



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUCAS BENTO SILVA  
LUCAS DOS REIS HENI MADEIRA

**ESTRUTURAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UMA FÁBRICA DE  
MANGUEIRAS**

UBERLÂNDIA  
2021

LUCAS BENTO SILVA  
LUCAS DOS REIS HENI MADEIRA

**ESTRUTURAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UMA FÁBRICA DE  
MANGUEIRAS**

**Projeto de Finalização de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.**

Orientador (a): Prof. Dr. Eustáquio São José de Faria

UBERLÂNDIA

2021

LUCAS BENTO SILVA  
LUCAS DOS REIS HENI MADEIRA

**ESTRUTURAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UMA FÁBRICA DE  
MANGUEIRAS**

Projeto de finalização de graduação apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da  
Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eustáquio São José de Faria  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Alexandre Zuquete Guarato  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Vinícius Carvalho Teles  
Universidade Federal de Ouro Preto

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos os nossos familiares e amigos por todo o apoio, compreensão e motivação durante toda a jornada acadêmica.

Agradecemos o nosso orientador, Eustáquio de Faria, por todo o suporte e por ter aceitado fazer parte desse desafio, bem como os outros dois professores membros da banca examinadora, Alexandre Guarato e Vinícius Teles.

Agradecemos também a coordenadora do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, Núbia Saad, que sempre esteve presente e disposta a nos auxiliar no que estava ao seu alcance.

Por fim, agradecemos a todos que nos apoiaram, de forma direta ou indireta, na concretização de mais essa etapa em nossas vidas.

## RESUMO

Este projeto foi desenvolvido dentro da empresa Alfa. Esta é uma empresa do ramo de tubos, mangueiras e conexões, que teve seu início no ano de 2014 e apresentou um grande crescimento de área construída, maquinário e, conseqüentemente, um aumento de produção. Houve um trabalho de reestruturação em todas as áreas e setores que compõem a empresa para suportar o crescimento da mesma. Todavia, esta reestruturação não contemplou o setor de manutenção da empresa. As conseqüências deste fato começaram a ser sentidas e foram traduzidas em um aumento no número de falhas, assim como, em um aumento no tempo gasto para reparar as máquinas. Em virtude disto, foi realizado um trabalho de estruturação específico do setor de manutenção.

Primeiramente, todas as máquinas foram identificadas com um código específico que as individualizou. Juntamente com os códigos foi feita uma limpeza e organização do setor de manutenção. Neste momento, também foi realizado o inventário de todas as peças e itens de reposição, que se encontravam no setor. O próximo passo teve como foco sistematizar e documentar as intervenções de manutenção. A empresa já praticava a manutenção corretiva planejada e a corretiva não planejada, porém sem nenhuma documentação. Já as ações de manutenção preditiva e preventiva não eram praticadas.

A empresa Alfa faz parte de um grupo internacional. É diretriz deste grupo o uso de EWOs (ordens de intervenções emergenciais), sempre que houver uma falha. Estas folhas de EWO foram implementadas e estão sendo usadas para documentar as ações de manutenção corretiva. A partir destas EWOs também são retirados os dados para o cálculo dos indicadores de manutenção. Os indicadores adotados foram o MTTR, o MTBF e a frequência de falhas. Quanto à manutenção preventiva, esta também está entre as diretrizes do grupo Alfa. Inclusive, já havia um cronograma de intervenções previstas para cada máquina. Este cronograma passou a ser seguido, e para o seu controle foi adotado o uso das folhas de manutenção preventiva, cujo objetivo é discriminar todas as intervenções preventivas feitas em cada máquina. Por este motivo, estas folhas foram fixadas em cada máquina. Constantemente as folhas são comparadas ao cronograma existente. Por fim, todas as compras e contratações de serviço passaram a ser documentadas em uma base de dados, a fim de se ter um valor mais confiável do custo de manutenção.

**Palavras-chave:** Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, MTTR, MTBF, Custo de Manutenção, Disponibilidade, Gestão da Manutenção.

## ABSTRACT

This project was developed within the company Alfa. This is a company in the field of tubes, hoses and access, which had its early in year of 2014 and show a great growth of area built, machinery and, consequently, an increase in production. There was determined work in all areas and sectors that make up the company for its growth. However, this establishment did not include the maintenance sector of the company. The definite consequences to be felt and this were translated into an increase in the number of failures, as well as an increase in the time taken to repair the machines. As a result, a specific structuring work for the maintenance sector was carried out.

First, all machines were identified with a specific code that individualized them. Along with the codes, a cleaning and organization of the maintenance sector was carried out. At this time, all parts and approval items that were in the sector were also encouraged. The next step focused on systematizing and documenting maintenance techniques. The company already practiced planned corrective and unplanned corrective maintenance, but without any documentation. As preventive and preventive maintenance actions were not practiced.

Alfa company is part of an international group. It is a guideline of this group to use EWOs (Emergency Procedure Orders) whenever there is a failure. These EWO sheets have been implemented and are used to document corrective maintenance actions. From these EWOs, data for the calculation of maintenance indicators are also taken. The indicators adopted were MTTR, MTBF and frequency of failures. As for preventive maintenance, this is also among the Alfa Group's guidelines. In fact, there was already a forecast schedule for each machine. This schedule started to be followed, and for its control the use of preventive maintenance sheets was adopted, with the objective of listing all the preventive measures carried out on each machine. For this reason, these sheets were attached to each machine. Sheets are constantly compared to the existing schedule. Finally, all purchases and service contracts started to be documented in a database, in order to have a more reliable value for the maintenance cost.

**Keywords:** Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, MTTR, MTBF, Maintenance Cost, Availability, Maintenance Management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Indicadores mais utilizados.....	18
Figura 2 - Gráfico que representa o ponto ótimo de disponibilidade .....	20
Figura 3 - Custos versus nível de manutenção .....	22
Figura 4 - Custo Anual da Manutenção com base no PIB .....	23
Figura 5 - Pilares da TPM .....	26
Figura 6 - Mesa de trabalho e quadro de atividades .....	30
Figura 7 - Quadro de organização de ordens de manutenção corretiva.....	31
Figura 8 - Fichas a serem colocadas nas máquinas em manutenção .....	33
Figura 9 - Máquinas aguardando o reparo do setor de manutenção .....	33
Figura 10 - Checklist de identificação de não conformidades.....	34
Figura 11 - Setor de baterias da empresa.....	36
Figura 12 - Adesivos de Identificação das Baterias e das Empilhadeiras .....	37
Figura 13 - Gráfico de aptidão de habilidades do mecânico A .....	39
Figura 14 - Gráfico de aptidão de habilidades do mecânico B.....	39
Figura 15 - Setor de manutenção delimitado a seus membros .....	40
Figura 16 - Mesa de documentação e pesquisa .....	41
Figura 17 - Mesa para serem feitos reparos de componentes eletrônicos .....	42
Figura 18 - Mesa utilizada para processos de soldagem .....	42
Figura 19 - Mesa destinada a reparos gerais.....	43
Figura 20 - Organização dos acessórios de fixação mecânica .....	44
Figura 21 - Máquina de Dobra de Tubos.....	45
Figura 22 - Código da máquina junto à ficha de manutenção preventiva .....	47
Figura 23 - Fichas de manutenção preventiva .....	49
Figura 24 - Seção de Anotação das Manutenções Preventivas .....	50
Figura 25 - Ficha de EWO (emergency work order).....	51
Figura 26 - Seção de Análise de Causa Raiz .....	52
Figura 27 - Seção de Solução da Causa Raiz .....	52
Figura 28 - Custo de Manutenção do antigo Grupo Crítico .....	53
Figura 29 - MTBF% (Disponibilidade) .....	57
Figura 30 - Disponibilidade das máquinas críticas de agosto a novembro .....	58
Figura 31 - Intervenções corretivas nas máquinas críticas de agosto a novembro.....	59
Figura 32 - Indicador MTTR das máquinas críticas de agosto a novembro .....	60
Figura 33 - Indicador MTBF das máquinas críticas de agosto a novembro.....	61
Figura 34 - Intervenções de manutenção divididas entre os setores da fábrica de agosto a novembro.....	62
Figura 35 - Indicador MTBF de cada setor da fábrica de agosto a novembro .....	62
Figura 36 - Indicador MTTR de cada setor da fábrica de agosto a novembro .....	63
Figura 37 - Número de intervenções realizadas nas máquinas entre os meses de agosto e novembro.....	64
Figura 38 - Evolução do indicador MTBF analisado entre os meses de agosto e novembro...	65
Figura 39 - Evolução do indicador MTTR analisado entre os meses de agosto e novembro ..	66
Figura 40 - Custo mensal de mão de obra analisado entre os meses de agosto e novembro....	66
Figura 41 - Valores gastos em compras mensais pelo setor de manutenção analisado entre os meses de agosto e novembro .....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média Histórica do Indicador de Disponibilidade no Brasil .....	20
Tabela 2 - Inventário do setor de manutenção.....	28
Tabela 3 - Quadro de atividades de manutenção da empresa.....	30
Tabela 4 - Planilha a ser preenchida pelo operador, durante troca de baterias.....	35
Tabela 5 - Planilha com os códigos de cada bateria .....	36
Tabela 6 - Identificação, por meio de códigos, das máquinas de solda TIG da empresa .....	46
Tabela 7 - Planilha de gestão da manutenção.....	48
Tabela 8 - Controle de Solicitação de Compras .....	55
Tabela 9 - Compras realizadas por intermédio do setor de compras.....	56
Tabela 10 - Máquinas e seus respectivos códigos .....	69
Tabela 11 - Histórico de manutenções preventivas .....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MTTR	Mean time to repair (Tempo médio para reparação)
MTBF	Mean time between failures (Tempo médio entre falhas)
TPM	Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)
EWO	Emergency work order (Solicitação de intervenção emergencial)
TIG	Tungsten inert gas
TMP	Tempo de Máquina Parada aguardando reparo
QI	Quantidade de Intervenções
TMT	Tempo de Máquina Trabalhando
SB-MFB 001	Setor de Brasagem - Forno de Brasagem
SA-D80 001	Setor de Dobra - Dobradeira 80
SC-MCA 001	Setor de Corte - Máquina de Corte Automática
SP-MCE 001	Setor de Pintura - Estufa Pintura
SP-MPP 001	Setor de Pintura - Pintura a Pó
SS-MSP 001	Setor de solda - Máquina de Solda Polysoude
SS-MSP 002	Setor Solda - Máquina de Solda Polysoude
SF-MCU 001	Setor Ferramentaria - Máquina Centro de Usinagem
SD-MOP 001	Setor Deformação - Máquina OP
SM-MCF 001	Setor Mangueiras - Máquina de Corte Finn Power
SA-D52 001	Setor de Dobra - Dobradeira 52
SA-D52 002	Setor de Dobra - Dobradeira 52
SC-MCM 001	Setor de Corte - Máquina Chanfradora Manual
SC-MCM 002	Setor de Corte - Máquina Chanfradora Manual
SS-MLO 001	Setor de Solda - Máquina Lincoln Orbital
SM-MMT 002	Setor de Mangueiras - Máquina de Teste Fluxágio
SM-MMT 003	Setor de Mangueiras - Máquina de Teste Fluxágio
SM-MFP 006	Setor de Mangueiras - Máquina Finn Power CM75
SM-MFP 007	Setor de Mangueiras - Máquina Finn Power CM75

SM-MFP 008	Setor de Mangueiras - Máquina Finn Power CM75
SD-AGF 001	Setor de Deformação - Máquina AG Flare
SD-AGF 002	Setor de Deformação - Máquina AG Flare
SF-MGL 002	Setor de Ferramentaria - Máquina CNC GL280 M
SF-MGL 003	Setor de Ferramentaria - Máquina CNC GL280 M
SF-MTC 001	Setor de Ferramentaria - Máquina Torno Centur 4
SI-MSI 001	Setor de Indução - Máquina Solda Indução
SI-MSI 002	Setor de Indução - Máquina Solda Indução
SI-MSI 003	Setor de Indução - Máquina Solda Indução
SI-MSI 004	Setor de Indução - Máquina Solda Indução

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
1.2 OBJETIVO GERAL .....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	14
2.1.1 Manutenção corretiva.....	14
2.1.2 Manutenção preventiva .....	15
2.1.3 Manutenção preditiva.....	16
2.2 INDICADORES .....	17
2.2.1 MTTR (Mean Time To Repair) .....	18
2.2.2 MTBF (Mean Time Between Failures).....	18
2.2.3 Disponibilidade .....	19
2.3 CUSTOS .....	20
2.4 PROGRAMA DE MELHORIA CONTÍNUA - 5S.....	23
2.5 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – MPT.....	25
<b>3. REESTRUTURAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA ALFA</b> ....	28
3.1 A GESTÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO.....	28
3.2 APLICANDO A METODOLOGIA 5S NO SETOR .....	40
3.3 ESTRUTURAÇÃO DAS ATIVIDADES PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO .....	45
3.4 INDICADORES .....	53
<b>4. RESULTADOS OBSERVADOS</b> .....	58
<b>5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	71
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	73
<b>ANEXO A</b> .....	74

## **1. INTRODUÇÃO**

Em razão do cenário atual, de grande volume de produção em escala global, a produtividade das empresas se torna fundamental para sua sobrevivência no mercado. Assim, a manutenção tem um papel muito importante nos dias de hoje, sendo responsável por otimizar as paradas de máquinas e, como consequência, deixar o maquinário à disposição pelo maior tempo possível.

Além do fator econômico, o fator humano também é crucial, pois, manutenções mal feitas podem ser causadoras de acidentes no local de trabalho, que podem causar danos físicos ou, até mesmo, levar a óbito algum colaborador da empresa. Portanto, boas práticas de manutenção sempre devem ser levadas em consideração e aplicadas com rigor no ambiente de trabalho.

Este estudo foi realizado com o objetivo de propor e executar boas práticas de manutenção em uma organização denominada empresa Alfa, uma companhia fundada em 2014, que apresentou notório crescimento logo nos primeiros anos após sua fundação. Devido ao seu elevado índice de crescimento, a empresa precisou se reestruturar, incluindo o setor de manutenção, em razão de prejuízos de produtividade que começavam a aparecer.

Neste trabalho são abordados os tipos de manutenção, os indicadores que influenciam no processo, ferramentas para gestão da manutenção, dentre outros aspectos, com o objetivo final de entender como os processos na empresa Alfa são realizados, e como podem ser aprimorados.

### **1.1 JUSTIFICATIVA**

O presente tema foi escolhido pelo fato de que a falta de estruturação do setor de manutenção na empresa Alfa gerava reclamações e críticas por parte de vários segmentos internos da empresa. Os gestores não tinham indicadores suficientes ou confiáveis o bastante para identificar problemas e tomar decisões. Os operadores de máquina e líderes dos setores de produção observaram o número de falhas de suas máquinas aumentarem, assim como, o tempo de reparo das mesmas. Os operadores de manutenção trabalhavam sobre pressão constante para que melhorassem sua atuação, mas não encontravam suporte e orientação para colocar em prática as mudanças solicitadas.

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

Estruturar a atuação do setor de manutenção implementando conceitos de organização, sistematizando metodologias de manutenção, colhendo dados confiáveis e gerando indicadores que retratem de forma real e confiável o desempenho das máquinas e do setor de manutenção.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Iniciar a implementação do conceito 5S;
- Implementar a manutenção preventiva;
- Organizar e sistematizar a manutenção corretiva através das EWOs;
- Utilizar as EWOs (Emergency work orders) como fonte de dados para os indicadores de Disponibilidade, MTTR (Mean time to repair), MTBF (Mean time between failures);
- Criar novos indicadores;
- Expandir a abrangências dos indicadores com relação às máquinas avaliadas;
- Encontrar um valor mais confiável de custo de manutenção;
- Passar a utilizar análise de causa raiz para evitar a reincidência de falhas graves.

## **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No capítulo 1, ou capítulo de introdução, pode ser observada uma breve contextualização do tema principal abordado no trabalho (a manutenção industrial).

No capítulo 2, ou capítulo de revisão bibliográfica, são abordados os principais aspectos e conceitos teóricos que fundamentam a área de manutenção industrial

No capítulo 3 são apresentadas as ações realizadas a fim de se atingir os objetivos traçados de melhoria do setor de manutenção da empresa Alfa.

No capítulo 4, ou capítulo de resultados, são expostas as consequências das ações apresentadas no capítulo 3. Estes resultados também foram analisados pelos autores e podem ser observados nesta seção.

No capítulo conclusivo, pode ser observada uma síntese do trabalho desenvolvido, ponderando as ações tomadas, as dificuldades encontradas e os resultados obtidos, além de uma breve sugestão de trabalhos futuros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos, teorias e fragmentos de estudos relevantes na área de manutenção. Dentre os tópicos abordados, estão os principais tipos de manutenção industrial praticados, os principais indicadores adotados na área de manutenção e quais informações podem ser obtidas por estes, o controle e a importância dos custos de manutenção para o desempenho de uma empresa e as teorias de melhoria contínua e manutenção produtiva total.

### **2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO**

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção. A diferenciação entre estas formas reside, principalmente, no momento em que se dará a intervenção, (pré ou pós falha), e qual a sua motivação (uma falha, um indicador ou um cronograma).

#### **2.1.1 Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva ou manutenção reativa é aquela realizada quando há uma falha ou mau funcionamento de um equipamento. Este tipo de manutenção é subdividida em outros dois tipos: manutenção corretiva e corretiva planejada.

Na manutenção corretiva planejada, o equipamento apresenta um desempenho abaixo do esperado ou apresenta algum indicador de funcionamento inadequado, como ruídos, fumaças, faíscas ou vazamentos, por exemplo.

Segundo KARDEC e NASCIF (2009), os fatores que levam uma empresa a optar pela manutenção corretiva planejada são:

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção;
- Aspectos relacionados com a segurança – almejando que a falha não provoque qualquer situação de risco para o pessoal ou para a instalação;
- Melhor planejamento dos serviços;
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental;

- Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para execução dos serviços, e em quantidade suficiente, que podem ser buscados externamente à organização.

Já a manutenção corretiva não planejada ocorre quando um equipamento apresenta uma falha catastrófica, como a quebra de componentes ou pela entrega de um desempenho completamente fora do esperado.

Uma quebra drástica e repentina que ocorra em pleno funcionamento do equipamento em questão pode danificá-lo de forma extensiva, avariando vários outros sistemas e componentes. Isto aumenta o custo de manutenção e alonga o tempo de máquina parada, afetando ainda mais a linha de produção.

Ainda nesta linha, SANTOS (2004), apresenta outros prejuízos causados por este tipo de manutenção:

- Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações;
- Paradas de manutenção em momentos aleatórios e inoportunos, por corresponderem a épocas de ponta de produção, a períodos de cronograma apertado ou até mesmo em épocas de crise geral.

### **2.1.2 Manutenção preventiva**

A manutenção preventiva, ou manutenção baseada no tempo, fundamenta suas intervenções em períodos de tempo predefinidos. Ao contrário da corretiva, as ações de intervenção não são motivadas por falhas. Na verdade, a preventiva tem como foco evitar que a falha venha a ocorrer. Para tanto, as intervenções ocorrem antes da falha, enquanto a máquina ainda está funcionando normalmente.

Para se obter sucesso na adoção do modo preventivo, o custo da manutenção preventiva não pode ser maior do que o custo da manutenção corretiva. Para isto, o número de falhas e o tempo de parada de máquina, devido às intervenções, também devem ser menores do que na manutenção corretiva.

Para que as falhas não ocorram, o intervalo de tempo entre as intervenções deve estar bem dimensionado. Um intervalo curto representa aumento desnecessário dos custos. Em contrapartida, um intervalo longo não é efetivo para evitar as falhas. Este intervalo, geralmente é fornecido pelo fabricante, mas é importante ressaltar que pode haver a

necessidade de alterá-lo devido a fatores climáticos, modificações feitas nas máquinas e condições de operação.

Para reduzir o tempo das intervenções preventivas é necessário preparar previamente todos os itens que serão substituídos durante a intervenção e também todas as ferramentas necessárias. Além disso, a data e o momento em que a máquina será parada devem ser planejados com os gestores para reduzir o impacto sobre a produção. Por fim, um time de manutenção composto por colaboradores experientes e bem treinados, também é importante.

Segundo KARDEC e NASCIF (2009), estes são alguns pontos que levam a adoção da manutenção preventiva:

- Quando não é possível a manutenção preditiva;
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatória a intervenção, para substituição de componentes;
- Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional;
- Por riscos de agressão ao meio ambiente;
- Em sistemas complexos, e/ou de operação contínua.

### **2.1.3 Manutenção preditiva**

A manutenção preditiva é similar à manutenção preventiva, porque também tem como objetivo evitar o acontecimento das falhas. Porém, diferentemente da preventiva, a manutenção preditiva não se baseia em períodos de tempo predefinidos para determinar quando as intervenções devem ser feitas. Na preditiva, a decisão de quando efetuar as intervenções é baseada nos dados obtidos pelo monitoramento contínuo das máquinas em pleno funcionamento. Assim, se os dados obtidos mostrarem que há alguma mudança ou anomalia, então uma ação de intervenção específica é planejada e efetuada.

A manutenção preditiva identifica sinais de falhas em potencial e atua de modo a corrigir a causa destas falhas, de modo que esta não venha a ocorrer. Certamente, para realizar tais correções, a máquina terá seu funcionamento interrompido. Todavia, como a falha ainda não ocorreu, tem-se a vantagem de se escolher o melhor momento para a parada, evitando os momentos de maior impacto na produção.

Segundo KARDEC e NASCIF (2009), as condições para se adotar a manutenção preditiva são:

- O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoração/medição;
- O equipamento, sistema ou instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Deve ser possível o estabelecimento de um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado.

As vantagens da adoção deste método de manutenção são, segundo SANTOS (2004):

- Diminuição do número de intervenções corretivas, reduzindo seu custo;
- Diminuição do número de intervenções corretivas ocorrendo em momentos inoportunos, como em períodos de fim de semana, entre outros;
- Aumento na taxa de utilização anual dos sistemas de produção e de distribuição;
- Maior confiabilidade no equipamento;
- Melhor previsão de disponibilidade e redução nos riscos de anomalias.

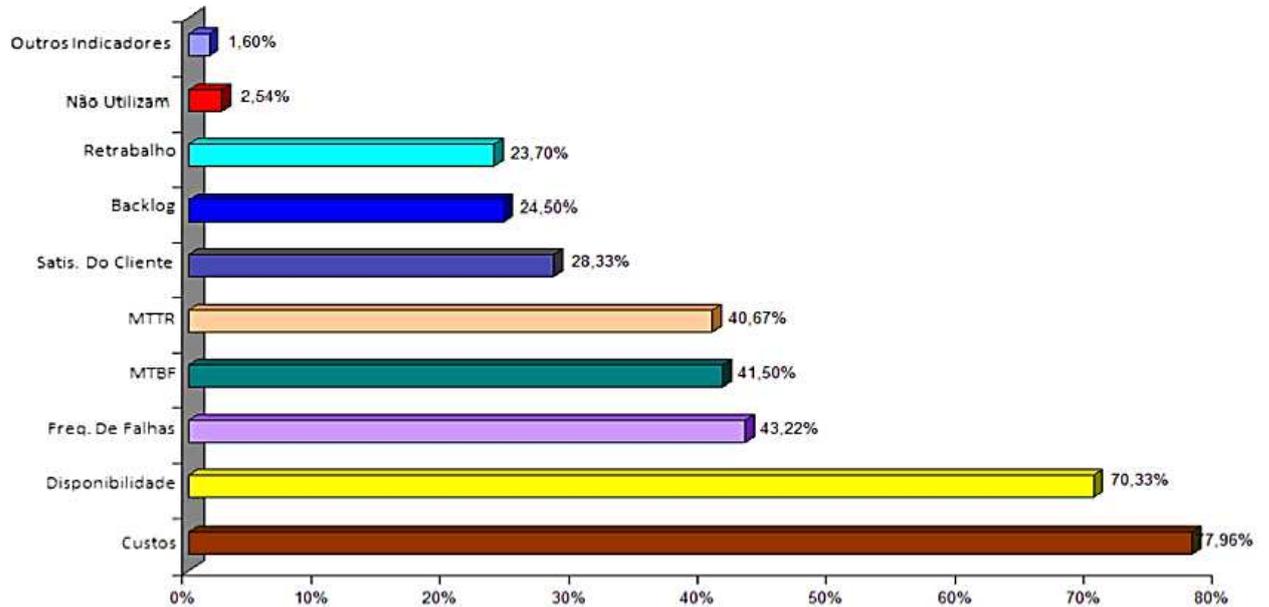
## **2.2 INDICADORES**

Segundo Pinto (2002), para um sistema de controle da manutenção ser eficaz, são necessárias informações de desempenho do mesmo sob a forma de relações ou índices. Tais indicadores deverão ser utilizados para apontar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas.

Já segundo Branco Filho (2006), os indicadores devem ser desenvolvidos para monitorar o que se está a fazer e, se o que se faz se enquadra dentro da estratégia organizacional da empresa.

Por haver uma extensa variedade de indicadores, um ponto importante é a escolha de quais indicadores devem ser utilizados. Como é mostrado no gráfico da Figura 1, os indicadores mais comumente utilizados nas indústrias brasileiras são os custos, a disponibilidade, a frequência de falhas, o MTTR e o MTBF.

Figura 1 - Indicadores mais utilizados



Fonte: Branco Filho, pg. 06 (2006)

### 2.2.1 MTTR (Mean Time To Repair)

O indicador MTTR, ou tempo médio para reparação, é a média aritmética do tempo gasto para reparar um equipamento. Refere-se à média dos tempos gastos para restabelecer o funcionamento de determinado equipamento.

Ainda de acordo com Branco Filho (2006), o tempo deve ser contabilizado desde a falha até a máquina ser considerada novamente em condições de operar.

O valor do indicador MTTR pode ser obtido através de Eq. 1 a seguir, onde TMP representa o tempo de máquina parada aguardando reparo e QI representa a quantidade de intervenções realizadas.

$$MTTR = \frac{TMP}{QI} \quad (1)$$

### 2.2.2 MTBF (Mean Time Between Failures)

O MTBF, ou tempo médio entre falhas, é a média aritmética dos períodos de tempo em que determinada máquina fica sem apresentar falhas. Segundo MARTINS & LEITÃO (2009), este valor atribuído fornece a informação sobre quando poderá ocorrer uma falha no

equipamento em questão. Quanto maior for este índice, maior será a confiabilidade do equipamento.

O valor do indicador MTBF pode ser obtido por meio da Eq.2, onde TMT representa o tempo de máquina trabalhando e QI representa a quantidade de intervenções realizadas.

$$MTBF = \frac{TMT}{QI} \quad (2)$$

O tempo de máquina trabalhando corresponde ao total de horas sem falhas. Um detalhe importante é que os tempos gastos em setup não devem ser contabilizados.

### 2.2.3 Disponibilidade

A disponibilidade é o indicador mais importante para a manutenção. As perdas devido a falhas em equipamentos são enormes, e o objetivo da manutenção deve ser propiciar a máxima continuidade operacional através de uma grande disponibilidade. (VERRI, 2012).

Segundo MARTINS (2012), a definição conceitual do indicador da disponibilidade é a probabilidade de um determinado equipamento estar disponível para operar quando necessário. Dessa forma, o tempo indisponível retrata o tempo total em que a manutenção impediu que houvesse produção em determinado período.

A equação para se obter este indicador é composta por outros 2 indicadores. O MTBF e o MTTR. A disponibilidade é dada pela divisão do MTBF pela soma do próprio MTBF com o MTTR, como é mostrado na Eq.3 a seguir:

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \quad (3)$$

Exemplos deste indicador podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Média Histórica do Indicador de Disponibilidade no Brasil

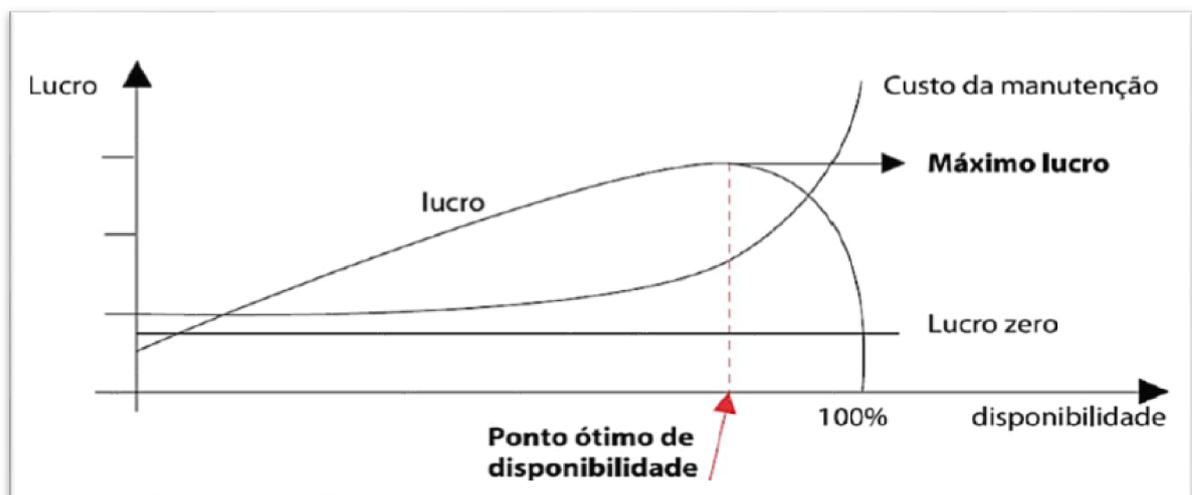
Indicadores de Disponibilidade (%)									
Tipo	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013
Disponibilidade Operacional	85,82	89,30	91,36	89,48	88,20	90,82	90,27	91,30	89,29
Indisponibilidade devido a Manutenção	4,74	5,63	5,15	5,82	5,80	5,30	5,43	5,44	6,15

Fonte: Abramam (2013)

### 2.3 CUSTOS

Segundo Murty e Naikan (1995), a lucratividade de uma empresa mantém uma relação direta com a disponibilidade do equipamento e, conseqüentemente, com o custo de manutenção. Esta relação entre disponibilidade e custo de manutenção requer atenção, pois, ter como meta a falha zero ou 100% de disponibilidade requer aumentos nos gastos com manutenção, reduzindo assim, a lucratividade. Logo, é necessário encontrar e ter como meta o ponto ótimo de disponibilidade (Figura 2), que proporcione maior lucro à operação.

Figura 2 - Gráfico que representa o ponto ótimo de disponibilidade



Fonte: Murty e Naikan (1995)

Segundo Mirshawa e Olmedo (1993), os custos decorrentes da indisponibilidade são oriundos da perda de produção, da não qualidade dos produtos, da recomposição da produção e das penalidades comerciais.

Ainda sobre os autores, aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento, custo da sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo e o ritmo de produção devem ser analisados de forma individual para cada máquina.

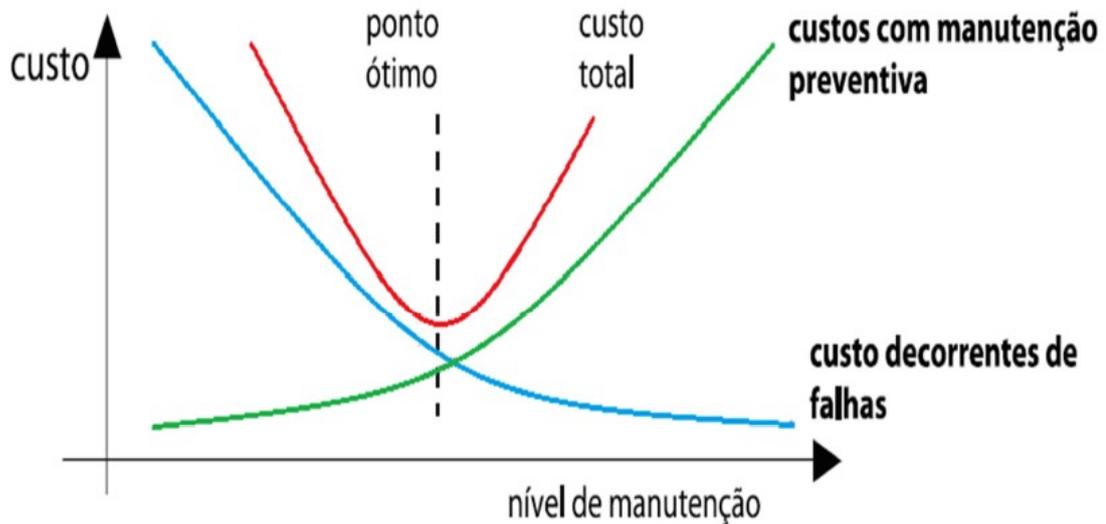
Todavia, ao se abordar o tema manutenção, os custos relacionados à indisponibilidade não representam os custos totais. Segundo Pinto (1994), os custos referentes à manutenção podem ser divididos do seguinte modo:

- Custos diretos. São os gastos necessários para manter ou restabelecer o funcionamento dos equipamentos da produção, como o custo de inspeções regulares, custo de manutenções sistemáticas, custos de reparação das avarias, custos de ajustes das máquinas.
- Custos indiretos. São custos relacionados às atividades de gestão da área de manutenção, como custos de supervisão, de estudos e análises de melhorias.
- Custos de perda de produção ou, como já citado, custos de indisponibilidade. São os custos oriundos da perda de produção, causados por quebra ou baixo desempenho.

Para Mirshawa e Olmedo (1993), os custos diretos com mão de obra, ferramentas e instrumentos, material aplicado nas reparações e com subcontratação, são somente a ponta do *iceberg*. Abaixo dessa parte visível do *iceberg*, estão os maiores custos, invisíveis, que são os decorrentes da indisponibilidade do equipamento.

O gráfico da Figura 3 mostra que investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas e, em consequência, diminuem o custo total da manutenção que corresponde à soma dos custos de manutenção preventiva somados aos custos de falha. O gráfico também mostra que, a partir do ponto ótimo, investimentos em manutenção preventiva continuam a diminuir a ocorrência de falhas, porém, após o ponto ótimo, o custo destes investimentos passa a se elevar exponencialmente. Como contraponto, a intensidade da redução no número de falhas passa a não ser o suficiente para justificar o aumento exagerado nos custos de manutenção. Ou seja, o custo benefício passa a não ser mais positivo, o que levaria a um aumento dos custos de produção do produto final produzido.

Figura 3 - Custos versus nível de manutenção

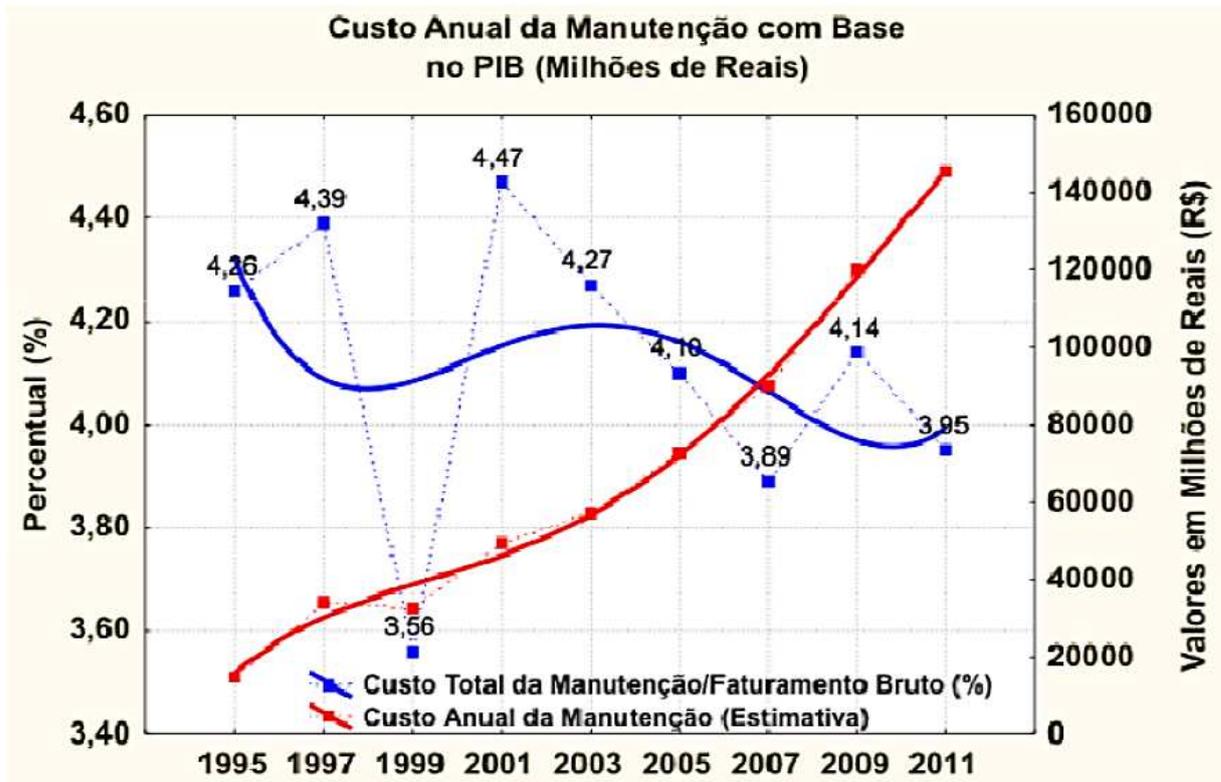


Fonte: Mirshawa e Olmedo, p.19 (1993)

Com tantos fatores a serem analisados, como por exemplo, qual tipo de manutenção adotar, quais indicadores utilizar, qual disponibilidade buscar, naturalmente surge a necessidade de estabelecer um valor limite (um teto) do custo com manutenção. De forma geral, tem-se estabelecido que os custos de manutenção não devem ultrapassar 5% do faturamento anual total da empresa. Este valor limite deve ser respeitado independentemente do tipo de manutenção adotada, dos métodos de gestão ou dos indicadores adotados.

No ano de 2011 o instituto ABRAMAN publicou os dados dos custos de manutenção pelo faturamento bruto das indústrias brasileiras (Figura 4). Este indicador é utilizado por várias indústrias como base para realizar a alocação de recursos para a manutenção, pois tem como objetivo indicar um fator em porcentagem gasto em manutenção sobre o valor bruto faturado. Sendo assim, as empresas o utilizam como referência para determinar e ou comparar os custos com manutenção. Outro indicador usado pelas empresas é o custo de manutenção pelo faturamento líquido.

Figura 4 - Custo Anual da Manutenção com base no PIB



Fonte: Abramam (2011)

## 2.4 PROGRAMA DE MELHORIA CONTÍNUA - 5S

Para Camargo (2016), a melhoria contínua é essencial para a sobrevivência de uma organização, visto que se manter competitiva é requisito para se manter no mercado. Segundo o autor, para alcançar a qualidade em uma organização é necessária a mobilização de todos os envolvidos, em relação a três aspectos principais: conhecimento, habilidade e atitude. De maneira simplificada, informação e treinamento geram conhecimento. Com a prática, adquire-se habilidade e a atitude é o motor que leva à mudança.

Um programa de gestão muito conhecido atualmente é o modelo 5S. Ele foi concebido no Japão por Kaoru Ishikawa no contexto pós guerra. Possivelmente surgiu pela necessidade de organizar o país após o caos gerado pela guerra. O programa obteve resultados tão satisfatórios, que acabou sendo muito difundido até hoje e é utilizado como ferramenta de gestão em vários países. O sistema 5S é assim denominado, pois, ele conta com cinco etapas que se iniciam com a letra S (na língua japonesa), sendo eles: Seiri; Seiton; Seiso; Seiketsu; Shitsuke.

**Seiri** (é conhecido como senso da utilização/organização). Consiste em separar o que é realmente útil e necessário do que não é. Aplicando-se o Seiri, busca-se descartar tudo o que não for útil, procurando entender a razão que levou àquele excesso de forma que se possa agir para que não volte a ocorrer. É um processo que otimiza o tempo de procura por objetos, o local de trabalho, a lista de compra de materiais e por consequência aumenta a produtividade e reduz os custos.

**Seiton** (é traduzido como senso da ordenação). Continuando o processo, nessa etapa se ordena (guarda de maneira adequada) o que se julgou essencial a ser mantido no ambiente. Na prática, consiste em realizar a disposição correta dos objetos, podendo-se utilizar, por exemplo, etiquetas para facilitar a identificação visual. Pode-se utilizar também a regra da frequência de uso, que consiste em manter por perto e em fácil acesso tudo o que se usa com maior frequência e, em outros locais, o que se usa menos. Além de destinar ao almoxarifado, ou a outro setor, por exemplo, tudo aquilo que se usa muito raramente. As vantagens são várias, como agilidade nos processos, estímulo à criatividade e racionalização dos espaços e execução das tarefas.

**Seiso** (é interpretado como senso da limpeza). Consiste em desenvolver hábitos de limpeza, como o de limpar objetos utilizados antes de devolvê-los ao local destinado e acionar pessoal responsável pela limpeza quando necessário. Assim, tem-se um local limpo, agradável e saudável, proporcionando bem estar para quem se encontra no ambiente.

**Seiketsu** (é o senso da saúde). A prática desse senso favorece o estado físico e mental dos indivíduos, por meio da adoção de hábitos saudáveis e higiênicos, manutenção de boas relações interpessoais e boas condições do local de trabalho. Sua aplicação possibilita melhoria na saúde e nível de satisfação geral dos colaboradores, do ambiente e também reduz a possibilidade da ocorrência de acidentes.

**Shitsuke**, por fim, (é o senso da autodisciplina). O objetivo é a autorresponsabilização e o comprometimento com os processos. Deve-se tornar a prática de todos os “S” um hábito, criar mecanismos de avaliação e controle e estabelecer espírito de equipe. Como benefício desta prática, tem-se a administração pró-ativa e participativa, facilidade na execução das tarefas, melhora da qualidade geral dos serviços e das relações interpessoais, propiciando o autodesenvolvimento pessoal e profissional.

## 2.5 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – MPT

A Total Productive Maintenance ou simplesmente TPM, é na verdade um acumulado de outras metodologias existentes como a Manutenção Preventiva e a Preditiva, a Manutenção do Sistema de Produção, entre outras.

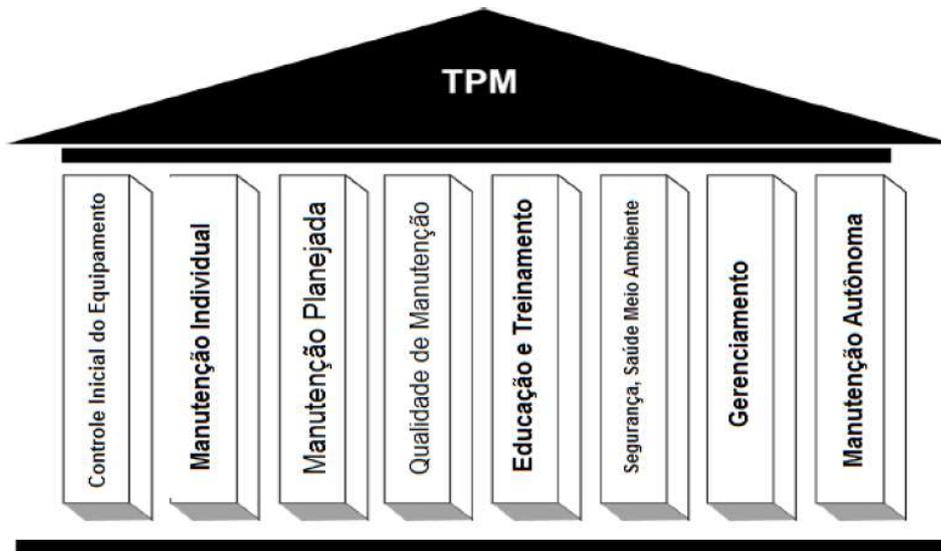
É um dos conceitos mais modernos de manutenção, pois a sua vantagem está em alcançar a eficiência máxima do sistema de produção e aumentar o ciclo total de vida útil dos equipamentos, aproveitando todos os recursos existentes e buscando a chamada perda “zero”.

Em 1971, a JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) definiu a TPM a partir de 5 objetivos básicos:

- Maximização do rendimento global dos equipamentos;
- Desenvolvimento de um sistema de manutenção produtiva que leve em consideração toda a vida útil do equipamento;
- Envolvimento de todos os departamentos, planejamento, projeto, utilização e manutenção, na implantação da MPT;
- Envolvimento de todos os empregados – desde a alta gerência até os operadores de máquinas;
- Constituição da MTP como um movimento, visando à motivação gerencial, através do desenvolvimento das atividades autônomas de melhoria de pequenos grupos.

Existem os chamados pilares da TPM, que são metas impostas pelo programa para que se possa ter sucesso na implantação. A figura 5 ilustra os oito pilares da TPM.

Figura 5 - Pilares da TPM



Fonte: Adaptado de Yamaguchi (2005)

**Controle Inicial do Equipamento:** Eliminar problemas e mau funcionamento de novos equipamentos; aprender com sistemas existentes para implantar iniciativas de melhoria de manutenção de sistemas novos.

**Melhoria Individual:** Identificação e eliminação de todas as perdas e aumento da eficiência do sistema com melhoria da OEE (Eficiência Global de Equipamento).

**Manutenção Planejada:** Planejamento eficiente e efetivo da manutenção para otimizar a vida útil do equipamento; controle do MTBF, MTTR e Disponibilidade.

**Qualidade de Manutenção:** Atingir zero defeitos; acompanhar a resolução de problemas de equipamentos.

**Treinamento e Educação:** Transmitir conhecimento; controle de qualidade; explorar habilidades interpessoais e polivalência dos trabalhadores; alinhar os funcionários a metas organizacionais; realizar avaliação periódica; manter atualização de conhecimentos.

**Segurança, saúde e ambiente:** Certificar-se da segurança no ambiente de trabalho; fornecer um ambiente de trabalho adequado; eliminar os incidentes com lesões; fornecer procedimentos operacionais padrão.

**Gerenciamento:** Melhorar a interação entre as várias funções do negócio; otimizar os processos; concentrar-se em diminuir os custos; manter o escritório e áreas de trabalho organizados.

**Manutenção Autônoma:** Promover a ideia de que o próprio operador realize a limpeza, lubrificação, apertos, inspeções, ajustes nos equipamentos de produção.

### 3. REESTRUTURAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA ALFA

Neste capítulo, são apresentadas quais ações e quais métodos foram adotados e aplicados ao setor de manutenção da empresa Alfa, com o intuito de se alcançar os objetivos contidos dentro deste projeto de estruturação.

#### 3.1 A GESTÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO

A estruturação do setor de manutenção da empresa Alfa não foi pensada para se limitar somente a implementar conceitos, metodologias e indicadores. Houve uma preocupação em organizar o setor de manutenção e também a atuação de seus mecânicos.

Neste sentido, primeiramente, foi feita uma limpeza e organização do setor de manutenção. Esta ação foi necessária porque a empresa havia acabado de passar por uma ampliação em uma área próxima ao setor de manutenção. Com isto, todas as prateleiras onde as peças de reposição são mantidas ficaram cobertas de poeira, o que poderia comprometer alguns componentes como rolamentos, motores e filtros.

Simultaneamente à limpeza, também foi feito um inventário de todos os itens que estavam no setor de manutenção, como ilustra a Tabela 2.

Observou-se que uma das causas de demora no tempo de reparo das máquinas é justamente a falta de peças de reposição. Com a criação do inventário se almejou facilitar a busca de peças dentro do setor de manutenção, assim como identificar as peças em falta e antecipar a sua compra.

Tabela 2 - Inventário do setor de manutenção

Itens	Modelo	Marca	Quantidade/Caixas	Localização	Especif
MotoEsmeril			1	Prateleira 1	G
Peças Máquina de Corte Rogério			4	Prateleira 1	G
Engraxadeira	Pequena		1	Prateleira 1	G
Engraxadeira	Pequena		2	Prateleira 1	G
Engraxadeira	Média		2	Prateleira 1	G
Engraxadeira	Grande		1	Prateleira 1	G
Telefone	Fixo	IntelBras	4	Prateleira 1	G
Telefone	Fixo	GigaSet	1	Prateleira 1	G
Telefone	Fixo	Infinet	9	Prateleira 1	G
Termopar	Pt 100 á 3 fios	Eletro Delta	1	Prateleira 1	G
Termopar	Pt/Rh 10% "S"	METRON	2	Prateleira 1	G
Rolamentos	6002 2RS C3	SKF	4	Prateleira 1	H
Rolamentos	6201 - 2Z	SKF	8	Prateleira 1	H
Rolamentos	6201-2Z-CO7-C3	FAG	5	Prateleira 1	H

Fonte: Autores (2021)

Todas as peças e itens mantidos dentro do setor de manutenção foram limpos e dispostos em prateleiras com identificação por numeração. Por sua vez, cada divisória da prateleira recebeu uma letra para identificá-la. Após este processo de limpeza e organização física das peças, foi criada uma tabela no Excel que ajudasse no momento de localizar um determinado item e que também servisse de controle para a saída deste. Deste modo, a tabela traz o nome geral e popular da peça, o modelo específico, a marca e a localização da mesma, ou seja, em qual prateleira e divisória a referida peça está armazenada.

Há também, nesta tabela, uma coluna que apresenta a quantidade de exemplares de cada item. Foi adotado um filtro condicional de cores nesta coluna. Caso haja 3 unidades ou mais, a cor da célula é verde. Caso haja 2 unidades, a cor da célula é amarela. Por fim, caso haja 1 unidade ou menos, a cor da célula é vermelha, indicando visualmente a necessidade de reposição do item.

Como muitas mudanças e processos estavam sendo implementadas simultaneamente, poderia ser difícil para os mecânicos de manutenção lidar com o aumento de informações. Em virtude disto, dois quadros foram colocados no setor. O primeiro quadro, fixado sobre o computador do setor (Figura 6), tem a finalidade de expor de forma visual e clara, quais atividades devem ser realizadas na fábrica. O quadro é dividido em:

- **Atividades Programadas:** Nesta parte do quadro são listadas as atividades que não necessitam ser realizadas no momento, ou que necessitam de algum planejamento especial, como por exemplo, para não impactar a produção.
- **Reparos nos Setores:** Nesta parte do quadro são listadas as atividades de reparo que necessitam ser realizadas no momento e nos outros setores da fábrica. Geralmente, se trata de alguma manutenção corretiva.
- **Reparos na Manutenção:** Nesta parte do quadro são listadas as atividades de reparo que podem ser realizadas dentro do setor de manutenção. Tratam-se de máquinas e equipamentos que podem ser retirados da linha de produção ou que necessitam de alguma ferramenta especial, ou simplesmente, os operadores precisam de mais espaço para efetuar a intervenção.
- **Solicitação de Compra:** Nesta parte do quadro são listadas todas as necessidades de compra do setor de manutenção.

- **Saída de Ferramentas:** Nesta parte do quadro são listadas as ferramentas, pertencentes ao setor de manutenção, que são emprestadas para os trabalhadores de outros setores.

Figura 6 - Mesa de trabalho e quadro de atividades



Fonte: Autores (2021)

Além das divisões citadas, o quadro também traz as informações de contato telefônico dos mecânicos e mapa de risco de trabalho do setor.

A Tabela 3 ilustra esquematicamente as informações trazidas no quadro.

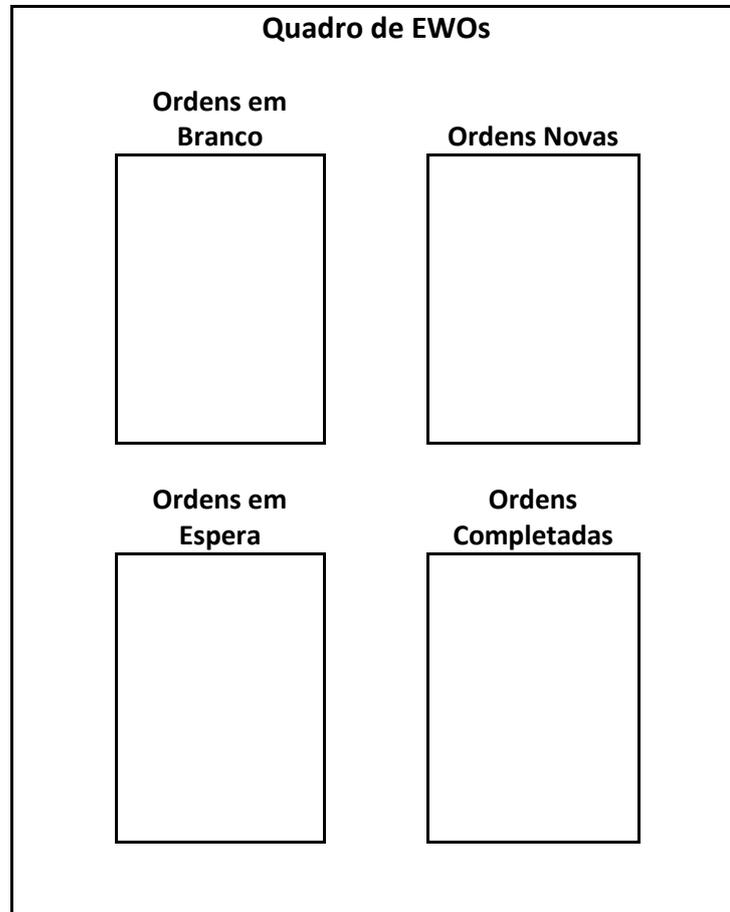
Tabela 3 - Quadro de atividades de manutenção da empresa

Quadro de atividade Manutenção ALFA				
Atividades Programadas	Reparos nos Setores	Reparos na Manutenção	Solicitação de Compra	Saída de Ferramentas

Fonte: Autores (2021)

Já quanto ao segundo quadro, mostrado esquematicamente na Figura 7, ele é utilizado somente para a organização das EWOs ou ordens de manutenção corretiva.

Figura 7 - Quadro de organização de ordens de manutenção corretiva



Fonte: Autores (2021)

Este quadro apresenta 4 divisões, dentre elas:

**Ordens em Branco:** Nesta parte do quadro são colocadas algumas folhas de EWOs em branco. Elas são deixadas no quadro para que o líder do setor possa utilizá-las com o objetivo de solicitar uma intervenção corretiva em alguma máquina em seu setor.

**Ordens Novas:** Nesta parte do quadro são colocadas as folhas de EWOs preenchidas pelo líder do setor. Estas ordens ficam neste quadro até que passem por uma avaliação preliminar de algum membro do setor de manutenção.

**Ordens em Espera:** Nesta parte do quadro são colocadas as folhas de EWOs que já foram preenchidas pelos líderes e que também já foram avaliadas pelos membros da manutenção.

Neste momento, elas são organizadas em ordem de acordo com o nível de prioridade de cada máquina.

**Ordens Completadas:** Nesta parte do quadro são colocadas as folhas de EWOs que já foram completadas. Ou seja, os mecânicos do setor de manutenção já conseguiram reparar a máquina e retorná-la ao seu pleno funcionamento.

As folhas de EWOs só podem ser movidas do campo “Ordens Novas” para “Ordens em Espera” e deste último para “Ordens Completadas”, por membros da equipe de manutenção. Líderes de setores ou qualquer outro funcionário não podem mover as folhas.

Quanto ao atendimento destas folhas de EWOs foram criadas placas de aviso que devem ser fixadas, pelo mecânico de manutenção, nas máquinas que não estejam em funcionamento.

Foram feitas 3 placas diferentes que podem ser vistas na Figura 8:

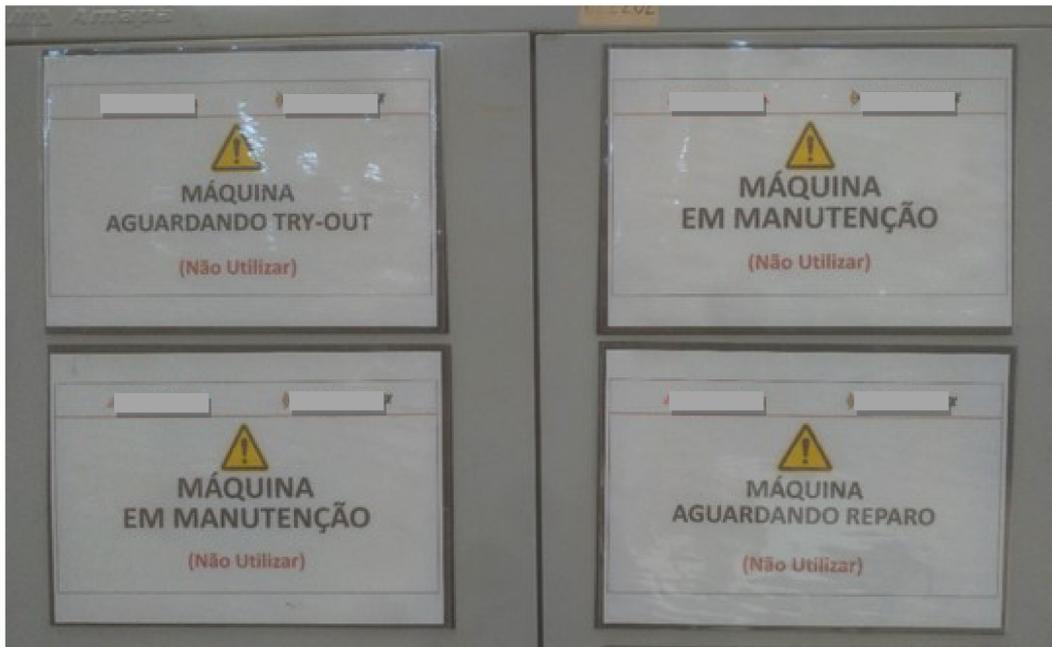
**Máquina em Manutenção:** Estas placas devem ser utilizadas quando a intervenção do mecânico de manutenção está em curso.

**Máquina Aguardando Reparo:** Estas placas devem ser utilizadas quando a máquina apresentou algum problema e teve de interromper seu funcionamento, mas o mecânico de manutenção ainda não iniciou o procedimento de reparo.

**Máquina Aguardando Try-Out:** Estas placas devem ser utilizadas quando uma máquina nova chega à fábrica e fica parada aguardando alguma modificação ou os procedimentos de instalação.

Estas fichas foram plastificadas e coladas em folhas de material magnético. Logo, elas podem aderir em qualquer superfície metálica.

Figura 8 - Fichas a serem colocadas nas máquinas em manutenção



Fonte: Autores (2021)

Na Figura 9 há um exemplo de três máquinas que foram levadas para dentro do setor de manutenção e estavam aguardando que o mecânico de manutenção viesse efetuar o reparo. Logo, a placa utilizada para identificá-las foi a de “Máquina Aguardando Reparo”.

Figura 9 - Máquinas aguardando o reparo do setor de manutenção



Fonte: Autores (2021)

A atuação da manutenção não se limita a somente máquinas da linha de produção. Deste modo, todas as correções de falhas e manutenções programadas referentes às empilhadeiras são executadas pelos mecânicos da manutenção. Porém, como as empilhadeiras são usadas por vários operadores diferentes e não tem um local fixo dentro da fábrica, torna-se mais difícil identificar prelúdios de falhas e, principalmente, equipamentos e itens de segurança que estejam comprometidos. Desta maneira, um checklist foi desenvolvido (Figura 10), sendo ele feito periodicamente, independentemente de manutenções corretivas ou preventivas. Ele visa identificar falhas, desgastes ou mau funcionamento nos principais mecanismos de funcionamento, mecânico, elétrico, hidráulico e de segurança.

Figura 10 - Checklist de identificação de não conformidades

		CHECK LIST			I/AB/MAN/Q-30
		DOCUMENTO DE VERIFICAÇÃO			REFERÊNCIA DO PROCEDIMENTO
		EMPILHADEIRAS			
SERVIÇO MANUTENÇÃO	FREQUENCIA 3 MESES			Modelo e Número	
Data Emis.: 16/09/2021	Emitido: Joel/Rodrigo				
TIPO DE CONTROLE		AVALIAÇÃO			COMENTARIO
01-VERIFICAÇÃO TENSÃO DAS CORRENTES	OK	RUIM	PI		
02-VERIFICAÇÃO DESGASTE DOS GARFOS	OK	RUIM	PI		
03-VERIFICAÇÃO DESGASTE DO PNEUS	OK	RUIM	PI		
04-VERIFICAÇÃO BATERIA	OK	RUIM	PI		
05-VERIFICAÇÃO STATUS EMPILHADEIRAS	OK	RUIM	PI		
06-VERIFICAÇÃO DOS SINAIS ACÚSTICO	OK	RUIM	PI		
07-VERIFICAÇÃO FREIO DAS RODAS E ESTACIONAMENTO	OK	RUIM	PI		
08-VERIFICAÇÃO SEGURANÇA OPERADOR	OK	RUIM	PI		
09-VERIFICAÇÃO DOS SINAIS LUMINOSOS	OK	RUIM	PI		
10-VERIFICAÇÃO DA DIREÇÃO	OK	RUIM	PI		
11-VERIFICAÇÃO DE COMANDOS DA TORRE	OK	RUIM	PI		
12-VERIFICAÇÃO DE FARÓIS	OK	RUIM	PI		
13-NIVEL DE ÓLEO	OK	RUIM	PI		
14-INDICADOR DE TEMPERATURA	OK	RUIM	PI		

Fonte: Autores (2021)

Caso alguma não conformidade seja encontrada, as providências para reparo devem ser tomadas imediatamente. Não se deve esperar até a ocorrência da falha completa. As providências englobam intervenção imediata, contratação de terceiros ou solicitação de peças para substituição.

Todas as empilhadeiras utilizadas na fábrica são elétricas tendo em vista a não emissão de CO<sub>2</sub> em um ambiente fechado, que pode oferecer risco à vida dos trabalhadores. Como foi adotado o checklist para as empilhadeiras, seria natural também desenvolver uma ferramenta de controle e manutenção das baterias, já que as baterias são o principal componente das empilhadeiras, servindo como fonte de energia e contrapeso.

Ao todo, a fábrica conta com 16 baterias de chumbo ácido. Os cuidados de manutenção com estas baterias são relativamente simples. Consistem em limpeza externa, verificação do nível de água dentro dos elementos e um período adequado de carga. Contudo, estes cuidados devem ser diários.

Para garantir esses cuidados foi desenvolvida a planilha da Tabela 4. Ela deve ser preenchida sempre que o operador de empilhadeira decidir efetuar a troca de baterias. Ele deve colocar o seu nome, a data e o horário em que a troca está acontecendo, identificar a empilhadeira que ele está utilizando, identificar a bateria que sairá da empilhadeira para iniciar carga e a bateria que sairá da carga e será montada na empilhadeira. O operador deve confirmar que verificou o nível de água dos elementos de ambas as baterias.

Tabela 4 - Planilha a ser preenchida pelo operador, durante troca de baterias

<b>Manuntenção das Baterias</b>						
Nome do Operador	Horário	Data	Identificação da Empilhadeira	Qual bateria iniciou carga?	Qual bateria iniciou trabalho?	Nível de água está "OK"?
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				
:	:	/ /				

Fonte: Autores (2021)

Com isto, é possível identificar a quantidade de horas de trabalho oferecidas por cada bateria, sendo possível verificar se o ciclo de carga está ocorrendo em um tempo adequado. Uma cópia impressa desta tabela foi afixada no setor de baterias da empresa, como mostra a Figura 11.



As empilhadeiras foram numeradas de 1 a 8. Já as baterias receberam uma identificação composta de letras e números (Figura 12). Cada letra corresponde a um fabricante (da empilhadeira):

**A - Palettrans**

**B - Jungheinrich**

**C - Hyundai**

**D - Comblift**

**E - Still**

Figura 12 - Adesivos de Identificação das Baterias e das Empilhadeiras



Fonte: Autores (2021)

Todas as baterias de mesma letra são intercambiáveis. Por exemplo, qualquer bateria identificada com a letra A pode ser utilizada em qualquer uma das 4 empilhadeiras da Palettrans.

Todavia, não foram implementadas somente ferramentas de gestão de manutenção e de empilhadeiras. A gestão de pessoas ou, no caso, a gestão dos mecânicos de manutenção também foi contemplada. Neste sentido, foi confeccionado o gráfico de aptidão de habilidades dos mecânicos de manutenção.

No gráfico de aptidão de habilidades, as principais habilidades esperadas e requisitadas de um mecânico de manutenção são listadas. Em seguida, cada operador é avaliado e valorado com uma nota de 1 a 5 em cada uma das habilidades.

A nota 5 representa que o operador domina plenamente a habilidade e também é capaz de ensinar tal habilidade a outras pessoas. Já a nota 1 representa que o operador não tem experiência ou desenvolvimento nesta habilidade.

O gráfico de habilidades tem 2 finalidades. A primeira é auxiliar na hora de delegar as funções para cada operador. Ao surgir uma necessidade de intervenção, por exemplo, em uma máquina pneumática é necessário indicar o operador à disposição que tenha a nota mais alta nesta habilidade.

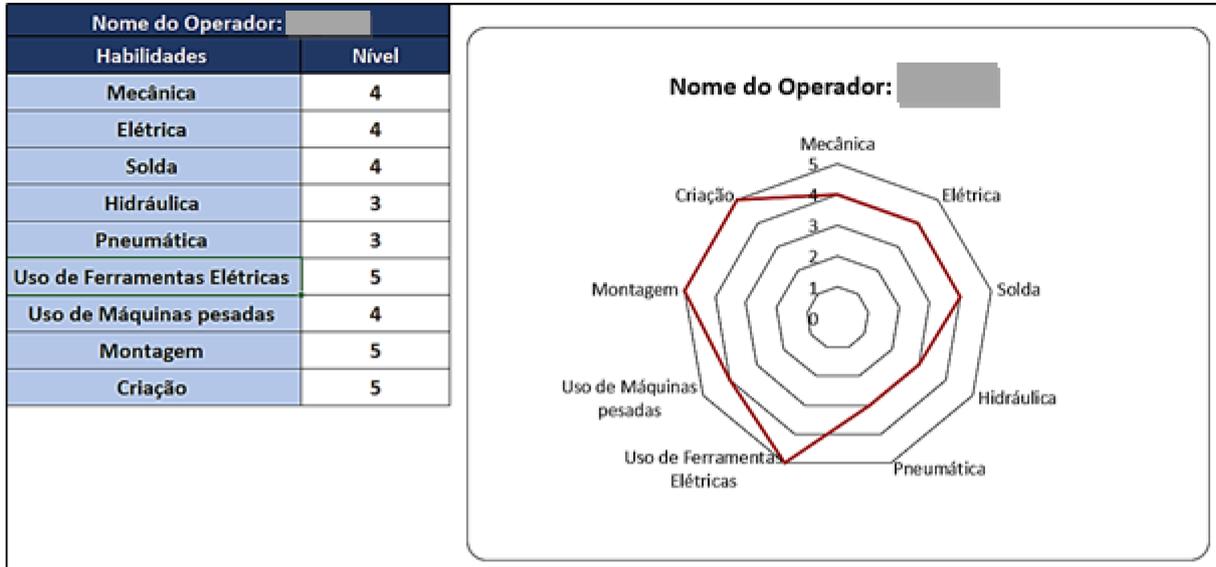
A segunda finalidade é observar e expor de forma clara quais as deficiências de cada operador. Ao identificar, há duas possibilidades: Treinar o operador para que ele desenvolva esta habilidade ou contratar alguém que tenha maior desenvolvimento da habilidade em questão.

As habilidades de cada operador são avaliadas a partir de dois modos. As habilidades em mecânica, elétrica, hidráulica e pneumática são avaliadas através da formação de cada operador. Ou seja, por meio do nível de curso técnico que foi realizado. Por exemplo, a apresentação do diploma de um curso de eletromecânico implica em notas 5 a um operador nas habilidades de mecânica e elétrica. Já as habilidades de solda e uso de máquinas pesadas são avaliadas através dos cursos e treinamentos oferecidos pela própria empresa. Por exemplo, no caso da solda, a empresa oferece treinamento em solda com eletrodo, MIG, MAG, TIG e orbital. Um operador somente recebe nota máxima se tiver concluído os 5 cursos, sendo que esses treinamentos são oferecidos semestralmente.

Como exemplo, ao se comparar as Figuras 13 e 14, é fácil identificar que o mecânico “A” é muito mais completo, quanto ao desenvolvimento de suas habilidades, do que o mecânico “B”. Mesmo o operador “B” tendo a mesma quantidade de notas “5” que o

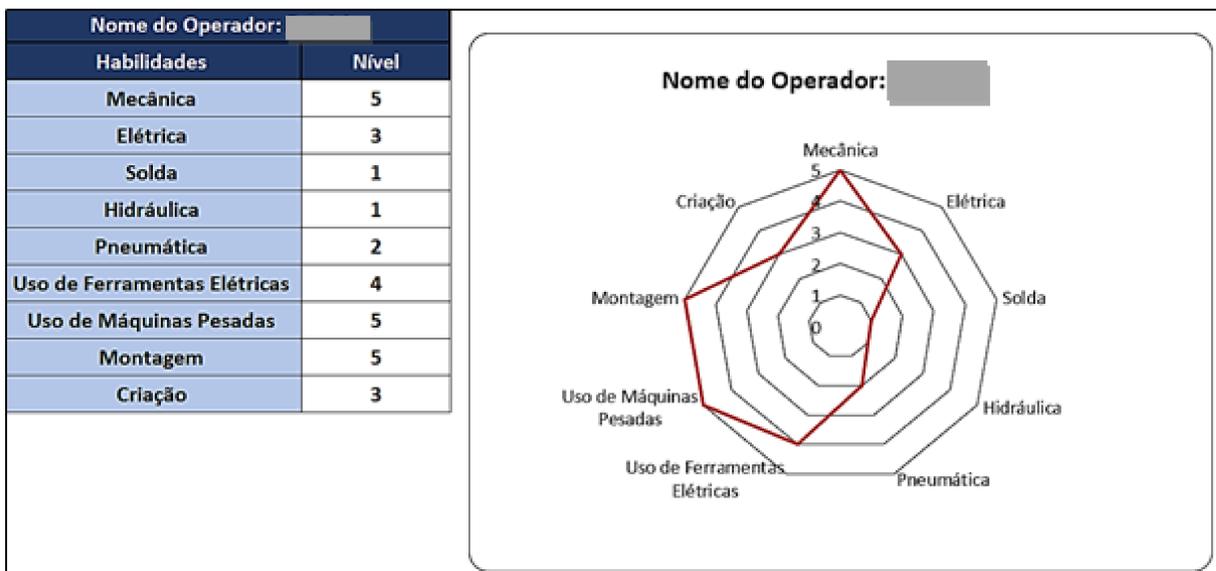
operador “A”. Logo, deve-se procurar formas de possibilitar o desenvolvimento das deficiências de “B” para que a equipe de manutenção se torne mais homogênea e capacitada.

Figura 13 - Gráfico de aptidão de habilidades do mecânico A



Fonte: Autores (2021)

Figura 14 - Gráfico de aptidão de habilidades do mecânico B



Fonte: Autores (2021)

### 3.2 APLICANDO A METODOLOGIA 5S NO SETOR

O 5S é uma metodologia muito difundida atualmente no meio fabril e na empresa Alfa não é diferente. Os diversos setores da empresa têm a metodologia 5S como diretriz e buscam, diariamente, alcançá-lo em sua plenitude. No setor da manutenção esta metodologia ainda não havia sido inserida. O primeiro passo para implementá-la foi a organização e criação de um inventário, como já foi exposto anteriormente. Porém, não se limitou a isso. O setor foi cercado e fechado para delimitar a entrada e circulação de funcionários que não sejam membros do setor de manutenção (Figura 15).

Figura 15 - Setor de manutenção delimitado a seus membros



Fonte: Autores (2021)

O setor conta com algumas mesas utilizadas como base para fazer algum reparo. Antigamente, cada mecânico escolhia uma mesa aleatoriamente e iniciava seus procedimentos. No intuito de trazer maior organização ao setor, definiu-se uma função para cada mesa.

A primeira mesa, na qual está montada o computador, ficou definida como a mesa de documentação e pesquisa, mostrada na Figura 16. Toda a documentação relacionada à manutenção fica sobre esta mesa, incluindo as notas fiscais de compra. Nenhum reparo deve ser feito nesta mesa, assim como, nenhuma peça, equipamento ou ferramenta deve ser deixado sobre ela.

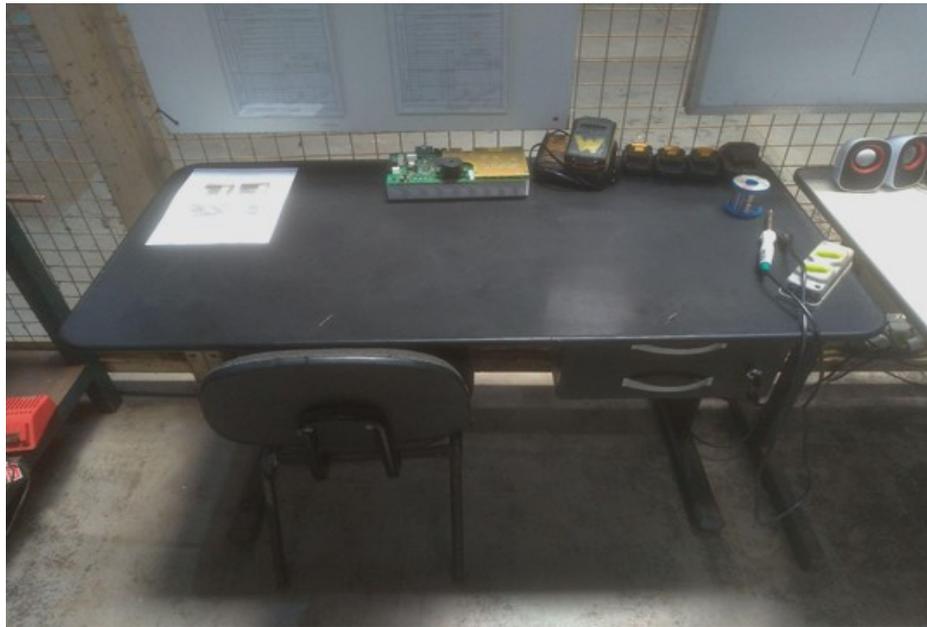
Figura 16 - Mesa de documentação e pesquisa



Fonte: Autores (2021)

A segunda mesa, que fica ao lado da primeira e logo abaixo do quadro de folhas de EWOs, ficou definida como mesa para reparo de componentes eletrônicos (Figura 17), como circuitos elétricos, sensores, atuadores, placas de controle, etc. Além dos componentes que serão reparados, nesta mesa também podem ser deixadas ferramentas como fontes de alimentação, ferro de solda e multímetros. As baterias das ferramentas elétricas manuais, como as furadeiras, também são deixadas sobre a mesa para receberem carga.

Figura 17 - Mesa para serem feitos reparos de componentes eletrônicos



Fonte: Autores (2021)

A terceira mesa, que fica imediatamente ao lado da segunda mesa, é uma mesa de aço feita exclusivamente para ser usada no processo de soldagem, ilustrada na Figura 18. Sendo assim, ficou definido que esta mesa seria dedicada exclusivamente ao processo de soldagem de componentes. Nela também há uma morsa para caso haja a necessidade de se prender alguma peça.

Figura 18 - Mesa utilizada para processos de soldagem



Fonte: Autores (2021)

A quarta e última mesa está posicionada no centro do setor de manutenção. Seu uso é geral, sem uma definição de função. Logo, qualquer reparo que não seja elétrico e que não requisite solda, deve ser realizado nesta mesa (Figura 19).

Figura 19 - Mesa destinada a reparos gerais



Fonte: Autores (2021)

Por fim, no que se refere à organização e limpeza do setor, foi realizada uma separação dos parafusos, porcas, arruelas e demais acessórios de fixação mecânica. Eles foram divididos em caixas azuis de acordo com tamanho, forma e finalidade. Tentou-se subdividir o máximo possível a separação dos componentes na intenção de diminuir o tempo de busca por parte dos mecânicos do setor, como mostra a Figura 20, a seguir.

Figura 20 - Organização dos acessórios de fixação mecânica



Fonte: Autores (2021)

No que se refere à metodologia 5S o primeiro passo foi dado. As ações primordiais de limpeza, organização, separação e classificação foram feitas. Agora, o desafio maior é desenvolver estes sentidos, além do senso primordial de disciplina que será fundamental para a manutenção do que já foi realizado.

### 3.3 ESTRUTURAÇÃO DAS ATIVIDADES PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO

Passada a fase de organização e gerenciamento do setor de manutenção, deu-se início a fase de estruturação das atividades práticas de manutenção, ou seja, iniciou-se um trabalho que tinha como foco evitar quebras e, por consequência, aumentar o tempo de trabalho do maquinário da empresa.

No que se refere a maquinário, a empresa Alfa conta com uma gama grande e variada de implementos, como máquinas de dobra de tubos (Figura 21), solda TIG, solda por indução, forno de brasagem, cabine de pintura eletrostática, estufa, máquinas de teste de pressão, centros de usinagem, entre outros. Ao todo, atualmente a empresa conta com 147 máquinas instaladas em sua planta. Muitas destas máquinas são praticamente iguais, no que se refere a aspecto visual, em outras palavras, são do mesmo modelo. Por exemplo, no setor de solda há 6 máquinas de solda TIG, todas idênticas visualmente, porém, cada uma delas foi adquirida em uma data distinta. Logo, o calendário de manutenção preventiva é diferente para cada uma delas. Além disso, o histórico de falhas também é diferente.

Figura 21 - Máquina de Dobra de Tubos



Fonte: Autores (2021)

Contudo, como nenhuma destas máquinas tinha uma identificação individual, todas estas informações foram perdidas. Em virtude disto, todas as máquinas foram identificadas com um código específico (Tabela 6).

Tabela 6 - Identificação, por meio de códigos, das máquinas de solda TIG da empresa

		<i>Lista de Máquinas e Equipamentos (Solda)</i>	
<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Setor</b>	<b>Prioridade</b>
<b>SS-MST 003</b>	<b>Solda TIG 3000i ESAB</b>	<b>Solda</b>	<b>2</b>
<b>SS-MST 004</b>	<b>Solda TIG 3000i ESAB</b>	<b>Solda</b>	<b>2</b>
<b>SS-MST 005</b>	<b>Miller Dynasty 280</b>	<b>Solda</b>	<b>2</b>
<b>SS-MST 006</b>	<b>Miller Dynasty 280</b>	<b>Solda</b>	<b>2</b>
<b>SS-MSP 001</b>	<b>Polysoude 1</b>	<b>Solda</b>	<b>3</b>
<b>SS-MSP 002</b>	<b>Polysoude 2</b>	<b>Solda</b>	<b>3</b>
<b>SS-MSW 001</b>	<b>Warrior ESAB</b>	<b>Solda</b>	<b>4</b>

Fonte: Autores (2021)

O código desenvolvido é dividido em 3 partes e traz 3 informações diferentes. Por exemplo:

### **SS-MSP 001**

**SS:** São as iniciais do setor onde a máquina se encontra. Neste caso, “SS” representa o Setor de Solda;

**MSP:** São as iniciais do nome comercial da máquina em questão. Neste caso, “MSP” significa Máquina de Solda Polysoude.

**001:** É a primeira máquina deste modelo dentro da fábrica. Caso, atualmente, haja duas máquinas do mesmo modelo no setor de solda, a segunda máquina recebeu o mesmo código somente alterando o dígito “1” pelo dígito “2” (SS-MSP 002).

A principal função dos códigos é individualizar cada uma das máquinas da fábrica. Desde modo, pôde-se construir o histórico de falhas, tornando mais fácil identificar reincidência de falhas, mau uso do operador e desgaste de peças.

A fim de estimular o uso dos códigos por parte dos trabalhadores das fábricas, passou-se a utilizá-los em todos os documentos referentes ao setor de manutenção. Logo, ao abrir uma EWO ou solicitação de intervenção emergencial, o líder do setor deve informar o código da máquina que apresentou a falha. Este código também é utilizado nas fichas de manutenção preventiva, como será detalhado mais adiante.

Os códigos foram fixados em cada máquina por meio de adesivos, com o intuito de facilitar a localização dos códigos por parte dos funcionários, e todos os códigos foram colocados junto às fichas de manutenção preventiva, como mostra a Figura 22.

Figura 22 - Código da máquina junto à ficha de manutenção preventiva



Fonte: Autores (2021)

Quanto à manutenção preventiva, ela já está entre as diretrizes do grupo Alfa. Inclusive já havia um cronograma descrevendo quais as intervenções previstas para cada máquina e quando estas intervenções deveriam ser efetuadas (Tabela 7). Contudo, este cronograma nunca havia sido seguido. Logo, as ações de manutenção preventiva nunca tinham sido realizadas.

Tabela 7 - Planilha de gestão da manutenção

		1/AB/V/Q-07 Planilha de Gestão da Manutenção																
		TBM - TIME BASED MAINTENANCE (Manutenção baseada no tempo) PREVENTIVA																
Equipamentos	Tarefas	Status	Janeiro				Fevereiro				Março				Abril			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
Dobradeira Soco 80	Verificar a tensão do eixo de dobra	planejado																
		real																
	Verificar/reparar jogo na transmissão e no carro transmissor	planejado																
		real																
	Revisar sistema de lubrificação/ lubrificar o equipamento	planejado																
		real																
	Inspeccionar/reparar vazamento de ar	planejado																
		real																
	Inspeccionar cabos de energia	planejado																
		real																
Verificar sistema de segurança	planejado																	
	real																	
Trocar bateria do CLP	planejado																	
	real																	
Revisar quadro elétrico/apertar contatos (maq. desligada)	planejado																	
	real																	
	Verificar jogo no cabeçote do disco	planejado																
		real																

Fonte: Autores (2021)

No contexto atual da indústria, a importância da manutenção preventiva já está consolidada, assim como os benefícios que esta metodologia traz para a redução de quebras e de custos da manutenção. Em virtude disto, a implementação das ações de manutenção preventiva estava entre as metas deste projeto de estruturação do setor de manutenção da empresa Alfa.

Assim, este cronograma passou a ser seguido. Para o controle e checagem da realização destas intervenções foi adotado o uso das folhas de manutenção preventiva. Estas folhas foram fixadas em cada máquina, e nelas são anotadas todas as intervenções preventivas feitas.

A Figura 23 mostra um exemplo de ficha de manutenção preventiva. Ela traz a informação de quais ações devem ser tomadas e o intervalo de tempo entre estas ações. Cada máquina da empresa recebeu uma ficha de manutenção preventiva com intervenções específicas.

Figura 23 - Fichas de manutenção preventiva

	FORMULARIO MANUTENÇÃO PROGRAMADA		1/AB/MAN/Q-30
	DOCUMENTO DE INTERVENÇÃO		REFERENCIA DO PROCEDIMENTO
	SETOR : DOBRA		
SERVIÇO MANUTENÇÃO	MAQUINA:		O/V/PR/14/00
Data Emis.:	3-out	Emitido : Joel/Rodrigo	
<b>TIPO DE CONTROLE</b>		<b>Frequencia</b>	
<b>1.FUNCIONALIDADE MECANICA:</b>			
a. Verifique a tensão do eixo de dobra		3 meses	
b. Verifique se há jogo na transmissão		3 meses	
c. verificar jogo no Carro transmissor		3 meses	
d. Verificar sistema de lubrificação		1 mes	
e. Lubrificar o equipamento		1 mes	
f. Verificar se há vazamento de ar		1 mes	
<b>2.FUNCIONALIDADE ELETRICA:</b>			
a. Verificar quadro geral		3 meses	
b. Verificar os cabos de energia		3 meses	

Fonte: Autores (2021)

Na parte inferior da ficha há um espaço em branco onde o mecânico da manutenção deve anotar a data e qual intervenção foi feita (Figura 24). Ao final de cada mês, as fichas são utilizadas para comparação com o cronograma digital e ver se todas as intervenções programadas para o mês foram realizadas.



informações para se confeccionar os indicadores de disponibilidade de máquina, MTTR e MTBF.

Figura 25 - Ficha de EWO (emergency work order)

		PEDIDO DE INTERVENÇÃO E ANÁLISE DA FALHA (EWO)						
Descrição da falha e do intervento	Linha		Operador	Maquina	Por Recebimento	Inicio Intervento		
						Data:	Hora:	
	Tipo de Falha		Data	Hora	Operador Manutenção	Final intervento		
	Eletrico	Mecanico				Data:	Hora:	
	Descrição da falha				Descrição do intervento			
	Resultado Intervento			Para Aceitação				
	Negativo.	Temporario	Definitivo	<i>(Use a parte trasera para um possivel esboço)</i>				
	Data/hora			Duração parada		Codigo falha		
	peças ou componentes utilizados:							

Fonte: Autores (2021)

Já a Figura 26 apresenta a parte de “Definições do problema e análises das causas raízes”. Esta parte somente é preenchida em dois casos:

- Se houver uma falha que leve a máquina a ficar parada por um intervalo de tempo superior a 3 horas.
- Se uma peça ou componente de uma determinada máquina apresentar falha por 3 vezes em um único mês.

Caso uma destas situações aconteça, faz-se o preenchimento após uma reunião entre um membro do setor de qualidade, um membro do setor de produção, um mecânico da manutenção, o líder do setor da máquina em questão e o operador da máquina em questão. Todos eles devem discutir, analisar e buscar informações sobre a falha. Ao fim do preenchimento desta parte, a Causa Raiz deve ser encontrada.

Figura 26 - Seção de Análise de Causa Raiz

Definições do problema e análise das causas raiz	Análise dos 5 W + 1 H		Lista das possíveis causas	
	O que	Que produto estava produzindo?	1	
	Quando	Começo - Início turno - Durante o turno - Final turno - Ferramental - Início produção - Outro	2	
	Onde	Area maquina / componente	3	
	Quem	Erro do Operador - Erro do ferramenteiro - Erro da Manutenção - Evidenciado por:	4	
	Qual	Existem sinais de alerta? Isso acontece em uma condição particular?	5	
	Como	Quais são as consequencias da falha?	6	
Verificação das possíveis causas		Ok/Nok	<b>Tipo de causa raiz</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">RESISTENCIA DEFICIENTE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ESFORÇO EXCESSIVO</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DESGASTE</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: x-small; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20%;">Influencias externas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes faltante ou inadeguados.</div> <div style="width: 15%;">Insuficientes competencias dos Condutores ou dos Manutentores</div> <div style="width: 10%;">Fragilidade do projeto</div> <div style="width: 10%;">Manutenções insuficientes</div> <div style="width: 15%;">Ausencia observações das condições operativas (velocidade pressão..)</div> <div style="width: 15%;">Falta manutenção das condições basicas (limpeza, lubrificação, apertos)</div> </div>	
1				
2				
3				
4				
5				

Fonte: Autores (2021)

Na terceira e última parte da folha de EWO há o espaço de “Ações contra a causa e ações para a manutenção”, como é mostrado na Figura 27. Esta parte é preenchida em comum acordo com os membros da reunião que encontraram a causa raiz. As ações devem atacar diretamente a causa.

Figura 27 - Seção de Solução da Causa Raiz

Ações contra a causa e ações para a manutenção	Ações para as causas		Quem	Quando					
	1								
	2								
	3								
	4								
Ações para a manutenção		Quem	Quando						
1									Standard AM
2									
3									
4									
Análise executada por		Resultado		Verificado por:		Assinatura		Data	

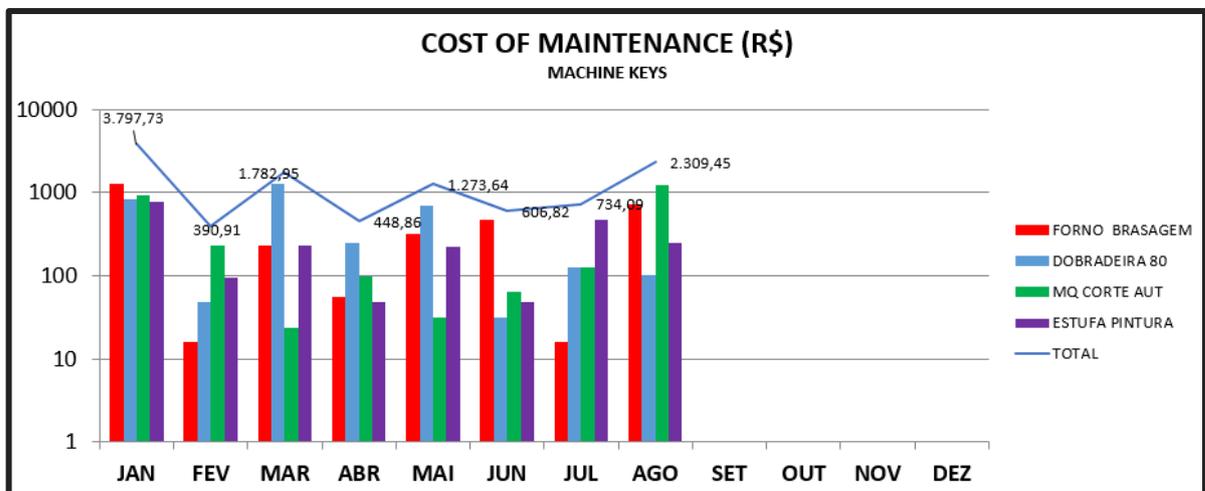
Fonte: Autores (2021)

### 3.4 INDICADORES

Adotados os conceitos de manutenção, partiu-se para a estruturação dos indicadores. Os indicadores de manutenção são as ferramentas que mostram qual a situação do momento atual e, com o passar do tempo, mostrarão se haverá melhora ou piora na atuação da manutenção. Foram definidos quatro indicadores que avaliarão a atuação e servirão como norte para definir necessidades de melhoria. Os indicadores são: MTTR, MTBF, disponibilidade e custo.

No que se refere a custos, existiam dois valores de custo de manutenção dentro da empresa. O primeiro era proveniente do setor de qualidade e pode ser visto no gráfico da Figura 28. Este custo abordava somente o valor gasto na manutenção de quatro máquinas tidas como críticas para a linha de produção. Ou seja, máquinas para as quais não há substituta e que, no caso de falha, iriam interromper a produção. Logo, este valor de custo de manutenção era inferior ao custo real.

Figura 28 - Custo de Manutenção do antigo Grupo Crítico



Fonte: Autores (2021)

As máquinas do grupo crítico eram:

**SB-MFB 001:** Forno de Brasagem

**SA-D80 001:** Dobradeira 80

**SC-MCA 001:** Máquina de Corte Automática

**SP-MEP 001:** Estufa Pintura

Este grupo de máquinas críticas era muito reduzido, sendo incapaz de representar toda a fábrica. Além disso, foi identificado que, com o crescimento da fábrica, mais máquinas passaram a poder interromper o processo produtivo, caso apresentassem falha. Sendo assim o grupo de máquinas críticas foi ampliado, de modo a conter pelo menos uma máquina de cada setor da fábrica. O grupo crítico atualizado ficou assim:

**SB-MFB 001:** Setor de Brasagem - Forno de Brasagem

**SA-D80 001:** Setor de Dobra - Dobradeira 80

**SC-MCA 001:** Setor de Corte - Máquina de Corte Automática

**SP-MCE 001:** Setor de Pintura - Estufa Pintura

**SP-MPP 001:** Setor de Pintura -

**SS-MSP 001:** Setor de solda - Máquina de Solda Polysoude

**SS-MSP 002:** Setor Solda - Máquina de Solda Polysoude

**SF-MCU 001:** Setor Ferramentaria - Máquina Centro de Usinagem

**SD-MOP 001:** Setor Deformação - Máquina OP

**SM-MCF 001:** Setor Mangueiras - Máquina de Corte Finn Power

O segundo valor era proveniente do setor financeiro. Neste valor eram acomodados todos os custos que não estavam diretamente ligados à produção. Por exemplo, custo com itens de limpeza, obras de expansão da área construída da empresa, utensílios de cozinha, itens de escritório e outros itens do gênero. Logo, este valor de custo de manutenção era superior ao custo real.

Em virtude disto, iniciou-se a criação de uma terceira via, que retratasse com mais fidelidade o real montante que é destinado à manutenção. A base deste indicador foram as notas fiscais das compras feitas ou solicitadas pelo setor de manutenção. Uma cópia da nota fiscal de cada gasto realizado pelos membros da equipe de manutenção permanece, agora, guardada no setor. Deste modo, tem-se a noção do quanto é gasto por mês com itens de reposição, reparo e contratação de serviços. Contudo, é prática comum que itens de consumo de outros setores da fábrica também sejam comprados pelo setor de manutenção. Estas compras inflacionaram os gastos do setor de manutenção e levaram, novamente, a um valor

de custo de manutenção que não retrata a realidade. Para contornar este problema foi criada uma planilha de controle de solicitação de compras, mostrada na Tabela 8.

Tabela 8 - Controle de Solicitação de Compras

Solicitação Atendida Pessoalmente							
Setor	Solicitante	Item Solicitado	Quantidade	Valor	Data da Solicitação de Compra	Já Foi Comprado?	Data da Compra
Manutenção	Rodrigo	CUR 08	8	R\$ 46,00	01/10/2021	sim	01/10/2021
Ferramentaria	Chico	Jogo Chave Allen	8	R\$ 1.140,00	01/10/2021	sim	01/10/2021
Manutenção	Rodrigo	Chave Allen 4	2	R\$ 8,76	01/10/2021	sim	01/10/2021
Manutenção	Thiago	Bomba Engraxar	1	R\$ 454,00	04/10/2021	sim	04/10/2021
Manutenção	Rodrigo	Pino Macho 2P 10A	5	R\$ 52,00	04/10/2021	sim	04/10/2021
Manutenção	Rodrigo	Rolamento 100R	1	R\$ 117,00	04/10/2021	sim	04/10/2021
Manutenção	Rodrigo	Correia B68	5	R\$ 139,00	05/10/2021	sim	05/10/2021
Manutenção	Thiago	Refletor Led 20w	1	R\$ 53,00	06/10/2021	sim	06/10/2021
Manutenção	Thiago	Refletor Led 200w	2	R\$ 456,00	06/10/2021	sim	06/10/2021

Fonte: Autores (2021)

Nesta, o solicitante deve identificar seu setor, seu nome, o item solicitado, a quantidade e a data da solicitação. Já os membros da manutenção devem informar se o item foi comprado, a data e o valor total da compra. Assim, ao final do mês as solicitações são filtradas e somente as compras para o setor de manutenção entram para compor o custo mensal de manutenção.

Como as compras podem ser feitas pessoalmente pelos membros da manutenção (indo até a loja), ou solicitando ao setor de compra, foi criada uma segunda planilha. Nela, são lançadas somente as compras feitas com intermédio do setor de compras, como demonstra a Tabela 9.

Tabela 9 - Compras realizadas por intermédio do setor de compras

Solicitação Enviada ao Buyer						
Setor	Solicitante	Item Solicitado	Valor	Quantidade	Data de envio da Solicitação	Já foi Entregue?
Manutenção	Rodrigo	Carregador de Bateria C250 - 0009	R\$ 946,00	1	06/10/2021	sim
Manutenção	Rodrigo	elêtric oil	R\$ 5.380,00	400	08/10/2021	sim
Manutenção	Rodrigo	solve wash	R\$ 1.408,00	160	08/10/2021	sim
Manutenção	Rodrigo	BioHand Gel	R\$ 504,00	12	08/10/2021	sim
Manutenção	Rodrigo	Lube Torch	R\$ 968,00	40	08/10/2021	sim
Manutenção	Rodrigo	TAMPA DE ENCHIMENTO MANUAL	R\$ 120,00	12	13/10/2021	não
Manutenção	Rodrigo	TOMADA CARREGADOR-MAQUINA	R\$ 664,00	1	13/10/2021	não
Manutenção	Rodrigo	TOMADA DA BATERIA (FEMEA)	R\$ 714,00	1	13/10/2021	não
Manutenção	Rodrigo	ALCA 160A/320A C/ PARAFUSOS	R\$ 104,00	1	13/10/2021	não

Fonte: Autores (2021)

Para se ter o custo total ainda foi necessário somar a este valor o custo de mão de obra dos próprios integrantes da equipe de manutenção, como será mostrado na seção de resultados.

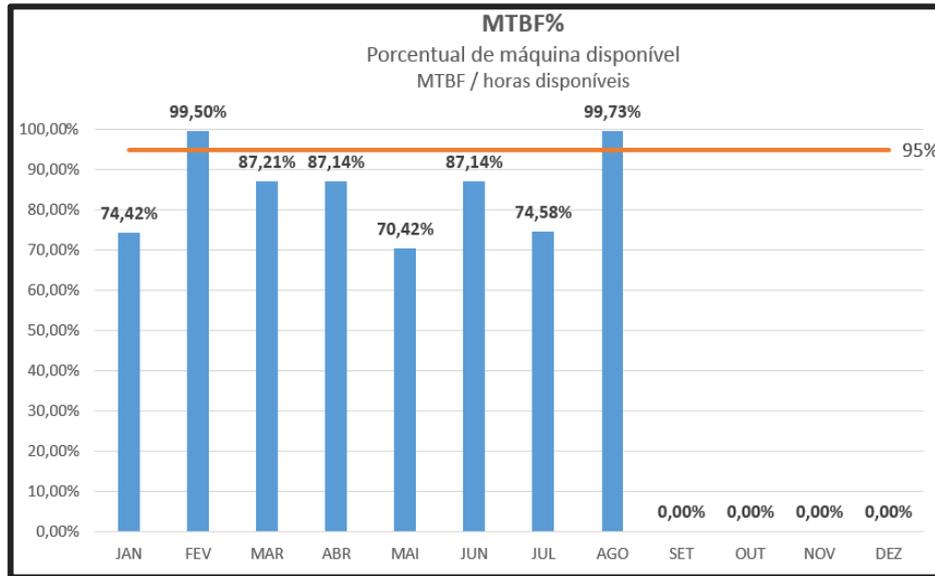
No que se refere aos indicadores de MTTR e MTBF, eles também eram referentes somente às 4 máquinas do grupo crítico. Assim como foi feito no indicador de custo, nos indicadores de MTTR, MTBF e Disponibilidade, o grupo crítico foi ampliado, passando a contar com as 10 máquinas já citadas anteriormente. Também foi introduzido um novo indicador: o número de falhas totais de cada máquina.

Quanto ao MTBF e o MTTR mensais, eles eram calculados levando em conta, outra vez, os dados das 4 máquinas críticas. Com a nova metodologia adotada todos os indicadores mensais passaram a levar em conta os dados de falha de todas as máquinas da linha de produção da fábrica Alfa, conferindo assim, uma maior força e representatividade aos valores expressos pelos indicadores.

Além disso, foi acrescentado um novo nível de análise. Agora o desempenho dos setores da fábrica também é avaliado quanto a MTTR, MTBF e número de falhas.

Por fim, foi encontrado um erro no modo como era calculado o valor de disponibilidade. O método usado consistia em dividir o MTBF da máquina pelo seu total de horas trabalhadas (THT), como mostra a Figura 29.

Figura 29 - MTBF% (Disponibilidade)



Fonte: Autores (2021)

De acordo com a Eq. 4, a quantidade de intervenções (QI), contida dentro do indicador MTBF, não é excluído do denominador da equação. Isso faz com que o impacto do MTBF na fórmula seja maior, reduzindo drasticamente o valor de disponibilidade conforme se aumenta o número de falhas. Ou seja, uma máquina que apresente 1 intervenção de 3 horas teria uma disponibilidade maior do que uma máquina que apresente 5 intervenções de 10 minutos. Na metodologia atual passou-se a utilizar a Equação 4, na qual, a quantidade de intervenções (QI) não tem efeito nenhum sobre a fórmula de disponibilidade, já que é cancelado internamente na equação.

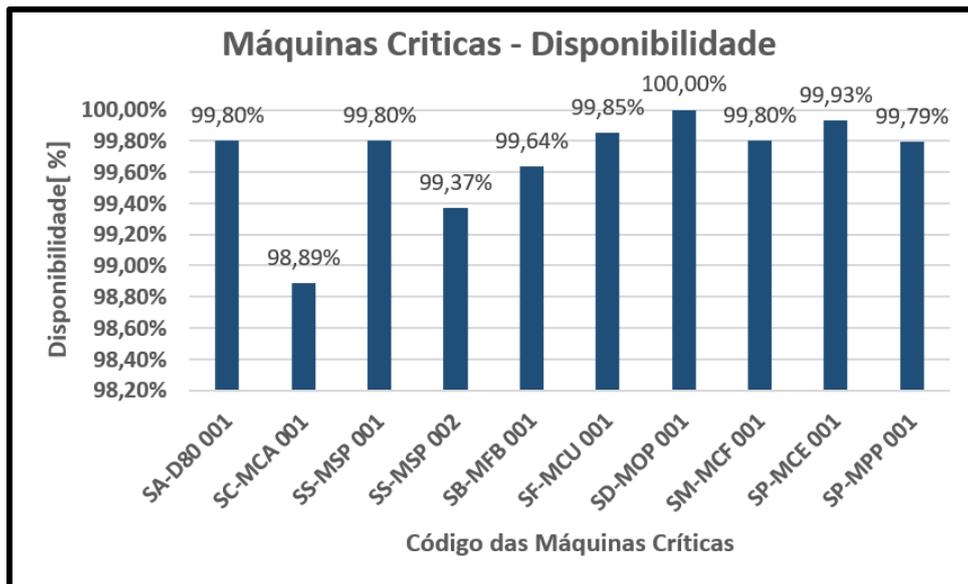
$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{THT} = \frac{TMT/QI}{THT} = \frac{TMT}{QI \cdot THT} \quad (4)$$

#### 4. RESULTADOS OBSERVADOS

Após implementar tudo que foi exposto no capítulo anterior, passou-se a analisar os indicadores no intuito de verificar o efeito das mudanças propostas.

No que se refere às máquinas críticas, devido ao fato de serem essenciais ao processo produtivo, o indicador mais importante é o de disponibilidade. Como pode ser visto no gráfico da Figura 30, a máquina com maior disponibilidade no período avaliado foi a SD-MOP 001, obtendo uma disponibilidade de 100%. Ou seja, nestes 4 meses, este equipamento não apresentou falhas de interrupção. Já a máquina que apresentou menor disponibilidade foi a SC-MCA 001, com uma disponibilidade de 98,89%. Ao se analisar o gráfico de forma geral, nota-se que todas as máquinas do grupo crítico apresentaram uma disponibilidade elevada, estando todas acima do nível mínimo, de 95%, aceito pela empresa Alfa. Isto mostra como o erro na fórmula de disponibilidade, mostrado no capítulo de metodologia, estava afetando os resultados de maneira considerável, levando a erros de análise e possíveis tomadas de decisões. Analisando a Figura 29, vista anteriormente, nota-se que, a antiga média mensal de disponibilidade de máquina ficou acima dos 95% mínimos somente em dois meses. Nos demais meses, a disponibilidade não alcançou nem mesmo 90%.

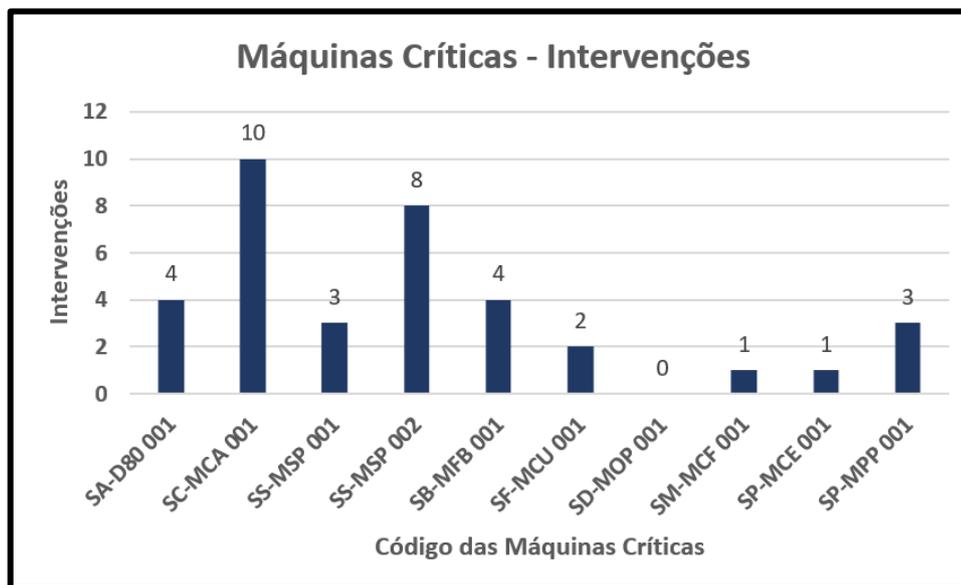
Figura 30 - Disponibilidade das máquinas críticas de agosto a novembro



Fonte: Autores (2021)

Ao se analisar o gráfico da Figura 31, tem-se que, as máquinas SS-MSP 002 e SC-MCA 001 requisitaram o maior número de intervenções corretivas. Um ponto que chama a atenção é que o número de intervenções nestes equipamentos foi muito superior aos demais. Para evidenciar tal discrepância, basta comparar o número de intervenções feitas na SS-MSP 001 e na SS-MSP 002. Ambas são máquinas de solda orbital, que trabalham lado a lado, têm o mesmo operador e foram adquiridas no mesmo momento. A máquina SS-MSP 001 apresentou 3 falhas. Como foi dito, no mesmo período, a máquina SS-MSP 002 apresentou 8 falhas, ou seja, mais que o dobro de ocorrências.

Figura 31 - Intervenções corretivas nas máquinas críticas de agosto a novembro

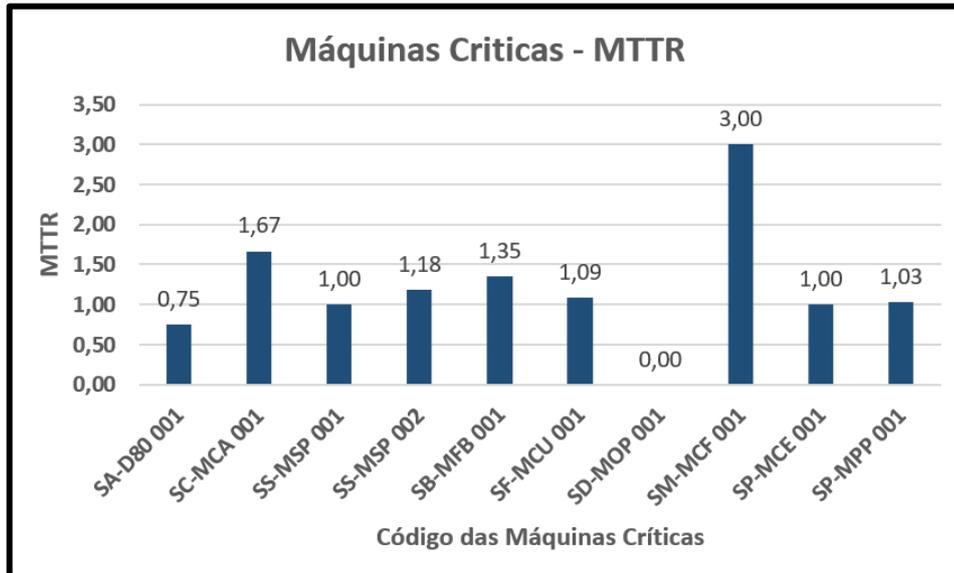


Fonte: Autores (2021)

Todavia, mesmo com esta quantidade elevada de falhas, a disponibilidade destas máquinas foi excelente. O que pode explicar isto é o fato de que, mesmo o número de falhas sendo alto, os mecânicos da manutenção foram rápidos em restabelecer o funcionamento dos equipamentos e devolvê-los à produção. Isto é confirmado ao se analisar o gráfico da Figura 32. Nele é mostrado que o maior tempo gasto para reparo (MTTR) foi da máquina SM-MCF 001. Já a máquina SC-MCA 001 apresentou o segundo maior MTTR dentre as máquinas críticas,  $MTTR = 1,67$ . Ou seja, em média os operadores gastam 1 hora e 40 minutos para reparar as falhas da máquina SC-MCA 001. Este valor ainda se mantém dentro do limite aceitável estabelecido pela empresa, que é de 3 horas. Continuando a análise da Figura 32

nota-se que todas as máquinas respeitam este critério. Entretanto, a máquina SM-MCF 001 está exatamente no limite aceitável, com um MTTR de 3 horas.

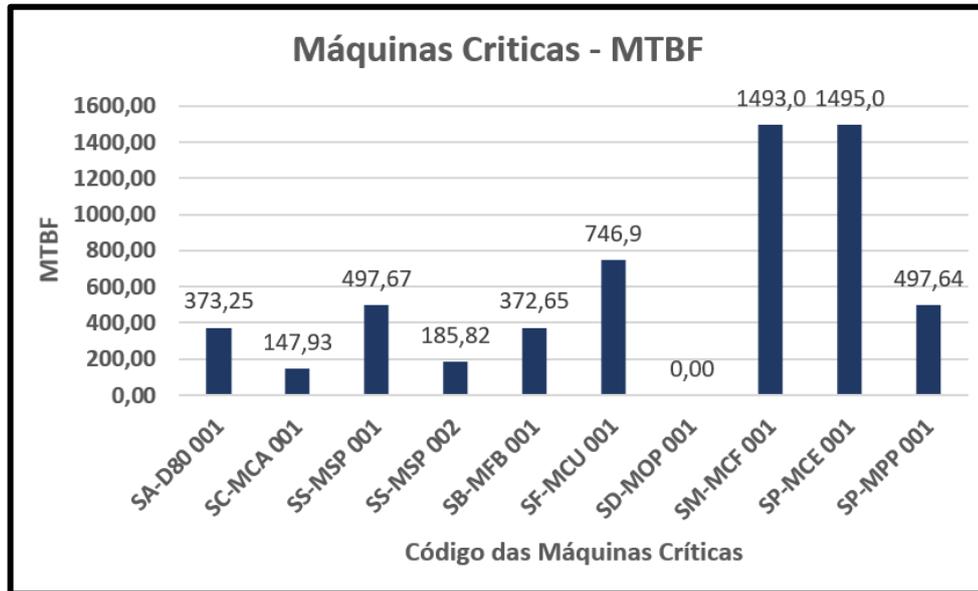
Figura 32 - Indicador MTTR das máquinas críticas de agosto a novembro



Fonte: Autores (2021)

Por fim, quanto ao indicador de MTBF, ao se analisar o gráfico da Figura 33, nota-se que, novamente, as máquinas SC-MCA 001 e SS-MSP 002 apresentam a pior condição neste indicador. Tal fato já era esperado devido ao elevado número de falhas que estas máquinas apresentaram. Logo, é natural que o indicador que mede o tempo entre a ocorrência de falhas seja baixo. As máquinas SF-MCU 001, SM-MCF 001 e SP-MCE 001 apresentaram os maiores valores de MTBF, já que apresentaram somente 1 falha, no período avaliado. A máquina SD-MOP 001 não teve o índice MTTR calculado, tendo em vista que, não apresentou nenhuma falha ou 100% de disponibilidade.

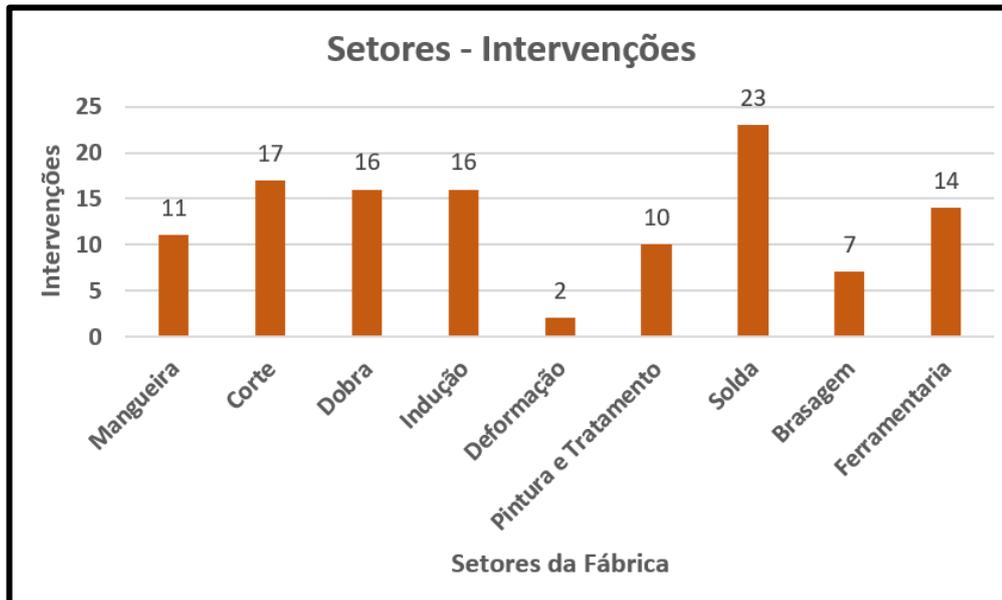
Figura 33 - Indicador MTBF das máquinas críticas de agosto a novembro



Fonte: Autores (2021)

Ao se analisar em campo mais macro, avaliando agora os setores, tem-se que, os setores que concentram o maior número de falhas são o de solda e o de corte, como mostra o gráfico da Figura 34. Isso pode ser explicado pelo fato de que nestes setores estão alocadas as máquinas SC-MCA 001 e a Máquina SS-MSP 002. Sendo estes os equipamentos com o maior número de falhas, individualmente que, como consequência, inflacionaram o número de falhas dos respectivos setores.

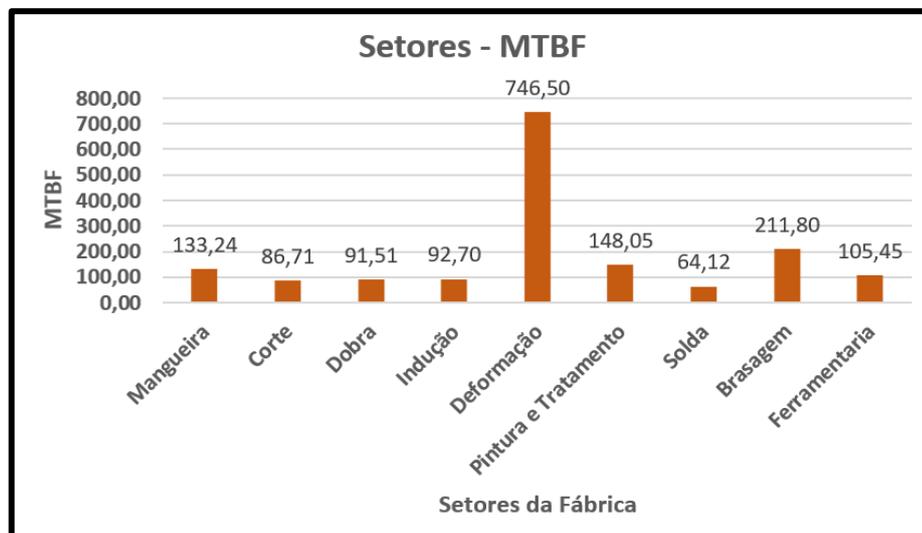
Figura 34 - Intervenções de manutenção divididas entre os setores da fábrica de agosto a novembro



Fonte: Autores (2021)

A ação destas máquinas também é refletida no indicador de MTBF, em que os setores de corte e solda, novamente apresentaram o pior desempenho. Já o setor de deformação apresentou o melhor nível de MTBF, sendo necessárias, em média, 746,5 horas para que ocorra uma falha em alguma máquina pertencente ao setor. Como contraponto, no setor de solda uma falha ocorre, em média, a cada 64,12 horas (Figura 35).

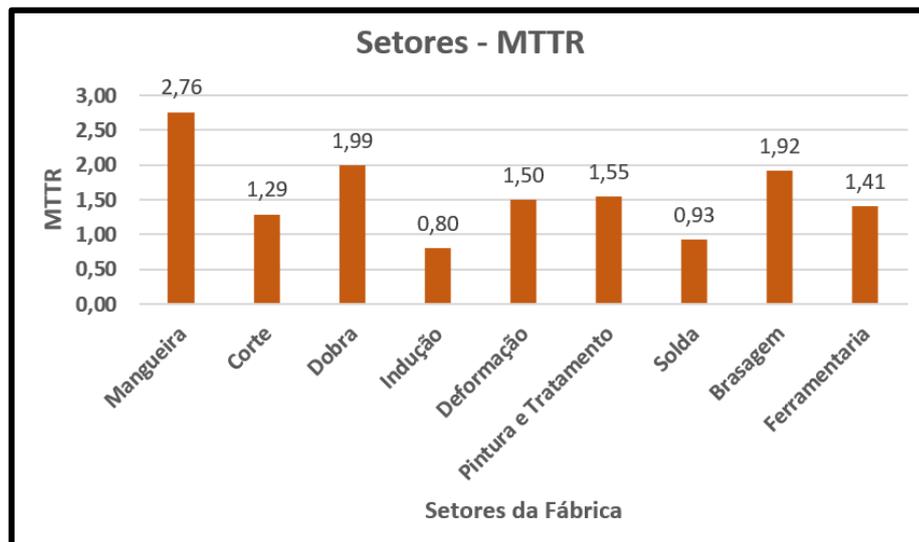
Figura 35 - Indicador MTBF de cada setor da fábrica de agosto a novembro



Fonte: Autores (2021)

A Figura 36 apresenta o gráfico de MTTR dos setores. Nele é interessante notar que, mesmo o setor de mangueiras não tendo se destacado em nenhum dos indicadores anteriores, neste em particular, ele se mostra como o setor com o maior índice dentre todos os outros. Ao se analisar as folhas de EWOs do setor de mangueiras verifica-se que este aumento no MTTR do setor de deve a uma falha ocorrida na máquina SS-MON 002. Esta máquina, no mês de agosto, apresentou uma falha em seu pistão hidráulico principal. Os membros da equipe de manutenção não foram capazes de reparar o pistão. Logo, foi necessário enviar o item para o conserto em terceirizado, especializado em pistões hidráulicos. Ao todo, foram necessárias 19 horas de trabalho para que o pistão fosse consertado e montado no equipamento. Esta ocorrência fez com que o tempo médio para reparo das máquinas do setor de mangueiras fosse de 2 horas e 56 minutos.

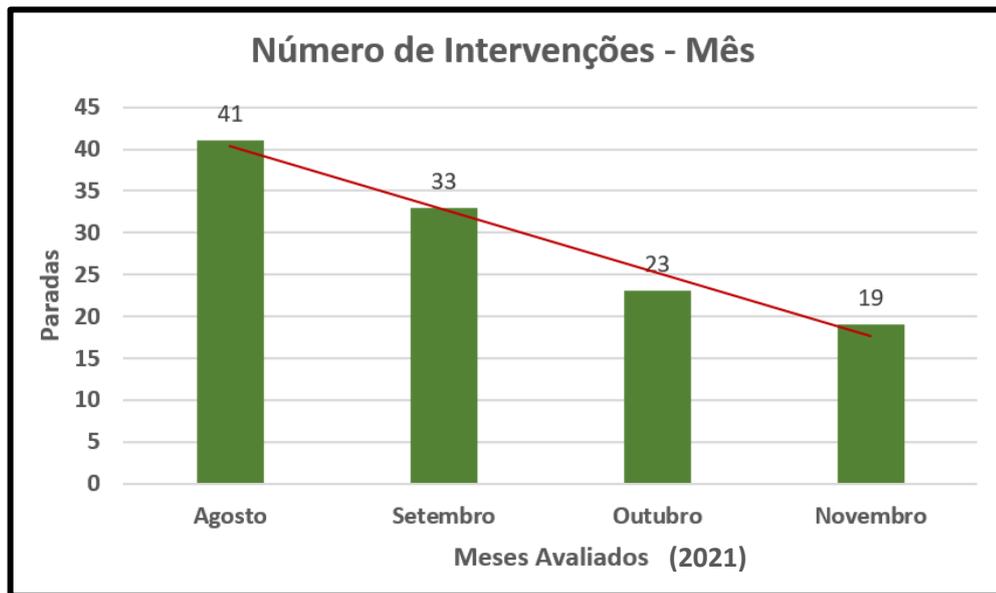
Figura 36 - Indicador MTTR de cada setor da fábrica de agosto a novembro



Fonte: Autores (2021)

Ao se fazer a análise da fábrica, como um todo, e se analisar mês por mês, é nítido que o número de intervenções apresentou uma queda gradual ao longo dos meses, como pode ser visto na Figura 37. Ou seja, mês a mês o número de máquinas quebradas passou por um processo de redução. Contudo, o ritmo de decaimento mostra sinais de que está enfraquecendo. Logo, provavelmente, o número de intervenções irá se estabilizar em um valor. E para que o número de falhas se aproxime de zero, serão necessários maiores investimentos em manutenção preventiva e preditiva.

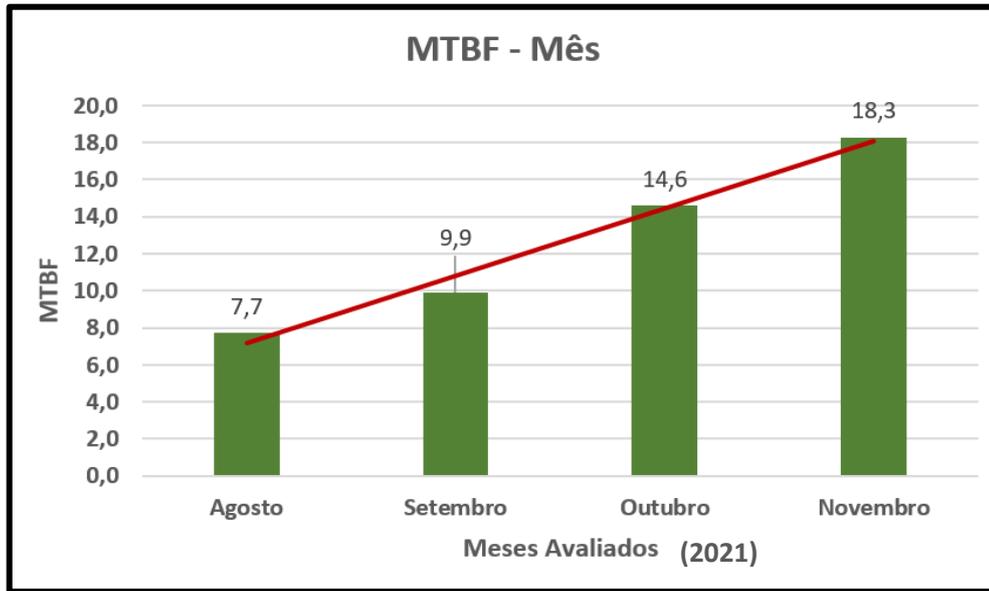
Figura 37 - Número de intervenções realizadas nas máquinas entre os meses de agosto e novembro



Fonte: Autores (2021)

Esta queda no número de intervenções colabora, diretamente, para a melhoria do indicador geral MTBF. O gráfico da Figura 38 evidencia o aumento do valor do tempo médio necessário para que ocorra uma falha em um equipamento dentro da fábrica. No mês de agosto, a cada 7,7 horas era necessário efetuar uma intervenção de reparo corretivo dentro da empresa Alfa. Agora, no mês de novembro, são necessárias 18,3 horas para que uma falha ocorra.

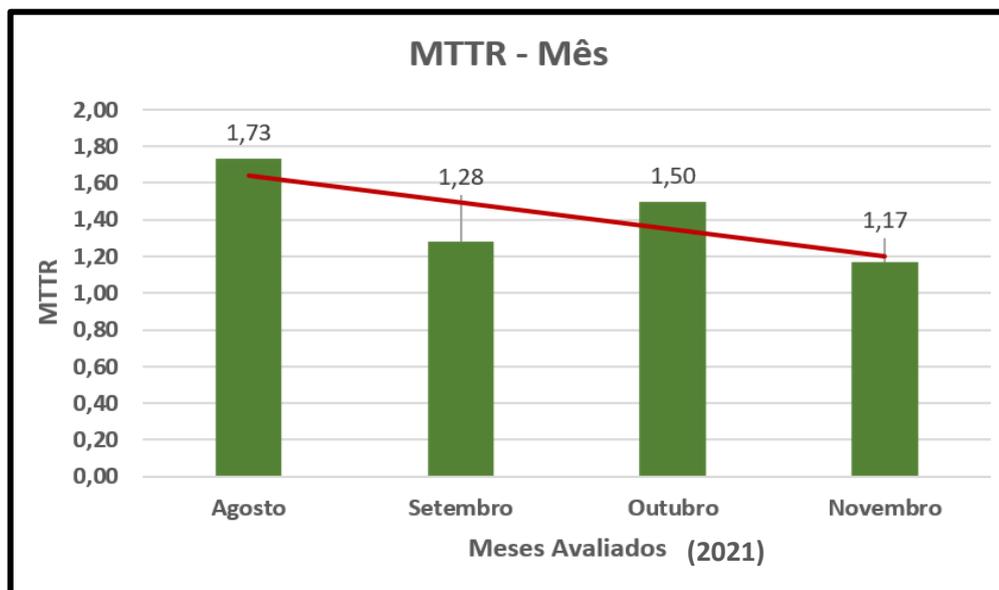
Figura 38 - Evolução do indicador MTBF analisado entre os meses de agosto e novembro



Fonte: Autores (2021)

Porém, mesmo que o número de falhas tenha diminuído e o MTBF tenha aumentado, é importante saber o comportamento do tempo gasto para solucionar as quebras apresentadas pelas máquinas. O gráfico da Figura 39 mostra, claramente, que o indicador de MTTR também apresentou melhora através de uma considerável queda ao longo dos meses. O MTTR não apresentou uma evolução tão contundente quanto a apresentada pelos demais indicadores, porém, ainda assim foi significativa. No mês de agosto, eram necessárias em média, 1,73 horas para que os mecânicos da manutenção fizessem uma máquina voltar a funcionar. Já no mês de novembro, este tempo passou a ser de 1,17 horas.

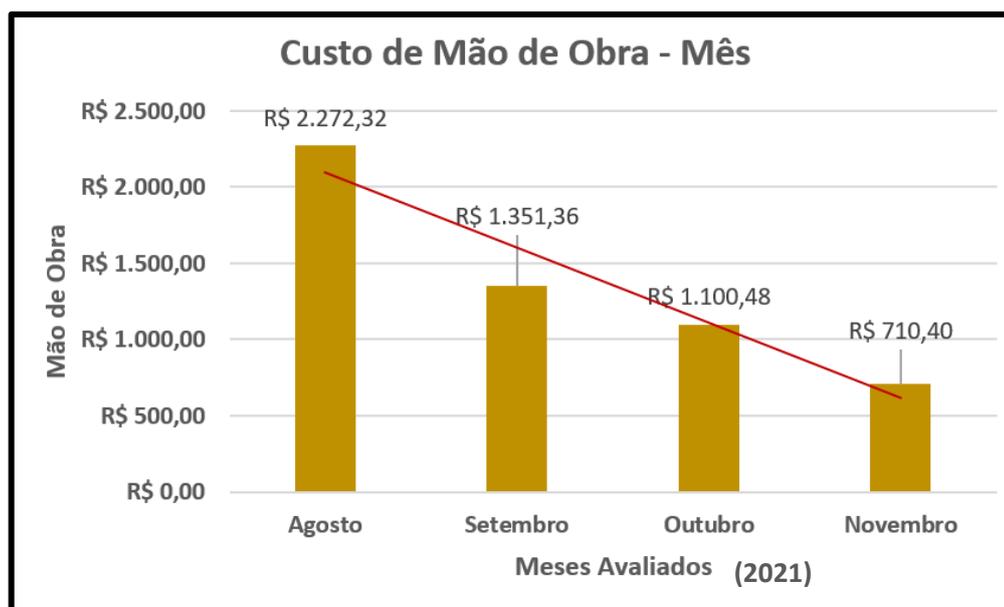
Figura 39 - Evolução do indicador MTTR analisado entre os meses de agosto e novembro



Fonte: Autores (2021)

Em virtude da queda no tempo gasto no reparo das máquinas e da redução no número de intervenções, o custo de mão de obra também caiu gradativamente no decorrer dos meses. Como é mostrado na Figura 40, no mês de novembro, este valor ficou abaixo dos R\$1000,00.

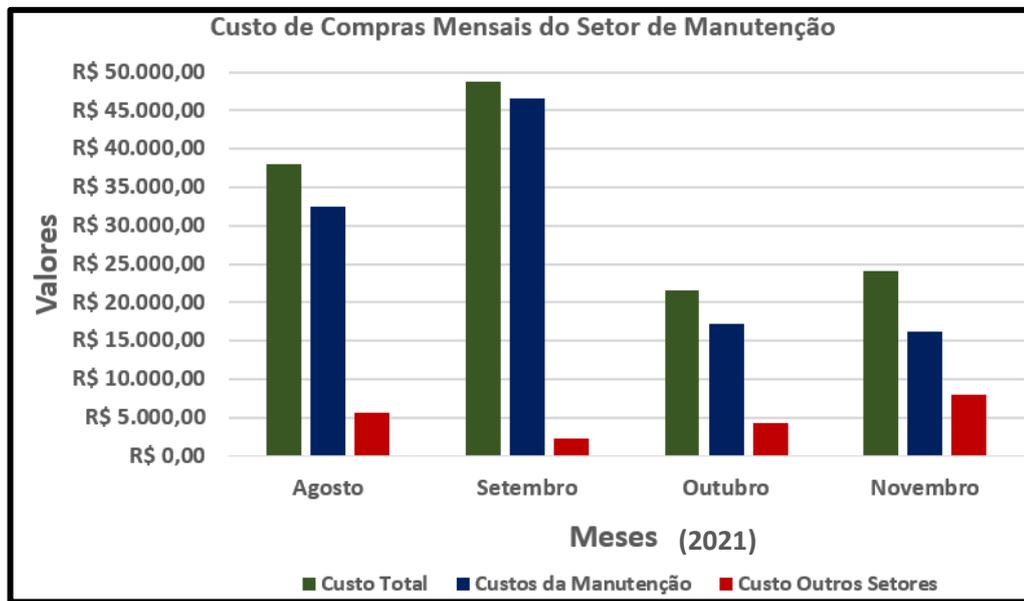
Figura 40 - Custo mensal de mão de obra analisado entre os meses de agosto e novembro



Fonte: Autores (2021)

Por fim, o indicador de custo referente aos gastos feitos pelo setor de manutenção não apresentou nenhuma tendência clara (Figura 41). Todavia, o objetivo deste trabalho nunca foi o de reduzir os custos de manutenção, mas sim, estruturar o setor de manutenção e sua atuação, de modo, a melhorar os seus indicadores. O ponto positivo fica a cargo do maior controle sobre os gastos feitos pela manutenção e da separação entre o que é realmente do setor de manutenção e o que é referente a outros setores da fábrica.

Figura 41 - Valores gastos em compras mensais pelo setor de manutenção analisado entre os meses de agosto e novembro



Fonte: Autores (2021)

Com relação à implementação do uso das folhas de EWOs, tem-se o primeiro resultado fazendo-se a análise dos gráficos mostrados anteriormente. Todos eles foram confeccionados com dados retirados das folhas de EWOs. Verifica-se então que a sistemática foi aceita e incorporada pelos trabalhadores da fábrica. Porém, os dados foram retirados somente da primeira seção da folha de EWOs (Descrição da Falha e do Intervento).

Um segundo resultado, ou informação, pode ser retirado das outras duas seções. As seções de “Definições de Problemas e Análise das Causas Raízes” e “Ações Contra a Causa e Ações para a Manutenção”. Estas, foram preenchidas em apenas 7 oportunidades, quando a duração da parada superou o tempo de 3 horas.

Uma delas é referente a uma falha ocorrida na máquina SS-MON 002 que, como citado anteriormente, levou 19 horas para ser corrigida. As outras 6 falhas não chegaram a

passar de 7,5 horas. Contudo, elas mostraram um ponto de melhora na atuação da manutenção.

Como causa raiz, as 6 ordens de serviço apresentam fontes diferentes. No entanto, como padrão, tem-se que todas as falhas poderiam ter sido evitadas se a manutenção preventiva tivesse ocorrido, como determina as diretrizes da empresa.

Já em relação a ações para correção, além de fazer a manutenção preventiva, notou-se que em 3 destas EWOs, o tempo de reparo poderia ter sido reduzido substancialmente se houvesse peças de reposição prontas e guardadas no setor de manutenção.

Em duas falhas envolvendo dobradeiras (SA-D32 002 e SA-D32 003), foi necessário aguardar que o setor de ferramentaria fabricasse uma nova chave, porque a antiga havia se rompido e não havia nenhuma peça sobressalente.

Na outra falha, envolvendo uma lavadora centrífuga (SB-MLU 001), foi necessário aguardar a compra de um selo de borracha, com medidas específicas, para que o reparo da máquina fosse finalizado. Caso existissem selos sobressalentes, o reparo poderia ter sido feito em cerca de 30 minutos, e não em 4 horas, conforme ocorrido.

Vale ressaltar que as EWOs com as análises completas das 6 falhas citadas podem ser encontradas no anexo A.

Além ser uma das diretrizes da empresa e ser uma das metodologias de manutenção mais eficientes em longo prazo, as próprias EWOs mostraram a necessidade de se seguir o cronograma de manutenção preventiva, para reduzir o número de intervenções.

Durante os 4 meses avaliados, o cronograma foi seguido em sua totalidade para as máquinas pertencentes ao grupo crítico e também nas seguintes máquinas, mostradas na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10 - Máquinas e seus respectivos códigos

<b>SA-B3D 001</b>	<b>Braço 3D Romer</b>
<b>SA-D52 001</b>	<b>Setor de Dobra (Dobradeira 52)</b>
<b>SA-D52 002</b>	<b>Setor de Dobra (Dobradeira 52)</b>
<b>SC-MCM 001</b>	<b>Setor de Corte (Máquina Chanfradora Manual)</b>
<b>SC-MCM 002</b>	<b>Setor de Corte (Máquina Chanfradora Manual)</b>
<b>SC-CSA 001</b>	<b>Setor de Corte (Máquina de Corte Semi Automática)</b>
<b>SC-CSA 002</b>	<b>Setor de Corte (Máquina de Corte Semi Automática)</b>
<b>SC-CSA 003</b>	<b>Setor de Corte (Máquina de Corte Semi Automática)</b>
<b>SS-MLO 001</b>	<b>Setor de Solda (Máquina Lincoln Orbital)</b>
<b>SM-MMT 002</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina de Teste Fluxágio)</b>
<b>SM-MMT 003</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina de Teste Fluxágio)</b>
<b>SM-MFP 006</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power CM75)</b>
<b>SM-MFP 007</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power CM75)</b>
<b>SM-MFP 008</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power SP 1200)</b>
<b>SM-MFP 001</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power FP 120)</b>
<b>SM-MFP 002</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power FP 120)</b>
<b>SM-MFP 003</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power FP 120)</b>
<b>SM-MFP 004</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power FP 120)</b>
<b>SM-MFP 005</b>	<b>Setor de Mangueiras (Máquina Finn Power FP 120)</b>
<b>SD-AGF 001</b>	<b>Setor de Deformação (Máquina AG Flare)</b>
<b>SD-AGF 002</b>	<b>Setor de Deformação (Máquina AG Flare)</b>
<b>SF-MGL 002</b>	<b>Setor de Ferramentaria (Máquina CNC GL280 M)</b>
<b>SF-MGL 003</b>	<b>Setor de Ferramentaria (Máquina CNC GL280 M)</b>
<b>SF-MTC 001</b>	<b>Setor de Ferramentaria (Máquina Torno Centur 4)</b>
<b>SI-MSI 001</b>	<b>Setor de Indução (Máquina Solda Indução)</b>
<b>SI-MSI 002</b>	<b>Setor de Indução (Máquina Solda Indução)</b>
<b>SI-MSI 003</b>	<b>Setor de Indução (Máquina Solda Indução)</b>
<b>SI-MSI 004</b>	<b>Setor de Indução (Máquina Solda Indução)</b>
<b>SI-MMT 001</b>	<b>Setor de Indução (Máquina de Teste Fluxágio)</b>
<b>SB-MPB 001</b>	<b>Setor de Brasagem (Máquina de Teste Fluxágio)</b>

Fonte: Autores (2021)

Ao todo, o cronograma de manutenção preventiva foi aplicado em 40 máquinas das 135 contidas na linha de produção da empresa Alfa. Logo, a manutenção preventiva foi implementada em 29,63% das máquinas da empresa. Este não é um percentual tão alto ou próximo dos 100% almejados. Porém, para um período de 4 meses e partindo do zero, esta

pode ser interpretada uma evolução considerável. Na Tabela 11, tem-se um exemplo da ficha de manutenção preventiva preenchida durante esse período.

Tabela 11 - Histórico de manutenções preventivas

DATA			Cod.	Intervenção e observações	Assinatura		Autor	Matricula.
Dia	Mês	Ano	Int.		EXTRAORDINÁRIA & PROGRAMADO	Hora	Minuto	
04	08	21	1-abcd		1	00	Rodrigo	29
04	08	21	3-abc		0	40	Rodrigo	29
08	09	21	1-abcd		1	00	Rodrigo	29
09	09	21	3-c		0	15	Rodrigo	29
06	10	21	1-ABCD		1	00	THIAGO	116
06	10	21	3-C		0	15	THIAGO	111
05	11	21	1-abcd	Varimento no Conexão de Ar do Pedal	1	00	Rodrigo	29
05	11	21	3-c		0	15	Rodrigo	29

Fonte: Autores (2021)

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Mediante ao trabalho desenvolvido pode-se concluir que, todos os indicadores apresentaram melhoras significativas ao longo dos 4 meses avaliados. Não se pode afirmar com certeza que esta melhora se deve, unicamente, às mudanças implementadas por este trabalho. Mas é certo que elas tiveram impacto no desempenho da manutenção.

Através das EWOs, foi constatado que os maiores responsáveis pelo aumento no tempo de reparo são a falta de manutenção preventiva e a falta de peças de reposição. Ambas já começaram a ser tratadas. A manutenção preventiva foi realizada em 29,63% das máquinas da linha de produção. Um inventário das peças sobressalentes foi realizado organizando e contabilizando todas as peças e itens de reposição do setor de manutenção.

Logo, por exemplo, a queda no número de intervenções ou quebra de máquinas, pode estar relacionada à implementação da manutenção preventiva, pois, como o próprio nome diz, a manutenção preventiva atua prevenindo que a quebra venha a ocorrer. Com a queda no número de falhas, automaticamente, o tempo entre as falhas aumentou, o que explica a melhora no indicador de MTBF. Espera-se que, com o aumento progressivo da porcentagem de manutenção preventiva feita, o número de Intervenções e o MTTR melhorem ainda mais.

Quanto à queda do parâmetro de MTTR, ou o tempo gasto para reparo, ela pode ser explicada pela criação do inventário que, como foi dito, organizou e contabilizou todas as peças de reposição. Isto reduziu muito o tempo gasto para encontrar um determinado item, por parte do operador, além de permitir identificar quando a quantidade de determinada peça estava muito baixa. Deste modo, a compra foi providenciada evitando a falta de peças no momento de necessidade. Outro ponto que pode ter contribuído para a redução do tempo de manutenção foi a utilização do gráfico de habilidades dos operadores, com o intuito de definir qual operador de manutenção deveria atender a um chamado de intervenção, tornando a manutenção mais eficiente.

No que se refere ao indicador de disponibilidade, sua melhora também está atrelada a tudo que já foi comentado, mas principalmente, à mudança na fórmula de cálculo. Como foi mostrada, a fórmula utilizada anteriormente estava incorreta, levando à diminuição nos valores de disponibilidade.

Por fim, quanto aos custos de manutenção, estes apresentaram um grande aumento. Contudo, não necessariamente isto deve ser interpretado como ponto negativo. Visto que, o objetivo do trabalho era estruturar o setor de manutenção e, como foi mostrado, o custo de manutenção era subdimensionado e referente somente a 4 máquinas. O custo apresentado por

este trabalho é um custo mais fiel à realidade do setor de manutenção e referente a todas as máquinas da linha de produção.

Em virtude de tudo que foi mostrado e retomando os objetivos definidos no início do trabalho, tem-se que as peças de reposição foram catalogadas e organizadas e o setor de manutenção foi limpo e organizado. Estas ações realizadas podem ser consideradas início da instalação do conceito de 5S. A manutenção preventiva foi implementada, mesmo que não tenha sido possível desenvolvê-la na totalidade das máquinas. A manutenção corretiva foi sistematizada através do uso das EWOs, que também serviram como fonte de dados para os indicadores de Disponibilidade, MTTR, MTBF. Além destes, as EWOs também forneceram dados para a criação de um novo indicador - o indicador de Intervenções - que possibilitou visualizar de forma clara se a quantidade de falhas estava aumentando ou diminuindo. A abrangência dos indicadores também foi aumentada através da expansão do Grupo Crítico e através da avaliação de desempenho dos setores e da fábrica como um todo. Fazendo uso das notas fiscais, pôde-se encontrar um valor mais confiável de custo de manutenção. E então, passou-se a utilizar análise de causa raiz para evitar a reincidência de falhas graves.

Sendo assim, é defendido que a estruturação do setor de manutenção, proposta por este trabalho, foi feita com sucesso e apresenta notórios resultados práticos.

Quanto a trabalhos futuros, que possam complementar este estudo, seria interessante criar um projeto que visasse levar a manutenção preventiva a 100% das máquinas da empresa Alfa. Também se mostra relevante verificar se as ações de manutenção preventiva, que foram definidas pela matriz italiana, não necessitariam de ajustes para se adequar às condições específicas da fábrica no Brasil. A adoção de compras planejadas e com pesquisa prévia de mercado e de custos certamente poderá reduzir os custos e, também, é um estudo que deve ser abordado para a melhoria do setor de compras. Outro ponto relevante seria estender e aprofundar o estudo sobre o indicador de Custo, no intuito de passar a reduzi-lo e também de estimá-lo. A última sugestão para trabalhos futuros fica a cargo de realizar um projeto que vise implementar a manutenção preditiva na fábrica Alfa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção. Documento Nacional 2011.
- ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção. Documento Nacional 2013.
- BRANCO FILHO, G. (2006). Indicadores e Índices de Manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.
- CAMARGO, Wellington. Controle de qualidade total. 2016.
- KARDEC, A.; NASCIF J. Manutenção: função estratégica. 3 ed. Qualitymark: Petrobrás. Rio de Janeiro. 2009.
- MARTINS, Maria Prudência; LEITÃO, Armando. Predição de falhas no apoio à tomada da decisão em gestão da manutenção. In: **5ª Conferência de Engenharia" Engª 2009-Inovação e Desenvolvimento"**. Universidade da Beira Interior, 2009.
- 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.
- MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N.C. Manutenção – combate aos custos na não-eficácia – a vez do Brasil. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1993.
- MURTY, A. S. R.; NAIKAN, V. N. A. Availability and maintenance cost optimization of a production plant. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 1995.
- PINTO, V. M. (Julho de 1994). Gestão da Manutenção. Fonte: IAPMEI - Agência para a Competitividade e Inovação, I.P.: <http://www.catalogo.anqep.gov.pt/>
- PINTO, Alan Kardec; RIBEIRO, Haroldo. Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma. Rio de Janeiro. ABRAMAN. 2002.
- SANTOS, Leandro Salatti dos. Gestão estratégica de custos em empresas de terceirização de serviços de instalação e manutenção de redes de telecomunicações. 2004.
- VERRI, Luiz Alberto. Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial Aplicação e Prática. Rio de Janeiro. Qualitymark. 2012.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM, Planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2002.
- YAMAGUCHI, Carlos Toshio. TPM—Manutenção produtiva total. **São Paulo Del Rei: ICAP**, 2005.

## ANEXO A

Nesta seção estão contidas as 6 EWOs referentes às falhas que demoraram mais de 3 horas para serem corrigidas. Deste modo, foi necessário o preenchimento da área de “Definições do Problema e Análise de Causa Raiz” e da área de “Ações Contra a Causa e Ações para a Manutenção” nestas fichas. As análises feitas, as conclusões encontradas e as ações realizadas podem ser verificadas a seguir para cada caso.

O primeiro anexo exhibe o caso da SB-MLU 001 (Máquina Lavadora Universal Kiverton), que teve uma parada de 5 horas decorrente do rompimento de um selo de vedação, o qual não havia peça de reposição no setor de manutenção.

Descrição da falha e do intervento	Linha		Operador		Maquina		Por Recebimento		Início Intervento												
	Rigido		Izquier		SB-MLU001		Módulo		Data: 23/08 Hora: 13:00												
	Tipo de Falha		Data		Hora		Operador Manutenção		Final Intervento												
	Elettrico Mecanico		18/06/22		12:00		Izquier		Data: 23/08 Hora: 19:00												
	Descrição da falha						Descrição do intervento														
	Vazamento de água no motor atrás da máquina.						Selo de Borracha gasto Linha do selo														
Resultado Intervento				Para Aceitação																	
Negativo Temporario Definitivo				Izquier				(Use a parte traseira para um possível esboço)													
Data/hora		Duração parada		4.00		Codigo falha		-													
peças ou componentes utilizados: selo de Borracha/metal - 1" 3/8" (T-01) INPACOM																					
Definições do problema e analise das causas raiz	Análise dos 5 W + 1 H						Lista das possíveis causas														
	O que	Que produto estava produzindo?					1	Puaa roladas para Indução													
	Quando	Começo - Início turno - Durante o turno - Final turno - Ferramental - Início produção - Outro					2	Mau de Paduaga													
	Onde	Area maquina / componente					3	SB-MLU001 Lavadora Autolimpia													
	Quem	Erro do Operador - Erro do ferramenteiro - Erro da Manutenção - Evidenciado por					4	Erro Ferramenteiro Operador													
	Qual	Existem sinais de alerta? Isso acontece em uma condição particular?					5	Gotejamento no canal de saída do Bumbo													
	Como	Quais são as consequências da falha?					6	Interupção de linha de Lulo Rigido													
Verificação das possíveis causas						Ok/NOK															
1						Durante normal do selo					OK										
2						Operação como de Punção					NOK										
3						Mancha na água					NOK										
4						Temperatura acima do Normal					NOK										
5						Linha em Encasamento					NOK										
Tipo de causa raiz											RESISTENCIA DEFICIENTE			ESFORÇO EXCESSIVO			DESGASTE				
											Influencias externas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes frágeis ou inadequados			Insuficientes competencias dos Condutores ou dos Manutentores			Fragilidade do projeto			Manutentões insuficientes	
Ações contra a causa e ações para a manutenção	Ações para as causas				Quem		Quando														
	1				Repara do Selo		Manutenção		Água												
	2																				
	3																				
	4																				
Ações para a manutenção											Quem			Quando							
											1			Verificação Periodica							
											2			Manutenção Preventiva							
											3			Fazer selo do Selo							
											4										
Análise executada por											Resultado		Verificado por:		Assinatura		Data				
Izquier											Positivo		Izquier		Izquier		23/08/24				

O segundo anexo mostra o caso da SA-D32 002 (Máquina Dobradeira 32 SOCCO), que teve uma parada de 7 horas decorrente do rompimento da chaveta do braço de dobra, a qual, não havia peça de reposição no setor de manutenção.

Descrição da falha e do intervento		Linha	Operador	Maquina	Por Recebimento	Inicio Intervento			
		<i>Dobradeira</i>	<i>Caruso</i>	<i>SA-D32.002</i>	<i>[assinatura]</i>	Data: <i>09/03</i>	Hora: <i>9:00</i>		
Descrição da falha		Tipo de Falha		Data	Hora	Operador Manutenção	Final intervento		
		Elétrico	Mecânico	<i>08/03</i>	<i>9:00</i>	<i>Roberto Lopez</i>	Data: <i>09/03</i> Hora: <i>16:00</i>		
Resultado Intervento		Descrição da falha				Descrição do intervento			
		<i>Mau funcionamento Eixo de rotação (B) desalinhado</i>				<i>Chaveta quebrada Foi necessário fabricar uma nova chaveta Não havia reposição <small>(Use a seguinte descrição para um possível estoque)</small></i>			
peças ou componentes utilizados:		Negativa		Temporário		Definitivo		Para Aceitação	
								<i>Chaveta (2X)</i>	
Definições do problema e análise das causas raiz		Data/hora			Duração parada	7:00	Código falha		
Definições do problema e análise das causas raiz		Análise dos 5 W + 1 H				Lista das possíveis causas			
		O que	Que produto estava produzindo?			1	<i>Tubo Dobrados</i>		
Quando	Começo - Inicio turno - Durante o turno - Final turno - Ferramental - Inicio produção - Outro			2	<i>Durante o turno</i>				
Onde	Area maquina / componente			3	<i>SA-D32 003 / Dobradeira 32</i>				
Quem	Erro do Operador - Erro do ferramenteiro - Erro da Manutenção - Evidenciado por:			4	<i>Erro de Ferramenteiros Operador</i>				
Qual	Existem sinais de alerta? Isso acontece em uma condição particular?			5	<i>Peças saem com defeito</i>				
Como	Quais são as consequências da falha?			6	<i>Peças não conformes - Retrabalho</i>				
Ações contra a causa e ações para a manutenção		Verificação das possíveis causas		OK/NOK	Tipo de causa raiz				
		1	<i>Esforço Excessivo</i>	NOK	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">RESISTENCIA DEFICIENTE</div> <div style="text-align: center;">ESFORÇO EXCESSIVO</div> <div style="text-align: center;">DESGASTE</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div style="font-size: 8px;">Influencias externas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes falhante ou inadequados.</div> <div style="font-size: 8px;">Insuficientes competências dos Condutores ou dos Manutentores</div> <div style="font-size: 8px;">Fragilidade do projeto</div> <div style="font-size: 8px;">Manutenções insuficientes</div> <div style="font-size: 8px;">Ausencia observações das condições operativas (velocidade pressão...)</div> <div style="font-size: 8px;">Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)</div> </div>				
2	<i>Configuração Errada</i>	NOK	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DPL para conduzir a manutenção</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Mapa de Compromisso</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Calendário PM</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Standard AM</div> </div>						
3	<i>Tubo fora da Especificação</i>	NOK							
4	<i>Durante Material</i>	NOK							
5	<i>Falha Material Chaveta</i>	NOK							
Ações para as causas		Quem					Quando	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">identificar o fornecedor</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Revisar material proposto</div> </div>	
1	<i>Treinamento do Operador</i>	<i>Supervisor</i>	<i>Agora</i>						
2	<i>Quisa Standard de Trabalho</i>	<i>Supervisor</i>	<i>Agora</i>						
3	<i>OPR detalhada</i>	<i>Engenharia</i>	<i>Agora</i>						
Ações para a manutenção		Quem	Quando	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DPL para conduzir a manutenção</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Mapa de Compromisso</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Calendário PM</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Standard AM</div> </div>					
1	<i>Mantém Peças de Reposição</i>	<i>Manutenção</i>	<i>Agora</i>						
2	<i>Mantimentos Preventivos</i>	<i>"</i>	<i>Agora</i>						
3	<i>Mantém Peças de Reposição vindas</i>	<i>"</i>	<i>Agora</i>						
4	<i>Não seguir qualidade</i>	<i>"</i>	<i>Agora</i>						
Análise executada por		Resultado	Verificado por:	Assinatura	Data				
<i>[assinatura]</i>		<i>Positivo</i>	<i>[assinatura]</i>	<i>[assinatura]</i>	<i>09/03/21</i>				

O terceiro anexo apresenta o caso da SF-MTC 001 (Máquina Torno Centur), que teve uma parada de 4 horas decorrente do travamento do ventilador do sistema de arrefecimento, ocasionado pelo acúmulo de sujeira nas pás do mesmo.

Descrição da falha e do intervento	Linha	Operador	Maquina	Por Recebimento	Inicio Intervento																					
	<i>Realdo</i>	<i>Guilherme</i>	<i>SF-MTC001</i>	<i>Manel</i>	Data: <i>18/08</i>	Hora: <i>10:30</i>																				
	Tipo de Falha		Data	Hora	Final intervento																					
	Elétrico	Mecânico	<i>18/08/21</i>	<i>10:05</i>	Data: <i>18/08</i>	Hora: <i>14:30</i>																				
	Descrição da falha			Descrição do intervento																						
	<i>Alarme de Temperatura acionado Motor com Ventilador parado</i>			<i>Falta de limpeza. As espátulas do rotor estavam batendo no carter. Limpar e instalar corretamente como separador.</i>																						
Resultado Intervento		Para Aceitação		<i>(Use a parte traseira para um possível esboço)</i>																						
Negativo	Temporário	Definitivo																								
Data/hora	Duração parada		<i>4:00</i>	Código falha	<i>-</i>																					
peças ou componentes utilizados:																										
Definições do problema e análise das causas raiz	Análise dos 5 W + 1 H			Lista das possíveis causas																						
	O que	Que produto estava produzindo?		1	<i>Quito rígida</i>																					
	Quando	Começo - Início turno - Durante o turno - Final turno - Ferramental - Início produção - Outro		2	<i>Durante o turno</i>																					
	Onde	Área máquina / componente		3	<i>Limpeza do sistema de Arrefecimento</i>																					
	Quem	Erro do Operador - Erro do ferramenteiro - Erro da Manutenção - Evidenciado por:		4	<i>Erro Manutenção</i>																					
	Qual	Existem sinais de alerta? Isso acontece em uma condição particular?		5	<i>Sim, há sinais Ventilador travando</i>																					
	Como	Quais são as consequências da falha?		6	<i>Máquina Parada</i>																					
Verificação das possíveis causas			Ok/NOK	Tipo de causa raiz																						
1	<i>Falta de Pa</i>		<i>OK</i>	<table border="1"> <tr> <td>RESISTENCIA DEFICIENTE</td> <td>ESFORÇO EXCESSIVO</td> <td>DESGASTE</td> </tr> <tr> <td>Influencia sistemas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes falhados ou inadequados</td> <td>Insuficientes competências dos Condutores ou dos Mantenedores</td> <td>Fragilidade do projeto</td> </tr> <tr> <td>Manutenções insuficientes</td> <td>Ausencia observações das condições operativas (velocidade pressão...)</td> <td>Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)</td> </tr> </table>			RESISTENCIA DEFICIENTE	ESFORÇO EXCESSIVO	DESGASTE	Influencia sistemas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes falhados ou inadequados	Insuficientes competências dos Condutores ou dos Mantenedores	Fragilidade do projeto	Manutenções insuficientes	Ausencia observações das condições operativas (velocidade pressão...)	Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)											
RESISTENCIA DEFICIENTE	ESFORÇO EXCESSIVO	DESGASTE																								
Influencia sistemas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes falhados ou inadequados	Insuficientes competências dos Condutores ou dos Mantenedores	Fragilidade do projeto																								
Manutenções insuficientes	Ausencia observações das condições operativas (velocidade pressão...)	Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)																								
2	<i>Erro do Operador</i>		<i>NOK</i>	<table border="1"> <tr> <td>↓</td> <td>↓</td> <td>↓</td> <td>↓</td> <td>↓</td> </tr> <tr> <td></td> <td>OPL para conduzir a manutenção</td> <td></td> <td></td> <td>OPL sobre condução Operativa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Matu de Competência</td> <td></td> <td>Calendar PM</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>identificar o fornecedor</td> <td></td> <td>Buscar similar preço</td> <td></td> </tr> </table>			↓	↓	↓	↓	↓		OPL para conduzir a manutenção			OPL sobre condução Operativa		Matu de Competência		Calendar PM			identificar o fornecedor		Buscar similar preço	
↓	↓	↓	↓				↓																			
	OPL para conduzir a manutenção						OPL sobre condução Operativa																			
	Matu de Competência		Calendar PM																							
	identificar o fornecedor		Buscar similar preço																							
3	<i>Erro de Fabricação</i>		<i>NOK</i>																							
4	<i>Modificação Peças</i>		<i>NOK</i>																							
5	<i>Manutenção</i>		<i>NOK</i>																							
Ações contra a causa e ações para a manutenção	Ações para as causas		Quem	Quando																						
	1	<i>Realizar limpeza e lubrifi</i>		<i>Manutenção</i>	<i>Agua</i>																					
	2	<i>limpeza do ventilador</i>																								
	3																									
	4																									
	Ações para a manutenção		Quem	Quando																						
	1	<i>Realizar limpeza e lubrificação</i>		<i>Manutenção</i>	<i>Agua</i>																					
2	<i>de limpeza dos ventiladores</i>																									
3	<i>nos ventiladores Pa</i>																									
4																										
Análise executada por		Resultado	Verificado por:	Assinatura	Data																					
<i>Manel</i>		<i>Guilherme</i>	<i>Manel</i>	<i>Manel</i>	<i>19/08</i>																					

O quarto anexo expõe o caso da SF-MSS 001 (Máquina Serra Shark), que teve uma parada de 4 horas decorrente da quebra dos amortecedores de suporte da proteção de segurança, motivado pelo desgaste excessivo dos mesmos.

Descrição da falha e do intervento	Linha		Operador		Maquina		Por. Recebimento		Início Intervento														
	USINAGEM		LUCAS		SF-MSS001		Manut		Data: 26/10 Hora: 8:00														
	Tipo de Falha		Data		Hora		Operador Manutenção		Final intervento														
	Elettrico		Mecanico		26/10/21		07:05		Luigi														
	Data/hora		Data		Hora		Operador Manutenção		Final intervento														
	26/10/21		07:05		Luigi		Luigi		Data: 26/10 Hora: 12:00														
	Descrição da falha						Descrição do intervento																
	Proteção CARTER NR32 COM FALHA AMORTECEDORES, TRABALHANDO COM DUAS BARRAS PARA SEGURAR PROTEÇÃO						Amortecedores e apoio dos amortecedores estavam quebrados. O suporte ficou refeito e os amortecedores Trocados																
	Resultado Intervento			Para Aceitação																			
	Negativo			Temporario			Definitivo			Use a caixa traseira para um possível erro(s)													
			[assinatura]																				
Data/hora		Duração parada		4:00		Codigo falha																	
peças ou componentes utilizados:						2 amortecedores																	
Definições do problema e analise das causas raiz	Análise dos 5 W + 1 H						Lista das possíveis causas																
	O que	Que produto estava produzindo?					1	Corte de Barra de Ferro para usinagem															
	Quando	Começo - Início turno - Durante o turno - Final turno - Ferramental - Início produção - Outro					2	Durante o Turno															
	Onde	Area maquina / componente					3	Situa de usinagem Proteção de Segurança															
	Quem	Erro do Operador - Erro do ferramenteiro - Erro da Manutenção - Evidenciado por					4	Erro Manutenção															
	Qual	Existem sinais de alerta? Isso acontece em uma condição particular?					5	Sim, há sinais de alerta e o amortecedor estava cheio de tempo de uso															
	Como	Quais são as consequências da falha?					6	Perda do operador e parada da máquina															
	Verificação das possíveis causas						Tipo de causa raiz																
	1	Falta de Manutenção Preventiva				OK	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">RESISTENCIA DEFICIENTE</th> <th colspan="2">ESFORÇO EXCESSIVO</th> <th colspan="2">DESGASTE</th> </tr> <tr> <td>Influencia externas (temperatura, vibrações, etc.)</td> <td>Componentes faltante ou instigados.</td> <td>Insuficientes competencias dos Condutores ou dos Mantenedores</td> <td>Fragilidade do projeto</td> <td>Manutenções insuficientes</td> <td>Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, aperto)</td> </tr> </table>					RESISTENCIA DEFICIENTE		ESFORÇO EXCESSIVO		DESGASTE		Influencia externas (temperatura, vibrações, etc.)	Componentes faltante ou instigados.	Insuficientes competencias dos Condutores ou dos Mantenedores	Fragilidade do projeto	Manutenções insuficientes	Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, aperto)
	RESISTENCIA DEFICIENTE		ESFORÇO EXCESSIVO		DESGASTE																		
Influencia externas (temperatura, vibrações, etc.)	Componentes faltante ou instigados.	Insuficientes competencias dos Condutores ou dos Mantenedores	Fragilidade do projeto	Manutenções insuficientes	Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, aperto)																		
2	Excesso de Press				NOK																		
3	Erro do operador				NOK																		
4	Erro de Fabricação				NOK																		
5	Modificação de Peças				NOK																		
Ações contra a causa e ações para a manutenção	Ações para as causas				Quem	Quando																	
	1	Realizar o Troca Amortecedores Manut																					
	2																						
	3																						
	4																						
	Ações para a manutenção				Quem	Quando																	
	1	Analisar e Trocar Amortecedores Manut																					
	2	recalibrar Pm																					
	3																						
	4																						
Analise executada por		Resultado		Verificado por:		Assinatura		Data															
[assinatura]		P. Mendes		[assinatura]		[assinatura]		29/10															

O quinto anexo evidencia o caso da SB-MFB 001 (Máquina Forno de Brasagem), que teve uma parada de 3,5 horas decorrente do rompimento da esteira transportadora e da corrente do sistema motriz, para as quais, não havia peças de reposição no setor de manutenção.

Descrição da falha e do intervento	Linha		Operador		Maquina		Por Recebimento		Inicio Intervento					
	Brasagem		Lagoa		SB-MFB 001		Mendil		Data: 15/03 Hora: 9:30					
	Tipo de Falha		Data		Hora		Operador Manutenção		Final Intervento					
	Elétrico	Mecânico	08/09/22		16:00		Rodrigo/Lagoa		Data: 15/03 Hora: 11:00					
	Descrição da falha						Descrição do intervento							
	Não funcionamento. Lutar a esteira e inserir nos tubos de água flutuam água dentro						Colocar e soldar a corrente da esteira Uma corrente arcaica e foi trocada							
Resultado Intervento				Para Aceitação										
Negativo		Temporário		Definitivo		Lagoa		(Use a parte traseira para um possível esboço)						
Data/hora		Duração parada		3:30		Codigo falha								
peças ou componentes utilizados: <i>Falhas</i>														
Definições do problema e análise das causas raiz	Análise dos 5 W + 1 H						Lista das possíveis causas							
	O que	Que produto estava produzindo?						1	<i>Junta Mandrel</i>					
	Quando	Começo - Inicio turno - Durante o turno - Final turno - Ferramental - Inicio produção - Outro						2	<i>Parada o Turno</i>					
	Onde	Area maquina / componente						3	<i>Sistema de Transporte</i>					
	Quem	Erro do Operador - Erro do ferramenteiro - Erro da Manutenção - Evidenciado por:						4	<i>Erro da Manutenção</i>					
	Qual	Existem sinais de alerta? Isso acontece em uma condição particular?						5	<i>Sim, há sinais. A transportadora Culminou com a falha</i>					
	Como	Quais são as consequencias da falha?						6	<i>Maquina Parada</i>					
Verificação das possíveis causas							Ok/NOK		Tipo de causa raiz					
1	<i>Falha de PM</i>						OK		RESISTENCIA DEFICIENTE    ESFORÇO EXCESSIVO    DEGRASTE					
2	<i>Excedida Press</i>						NOK		Influencias externas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes frágeis ou inadequados					
3	<i>Erro do Operador</i>						NOK		Insuficientes competências dos Condutores ou dos Mantenedores					
4	<i>Erro de Fabricação</i>						NOK		Fragilidade do projeto					
5	<i>Modificação do Projeto</i>						NOK		Manutenções insuficientes					
									Ausencia observações das condições operativas (velocidade, pressão, etc.) Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)					
Ações contra a causa e ações para a manutenção	Ações para as causas				Quem		Quando							
	1	<i>Realizar a Teste Corrente</i>				<i>Manutenção Lagoa</i>								
	2	<i>Realizar a Teste Corrente</i>				<i>Manutenção Lagoa</i>								
	3													
	4													
	Ações para a manutenção				Quem		Quando							
	1	<i>Excluir corrente Corrente</i>				<i>Manutenção Lagoa</i>								
	2	<i>no rolamento PM</i>												
3														
4														
Análise executada por							Resultado		Verificado por:		Assinatura		Data	
<i>Mendil</i>							<i>Parada</i>		<i>Lagoa</i>		<i>Mendil</i>		<i>16/03</i>	

O sexto anexo demonstra o caso da SA-D32 003 (Máquina Dobradeira 32 SOCCO), que teve uma parada de 7,1 horas devido ao desgaste da chaveta do braço de dobra, para o qual, não havia peça de reposição no setor de manutenção.

Descrição da falha e do intervento	Linha		Operador		Maquina		Por Recebimento		Inicio Intervento													
	Linha		Gaique		SA-D32-003		Máquina		Data: 13/08	Hora: 07:30												
	Tipo de Falha		Data		Hora		Operador Manutenção		Final Intervento													
	Elétrico	Mecânico	13/08	16:00	Rodrigo		Data: 13/08	Hora: 15:00														
	Descrição da falha					Descrição do intervento																
fogo no braço da Máquina					Regulagem de configurações Reparo chaveta Manutenção Geral																	
Resultado Intervento			Para Aceitação			(Use a parte traseira para um possível esboço)																
Negativo	Temporário	Definitivo																				
Data/hora				Duração parada	7:05	Codigo falha		-														
peças ou componentes utilizados: Chaveta																						
Análise dos 5 W + 1 H						Lista das possíveis causas																
O que	Que produto estava produzindo?					1	Tubos Roladores															
Quando	Começo - Inicio turno - Durante o turno - Final turno - Ferramental - Inicio produção - Outro					2	Durante o Turno															
Onde	Area maquina / componente					3	Dobradeira 32 / SA-D32 003															
Quem	Erro do Operador - Erro do ferramenteiro - Erro da Manutenção - Evidenciado por:					4	Erro do Ferramenteiro / Operador															
Qual	Existem sinais de alerta? Isso acontece em uma condição particular?					5	Peças sem corrimão															
Como	Quais são as consequências da falha?					6	Peças mais expostas. Retrabalho															
Verificação das possíveis causas						Tipo de causa raiz																
1	Espessuras Excessivas				OK/NOK	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">RESISTENCIA DEFICIENTE</th> <th colspan="2">ESFORÇO EXCESSIVO</th> <th colspan="2">DESGASTE</th> </tr> <tr> <td>Influências externas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes talante ou inadequados.</td> <td>Insuficientes competências dos Condutores ou dos Manutentores</td> <td>Fragilidade do projeto</td> <td>Manutenções insuficientes</td> <td>Ausência observações das condições operativas (velocidade pressão...)</td> <td>Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)</td> </tr> </table>					RESISTENCIA DEFICIENTE		ESFORÇO EXCESSIVO		DESGASTE		Influências externas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes talante ou inadequados.	Insuficientes competências dos Condutores ou dos Manutentores	Fragilidade do projeto	Manutenções insuficientes	Ausência observações das condições operativas (velocidade pressão...)	Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)
RESISTENCIA DEFICIENTE		ESFORÇO EXCESSIVO		DESGASTE																		
Influências externas (temperatura, vibrações, etc.) Componentes talante ou inadequados.	Insuficientes competências dos Condutores ou dos Manutentores	Fragilidade do projeto	Manutenções insuficientes	Ausência observações das condições operativas (velocidade pressão...)	Falta manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação, apertos)																	
2	Configurações erradas				NOK																	
3	Tubo fora do Especificação				NOK																	
4	Desgaste natural				NOK																	
5	Falta Material Chaveta				NOK																	
Ações para as causas				Quem	Quando	<table border="1"> <tr> <td>Standard AM</td> </tr> <tr> <td>OPL para condutor a manutenção</td> </tr> <tr> <td>Matriz de Competências</td> </tr> <tr> <td>Calendário PM</td> </tr> <tr> <td>OPL sobre condições Operativas</td> </tr> </table>					Standard AM	OPL para condutor a manutenção	Matriz de Competências	Calendário PM	OPL sobre condições Operativas							
Standard AM																						
OPL para condutor a manutenção																						
Matriz de Competências																						
Calendário PM																						
OPL sobre condições Operativas																						
1	OPL mais detalhado		Engenheiro	Agosto																		
2	Treinamento do Operador		Engenheiro	Agosto																		
3	Guia Standard de Trabalho		Engenheiro	Agosto																		
4																						
Ações para a manutenção				Quem	Quando																	
1	Verificação Regular		Manutenção	Agosto																		
2	Manutenção Preventiva		Manutenção	Agosto																		
3	Manutenção Peças de Reposição		Manutenção	Agosto																		
4																						
Análise executada por		Resultado		Verificado por:		Assinatura		Data														
Rodrigo		Rodrigo/Pinael		Rodrigo		Rodrigo		13/08/21														