A CORREIA PELA QUINTA VEZ DURANTE OS ÚLTIMOS TRES MESES	30021234
30024778	VERIFICADO PARTE ESTRUTURAL DO EQUIPAMENTO E LUBRIFICADO PARAFUSO E ROSCA	NA		30024778
30025668	ROLAMENTO AXIAL; LIMPEZA, REAPERTO E LUBRIFICAÇÃO	NA		20021234
30025668	VERIFICADO PARTE ESTRUTURAL DO EQUIPAMENTO E LUBRIFICADO	NA		30021234
30025668	VERIFICADO PARTE ESTRUTURAL, PARAFUSO E ROSCAS	PARAFUSOS		30021234
30025668	ROLAMENTO AXIAL, LIMPEZA, REAPERTO E LUBRIFICAÇÕES	NA		30021234
30025668	VERIFICAÇÃO DAS PARTES ESTRUTURAS	CORREIA E DISCO		30021234
30031234	VERIFICAÇÃO DE PEÇAS E FUNCIONAMENTO	NA		30021234
30025668	TROCA DE PEÇA	ROLAMENTO AXIAL		30021234
30025668	VERIFICADO REGULAGEM DOS PARAFUSOS E ACESSÓRIOS	NA		30021234
30021234	REGULAGEM DOS PARAFUSOS E ACESSÓRIOS	NA		30021234
30025668	PORTE ESTRUTURAL VERIFICADA E LUBRIFICADA	PARAFUSO E ROSCAS		30021234
30025668	VERIFICADO PARAFUSO, ROSCAS E PARTE ESTRUTURAL	ROSCAS E PARAFUSOS		30021234
30025668	VERIFICADO PARTE ESTRUTURAL	PORTE DO ROLAMENTO AXIAL		30021234
30025668	VERIFICAÇÃO DA PARTE ESTRUTURAL	NA		30021234
30025668	VERIFICADO PARTE ESTRUTURAL E TROCA DE PEÇA	CORREIA		30021234
30025668	VERIFICAÇÃO DE PEÇAS	NA		30031234
30025668	VERIFICAÇÃO DAS PARTES ESTRUTURAS DO EQUIPAMENTO	NA		30021234
30021234	TROCA DE PEÇAS	DISCO E CORREIA		30021234
30025668	TROCA DE PEÇA	PARAFUSOS E ROSCAS		30021234
30035668	TROCA DE PEÇAS	PARAFUSOS E ROSCAS		30021234
30025668	TROCA DE PEÇAS	PARAFUSOS		30021234

Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa forma cria-se maior confiabilidade ao passo que o sistema permite a criação de relatórios, tabelas e gráficos de acordo com os dados inseridos e conforme se realizam as manutenções. O controle consolida informações para que as decisões gerenciais relativas às manutenções sejam baseadas em dados concretos, otimizando o tempo, proporcionando o aumento da produtividade, assim como, melhor utilização dos recursos e mão de obra.

#### 4.5.1 Definição dos Indicadores de Disponibilidade

Os dados que alimentam os indicadores são gerados no sistema desenvolvido e por meio do histórico de manutenção. O TMEF (ou MTBF) é o indicador que, por objetivo deve se manter com os maiores índices, apontando que, a soma do tempo disponível aumentou, à medida que o tempo em manutenção se reduziu. Calculado entre a relação de horas disponíveis entre as falhas de um componente e o número de falhas ocorridas no período, conforme a fórmula (6):

$$\text{TMEF} = \frac{\Sigma \text{Tempo de bom funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervalos observados}} \quad (6)$$

Onde:

TMEF: é o tempo médio entre falhas.

O TMPR (ou MTTR) é o segundo indicador e tem-se por objetivo manter os índices reduzidos indicando que o tempo para reparos em um componente diminui à medida que seu tempo disponível aumenta. É medido adicionando o somatório de tempo para reparos de um componente dividido número de reparos ocorridos, como mostra a fórmula (7) abaixo:

$$\text{TMPR} = \frac{\Sigma \text{Tempo de não funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (7)$$

Onde:

TMPR: é o tempo médio de reparo.

E, por fim, o indicador de disponibilidade que tem por objetivo se manter com os índices elevados. Calcula-se pelo somatório de horas disponíveis dividido pelas horas totais do período, conforme a fórmula (8) a seguir:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8)$$

Onde:

A: significa a disponibilidade média da unidade;

MTBF: é o tempo de bom funcionamento do equipamento;

MTTR: é o tempo médio de reparos realizados.

Nas tabelas a seguir foram aplicados os cálculos acima mencionados.

Tabela 1 – Cálculo dos indicadores.

PERÍODO	ATIVO	BIS0003FPL	BIS0001FPL	CAV0003FPL	CAV0004FPL	CAV0005FPL	CAV0006FPL	EMH0003FPL
01/01/2019	DIAS EM MANUTENÇÃO	488	0	427	232	257	324	451
DATA ATUAL	QUANTIDADE DIAS TOTAIS	675	675	675	675	675	675	675
06/11/2020	DIAS DISPONÍVEIS	187	675	248	443	418	351	224
HORAS/DIA	QUANTIDADE DE PARADAS	2	2	5	2	2	4	5
6	TMEF	93,50	337,50	49,60	221,50	209,00	87,75	44,80
	TMPR	244,00	0,00	85,40	116,00	128,50	81,00	90,20
	DISPONIBILIDADE (%)	28	100	37	66	62	52	33

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2 – Continuação cálculo dos indicadores.

ESM0001FPL	FDP0002FPL	FMC0001FPL	FMC0002FPL	FMD0001FPL	FMD0002FPL	FMI0001FPL	FTG0002FPL	FTG0003FPL	FTG0004FPL
219	438	446	396	346	380	399	382	437	246
675	675	675	675	675	675	675	675	675	675
456	237	229	279	329	295	276	293	238	429
2	2	2	2	2	2	2	3	2	2
228,00	118,50	114,50	139,50	164,50	147,50	138,00	97,67	119,00	214,50
109,50	219,00	223,00	198,00	173,00	190,00	199,50	127,33	218,50	123,00
68	35	34	41	49	44	41	43	35	64

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 3 – Continuação cálculo dos indicadores.

FTH0001FPL	FTH0002FPL	GEE0001FPL	GEE0002FPL	GEE0003FPL	GER0001FPL	GER0002FPL	LXM0002FPL	LXM0003FPL	MAC0001FPL
0	362	325	220	429	334	312	340	385	234
675	675	675	675	675	675	675	675	675	675
675	313	350	455	246	341	363	335	290	441
2	2	2	2	2	2	3	2	1	1
337,50	156,50	175,00	227,50	123,00	170,50	121,00	167,50	290,00	441,00
0,00	181,00	162,50	110,00	214,50	167,00	104,00	170,00	385,00	234,00
100	46	52	67	36	51	54	50	43	65

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 4 – Continuação cálculo dos indicadores.

MAC0002FPL	MAC0003FPL	MTS0001FPL	POL0002FPL	POL0003FPL	POL0005FPL	POL0006FPL	POL0007FPL	POL0008FPL	REB0001FPL
167	214	238	424	395	0	0	0	0	353
675	675	675	675	675	675	675	675	675	675
508	461	437	251	280	675	675	675	675	322
1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
508,00	461,00	437,00	125,50	140,00	337,50	337,50	337,50	337,50	161,00
167,00	214,00	238,00	212,00	197,50	0,00	0,00	0,00	0,00	176,50
75	68	65	37	41	100	100	100	100	48

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 5 – Continuação cálculo dos indicadores.

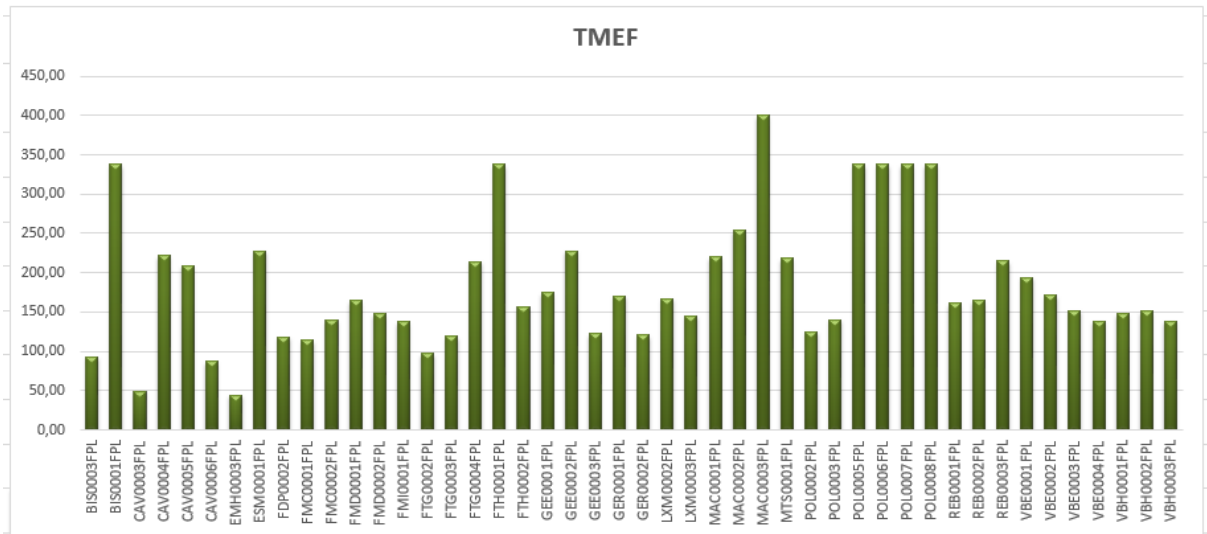
REB0002FPL	REB0003FPL	YBE0001FPL	YBE0002FPL	YBE0003FPL	YBE0004FPL	VBH0001FPL	VBH0002FPL	VBH0003FPL
345	244	286	332	371	397	380	373	398
675	675	675	675	675	675	675	675	675
330	431	389	343	304	278	295	302	277
2	2	2	2	2	2	2	2	2
165,00	215,50	194,50	171,50	152,00	139,00	147,50	151,00	138,50
172,50	122,00	143,00	166,00	185,50	198,50	190,00	186,50	199,00
49	64	58	51	45	41	44	45	41

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram adotadas seis horas de disponibilidade diária para cada equipamento, visto que o tempo máximo para uma operação de manutenção de via permanente é o de exatamente seis horas, concedido pelo Centro de Controle Operacional da empresa. Os dias para cálculo das médias foram obtidos através das datas de abertura e fechamento das ordens de serviço, conforme previsto pelas equações.

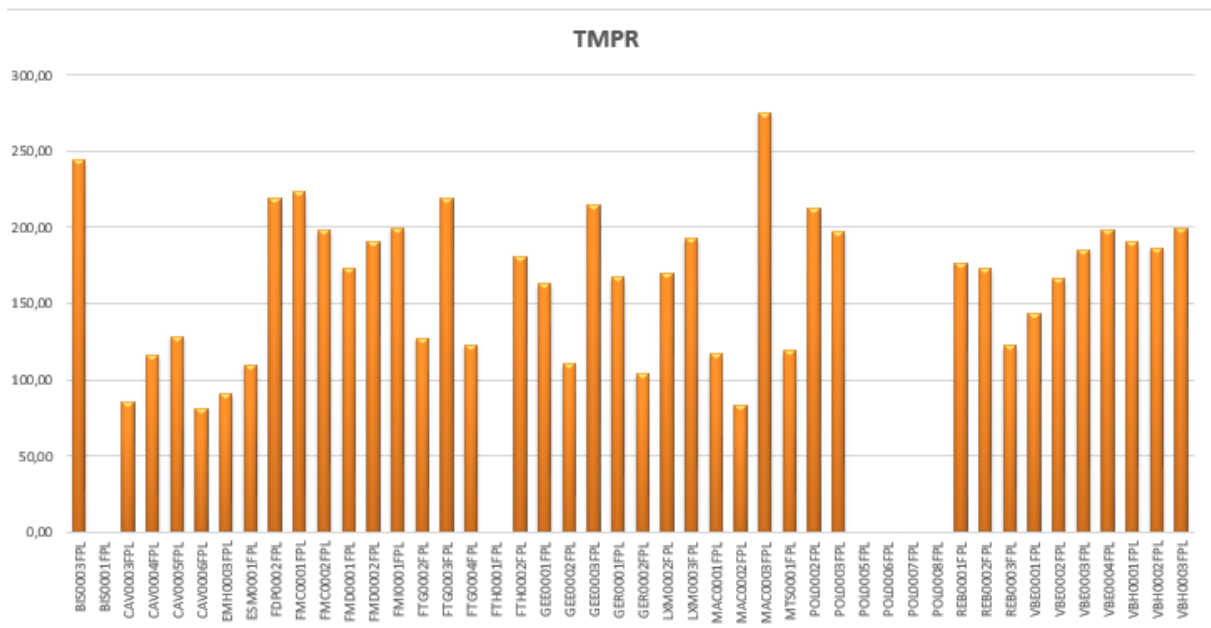
Os gráficos gerados pela planilha, relacionados aos indicadores, TMEF E TMPR, podem ser visualizados a seguir.

Gráfico 1 – TMEF.



Fonte: Elaborado pelos autores.

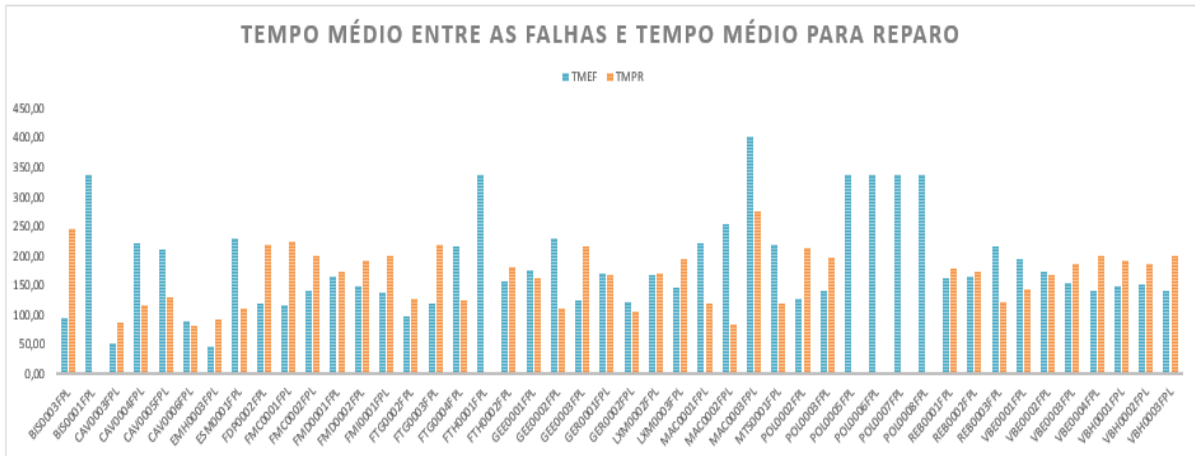
Gráfico 2 – TMPR.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Gráfico a seguir apresenta a comparação entre os indicadores TMEF e TMPR através da implementação da planilha de controle. Observamos que 23 dos equipamentos apresentam tempo para reparo com média superior ao tempo entre falhas, o que significa que 50% dos ativos apresentam menor produtividade.

Gráfico 3 – Tempo médio entre as falhas e o tempo médio para reparo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A disponibilidade operacional dos equipamentos considerando o período de janeiro de 2019 até novembro de 2020 pode ser observada na figura a seguir.

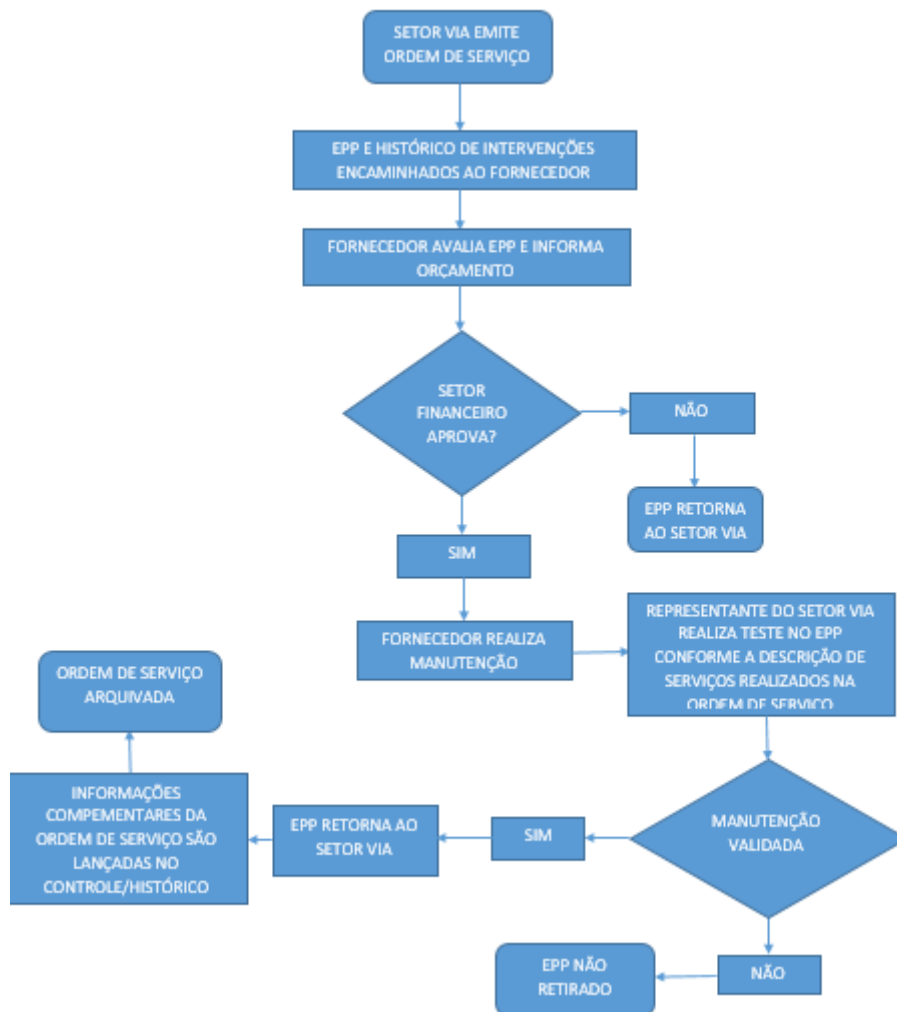
Gráfico 4 – Disponibilidade operacional.



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 14 a seguir demonstra o novo procedimento adotado pela coordenação de via permanente para alimentação e utilização do controle no processo de manutenção dos equipamentos.

Figura 14 – Alimentação e utilização do controle no processo de manutenção dos equipamentos.



Fonte: Elaborado pelos autores

Desta forma a planilha de controle passa não apenas a registrar informações, mas a ser parte fundamental das etapas que constituem todo o processo entre fornecedor e setor de via permanente. Como forma de consolidação de informações e registro formal das execuções.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo melhorar, otimizar e controlar o processo de manutenção de equipamentos de pequeno porte utilizados nas manutenções de vias permanentes em uma empresa sediada em Pinheiral/RJ.

Os objetivos foram alcançados considerando todas as etapas traçadas e estudadas durante o projeto.

Primeiro foi descrito os fatos ocorridos sobre os problemas enfrentados no setor de manutenção de vias e o setor de manutenção dos equipamentos de pequeno porte e o que esses problemas estavam gerando, ou seja, implicando, muitas vezes, na reprogramação da manutenção de via, na perda de recursos e na elevação dos custos diretos e indiretos relacionados.

Através do Diagrama de Ishikawa esses problemas foram identificados e verificados.

Com a ferramenta 5W2H, o processo começou a ser melhorado, pois possibilitou o registro de um plano de ação, com organização e planejamento e mostrou como, quando, por quem e quando as ações seriam implementadas e, enfim, a planilha foi criada utilizando o VBA e implementada em fases de testes sendo alimentada com todas as informações dos equipamentos.

Dessa forma o modelo proposto para controle, em paralelo as ordens de serviço já emitidas pela empresa, será muito útil para a estruturação do processo, para a redução dos problemas de qualidade, consequentemente reduzindo também os custos incididos e, muito importante, atendendo adequadamente a demanda do setor que utiliza os equipamentos para andamento das demais atividades da empresa.

A ferramenta não acrescenta nenhum tipo de custo relacionado à sua implementação e os resultados poderão ser medidos após o prazo pré-estabelecido de seis meses, quando haverá o *feedback* e análise dos retornos, tanto da coordenação, quanto do fornecedor que realiza a manutenção nos equipamentos.

Espera-se que ao final do período de testes, a empresa analise os resultados obtidos e que o banco de dados seja, de fato, implementado e se torne prática usual diária desta, como forma de agregar na otimização dos processos aprimorando o uso da ordem de serviço na obtenção de dados para acompanhamento histórico e formal de cada equipamento reparado, organizando-os, identificando resultados através dos indicadores utilizados, auxiliando na tomada de decisões assertivas.

Com isso, conclui-se que esse projeto e suas sugestões e planos são de grande valor, pois, possibilita o aumento da qualidade nos processos com efetividade nas operações dentro do setor de manutenção da empresa estudada e,

também, para possíveis estudos futuros e melhorias em outras empresas a serem analisadas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma Brasileira Regulamentadora – NBR nº 5462/94**. São Paulo: ABNT/NBR, 1994, 37 p.

ALMEIDA, Matheus das Neves; FARIA, Carlos Alberto de; ANDRADE, Anderson Mendes; CASELLI, Francisco T. Ribeiro. **Aplicação das ferramentas da qualidade para elevar a confiabilidade no processo de transportes de esteira numa linha de envase**. In: IX Coongresso Brasileiro de Engenharia de Produção, dez. 2019. Disponível em: <[http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019\\_120910\\_5d921f46ef7b2.pdf](http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_120910_5d921f46ef7b2.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2020.

ALMEIDA, Paulo. S. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. São Paulo: Erica, 2016.

ARAÚJO, Flávia Barbosa de Brito; MARTINS, Ariane Marques; ARAÚJO, Fernando de. **Gerenciamento do PDCA para Tratamento de Desvios, Aplicado em um Terminal de Transbordo Rodoviário e Ferroviário, Utilizando as Ferramentas da Qualidade: Um Estudo de Caso em Minas Gerais**. Encontro de Gestão de Negócios, p. 694-707, 2016. Disponível em: <<http://www.poncedaher.net.br/egen/sites/default/files/producao-e-logistica-OK-58-71.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2020.

ARAÚJO, Fabiano Jardim. **Aplicação dos conceitos do DMAIC como estratégia de otimização de uma farmácia periférica: estudo de caso em um hospital de grande porte**. Artigo Original. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS, 2012. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STP\\_157\\_913\\_21135.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_157_913_21135.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2020.

BRASIL, MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Transporte Ferroviário**. 2014. Disponível em: <<https://canaldoservidor.infraestrutura.gov.br/conteudo/52-sistema-de-transportes/2849-transporte-ferroviario.html>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

CARVALHO, Marly; PALADINI, Edson. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Elsevier Brasil, 2013, 219 p.

CHILELLI, Pedro Gabriel de Freitas. **Aplicação da metodologia Seis Sigma na manutenção preventiva da ferramenta Tree Running Tool**. 2017. 87 f. Monografia (bacharelado em Engenharia de Produção), Universidade Federal Fluminense – UFF, Rio das Ostras/RJ, 2017.

DUARTE, Douglas dos Reis. **Aplicação da metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC – na operação de uma empresa do setor ferroviário**. 2011. 81 f.

Monografia (bacharelado em Engenharia de Produção), Universidade de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora/MG, 2011.

FOGLIATTO, Flávio S.; DUARTE, José Luis R. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 2 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2011.

GIJO, E. V. et al. **Reducing patient waiting time in a pathology department using the Six Sigma methodology**. *Leadership in Health Services*, v. 26, n. 4, p. 253-267, 2013.

GREGÓRIO, Gabriela F. P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio Barros. **Engenharia de Manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

GRUPO FORLOGIC. **Diagrama de Pareto**. 2016. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/diagrama-de-pareto/>>. Acesso em: 08 out. 2020.

KAUSHIK, Prabhakar; KHANDUJA, Dinesh. **Application of Six Sigma DMAIC methodology in thermal power plants: A case study**. *Total Quality Management*, v. 20, n. 2, p. 197-207, 2009.

LEMOS, Matheus Albernaz; ALBERNAZ, Claudia Márcia R. Machado; CARVALHO, Rogério Atem de. **Qualidade na Manutenção**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de produção, p. 1-11, 2011,. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_TN\\_STO\\_135\\_859\\_18052.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_135_859_18052.pdf)>. Acesso em: 17 ago. 2020.

MARCORIN, Wilson Ribeiro; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Análise dos custos de Manutenção e de Não-Manutenção de equipamentos produtivos**. *Rev. de Ciência & Tecnologia*, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.

MARTINS, Petrônio G; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. São Paulo, *Prod*, v.17, n.1, p. 216-229, jan./abril 2007.

MOUBRAY, John. **RCM II Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Belo Horizonte: Aladon, 2000.

NETTO, Alfredo. P. **Manutenção Industrial**. Indaial: UNIASSELVI, 2018.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SCHEFFER, Rayane Carla; ROCHA, Rony Peterson da; BELINE, Ederaldo Luiz. **Aplicação do Método Dmaic para Acompanhamento e Controle de Atraso na Entrega de Pedidos de Clientes**. *In:Rev. Técnico-Científica do CREA*, set. 2017. Disponível em:<[HTTP://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/](http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/)>

Article/view/265/146>. Acesso em: 04. 2020.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K. Kern. **Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS**. *In: Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, nov. 2010. Disponível em: <[http://jamme.acmsse.h2.pl/papers\\_vol43\\_1/43155.pdf](http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_vol43_1/43155.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2020.

SOEIRO, Marcus V. A.; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André V. R. **Gestão da Manutenção**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 2017.

VIANA, Herbert R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção – PCM**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XENOS, Harilaus. G. D. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura Seis Sigma**. Nova Lima: Werkema Editora, 2004, 253 p.