

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

MAURÍCIO DAMIAN PIVETTA

DESENVOLVIMENTO DE PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO APLICADO A
MÁQUINA CRÍTICA DE EMPRESA DO RAMO METAL MECÂNICO

CAXIAS DO SUL

2020

MAURÍCIO DAMIAN PIVETTA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO APLICADO A
MÁQUINA CRÍTICA DE EMPRESA DO RAMO METAL MECÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Mecânica da
Universidade de Caxias do Sul, como requisito
parcial à obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Orientador Prof. Me. Elton Fabro

CAXIAS DO SUL

2020

MAURÍCIO DAMIAN PIVETTA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO APLICADO A
MÁQUINA CRÍTICA DE EMPRESA DO RAMO METAL MECÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Mecânica da
Universidade de Caxias do Sul, como requisito
parcial à obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Aprovado em 04/12/2020

Banca Examinadora

Prof. Me. Elton Fabro

Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Rafael Tronca

Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Alexandre Vieceli

Universidade de Caxias do Sul – UCS

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe Carmen, que me proporcionou educação e amor incondicional, ao meu pai Alberi que pedagogicamente, e à sua medida, mostrou-me o valor do trabalho, à minha esposa Denise sempre leal aos nossos objetivos e às minhas irmãs Gláucia e Maíra por serem uma referência de dignidade.

Agradeço ao meu orientador pela dedicação e conhecimento compartilhado neste trabalho, a Metalmatrix, empresa concedente deste estudo e a todos amigos com quem tive a oportunidade de me relacionar ao longo deste período.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um plano de manutenção em uma máquina especial para fabricação de componentes de fixação utilizado em empresa do ramo metal mecânico. Foi efetuada uma revisão bibliográfica a respeito do assunto para fundamentar as ações a serem implementadas objetivando a diminuição de paradas para manutenções corretivas não planejadas. Após a seleção desta máquina através de critérios, foi elaborado uma sistemática para atingir o objetivo diante das particularidades deste equipamento. Planos de manutenção autônoma, preventiva e preditiva foram desenvolvidos assim como planos de melhorias e seleção de sobressalentes relacionados a esta máquina. Para monitorar o desempenho destas ações, indicadores de manutenção como MTBF, MTTR e disponibilidade foram implementados.

Palavras-chave: Planos de manutenção. Manutenção preventiva. Indicadores de manutenção. Disponibilidade.

ABSTRACT

This work aims to develop a maintenance plan on a special machine for the manufacture of fastening components used in a company in the metal mechanic branch. A bibliographic review was made on the subject to support the actions to be implemented aimed at reducing downtime for unplanned corrective maintenance. After the selection of this machine through criteria, a system was developed to achieve the objective in view of the particularities of this equipment. Autonomous, preventive and predictive maintenance plans were developed as well as improvement plans and selection of spare parts related to this machine. To monitor the performance of these actions, maintenance indicators such as MTBF, MTTR and availability were implemented.

Keywords: Maintenance plans. Preventive maintenance. Maintenance indicators. Availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemática para cálculo da OEE	27
Figura 2 - Algoritmo para decisão de criticidade	30
Figura 3 - Fluxograma para processo decisório.....	31
Figura 4 - Imagem termográfica de painel elétrico	34
Figura 5 - Espectro vibracional indicando picos em determinada frequência.....	35
Figura 6 - Fluxo de inclusão de material no estoque	37
Figura 7 - Curva característica durante a vida dos equipamentos....	38
Figura 8 - Fachada da Metalmatrix.....	41
Figura 9 - Portfólio de produtos fabricados pela Metalmatrix	42
Figura 10 - Etapas do trabalho.....	44
Figura 11 - Gráfico apresentando aumento da demanda de produção	47
Figura 12 - Tela do ERP indicando a periodicidade de manutenção	50
Figura 13 - Resultado do método 5W 2H aplicado ao equipamento	51
Figura 14 - Vista isométrica comparativa do conjunto de fechamento	52
Figura 15 - Planilha com descrição dos sobressalentes	54
Figura 16 - Indicador MTBF	55
Figura 17 - Indicador MTTR	56
Figura 18 - Indicador de Disponibilidade	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Procedimento para aplicação 5W 2H	40
Quadro 2 - Informações dos equipamentos avaliados	46
Quadro 3 - Classificação dos critérios	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados para implementação de indicadores	55
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NBR	Norma Brasileira
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
FMEA	Análise de Modo e Efeito de Falha
NPR	Número de Prioridade de Risco
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
PLC	Controlador Lógico Programável
OM	Ordem de Manutenção
CC	Corrente Contínua
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral.....	15
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	17
2.1.1	Função da manutenção industrial.....	18
2.1.2	Tipos de manutenção.....	19
2.1.2.1	Manutenção corretiva	20
2.1.2.2	Manutenção preventiva.....	20
2.1.2.3	Manutenção preditiva	22
2.1.2.4	Manutenção autônoma.....	23
2.1.3	Gestão da manutenção	23
2.1.4	Indicadores de manutenção	24
2.1.4.1	Mean Time Between Failure (MTBF).....	25
2.1.4.2	Mean Time To Repair (MTTR).....	25
2.1.4.3	Disponibilidade inerente.....	26
2.1.4.4	Overall Equipment Effectiveness (OEE)	26
2.2	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO	28
2.2.1	Criticidade de equipamentos	29
2.2.2	Planos de manutenção	31
2.2.2.1	Plano de manutenção autônomo	32
2.2.2.2	Plano de manutenção preventivo	33
2.2.2.3	Plano de manutenção preditivo.....	33
2.2.2.3.1	<i>Manutenção preditiva na Indústria 4.0.....</i>	<i>35</i>
2.2.3	Gestão de sobressalentes	35
2.3	MÉTODOS PARA SOLUÇÃO DE FALHAS.....	37
2.3.1	Análise do modo e efeito de falha (FMEA).....	39
2.3.2	Matriz 5W 2H	39

3	PROPOSTA DE TRABALHO	41
3.1	CENÁRIO ATUAL	41
3.1.1	Local de desenvolvimento do trabalho	41
3.1.2	A estrutura de manutenção.....	42
3.1.3	Situação dos equipamentos	42
3.1.4	Situação dos indicadores de manutenção	43
3.2	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO	43
3.2.1	A seleção de máquina crítica	44
3.2.2	Elaboração dos planos de manutenção	44
3.2.3	Planos de melhorias	45
3.2.4	Especificação de sobressalentes relacionados a máquina crítica	45
3.2.5	Implementação de indicadores para monitoramento da disponibilidade	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1	ETAPA 1 - SELEÇÃO DE MÁQUINA CRÍTICA	46
4.1.1	Análise de criticidade de equipamento conforme o algoritmo “ABC”	46
4.1.2	Análise de criticidade de equipamento conforme a demanda de produção	47
4.2	ETAPA 2 – ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO.....	48
4.2.1	<i>Checklist</i> de manutenção autônoma	48
4.2.2	Plano de manutenção preventivo	48
4.2.3	Plano de manutenção preditivo	50
4.3	ETAPA 3 – PLANO DE MELHORIAS PARA MÁQUINA CRÍTICA	50
4.4	ETAPA 4 – ESPECIFICAÇÃO DE SOBRESSALENTES RELACIONADOS A MÁQUINA CRÍTICA	53
4.5	ETAPA 5 – IMPLEMENTAÇÃO DE INDICADORES PARA MONITORAMENTO DE MÁQUINA CRÍTICA.....	54
5	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A – CHECKLIST DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	61
	APÊNDICE B – ORDEM DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	62
	APÊNDICE C – PLANILHA PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA	64
	APÊNDICE D – RELATÓRIO TERMOGRÁFICO	65

APÊNDICE E – RESULTADO DA APLICAÇÃO FMEA	68
---	-----------

ANEXO A – FOLHA PARA APLICAÇÃO DE FMEA	69
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

A manutenção é função estratégica nas organizações. Assim quanto mais eficaz for essa gestão, tanto melhor será o desempenho nos resultados. As paradas não planejadas ou manutenções corretivas em equipamentos de manufatura podem representar grandes perdas econômicas e, em alguns casos, pode comprometer a imagem institucional.

O documento nacional bianual da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos) apresentado no Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos de 2017 mostra que 25% dos tipos de manutenção no setor metalúrgico ocorrem de forma corretiva ou não planejada. Esse indicador mostra a vasta oportunidade que há no sentido de mitigar estas paradas com intuito de melhorar a disponibilidade de máquinas e equipamentos.

Diante do mercado globalizado a rapidez e habilidade das empresas em obterem robustez em seus processos de manufatura é fator indispensável. A competitividade e a busca por excelentes padrões de qualidade tornam indispensáveis a correta gestão de seus ativos. Neste sentido, as organizações vêm buscando incessantemente a aplicação de ferramentas de gerenciamento que as direcionem rumo a excelência (KARDEC; NASCIF, 2009).

Ao passo que as empresas utilizam novas tecnologias empregadas ao longo de seus processos, torna-se cada vez mais necessário a correta otimização e direcionamento dos recursos para manter a qualidade de seus produtos e a competitividade comercial. Estas considerações reforçam a ideia de que a manutenção representa uma atividade fundamental no processo produtivo, o que contribui para uma empresa se destacar a partir de diferenciais competitivos.

Com o objetivo de garantir a competitividade e sobrevivência diante desta dinâmica, as funções básicas dos mais diversos departamentos devem apresentar resultados satisfatórios diante dos padrões globais. Dessa forma as empresas devem trabalhar buscando uma visão de garantia da disponibilidade e com a missão de produzir resultados.

1.1 JUSTIFICATIVA

A empresa foco deste trabalho é a Metalmatrix Indústria Metalúrgica, que atua há 20 anos na fabricação de abraçadeiras metálicas. Por atender o mercado global nos segmentos da indústria metalúrgica, da construção civil e da indústria automotiva, segue exigências normativas em seu processo fabril.

Para atender aos requisitos das normas IATF 16949:2016 (*International Automotive Task Force*) e da ISO 9001:2015 (*International Organization for Standardization*), e em consonância com a sua Política da Qualidade, a empresa reconhece a necessidade de contar com uma metodologia prática e confiável no seu departamento de manutenção.

As empresas experimentam grandes e aceleradas transformações diante da implementação da automação em seus processos fabris. Neste sentido, face à tendência mundial, a complexidade cada vez maior dos equipamentos torna a confiabilidade destes, fator primordial para o desempenho operacional das indústrias dos mais diversos segmentos. Assim, a modernização implica diretamente na quantidade e diversidade de componentes e acessórios utilizados nas máquinas aumentando a probabilidade de ocorrência de falhas e afetando, desta forma, a performance dos processos fabris.

Diante dessa realidade, a empresa em questão tem enfrentado problemas com a frequência de quebras, inclusive de máquinas relativamente novas. Estas quebras afetam diretamente a disponibilidade operacional, e demandam muito dos recursos de manutenção. Portanto, torna-se imprescindível um estudo que vise aprimorar os métodos e planos de manutenção e identifique pontos que possam ser melhorados, visando otimizar a confiabilidade da máquina e consequentemente a disponibilidade do processo produtivo.

Dispondo de ampla literatura acerca dos meios para implementar processos de manutenção de alta performance, este estudo busca compilar algumas dessas práticas e, assim, desenvolver um planejamento de manutenção para melhorar a confiabilidade de suas máquinas, observando seus recursos disponíveis e as peculiaridades do seu negócio.

Cabe destacar que este trabalho busca entregar resultados, de forma que contribua para a gestão da manutenção e adicione oportunidades de melhorias em máquina crítica para o processo, para serem implementadas na medida que se façam necessárias e oportunas para a organização.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver um plano de manutenção para melhorar a disponibilidade de equipamento crítico em empresa do ramo metal-mecânico.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos para alcançar o objetivo geral deste trabalho são:

- a) selecionar máquina crítica com base em critérios;
- b) definir tarefas de manutenção preventiva e preditiva;
- c) estabelecer plano de melhorias para a máquina crítica;
- d) especificar peças críticas de reposição;
- e) implementar sistemática de indicadores para o processo de manutenção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este referencial teórico permite verificar o estado do problema a ser pesquisado, sob o aspecto teórico e de outros estudos e pesquisas já realizados (LAKATOS; MARCONI, 2007). Para sustentar o desenvolvimento deste trabalho, o presente capítulo faz uma síntese dos conhecimentos relacionados ao tema proposto, e com isto, permitir a melhor forma de intervenção para solucionar o problema em questão.

2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A palavra ‘manutenção’ possui diversos significados. Para delimitar seu sentido quando citada neste estudo, algumas definições serão descritas para obter melhor entendimento acerca do assunto. Para a literatura especializada, o termo tem origem no vocabulário militar, cujo sentido é manter em nível constante o efetivo bélico nas unidades de combate. Já o termo ‘manter’ é definido como dar continuidade a algo ou reter o estado atual. Com isso é sugerido que a palavra ‘manutenção’ significa preservar algo (OHNO, 1997).

Muitos autores vão além e apresentam significados mais refinados para o termo. De acordo com Monchy (1989), a manutenção é entendida como um conjunto de ações que permitam manter ou reestabelecer um bem, dentro de um estado específico ou na medida para assegurar um serviço determinado. Já para a Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, na norma TB-116 de 1975, a manutenção era definida como um conjunto de todas as ações necessárias para que um bem material seja conservado ou restaurado de modo a permanecer de acordo com uma condição especificada. Em uma edição revisada de 1994, designada como NBR-5462, o termo é indicado como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Considerando o termo manutenção, sob o aspecto industrial e levando em consideração a necessidade de lucratividade das organizações, a manutenção deve ser entendida como uma série de execuções para que um reparo aconteça, atendendo critérios de planejamento e sendo eficaz, ao menor custo possível (BRANCO FILHO, 2008).

Então, manutenção industrial pode ser conceituada como sendo um conjunto de ações destinadas a assegurar o bom funcionamento de equipamentos e sistemas, de forma a estabelecer boas condições operacionais, da maneira mais breve, por meio de técnicas e exigências legais, sem comprometer os rendimentos (KARDEC; NASCIF, 2009).

É notório que com o passar do tempo, o significado de manutenção vem sendo modificado para atender os conceitos atuais, e com isso englobar um sentido mais específico diante das constantes transformações comerciais e econômicas. O que antes era visto tão somente como ações técnicas, hoje aborda também aspectos econômicos, o que por sua vez preenche uma lacuna de parte das definições e conduzem a interpretação para um sentido mais otimizado.

2.1.1 Função da manutenção industrial

Compreender a função da manutenção industrial é essencial para ir além de, consertar ou manter algo. Assim como a definição do termo ‘manutenção’, permite salientar o correto entendimento do seu emprego, no contexto deste estudo, compreender a manutenção industrial como uma função estratégica, vai ao encontro das grandes transformações experimentadas pelo setor tecnológico e industrial (ANTUNES, 2008).

A evolução das técnicas e da função da manutenção tem origem no período da Segunda Guerra Mundial. Naquela época, a indústria era predominantemente artesanal, não se creditando qualquer importância à prevenção das falhas, uma vez que a estratégia de manutenção era considerada como conserto após a avaria. Nesse panorama, não havia necessidade de manutenção sistematizada, nem raramente, era requerido pessoal especializado para a sua execução. Como descreve Filho (2008), de maneira geral, a indústria não era mecanizada e existia pouca preocupação com a produtividade, ou seja, esta não era considerada tão relevante.

Esse contexto logo se modifica, ao passo que as indústrias passaram a depender cada vez mais das máquinas, que começaram a se multiplicar e modificar em tipo, quantidade e complexidade. Desse modo, prevenir a eventual paralisação das máquinas tornou-se cada vez mais relevante. Ainda, de acordo com Moubray (2000), já nos anos 60, a manutenção consistiu basicamente de revisões gerais dos equipamentos, executados em intervalos físicos. Segundo alguns autores, nesse período, começou a ser estruturado o conceito de ‘manutenção preventiva’.

Recentemente, a manutenção exigiu uma atenção mais intensa diante dos períodos de paralisação da produção, por exemplo, em face da tendência mundial de se trabalhar com estoques reduzidos (técnicas associadas ao *just-in-time*). Aliado a isso, o aumento da automação, transformou a confiabilidade e a disponibilidade em fatores primordiais para o desempenho operacional, refletidos diretamente nas atividades de manutenção.

Em linhas gerais, pode-se afirmar que toda evolução tecnológica dos equipamentos, processos e técnicas de manutenção, necessita de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à tomada de decisão. O desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas consequências, a dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar estes desafios, o desenvolvimento de novas técnicas e, conseqüentemente, os custos de manutenção, em termos absolutos e proporcionalmente as despesas globais, transformaram a função da manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial (ANTUNES, 2008).

Ao que se refere aos tempos atuais, a função da manutenção diz respeito aos requisitos característicos de maior disponibilidade, confiabilidade, segurança e vida útil. Para Viana (2002), a ausência de danos ao meio ambiente e ações eficazes de manutenção, estão diretamente relacionadas às atribuições dessa função.

Uma abordagem mais contemporânea para a definição da função da manutenção e seu entendimento diz que, esta deve enfatizar a prevenção, detecção e recuperação de falhas. Faz uso de ferramentas existentes, das mais diversas áreas do conhecimento e inclui, inexoravelmente, o fator humano como um elemento crítico no processo (FERREIRA, 2000). Ações pro-ativas com vistas a minimizar a ocorrência e as consequências das falhas, envolve a completa amplitude da função da manutenção.

2.1.2 Tipos de manutenção

A caracterização dos tipos de manutenção é feita de acordo com a forma como é realizada a intervenção de determinado equipamento ou sistema. Apesar de diferirem em alguns aspectos, todas as suas variações convergem para o objetivo de assegurar disponibilidade e afim de garantir a segurança dos profissionais envolvidos e para o processo da empresa (OTANI; MACHADO, 2008).

Uma sequência com os tipos de manutenção é elencada, entretanto, não existe uma estratégia melhor do que a outra, o que se faz necessário é associar a cada equipamento a estratégia que melhor se adeque a funcionalidade esperada. Dessa forma, todos os tipos representam fundamental relevância para um desempenho global eficiente.

2.1.2.1 Manutenção corretiva

Este tipo de manutenção, trata de executar intervenções em máquinas de forma a recolocar em operação, visto que o problema ou falha já aconteceu. “A manutenção corretiva é a atuação para correção de falha ou do desempenho menor do que o esperado (KARDEC; NASCIF, 2009, p.38). Ainda conforme o autor, esta forma de manutenção é necessariamente uma intervenção de emergência.

Estas atuações podem ser divididas em duas classes, chamadas de Manutenção Corretiva Não-Planejada e Manutenção Corretiva Planejada. A primeira, consiste na ação após a avaria ocorrida e neste caso não há preparação para a execução do serviço. Já na segunda classe, as intervenções são executadas depois da diminuição de produtividade ou por risco de uma falha iminente, o que neste caso há possibilidade de programar a tarefa de manutenção, ficando a cargo da gestão, organizar o momento mais conveniente para agir.

Em qualquer das variações explicitadas acima, este tipo de manutenção é considerado altamente oneroso para a organização. Isto se justifica tendo em vista que a falta ou pouca oportunidade de planejamento para compra de peças ou aplicação de mão de obra, eleva em muito os custos operacionais. Há também como consequência, a parada da produção, fator crucial para o bom desempenho do negócio.

Conforme Hansen (2006), este tipo de manutenção deve ser considerado em extinção, já que ocorre um movimento necessário para que, cada vez mais, o planejamento seja fator primordial nas áreas de manutenção.

2.1.2.2 Manutenção preventiva

Este tipo de manutenção, ganha consideração mais ampla neste trabalho, já que é fundamental para atender o objetivo proposto. Dessa forma convém ressaltar a importância do correto entendimento dessa classe e assim possibilitar boas práticas na manutenção industrial.

Kardec e Nascif (2009, p.42) destacam que:

Inversamente proporcional à política de manutenção corretiva, a manutenção preventiva procura obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, procura prevenir. Em determinados setores, como na aviação, a adoção da manutenção preventiva é imperativa para determinados componentes, pois o fator segurança se sobrepõe aos demais.

De acordo com a ABNT, a manutenção preventiva é, “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a

probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” (NBR 5462, 1994, p. 07).

Para Moubray (2000), a oportunidade de o setor planejar a manutenção, confere maior dinâmica na ação, já que se utiliza de especialistas e tem um foco mais consistente. Além disso, para o mesmo autor, não ocorrem paradas ditas de emergência, fazendo com que o fluxo fabril seja o melhor possível.

A manutenção preventiva é essencialmente planejada e atua de forma a reduzir ou evitar a falha ou a queda do rendimento, com um plano previamente elaborado, em intervalos de tempo definido (VIANA, 2002). Este serviço proporciona maior estabilidade operacional e oferece uma série de vantagens com relação as manutenções corretivas.

Para Otani e Machado (2008), um fator relevante a ser considerado, compreende que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido. Somado a isto, Xenos (1998) diz que, esta é uma filosofia útil e em muitos casos é justificável pois, dificilmente as máquinas passarão por grandes intervalos de tempo para reparos.

Cabe destacar que deve ser avaliadas situações aplicáveis a essa prática preventiva. Esta será tanto mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição, quanto maior forem os custos de falhas, quanto mais as falhas prejudicarem a produção e quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional (KARDEC; NASCIF, 2009).

Via de regra, esta intervenção sempre promoverá a retirada de operação do equipamento. Assim, os argumentos devem ser consistentes para que as paradas programadas se sobressaiam em relação as não programadas. A introdução de defeitos não existentes no equipamento, devido a falha humana ou falha de peças do conjunto mecânico, podem ter um efeito negativo diante desta política.

A execução desta modalidade, deve ser bem definida e é pautada em uma pré análise dos técnicos de manutenção, através de relatos dos operadores, conhecimento dos sistemas mecânicos que o compõe e do histórico de falhas. Assim é criado um plano de manutenção preventiva, que deve conter todas as operações a serem efetuadas pelos técnicos. Desta forma a improvisação é afastada do conceito, o que confere um ambiente alicerçado em índices de qualidade mais convenientes. Em suma, a manutenção preventiva deve ser um processo contínuo que visa a melhoria nos métodos de execução do trabalho de manutenção.

2.1.2.3 Manutenção preditiva

Este tipo de manutenção, considera as variáveis e parâmetros de máquinas para que a intervenção seja realizada no instante correto, de modo a aproveitar e extrair o melhor desempenho dos equipamentos, visando qualidade e produtividade (OTANI; MACHADO, 2008). A manutenção preditiva, também pode ser associada a Manutenção Baseada em Condições (*Condition Based Maintenance* - CBM), onde é fundamentada nas condições reais da máquina.

De acordo com a ABNT, (NBR 5462, 1994, p.07), a manutenção preditiva é, “Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

As tarefas de manutenção preditiva visam acompanhar os elementos de máquinas através de monitoramento, medições ou por um controle estatístico e, dessa forma, prever a proximidade da ocorrência da falha. É um processo que pode ocorrer concomitantemente com a manutenção preventiva, e tem como objetivo, evitar paradas desnecessárias para inspeção e também a utilização do componente mecânico até o fim de sua vida útil (OTANI; MACHADO, 2008).

Para Almeida (2018), a maior vantagem da manutenção preditiva é o fato de programar os reparos para quando o impacto a produtividade for o menor possível, já que em muitas plantas fabris os tempos destinados a reparos nos equipamentos resultam em perdas de produção que dificilmente serão recuperadas. Ainda o mesmo autor, sugere que a diferenciação da manutenção preventiva para a preditiva, se dá pelas ferramentas de controle, onde estas são consideradas mais eficiente afim de obter condições operacionais mais eficazes, aliadas à coleta e análise de dados mais assertivos.

Algumas técnicas de predição de falhas são bastante difundidas no meio industrial. A exemplo, Viana (2002) diz que, o ensaio por ultrassom, a análise de vibrações mecânicas, a análise de fluidos lubrificantes e a termografia, são utilizadas em programas de manutenção de grande complexidade e envergadura.

Em geral, essas técnicas preditivas são consideradas de vanguarda e segundo Baldissarelli e Fabro (2019), na Indústria 4.0, tais ferramentas estão sendo utilizadas para monitoramento *online* e em tempo real, através de terminais instalados na planta ou até mesmo em *smartphones*.

2.1.2.4 Manutenção autônoma

Para Nakajima (1989), a manutenção autônoma foca em possibilitar aos responsáveis pela operação dos equipamentos, executar limpezas, lubrificações e inspeções visuais. Estas tarefas são geralmente de baixa complexidade e exigem pouca qualificação técnica, visto que são guiadas por um *checklist* predeterminado.

Com isso, os operadores devem ser orientados e treinados para realizarem e manterem as condições ideais dos equipamentos, eliminando possibilidades de defeitos e cumprindo a função de envolver toda a equipe, afim de manter as condições básicas e fundamentais da máquina em bom funcionamento. Nakajima (1989), diz que, este tipo de manutenção é um passo fundamental para progredir até o autogerenciamento do posto de trabalho e, por consequência, obter resultados satisfatórios para a área.

Conforme Viana (2002), mesmo muitos autores especializados defenderem que a manutenção autônoma é apenas um pilar da Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*), ele estabelece que, a partir que há uma programação e planejamento de manutenção por parte dos operadores, isto é caracterizado como uma atividade mantenedora, contribuindo decisivamente para o sucesso do programa de manutenção adotado.

2.1.3 Gestão da manutenção

Diante do cenário globalizado das atividades econômicas, uma condução moderna na gestão da manutenção é requerida para alcançar êxito nos resultados. Esta postura advém dos novos desafios que se apresentam neste cenário altamente competitivo, onde as mudanças se sucedem em alta velocidade e torna a gestão da manutenção uma atividade fundamental do processo produtivo, exigindo proatividade, dinamismo e interdisciplinaridade.

Neste cenário não mais existem espaços para improvisos e arranjos: competência, criatividade, flexibilidade, velocidade, cultura de mudança e trabalho em equipe são as características básicas das empresas e das organizações que têm a Competitividade como razão de ser de sua sobrevivência. Para as pessoas, estas características são essenciais para garantir a sua empregabilidade (KARDEC; NASCIF, 2009, p.09)

A gestão da manutenção, é referida como a forma que as empresas organizam suas atividades e seus recursos, com a aplicação de procedimentos, normas e regras. Deve ser estratégica, e sobretudo, deixar de ser eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta reparar o equipamento com rapidez, mas principalmente manter a disponibilidade reduzindo a

probabilidade de paradas não planejadas. Ao estabelecer uma gestão de manutenção, a organização deve ser capaz de evitar a perpetuação de paradigmas.

Para Kardec e Nascif (2009), é essencial que a gestão, em diversos níveis, seja capaz de liderar as atividades de manutenção, se valendo das melhores práticas, e dessa forma, descreve algumas como sendo de maior importância:

- a) a gestão deve ser baseada em itens de controle, onde a disponibilidade, confiabilidade, meio ambiente, custos, qualidade, segurança, devem ser analisados crítica e periodicamente;
- b) gestão integrada do orçamento buscando o resultado do negócio através da análise criteriosa das receitas e custos;
- c) utilização de pessoal qualificado e certificado;
- d) análise crítica e priorização das intervenções com base na disponibilidade, confiabilidade operacional e resultado empresarial;
- e) eliminação das falhas através da análise da causa raiz, acoplada ao esforço do reparo com qualidade;
- f) ênfase em manutenção preditiva;
- g) procedimentos escritos para os principais trabalhos.

Contudo, a gestão da manutenção deve entregar confiança para a operação, medindo seu desempenho e reavaliando as necessidades de forma contínua. Assim, pode contribuir com a organização e converge para a manutenção de ‘Classe Mundial’ (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.1.4 Indicadores de manutenção

Os indicadores de manutenção, são ferramentas para o acompanhamento e direcionamento das atividades. Servem para definir a real situação da planta e assim propor novos objetivos e escolher os melhores métodos para alcançá-los (MOUBRAY, 2000). O gerenciamento eficaz do sistema de manutenção, exige o levantamento e tratamento sistemático dos dados coletados, para assim, avaliar a evolução e a tendência de cada processo envolvido.

Para Viana (2002), existem alguns indicadores chamados de ‘Índices de Classe Mundial’, onde tal denominação encontra justificativa no fato de que a maioria das empresas que visam a excelência operacional às utilizam para melhorar seu desempenho.

É interessante destacar que, cada organização deve definir quais indicadores devem ser utilizados para gestão da manutenção, tendo como base, os que acrescentam valor à empresa (GOMES; ANDRADE; COSTA, 2018). Zen (2011), recomenda que seja utilizado somente os

que sejam essenciais, de acordo com a estrutura proposta pela organização e, desse modo, facilitar a análise dos mesmos.

2.1.4.1 Mean Time Between Failure (MTBF)

O MTBF, no Brasil conhecido como TMEF (Tempo Médio Entre Falhas), é definido por Pimentel et al. (2012, p. 02) como "o intervalo entre o fim de uma falha funcional e o início de outra". O objetivo deste indicador é aumentar seu índice, cada vez mais e como consequência, diminuir a quantidade de manutenções necessárias (PIMENTEL et al., 2012). Tal indicador é definido conforme mostra a Equação 1.

$$MTBF = \frac{TD - TMP}{\text{Número de Ordens de Serviço}} \quad (1)$$

Nesta equação, *TD* se refere ao tempo de operação total do equipamento, ou seja, o tempo de carga em que a máquina deveria operar; *TMP* se refere ao tempo em que a máquina ficou parada devido a uma falha de algum item reparável. Assim, o numerador da equação acima, contém o total de horas em bom funcionamento do equipamento. Importante salientar que as manutenções preventivas não são computadas neste indicador.

Viana (2002), destaca que, se com o passar do tempo este indicador tiver seu resultado aumentado, então por consequência, a disponibilidade para operação também aumentou. A interpretação do resultado do MTBF, também é útil para determinar o intervalo de tempo mais apropriado para as intervenções de manutenção planejada e para que esta seja melhor organizada, com a intenção de minimizar seu impacto diante das paradas.

2.1.4.2 Mean Time To Repair (MTTR)

Para Viana (2002), o MTTR, que traduzido é conhecido como Tempo Médio Para Reparo (TMPR), representa um importante indicativo do quão assertivos estão sendo executados os reparos, e é definido a partir da Equação 2.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Máquina Parada}}{\text{Número de Ordens de Serviço}} \quad (2)$$

É interessante observar que o tempo total contabilizado nesta fórmula, diz respeito as atividades realmente efetivas necessárias para execução do reparo, não incluindo o tempo de identificação da falha, e nem o tempo de reação do mantenedor a partir da parada do equipamento (HANSEN, 2006). Sendo assim, o MTTR está relacionado com a facilidade do equipamento ser mantido, com a capacitação técnica dos mantenedores e com a qualidade do planejamento e programação da manutenção.

2.1.4.3 Disponibilidade inerente

De acordo com Kardec e Nascif (2009), este indicador informa o tempo em que a máquina ou equipamento esteve disponível, em suas condições normais, para a operação realizar as suas atividades. Esse indicador informa diretamente a performance ou desempenho do equipamento em sua vida útil.

A disponibilidade inerente, pode ser calculada conforme sugere Kardec e Nascif (2009, p.112), através da Equação 3, onde o termo ‘inerente’ “implica o fato de somente se levar em conta o tempo de reparo”, assim, exclui o tempo de logística, deslocamento e espera de sobressalentes.

$$DISPONIBILIDADE\ INERENTE\ (\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * (100) \quad (3)$$

Desta forma, conforme a ABNT este índice mede o “desempenho de disponibilidade” (NBR 5462-1994, p.02) e reflete diretamente o resultado global da área de manutenção.

2.1.4.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

A OEE, que traduzida significa a eficiência global dos equipamentos é uma ferramenta dos conceitos da TPM. Utilizada com o intuito de avaliar a eficiência de máquinas, quanto à programação de produção, esta medida permite mensurar de onde, e qual são os maiores desperdícios do processo (FILHO, 2008).

Esta métrica é amplamente utilizada mesmo em organizações que não tenham uma gestão de manutenção estabelecida, haja vista que é de fundamental importância para o acompanhamento da produtividade operacional. Em muitos casos, a consolidação desse indicador compete a outras áreas administrativas, neste caso, cabe a área de manutenção

identificar equipamentos com maior índice de paradas e então direcionar maior atenção (VIANA, 2002).

Este indicador leva em consideração os diversos tipos de perdas de produtividade, incluindo os que são alheios ao setor de manutenção e, por este motivo, é definido como global. A Figura 1 permite a compreensão do cálculo deste indicador.

Figura 1 - Sistemática para cálculo da OEE



Fonte: Adaptado de Viana (2002)

A OEE é o produto de outros três índices, o que a torna bastante suscetível a um baixo rendimento no caso de qualquer ineficiência diante do processo.

Para Hansen (2006), a OEE é calculada de acordo com a Equação 4.

$$OEE = (Disp) \times (Eficiência) \times (Qualidade) \quad (4)$$

Como, neste caso, a disponibilidade (*Disp*) é referida de forma global, seu valor é calculado de acordo com a Equação 5, e é afetado por todos os eventos que podem parar a produção, sendo os mais representativos as paradas para *Setup*, ociosidade (falta de programação), falta de matéria prima e quebras de máquina.

$$Disp = \frac{\text{Tempo de máquina produzindo}}{\text{Tempo programado para produzir}} \quad (5)$$

Seguindo, a Eficiência (performance) é calculada pela Equação 6.

$$Eficiência = \frac{\text{Número de peças produzidas} \times \text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de operação}} \quad (6)$$

O tempo de ciclo é definido como a cadência de produção para o alcance da necessidade estabelecida em um determinado intervalo de tempo (TUBINO, 1999).

A qualidade é definida pela Equação 7.

$$Qualidade = \frac{\text{Peças produzidas} - \text{Peças refugadas}}{\text{Peças produzidas}} \quad (7)$$

Hansen (2006), define que um valor acima de 85% pode ser considerado como sendo compatível com níveis de classe mundial.

2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

O PCM (Planejamento e Controle da Manutenção), envolve todas as atividades de organização relacionadas ao setor de manutenção, para melhorar o desempenho global da produção. Para Kardec e Nascif (2009), a organização da manutenção deve estar voltada para a gerência e solução de problemas, deve ser uma atividade estruturada e integrada às demais atividades da empresa, buscando maximizar os resultados.

Para que a implementação do PCM seja satisfatória, é preciso estabelecer uma série de atividades que possibilitem alcançar seu objetivo, englobando a parte técnica e humana na estrutura organizacional da manutenção (VIANA, 2002). A exemplo disso, é possível elencar algumas:

- a) coleta e análise de dados;
- b) definição de cronogramas;
- c) treinamento e qualificação da mão de obra;
- d) seleção de tarefas e suas respectivas frequências;
- e) elaboração de planos de manutenção;

- f) acompanhamento e análise crítica dos resultados;
- g) gestão de sobressalentes.

Ainda nesse contexto, Viana (2002), indica que algumas estratégias devem ser consideradas para definição da manutenção de equipamentos, como por exemplo, as recomendações do fabricante, as exigências legais relativas a segurança do trabalho e meio ambiente e o fator econômico.

Quanto as recomendações do fabricante, Barbosa e Da Costa Et. al (2009), destacam que estes documentos trazem informações consideradas de grande importância na elaboração dos planos de manutenção. Tais documentos trazem, geralmente, informações como: procedimentos de operação; catálogo de peças para reposição periódica; e inclusive o manual de manutenção e conservação com tópicos de maior relevância para as atividades de manutenção preventiva.

2.2.1 Criticidade de equipamentos

Com objetivo de aumentar a confiabilidade dos ativos de uma empresa e contando com recursos financeiros e mão de obra limitados, é preciso definir prioridades. Muitas empresas estabelecem quais equipamentos representam maior importância ao longo da cadeia produtiva, e para tais são direcionadas ações mais objetivas a fim de mitigar os impactos causados por perda de eficiência.

Existem alguns critérios que são úteis para serem analisados e avaliados na determinação da criticidade do equipamento. Cada organização, deve implementar aqueles que atendem a sua realidade, classificando a importância do equipamento dentro do seu processo de fabricação, observando a possibilidade de intercambialidade em momentos estratégicos, e a complexidade diante das atividades de manutenção.

Para Kardec, Nascif e Baroni (2002), na seleção das máquinas que serão monitoradas, devem-se considerar no mínimo os seguintes aspectos:

- a) importância da máquina no processo produtivo;
- b) qualidade e produtividade;
- c) custo ou dificuldade de aquisição de sobressalentes;
- d) não existência de máquinas “stand-by” (reserva);
- e) custo da própria máquina;
- f) custo e/ou dificuldade de intervenção;
- g) segurança pessoal e operacional.

A interpretação dos indicadores de manutenção e alguns algoritmos, como o recomendado pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), são uma forma eficaz de se fazer esta análise. A Figura 2 em complemento com a Figura 3, mostram um exemplo de como deve ser feita esta escolha através do algoritmo chamado ‘ABC’.

Figura 2 - Algoritmo para decisão de criticidade

		CLASSES		
		●	○	△
S	Risco a segurança	Alto risco	Risco médio ou baixo	Risco descartado
Q	Impacto na qualidade do produto	Redamação externa	Apenas perda interna	Sem perdas
I	Indisponibilidade da produção	Tempo sem produção > 3h	Tempo sem produção ≥ 1h e ≤ 3h	Tempo sem produção ≤ 1h
MT	MTBF	Maior que uma falha a cada 2 meses	1 falha entre 2 e 6 meses	Menor que 01 falha a cada 06 meses
TT	MTTR	MTTR > 2h	0,5h < MTTR < 2h	MTTR < 0,5h
C	Custo de Manutenção	Maior de R\$ 3000,00	Entre R\$ 3000,00 e R\$ 1000,00	Menor que R\$ 1000,00

Fonte: Adaptado de *Japan Institute for Plant Maintenance* (JIPM, 1995)

instruções, determinam o tratamento dado pelo organismo mantenedor para com sua ação preventiva.

Inspeções sistemáticas nos equipamentos são bastante úteis para que, a partir das observações feitas pelo mantenedor e operadores, possa ser criado um plano mais elaborado que então contemple ações de maior complexidade. De posse dessas informações, é então elaborado planos preventivos e preditivos de manutenção e estes devem ser gerados de forma automática pelo *software* de gestão, a fim de não passarem despercebidas a execução de tarefas importantes na conservação da maquinaria (LI et al. 2020).

2.2.2.1 Plano de manutenção autônomo

Com objetivo de melhorar a detecção de falhas e defeitos, Viana (2002), distribui em categorias os planos de manutenção, de forma a dar maior eficiência nas ações, antecipando possíveis defeitos e, por conseguinte garantindo a programação e alocação dos recursos necessários. Essas categorias são descritas abaixo:

- a) plano de inspeções visuais: deve ser periódica e consiste na observação das características de funcionamento do equipamento, detectando mudanças de pequena proporção no funcionamento;
- b) roteiros de lubrificação: deve ser periódica, observando o tipo de elemento mecânico e o tipo de lubrificante a ser utilizado (óleo ou graxa).

O PCM deve prescrever um *checklist* com as atribuições que são desempenhadas pela equipe de operadores. Com base em alguns conceitos da TPM, Nakajima (1989), indica que há algumas ações fundamentais para desenvolver um plano autônomo de manutenção, os quais alguns são descritos a seguir:

- a) limpeza;
- b) lubrificação;
- c) inspeções gerais;
- d) organização;
- e) detecção e eliminação de fontes de sujeira e vazamentos em locais de difícil acesso;
- f) oportunidades de melhoria.

Com um plano de manutenção autônomo que contemple os itens elencados acima, é esperado que possíveis defeitos ou falhas sejam detectados rapidamente e possibilitem maior

preservação do equipamento bem como maior segurança operacional e diminuição de perdas por intervenções da manutenção.

2.2.2.2 Plano de manutenção preventivo

Um plano de manutenção preventivo, provê ao mantenedor, a correta noção de como proceder diante de sua intervenção, evitando assim desperdícios de tempo e melhorando a qualidade da sua execução. Este deve ser objetivo e obrigatoriamente pautado em revisões, de forma a conter o melhor conteúdo possível, ou seja, o que importa é o nível de informações nele contidas (VIANA, 2002). Segue abaixo algumas informações que são necessárias constarem na ordem de manutenção preventiva:

- a) quais serviços serão realizados (descrição detalhada contendo um passo-a-passo);
- b) quem e quantos são os responsáveis pelos serviço a ser realizado (nome, cargo ou função);
- c) tempo estimado para o serviço;
- d) periodicidade de execução e data da intervenção;
- e) recursos necessários para a execução do serviço (material de consumo: peças de reposição);
- f) ferramentas e instrumentos para realizar as tarefas;
- g) equipamentos de apoio (máquina de solda, guindaste, etc.).

Pela definição de manutenção preventiva, estabelecer a correta periodicidade de execução é crucial para alavancar o aumento da disponibilidade do equipamento, travando eventuais falhas no intervalo de tempo estabelecido entre manutenções. A periodicidade pode ser estabelecida com base no tempo corrido em dias ou no tempo de utilização. Cabe ao PCM estabelecer a melhor métrica, com base nas particularidades do equipamento e na continuidade ou intermitência de operação.

2.2.2.3 Plano de manutenção preditivo

As mesmas definições do plano preventivo, devem ser fixadas para o plano de manutenção preditivo, pois os mesmos requisitos estabelecidos naquele, serão levados a cabo neste. A diferença será no conteúdo, já que a proposta deste é monitorar os equipamentos de forma a acompanhar seus desvios, avaliando possíveis anormalidades (VIANA, 2002). As

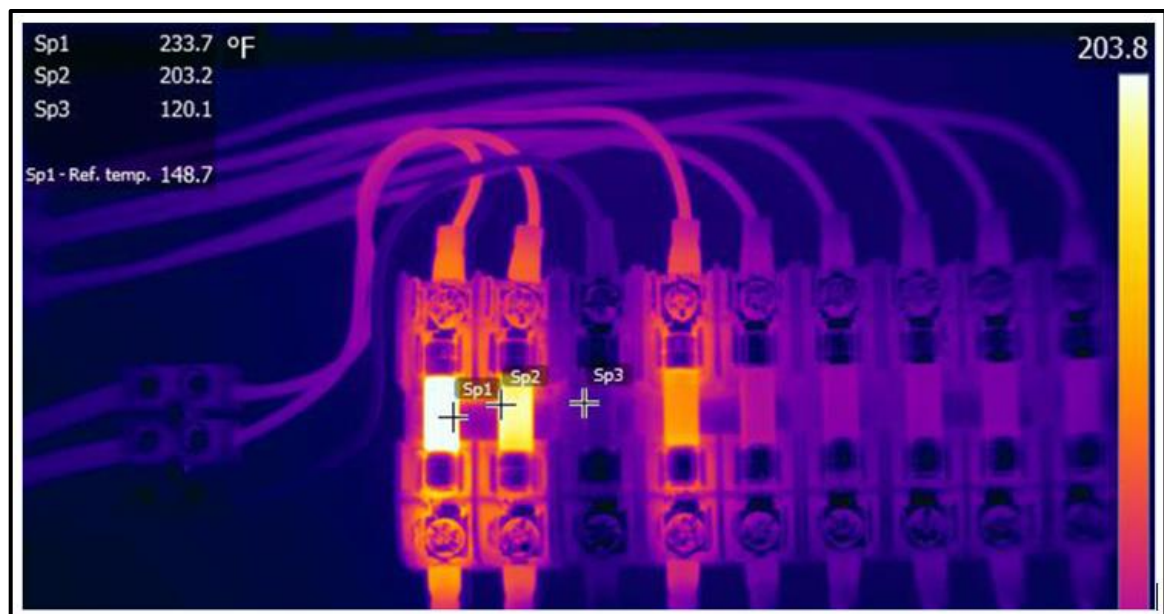
tarefas descritas aqui, serão basicamente os procedimentos adotados por cada técnica preditiva utilizada.

Para Mirshawka (1991), é essencial que um plano de manutenção preditiva contenha o máximo possível de técnicas de predição de falhas. Ainda este autor, indica que para máquinas que tenham em sua forma construtiva painéis elétricos associados a sistemas mecânicos a termografia deve necessariamente estar contemplada neste plano de manutenção.

A Figura 4, mostra um exemplo de aplicação da técnica de termografia, que de forma não-destrutiva, permite o sensoriamento de pontos ou superfícies aquecidas por meio de radiação infravermelha. A aplicação desta técnica é largamente utilizada para monitoramento de painéis elétricos.

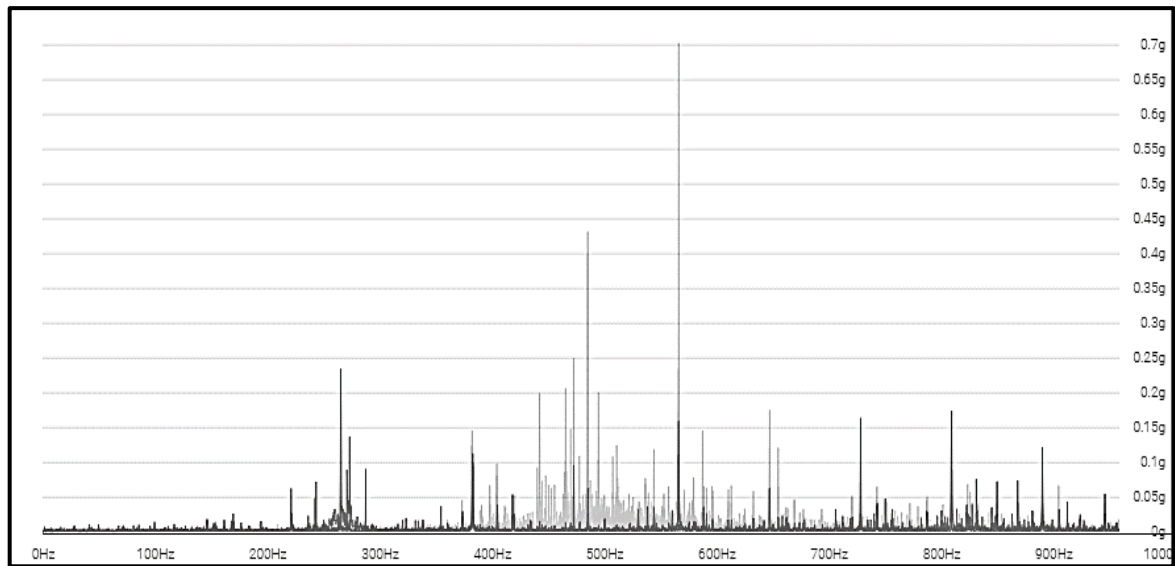
A análise de vibrações, outra maneira preditiva de manutenção, pode ser efetuada acoplando acelerômetros em pontos específicos do equipamento, para assim, captar ruídos provenientes de falhas por fadiga em componentes mecânicos (MIRSHAWKA, 1991). Esta análise fornece uma série de dados, onde pode ser observado a evolução dos níveis vibratórios, que por sua vez orientam os técnicos sobre a evolução do estado funcional de determinado sistema mecânico. A Figura 5 mostra um exemplo de aplicação preditiva da análise de vibrações.

Figura 4 - Imagem termográfica de painel elétrico



Fonte: <https://www.ifell.com.br/termografia/> (acessado em 22/05/2020)

Figura 5 - Espectro vibracional indicando picos em determinada frequência



Fonte: Adaptado de <https://www.semapi.com.br/deteccao-de-falha-de-rolamento-com-sensor-fixo-dynamox-gmp-na-industria-textil/> (acessado em 20/05/2020)

2.2.2.3.1 Manutenção preditiva na Indústria 4.0

A incorporação de novas tecnologias aplicadas nos equipamentos industriais e o conceito da Indústria 4.0, favorecem a predição de falhas por meio da chamada *Internet das coisas*. Neste cenário, a tomada de decisões para substituição de peças ou intervenções de manutenção, se afastam da dependência humana, ou seja, o supervisionamento dos elementos mecânicos e elétricos estão cada vez mais atrelados a *softwares* capazes de identificar comportamentos para falhas em potencial (FILHO, 2008).

De acordo com Almeida e Fabro (2019), o emprego dos conceitos da Indústria 4.0 nas atividades de manutenção, já é uma realidade. Dessa forma, a continuidade do trabalho relativo ao aumento de desempenho dos equipamentos se alicerça de forma assertiva, rápida e eficaz.

2.2.3 Gestão de sobressalentes

A gestão dos sobressalentes, está relacionada com o processo de compra, recebimento, armazenamento e acuracidade do estoque de peças e componentes utilizados para as manutenções. Para Dias (1993, p.23), a administração de sobressalentes deve “otimizar o investimento em estoques, aumentando o uso eficiente dos meios internos da empresa, minimizando as necessidades de capital investido”. Kennedy (2001), sugere que a função de se

ter um estoque, é assistir à manutenção diante de suas atividades, sendo elas planejadas ou corretivas.

O PCM deve se preocupar em obter um estoque que atenda suas necessidades visando o menor custo possível. Para tanto, é fundamental analisar as quantidades consumidas em determinado intervalo de tempo, e com isso obter uma média, revisada periodicamente, que atenda sua demanda (VIANA, 2002). A solicitação de compra deve, obrigatoriamente, conter a aplicação dos itens requisitados (RODRIGUES, 2014).

Para saber quais itens devem ser incluídos no estoque de sobressalentes, Viana (2002) sugere que é necessário analisar alguns pontos, tais como:

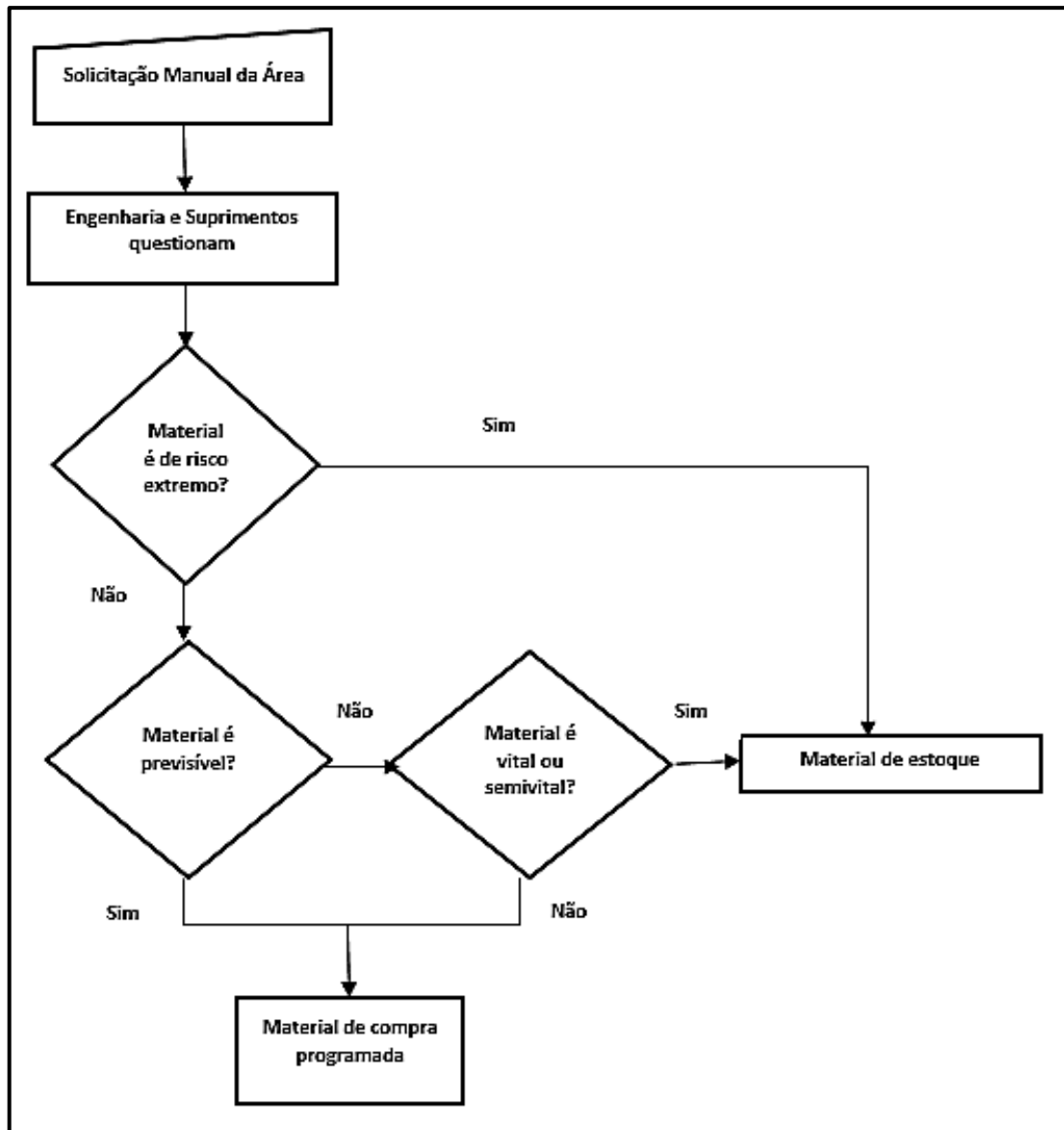
- a) grau de risco do item para o processo (vital, semivital, não-vital, de risco extremo, previsível, imprevisível);
- b) custo do material;
- c) tempo de vida útil do componente;
- d) demanda da área (verificada pelo histórico de consumo e necessidade pontual);
- e) facilidade de obtenção (a pronta entrega ou sob encomenda).

Em relação a facilidade de obtenção de sobressalentes, o PCM deve ser capaz de ter as informações pertinentes para que, no caso de uma peça ser adquirida sob encomenda, os prazos estabelecidos para a entrega atendam as eventuais demandas da área de manutenção, sem comprometer as execuções planejadas. Assim, Moubray (2000), salienta que a empresa deve ter um relacionamento estreito com seus fornecedores e manter parcerias a fim de satisfazer suas necessidades diante de tais situações.

A Figura 6, mostra um fluxo que possibilita avaliar se determinado item deve ou não constar no almoxarifado de manutenção.

Em suma, a provisão de sobressalentes deve ser realizada com um grau de confiabilidade razoável nos eventos de manutenção, o que por sua vez requer um banco de dados com informações confiáveis (VIANA, 2002).

Figura 6 - Fluxo de inclusão de material no estoque



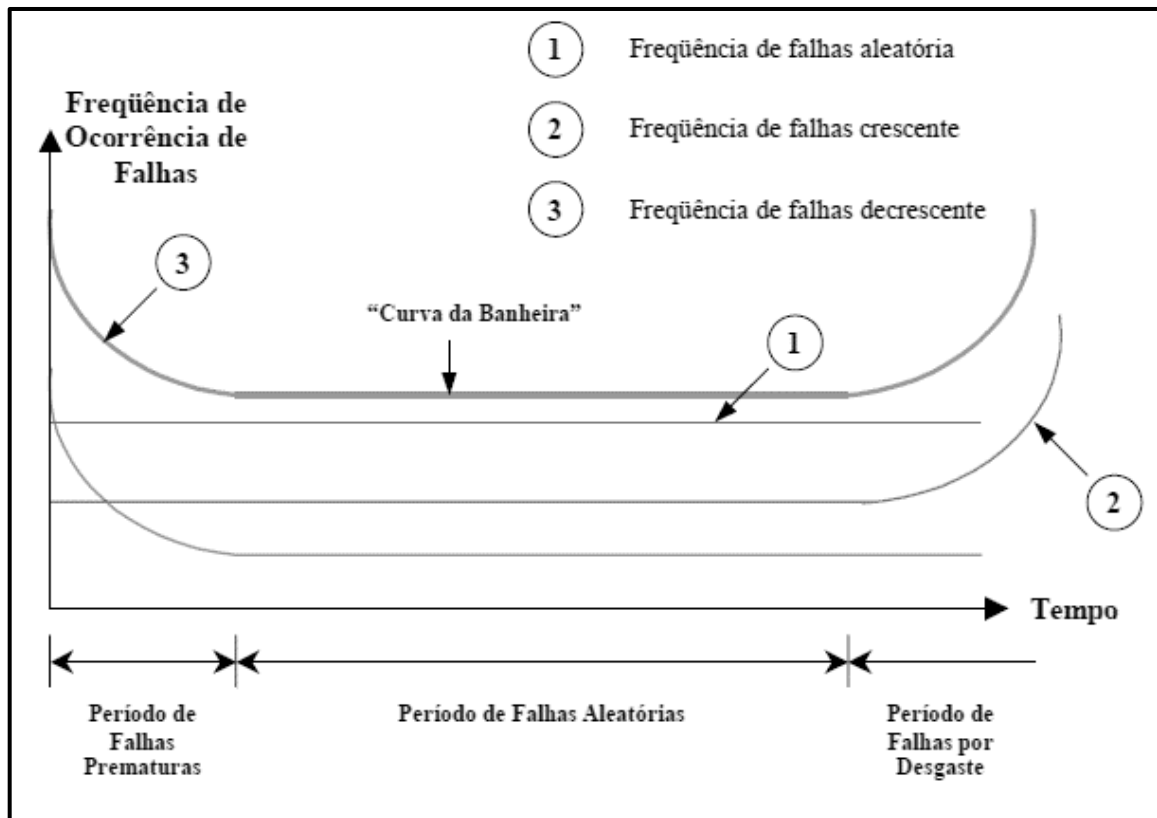
Fonte: Adaptado de Viana (2002, p.48)

2.3 MÉTODOS PARA SOLUÇÃO DE FALHAS

A confiabilidade e a manutenabilidade são essenciais para alcançar a disponibilidade dos equipamentos (TAKAHASHI; OSADA, 1993). Para Kardec e Nascif (2009, p.116), esta é definida como “a característica de um equipamento ou instalação permitir um maior ou menor grau de facilidade na execução dos serviços”, e aquela como “a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo” (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 106).

Um equipamento ou sistema obedece a um comportamento característico (curva da banheira), determinado a partir de estudos estatísticos (MOUBRAY, 2000). Tal característica pode ser vista conforme a Figura 7, que mostra os extremos da curva como um intervalo de tempo crítico durante sua vida em operação.

Figura 7 - Curva característica durante a vida dos equipamentos



Fonte: Adaptado de Xenos (1998, p.71)

É possível observar que mesmo um equipamento novo, apresenta uma elevada taxa de falhas, o que por sua vez implica em períodos de indisponibilidade. Reprojeto e programas de melhorias são formas de garantir maior manutenibilidade e disponibilidade, dessa forma alguns métodos e ferramentas são utilizados para diminuir os impactos negativos diante de tal comportamento.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), ou do inglês, *Reliability Centred Maintenance*, representa um conceito contemporâneo, amplo e moderno, o qual Moubray (2000) define como sendo um processo utilizado para determinar o que deve ser feito para assegurar que os ativos físicos desempenhem, da melhor forma, sua função requerida. Esta filosofia faz uso de ferramentas para análise e solução de falhas.

A necessidade de melhorias é motivada por vários problemas, tais como, problemas de projeto, custo significativo de interrupções não programadas e baixa disponibilidade mecânica (DUENCKEL; SOILEAU; PITTMAN, 2017). Essa metodologia “estuda um equipamento ou um sistema em detalhes, analisa como ele pode falhar e define a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes das falhas” (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 140).

2.3.1 Análise do modo e efeito de falha (FMEA)

Aqui, a Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA) é ferramenta de grande utilidade. Esta é uma abordagem que ajuda a identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas ou processos e auxilia para ações focadas em reprojeto, que por sua vez, melhoram a manutenibilidade (BRANCO FILHO, 2008).

São indicados três níveis de utilização desta ferramenta, no entanto, a área de manutenção se atem ao chamado FMEA de processo. Esta “focaliza na forma como o equipamento é mantido e operado” (KARDEC; NASCIF, 2009, p.127). Ainda este autor, informa que para esta variação, se faz necessário uma análise crítica, utilizada para classificar os modos de falha levando em consideração suas probabilidades de ocorrência.

Abaixo é descrita uma sequência para utilização desta ferramenta, com suas respectivas perguntas a serem respondidas, e o Anexo A mostra um exemplo para aplicação:

- a) isolar e descrever o modo de falha potencial: sob que condições o equipamento falha?
- b) descrever o efeito potencial da falha: quais os prejuízos diante da falha?
- c) determinar a frequência, a gravidade e a detectabilidade da falha: qual a frequência e gravidade da falha? qual a facilidade da falha ser detectada?
- d) determinar o número da prioridade do risco – NPR (índice normalmente baseado em experiências anteriores);
- e) desenvolver planos de ação para eliminar ou corrigir o problema potencial.

2.3.2 Matriz 5W 2H

Outra abordagem, para a mesma finalidade, é utilizar a ferramenta 5W 2H, chamada assim pois faz referência as letras iniciais das sete perguntas, onde em inglês: *What* (o quê);

Why (porquê); *Where* (onde); *When* (quando); *Who* (quem); *How* (como); *How Much* (quanto custa).

De maneira sucinta, esta ferramenta faz uma análise rigorosa e relativamente fácil para a análise de falhas (KARDEC; NASCIF, 2009). Ao responder as perguntas anteriores, é esperado que se possa otimizar o processo, através de ações eficazes na busca de melhorias sistemáticas no processo. O Quadro 1 mostra a organização para aplicação desta ferramenta.

Quadro 1 – Procedimento para aplicação 5W 2H

5W 2H	
PERGUNTA	RESPOSTA
O Quê?	Qual falha está ocorrendo no equipamento
Onde?	Local físico da instalação da máquina ou subsistema
Quando?	Intervalo de tempo ou processo em que é verificada tal falha
Porquê?	Quais os ganhos diante de uma intervenção de melhoria/manutenção
Quem?	Responsável pela detecção da falha; Mantenedor/ equipe designada para a ação
Como?	Quais técnicas/procedimentos serão úteis na solução da falha
Quanto custa?	Investimento necessário; Análise de viabilidade

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009, p.133)

3 PROPOSTA DE TRABALHO

Com o embasamento teórico anteriormente fundamentado, este capítulo, tem a intenção de situar o leitor deste estudo, quanto ao estado atual e a forma de intervenção para chegar ao objetivo geral proposto. Uma contextualização a respeito da empresa e do setor de manutenção também serão abordados.

3.1 CENÁRIO ATUAL

Uma visão geral do estado atual da organização juntamente com suas oportunidades de melhorias, serão descritos a seguir.

3.1.1 Local de desenvolvimento do trabalho

Com uma equipe de cem profissionais atuando nas áreas operacionais e de apoio, a Metalmatrix busca se manter entre as líderes de mercado no seu segmento. Com a modernização dos seus processos de manufatura, o desenvolvimento dos seus colaboradores e a agilidade na entrega dos produtos, visa atender as crescentes demandas comerciais.

A Figura 8, mostra a fachada da empresa, que conta com uma planta fabril localizada na cidade de Caxias do Sul.

Figura 8 - Fachada da Metalmatrix



Fonte: Adaptado de <https://www.metalmatrix.com.br/br/metalmatrix>

A Figura 9, mostra parte do portfólio já consolidado de seus produtos, os quais atendem desde aplicações domésticas até as demandas das indústrias automotivas e de implementos agrícolas.

Figura 9 - Portfólio de produtos fabricados pela Metalmatrix



Fonte: Adaptado de <https://www.metalmatrix.com.br>

3.1.2 A estrutura de manutenção

O setor de manutenção, está diretamente relacionado com a Gestão de Engenharia Integrada da empresa. A equipe técnica de manutenção, conta com três mecânicos e um eletricista, atuando de forma centralizada na execução dos serviços solicitados.

Com um quadro reduzido de profissionais atuando na área, estes desenvolvem suas atividades de forma dinâmica, trabalhando em conjunto com a equipe de engenharia, promovendo maior efetividade na resolução dos problemas. Ainda assim, a área conta com empresas parceiras para, eventualmente e sob determinada demanda, auxiliar nas atividades de manutenção as quais requerem maior complexidade ou envergadura técnica.

3.1.3 Situação dos equipamentos

A empresa possui como base para produção dos seus itens, diversas máquinas e dispositivos. Prensas excêntricas, perfiladeiras, e máquinas especiais (projetadas para

finalidade única a partir da demanda da empresa), figuram entre os equipamentos com maiores solicitações na manufatura.

Tais máquinas, se encontram em diferentes estados de conservação, contando com equipamentos novos, modernos e de alta tecnologia, equipamentos antigos com implementações tecnológicas e máquinas com elevada taxa de vida útil utilizada. A área de manutenção, possui maiores demandas, justamente nos equipamentos nas fases iniciais e finais de sua vida em utilização (MOUBRAY, 2000). Desta forma, devido a essas características estarem presentes nos equipamentos da organização, este setor está sob grande responsabilidade diante do fluxo fabril.

Ainda a respeito dos equipamentos novos, a empresa possui alguns desses como forma de substituir e modernizar seu parque fabril. Sendo assim, estes se encontram em fase de implementação e validação, requerendo grande atenção, visto que, já foram concebidas como elementos críticos para seu processo de fabricação.

3.1.4 Situação dos indicadores de manutenção

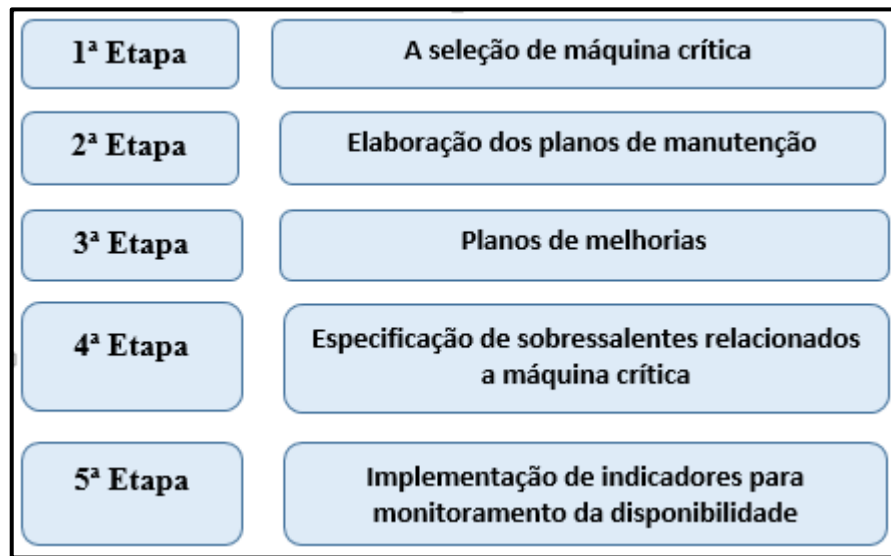
O setor de manutenção, já possui alguns indicadores consolidados, a exemplo o *MTBF*, *MTTR* e *OEE*. Estes índices figuram com valores aceitáveis diante dos requisitos estabelecidos pela empresa. No entanto, os dados são tratados de forma global, ou seja, o resultado é genérico, o que em suma, pode haver grande possibilidade de melhorias.

De acordo com a literatura especializada, alguns desses indicadores, devem conter em seus números finais, apenas os dados extraídos de um único equipamento ou, no máximo, de uma família de equipamentos, para assim, dar consistência em seus resultados e para que as ações de contenção, sejam mais assertivas. Contudo, esta importante ferramenta na gestão da manutenção, está aquém da situação mais indicada, possibilitando grande oportunidade de melhoria, objetivando assim se chegar aos níveis de classe mundial.

3.2 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Ao propor algumas etapas de trabalho, visando atender um plano de manutenção para máquina crítica, e com isso, confluindo para objetivo fim desta obra, é esperado que maiores são as possibilidades de se chegar a resultados eloquentes. Serão elucidadas aqui, estas etapas quando da sua efetiva realização, a partir de fundamentações compiladas em capítulo anterior. A Figura 10 mostra a organização dessas etapas.

Figura 10 - Etapas do trabalho



Fonte: O autor

3.2.1 A seleção de máquina crítica

Para que este trabalho seja executado, tomando como referência um equipamento fundamental no processo de produção da empresa, será utilizado o algoritmo para decisão de criticidade, mostrado na Figura 2. A partir desta análise, que leva em consideração os aspectos de segurança, impacto na qualidade do produto, indisponibilidade de produção, custo de manutenção e alguns dados relativos aos indicadores, é que serão pontuadas as ações subsequentes.

Algumas outras informações, tais como, o plano estratégico da empresa, e a demanda de vendas projetadas para determinada família de itens, podem ser de grande utilidade nesta avaliação, já que neste sentido ocorre uma projeção do comportamento comercial a ser alcançado pela organização, influenciando diretamente a solicitação de determinada máquina.

3.2.2 Elaboração dos planos de manutenção

A partir da escolha do equipamento a ser estudado é que serão desenvolvidos os planos de manutenção preventiva e preditiva. As características de tal máquina ditarão as escolhas e as especificações técnicas de manutenção a serem abordadas.

O conhecimento empírico do comportamento deste equipamento, o depoimento dos operadores e dos técnicos de manutenção, o histórico dos modos de falha e as informações

contidas no manual do fabricante serão de fundamental relevância para elaboração destes planos.

3.2.3 Planos de melhorias

De acordo com o conhecimento abordado na fundamentação teórica, por vezes, algumas melhorias em determinados sistemas mecânicos dos equipamentos, são fundamentais para que o número de intervenções de manutenção seja reduzido. O reprojeto de determinadas peças ou subsistemas que compõem o equipamento, são ações que devem ser implementadas para que concomitantemente com a execução das manutenções preventivas e preditivas se chegue a um bom desempenho operacional.

Trabalhando com as ferramentas FMEA e 5W 2H, será viabilizado analisar se há oportunidade para reprojeto ou melhorias, as quais tenham impacto positivo para melhorar a disponibilidade do equipamento.

3.2.4 Especificação de sobressalentes relacionados a máquina crítica

Para alcançar êxito com os planos de manutenção, é fundamental que a provisão de peças sobressalentes esteja de acordo com tal propósito. A inclusão dessas peças deve ser avaliada de acordo com o fluxo de inclusão de material no estoque, conforme anteriormente mostrado na Figura 6.

Ao estabelecer os itens de reposição necessários, a agilidade e até mesmo os custos envolvidos podem ser otimizados, o que por sua vez, contribuem para aumentar a disponibilidade do equipamento estudado.

3.2.5 Implementação de indicadores para monitoramento da disponibilidade

Os indicadores apresentados no Capítulo 2, devem ser implementados para acompanhar a sistemática aplicada para o aumento da disponibilidade. Com dados extraídos do ERP (*Enterprise Resource Planning*), a partir das ordens de manutenção e com informações registradas em diários de bordo, tais índices deverão ser compilados e tratados individualmente na máquina crítica. Contudo, estes resultados serão importantes para nortear as ações da manutenção e mostrar a efetividade proposta neste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a proposta de trabalho elaborada em momento anterior, este capítulo apresenta a implementação das atividades previstas para estabelecer o plano de manutenção em máquina crítica, assim como ações tomadas para melhorar a disponibilidade do equipamento. A apresentação deste item, se dá conforme a sequência estabelecida nas etapas do trabalho, as quais foram mostrados na Figura 10.

4.1 ETAPA 1 - SELEÇÃO DE MÁQUINA CRÍTICA

Para estabelecer qual equipamento foi contemplado com o planejamento de manutenção proposto, usou-se o Algoritmo para Decisão de Criticidade “ABC”, bem como os critérios citados nos itens 2.2.1 e 3.2.1 deste trabalho. Ainda neste sentido, para justificar tal escolha, foi analisado o comportamento da demanda de produção desta linha de manufatura.

4.1.1 Análise de criticidade de equipamento conforme o algoritmo “ABC”

Inicialmente, foi sugerida a análise de três equipamentos que representam fundamental importância no processo produtivo da empresa para serem avaliados em relação a criticidade. O Quadro 2, elenca tais máquinas e traz uma breve descrição quanto a sua função e tempo em que está em operação.

Quadro 2 – Informações dos equipamentos avaliados

Nome do equipamento	Identificação do equipamento	Função	Tempo de uso do equipamento
Máquina automática New Minor	103	Montagem de Abraçadeiras metálicas	5,5 anos
Máquina automática New Flex	15	Montagem de Abraçadeiras metálicas	1,1 anos
Perfiladeira automática Maplastek	107	Conformação de canaletas utilizadas para montagem de abraçadeiras metálicas	4 anos

Fonte: O autor

Após análise promovida por uma equipe multidisciplinar, o resultado do preenchimento do algoritmo “ABC”, ficou definido conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação dos critérios

MÁQUINA	Risco a Segurança e Meio Ambiente	Qualidade e Produtividade	Indisponibilidade de Produção	Tempo médio entre falhas	Tempo médio para reparo	Custo com manutenção
15	0	0	•	•	•	•
103	Δ	0	•	0	0	0
107	Δ	•	0	0	Δ	Δ
Legenda: • Alto Risco; 0 Risco Médio; Δ Risco Descartado						

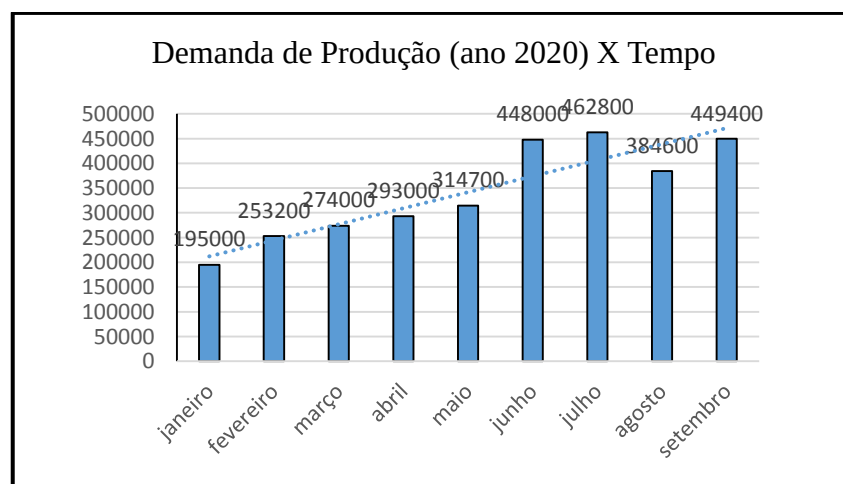
Fonte: O autor

Com esta análise, foi possível estabelecer que o equipamento com número de identificação 15 apresenta maior criticidade, e de acordo com o que foi mostrado na Figura 2 e seguindo o fluxograma para processo decisório da Figura 3, o resultado da avaliação é o nível de criticidade “A”. Dessa forma, indica maiores oportunidades para aumento da disponibilidade, e para tanto, deve contar com intervenções de manutenção preventivas e preditivas.

4.1.2 Análise de criticidade de equipamento conforme a demanda de produção

Com a definição do equipamento feita anteriormente e para evidenciar esta escolha, os dados obtidos pela tendência de demanda de produção dos últimos nove meses são mostrados na Figura 11. Este gráfico, indica um comportamento crescente nas vendas deste produto, deixando claro que há aumento substancial na solicitação da máquina e que, portanto, representa grande contribuição para o resultado global da empresa.

Figura 11 – Gráfico apresentando aumento da demanda de produção



Fonte: O autor

4.2 ETAPA 2 – ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO

Após a análise anterior, os planos de manutenção foram feitos tomando como base os aspectos específicos do equipamento. Por se tratar de máquina especial (projetada para função específica de manufatura), foram usadas informações provenientes do manual de manutenção do equipamento, análise do histórico de paradas por manutenção, depoimento de operadores e especificações técnicas dos elementos de máquinas.

4.2.1 *Checklist* de manutenção autônoma

Através de observação da rotina diária executada pelo operador e de alguns requisitos próprios do equipamento, para seu funcionamento em condição ideal, foi criada uma planilha que contém um *checklist* de verificação.

Como esta máquina possui diversos mecanismos em sua estrutura, foram definidos subsistemas de forma a estabelecer melhor entendimento e assertividade diante das tarefas autônomas. Abaixo são descritos de forma genérica tais conjuntos:

- a) conjunto desbobinador;
- b) conjunto prensa excêntrica;
- c) conjunto inserção de fita e fechamento;
- d) conjunto alimentação de carcaças e parafusos;
- e) conjunto parafusagem;
- f) conjunto extração.

Alguns procedimentos fundamentais de manutenção autônoma tais como lubrificação, limpeza e inspeções visuais, assim como outros pontos característicos do equipamento, foram dispostos em uma planilha mostrada no Apêndice A, e os dados coletados devem ser analisados pelo PCM como forma de monitoramento para potenciais ações de melhorias.

Estas inspeções estão sendo executadas a cada início de turno pelo operador técnico do equipamento a fim de garantir o correto funcionamento, bem como identificar antecipadamente possíveis falhas que possam ocorrer de forma inesperada.

4.2.2 Plano de manutenção preventivo

Inicialmente, alguns dados relativos aos tipos de paradas deste equipamento foram analisados para que fosse estabelecido a frequência ideal entre intervenções e as devidas

atividades a serem executadas durante as manutenções. Devido as características construtivas e do funcionamento específico desta máquina, um dos subsistemas de maior relevância foi elencado para o desenvolvimento do plano preventivo.

O subsistema chamado de “Inserção de Fita”, assim chamado por ser responsável pelo posicionamento de alimentação de fita metálica, foi definido como a fronteira para esta atividade. Esta estação é composta por um conjunto de elementos mecânicos e eletrônicos os quais são descritos abaixo:

- a) conjunto de movimentação: servomotor, redutor, correia dentada, guias lineares;
- b) conjunto de corte de fita: matriz de corte, atuador pneumático, sensor magnético;
- c) conjunto de alimentação de fita: batente, pinças, atuador pneumático, guias lineares;
- d) conjunto de fechamento: dispositivo de fechamento, atuador pneumático, sensor magnético;
- e) conjunto de prensagem: atuador pneumático, dispositivo de prensagem.

Com base nesta composição de itens é que o procedimento de manutenção preventivo, contendo o roteiro a ser executado pelo manutentor, foi descrito na O.M (ordem de manutenção), e esta, foi adicionada no Apêndice B. Uma planilha também foi criada para ser utilizada pelo PCM como forma de orientar as tarefas e especificar as atividades e esta é apresentada no Apêndice C.

A frequência para execução das manutenções preventivas foi determinada como sendo a cada cento e oitenta dias, já que ainda não há dados suficientes para especificar com exatidão este período. É necessário comentar que este intervalo deverá ser sistematicamente reavaliado para estabelecer com maior precisão tal frequência de manutenções.

Para evitar que algum fator levasse à não execução da manutenção preventiva no prazo determinado, tal OM é gerada automaticamente através do ERP utilizado pela empresa. A Figura 12, mostra a janela do ERP onde, o tempo o qual a OM deve ser gerada automaticamente é definido. Ainda neste sentido, um calendário foi criado para que todas as partes interessadas sejam sabedoras, com antecedência, das datas em o equipamento ficará indisponível para operação, bem como todos as peças de reposição estejam presentes no almoxarifado da manutenção.

Figura 12 – Tela do ERP indicando a periodicidade de manutenção

Periodicidade das Manutenções									
Espécie	Artefato	Manutenção	Dias	Horas	Horas Uso	Tm. Exec.	Cod. Agrupa	Ativo	
Máquinas	15	15 - MAQUINA AUTOMÁTICA NEV	988	Preventiva	180	0	0		Ativo

Fonte: O autor

4.2.3 Plano de manutenção preditivo

De acordo com a bibliografia e a análise de criticidade de equipamento utilizada neste trabalho, o monitoramento preditivo é especialmente relevante para que a disponibilidade da máquina seja aumentada.

Inicialmente a frequência de inspeção ficou definida como sendo semestral. No decorrer das próximas inspeções e com base nos resultados, este prazo deverá ser ajustado para intervalos maiores ou menores a depender das variações que possam haver nos elementos analisados.

O sistema de comando eletrônico do equipamento foi contemplado com a técnica de termografia como forma de monitorar possíveis anomalias nestes sistemas. Alguns itens no quadro de comando do equipamento são descritos abaixo:

- a) PLC;
- b) disjuntores;
- c) relés;
- d) *drivers* de servomotores;
- e) contactoras de potência;
- f) inversores de frequência;
- g) fonte de alimentação 24 CC 10A.

A primeira rotina preditiva foi executada, e o Apêndice D mostra parte do relatório com as imagens dos pontos analisados. Neste momento, não foram evidenciadas anomalias (pontos quentes) no sistema, entretanto, a continuidade do estudo termográfico e seus resultados, serão feitos através de comparações com os dados futuros nas próximas inspeções.

4.3 ETAPA 3 – PLANO DE MELHORIAS PARA MÁQUINA CRÍTICA

A partir de análise feita diante dos problemas com maior número de ocorrências evidenciados no subsistema “Inserção de fita”, foi proposta uma agenda para discussão a respeito de tais falhas e eventuais melhorias para o sistema em questão.

Uma equipe multidisciplinar, composta pelos profissionais das áreas operacionais, técnicas e de engenharia da empresa, foi convidada a participar de reunião para aplicar as ferramentas citadas no item 3.2.3 deste trabalho com a intenção de avaliar os riscos e oportunidades para viabilizar maior disponibilidade da máquina.

Nesta etapa, foi determinado que o subsistema crítico do equipamento citado acima, fosse ainda subdividido para delimitar de forma mais aprofundada os planos de ação então sugeridos. O Apêndice E, mostra os dados elencados diante do preenchimento da folha para aplicação do FMEA de Processo que foi utilizado nesta atividade.

Com intuito de refinar e determinar as saídas dos planos de ação com maior eficácia, a falha que obteve maior NPR descrita no FMEA, foi então designada para a aplicação do método 5W 2H. A Figura 13, mostra as informações que foram pontuadas neste método, juntamente com o plano de ação determinado.

Figura 13 – Resultado do método 5W 2H aplicado ao equipamento

5W 2H - MÁQUINA AUTOMÁTICA NEW FLEX nº 15	
Descrição do problema e proposta de melhoria - subconjunto: "Inserção de Fita"	
PERGUNTA	RESPOSTA
O Quê?	algumas peças produzidas não atendem ao requisito crítico do produto pois o conjunto de fechamento apresenta instabilidade;
Onde?	conjunto de montagem e fechamento da fita com a carcaça
Quando?	a falha foi identificada em três oportunidades no período de um mês de trabalho
Porquê?	aumento da disponibilidade do equipamento; maior confiabilidade e qualidade do produto manufaturado
Quem?	equipe multidisciplinar das áreas técnicas da empresa
Como?	projeto e confecção de novo dispositivo de fechamento do conjunto
Quanto Custa?	20 horas de projeto; 14 horas para fabricação, montagem e ajustes; R\$ 4.000,00 para aquisição de peças

Fonte: O autor

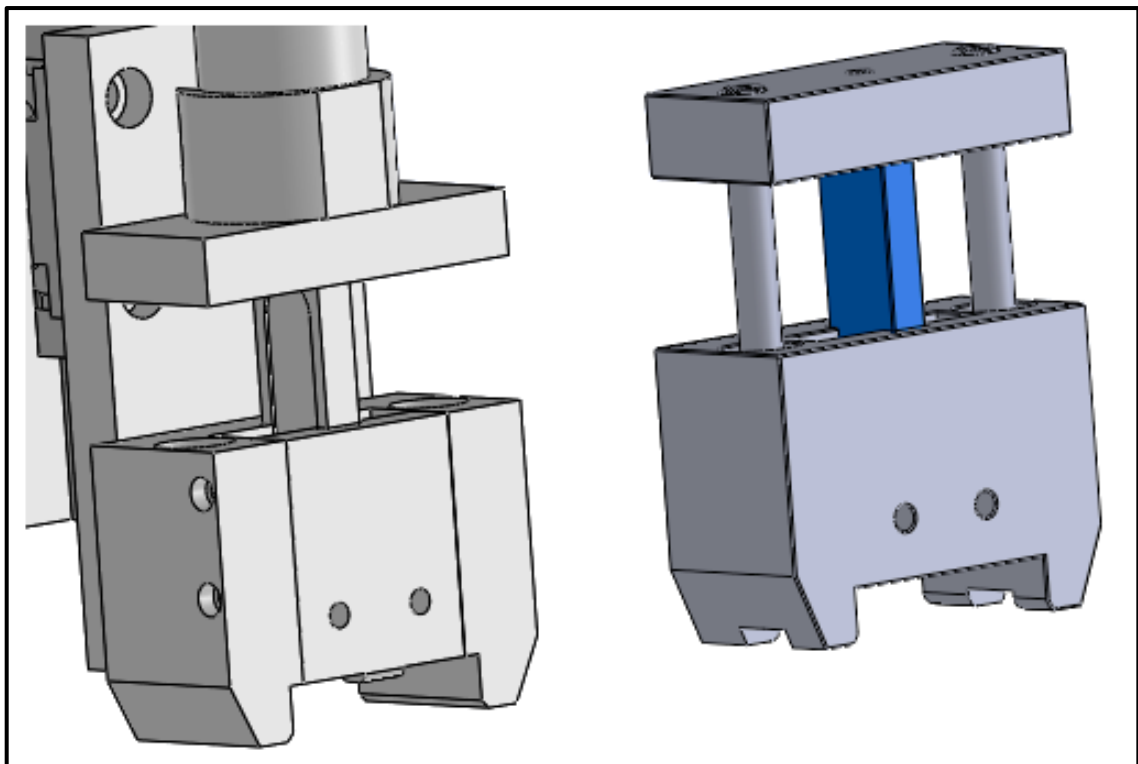
Diante da evidente possibilidade deste tipo de atividade promover ganhos consideráveis na disponibilidade do equipamento, foi sugerido também que este método fosse aplicado de forma sistemática a cada dois meses. Assim ficou estabelecido, que esta equipe

deverá participar destas reuniões até que o equipamento consiga obter um desempenho desejável para a organização.

A partir do plano de ação evidenciado neste encontro, foi implementado imediatamente uma melhoria no sistema em questão. A Figura 14 mostra genericamente um comparativo da situação anterior (imagem à esquerda) e o projeto de melhoria implementado (imagem à direita) do conjunto de fechamento. A principal mudança nesse projeto contempla melhoria na geometria do punção de fechamento, o que traz consigo, maior vida útil e melhores condições de manutenibilidade.

Foi adicionado também neste conjunto, duas colunas para servirem como guias, restringindo qualquer possibilidade de esforços perpendiculares ao sentido de atuação, que por sua vez, impedem desgastes prematuros dos componentes deste dispositivo. Com isso é esperado que haja diminuição no número de ocorrências corretivas, viabilizando a estabilidade de tal conjunto.

Figura 14 – Vista isométrica comparativa do conjunto de fechamento



Fonte: O autor

4.4 ETAPA 4 – ESPECIFICAÇÃO DE SOBRESSALENTES RELACIONADOS A MÁQUINA CRÍTICA

Para atender as demandas da área de manutenção em relação a máquina crítica, um estoque de sobressalentes foi definido com base no fluxo de inclusão de material no estoque de sobressalentes mostrado na Figura 6. A partir da definição do plano de manutenção elaborado anteriormente para o subsistema da máquina e com base no impacto diante de eventual parada causada por falhas não previsíveis no equipamento, foram incluídas algumas peças de reposição com o propósito de agilizar qualquer atividade corretiva que possa ser ocasionada.

Uma planilha foi criada para descrever os itens em estoque bem como informações pertinentes quando da aquisição de novas peças e sua respectiva substituição. Na planilha mostrada na Figura 15, informações como o código do item, fabricante, descrição técnica, aplicação e quantidades são dados para ajudar no controle do estoque.

Figura 15 – Planilha com descrição dos sobressalentes

Descrição do item	Código/Fabricante	Aplicações	Estoque Atual
Rolamento de esferas	6800 zz/ NSK	pré-dobra	1
Sensor magnético para atuador pneumático	SME-10M-DS-24V-E-2,5-L/Festo	cilindro pré-prensagem	2
Sensor magnético para atuador pneumático	SME-8-K-LED-230/Festo	cilindro último fechamento	1
Sensor magnético para atuador pneumático	SME-8M-DS-24V-K-5,0-OE/Festo	cilindro leva fita; indexador berços	2
Atuador pneumático	RA025H0040EM/Pneumax	garra; indexa esteira	1
Atuador pneumático	CP96SDB32-125/ SMC	leva fita	1
Atuador pneumático	61M2P100A0200/Camozzi	prensa fim	1
Atuador pneumático	160202010-25/BelAir	separação de fita	1
Atuador pneumático	125200020-80/BalAir	pré -prensagem	1
Atuador pneumático	CD55B32-50/SMC	indexa berços	1
Correia sincronizadora	CSC1270702 H-700 /Continental	alimentação de fita	1
Sensor fibra óptica	FD-420-05/Autonics	deteção de parafusos; detecção de carcaças	1
Bloco guia linear	HGW 15 CC-ZA-C /Hivin	alimentação de fita; conjunto leva fita	1
Pré dobra	15-7650/fabricação interna	conjunto de pré dobra	1
Pinça leva fita membrana	15-7625/fabricação interna	conjunto alimenta fita	1
Punção de corte	15-7628/fabricação interna	conjunto separação de fita	1
Sensor indutivo	M12 - PNP - NA-NF - conec. M12 - não faceado/Pepperl+Fuchs	referenciamento servomotor alimenta fita	1

Fonte: O autor

4.5 ETAPA 5 – IMPLEMENTAÇÃO DE INDICADORES PARA MONITORAMENTO DE MÁQUINA CRÍTICA

Para o acompanhamento das ações da manutenção e do desempenho relativas ao aumento de disponibilidade do equipamento crítico, a sistemática mostrada no item 2.1.4 foi implementada. Devido ao equipamento em estudo ser relativamente novo na empresa, ainda não havia qualquer tipo de monitoramento para fins de comparação.

Com os dados extraídos dos apontamentos das ordens de manutenção desta máquina e mostrados na Tabela 1, os indicadores MTTR, MTBF e Disponibilidade foram consolidados. Uma análise crítica dos resultados desses indicadores deve ser efetuada pelo PCM com vistas a implementar ações que possam reduzir os tempos de indisponibilidade.

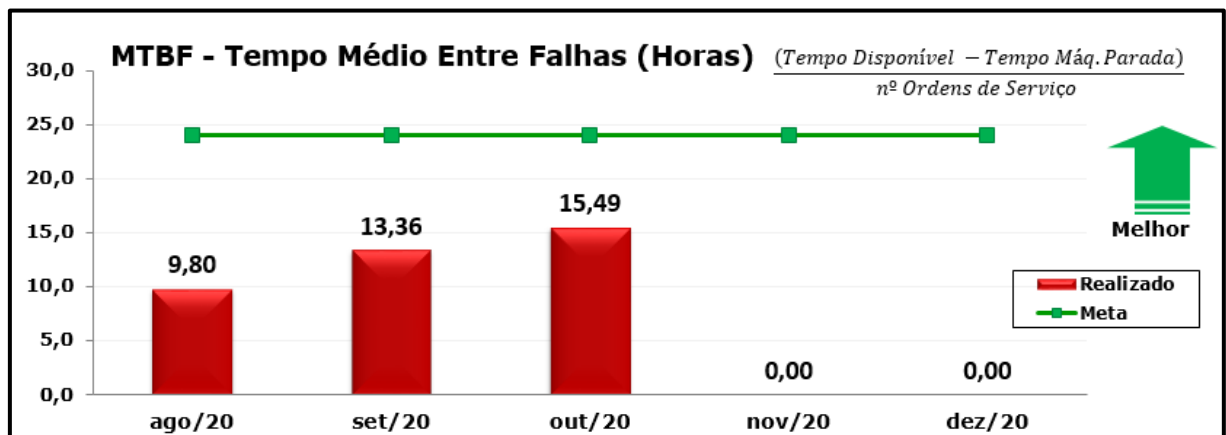
Tabela 1 – Dados para implementação de indicadores

Dias Úteis	Mês	Horas Máq. Parada Corretiva	Nº Ordens Serviço	MTTR (horas)		Média horas parada/dia	Dias Úteis * Horas Disp.	MTBF (horas)		DISP
				Realizado	Meta			Realizado	Meta	
21	ago/20	177,8	29	6,13	2,00	8,5	462,0	9,8	24,0	61,52%
21	set/20	154,8	23	6,73	2,00	7,4	462,0	13,4	24,0	66,49%
22	out/20	112,3	24	4,68	2,00	5,1	484,0	15,5	24,0	76,79%

Fonte: O autor

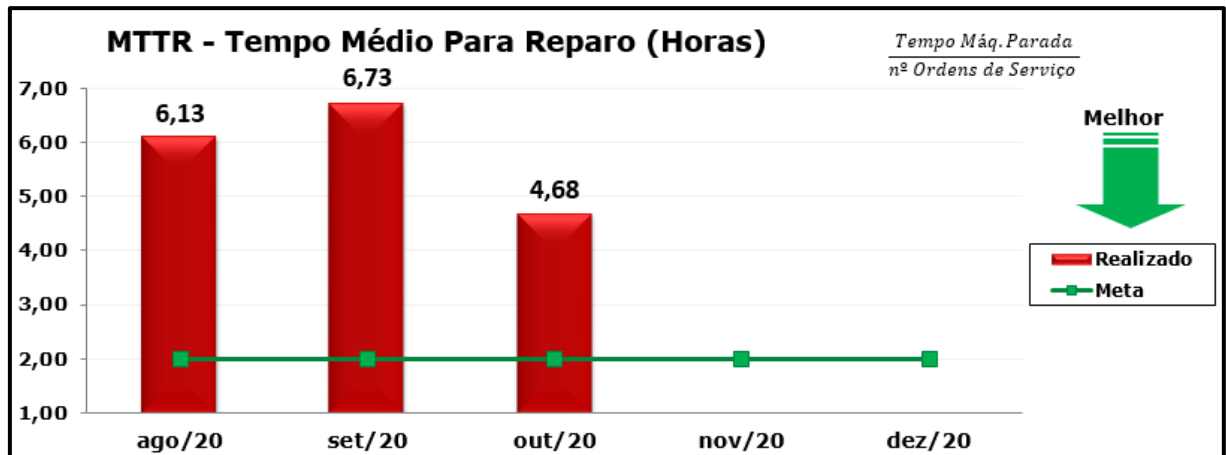
A Figura 16, mostra o gráfico referente ao indicador MTBF, e a Figura 17, o gráfico de MTTR.

Figura 16 – Indicador MTBF



Fonte: O autor

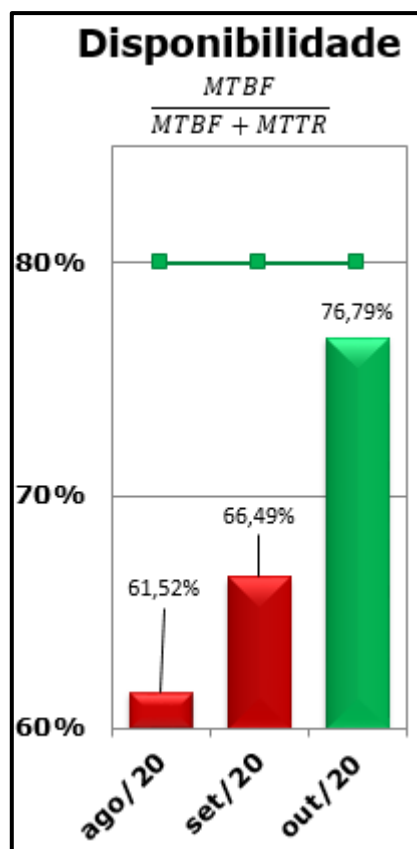
Figura 17 – Indicador MTTR



Fonte: O autor

Neste momento a empresa estabeleceu como meta uma disponibilidade de 80% nos primeiros seis meses a partir da implantação desta sistemática de manutenção, entretanto, para figurar com índices ditos de classe mundial é esperado que haja pelo menos 85% de disponibilidade. A Figura 18 mostra o gráfico para a disponibilidade.

Figura 18 – Indicador de Disponibilidade



Fonte: O autor

5 CONCLUSÃO

Considerando que as empresas vêm buscando serem cada vez mais eficientes em seus processos de manufatura, o objetivo geral deste trabalho veio ao encontro para atender essa necessidade na indústria onde este estudo foi desenvolvido. Utilizando sistemáticas já consolidadas a respeito do planejamento de manutenção, a implementação dos objetivos específicos foi desenvolvida observando as particularidades do tipo de equipamento aqui estudado.

A partir da avaliação feita através de critérios, a determinação da máquina considerada crítica foi então estabelecida para ser contemplada com o plano de manutenção. Com os planos de manutenção autônomo, preventivo e preditivo, foi possível determinar ações em um subsistema deste equipamento para que as falhas fossem reduzidas. Ainda neste sentido, propostas de melhorias estabelecidas com auxílio das ferramentas FMEA e 5W 2H, foram implementadas para convergir neste objetivo e assim contribuir para aumentar a disponibilidade do equipamento crítico.

Com o embasamento teórico abordado neste trabalho, é sabido que todas as ações de manutenção devem ser reavaliadas criticamente pelo PCM a fim de obter maior assertividade nas atividades de manutenção. Analisando o resultado dos indicadores implementados, foi possível verificar que há uma tendência de melhora na disponibilidade deste equipamento.

Contudo, como não havia dados anteriores a este estudo para fins de comparação, se torna prematuro afirmar que os resultados são apenas em decorrência das ações propostas, no entanto, estas são reconhecidas pela gestão da empresa, como ações concretas e que promoveram uma evolução no sistema de manutenção. Analisando unicamente a máquina selecionada e as ações desenvolvidas nesta, pode-se dizer que os objetivos propostos inicialmente foram atingidos, trazendo benefícios para esta máquina e com potencial abrangência aos demais equipamentos, podendo através das metodologias utilizadas trazer resultados amplos para área industrial da empresa.

Com o desenvolvimento deste trabalho e os conhecimentos adquiridos diante deste estudo, há oportunidades de trabalhos futuros para serem abordados principalmente no tema relativo a Indústria 4.0, assunto este de grande relevância no panorama atual.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. T. **Manutenção preditiva**: confiabilidade e qualidade. Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://mtaev.com.br/wp-content/uploads/2018/02/mnt1.pdf>. Acesso em: 19 mai 2020.

ALMEIDA, Bruno Guerra; FABRO, Elton. **Indústria 4.0 como ferramenta na engenharia de manutenção com base na metodologia TPM**. Scientia Cum Industria, Caxias do Sul, v. 7, n. 2, p. 23-39, 2019. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/index.php/article/download/pdf>. Acesso em: 25 jun 2020.

ANTUNES, J et al. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARIOLI, E.E. **Análise e solução de problemas**: o método da qualidade total com dinâmica de grupo. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. **Manutenção Preditiva na indústria 4.0**. Scientia Cum Industria, Caxias do Sul, v. 7, n. 2, p. 12-22, mar. 2019. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6835/pdf>. Acesso em: 20 mai 2020.

BARBOSA, Raphael Araújo; DA COSTA, Fernanda Nunes; Et al. **Elaboração e implementação de um plano de manutenção com auxílio do 5s**: metodologia aplicada em uma microempresa. XXIX encontro nacional de engenharia de produção. Salvador, 2009. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_619_13510.pdf. Acesso em: 23 jul 2020.

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

CANOSSA, S. **MASP**: Método de Análise e Solução de Problemas. São Paulo: Sercan, 2011.

CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional 2017**: a situação da manutenção no Brasil. 32. ed. Curitiba: ABRAMAN, 2017.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de materiais**: uma abordagem logística. 4. edição. São Paulo: Atlas, 1993.

DUENCKEL, Jhon R; SOILEAU, Robert; PITTMAN, Jerry D. **Preventive maintenance for electrical reliability**: A Proposed Metric Using Mean Time Between Failures Plus Finds. IEEE Industry Applications Magazine, v. 23, n. 4, p. 45-56, July 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7914617>. Acesso em: 27 abr 2020.

FILHO, G. B. **A Organização, o planejamento e o controle da manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

GOMES, Milla Caroline; ANDRADE, Paulo César de Resende; COSTA, Thonson Ferreira. **Análise de indicadores de desempenho da manutenção de um moinho de bolas**. Revista Thema, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 1089-1103, August 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.15.2018.1089-1103.910>. Acesso em: 10 mai 2020.

HANSEN, R. **Eficiência global dos equipamentos**: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

JAPAN INSTITUTE FOR PLANT MAINTENANCE (JIPM). **600 Forms Manual**. Japan, 1995.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção Função Estratégica**, 3. ed. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2009.

KARDEK, A.; NASCIF, J. & BARONI, T. **Gestão da Manutenção e Técnicas Preditivas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

KENNEDY, R. **Examining the Processes of RCM and TPM**: What do they ultimately achieve and are the two approaches compatible? Plant Maintenance Resource Center, Austrália, 2001. Disponível em: <http://www.plant-maintenance.com/articles/RCMvTPM.shtml>. Acesso em: 13 mai 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

LI, Xuelian et al. **Preparation and performance of colored Ultra-Thin overlay for preventive maintenance**. Construction and Building Materials, China, v. 249, 20 July 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820306243>. Acesso em: 02 mai 2020.

METALMATRIX, **Sistema de Gestão da Qualidade RQ-001 ver. 005**, Caxias do Sul, 2020.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva**: Caminho para Zero Defeitos, 1. ed. São Paulo: Makron Books, 1991.

MONCHY, F. **A função manutenção**: formação para gerência da manutenção industrial. São Paulo: Durban, 1989.

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

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**-Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

OHNO, T. **O sistema de produção Toyota**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial, Paraná, v. 4, n. 2, p. 01-16, 2008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16/13>. Acesso em: 02 mai 2020.

PIMENTEL, Hugo de Souza. **Emprego dos indicadores de manutenção classe mundial nas indústrias da Paraíba.** Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, 2012. Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/2883/2458>. Acesso em: 01 mai 2020.

RODRIGUES, M. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção Lean Manufacturing.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção:** do ponto de vista de engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **TPM/MPT: Manutenção produtiva total.** São Paulo: Instituto IMAN, 1993.

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção:** a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM:** planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção preventiva:** o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

ZEN, Milton Augusto Galvão. **Indicadores de Manutenção.** 2011. Disponível em: <http://www.mantenimentomundial.com/notas/indicadoresBR.pdf>>. Acesso em 16 mai 2020.

APÊNDICE A – CHECKLIST DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

		CHECKLIST INÍCIO DE TURNO - NEW FLEX																							
Seq.	Motivos	Status	Data / /			Data / /			Data / /			Data / /			Data / /			Data / /			Data / /				
			1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º		
1	Verificar pressão de ar comprimido no manômetro. Deve estar entre 6 e 7 Bars.	OK																							
		NOK																							
2	Verificar nível de óleo de corte no reservatório. Se necessário completar com NEUTRON LOR CUTTING.	OK																							
		NOK																							
3	Verificar se a fita metálica apresenta rebarbas no corte. Caso necessário substituir conjunto colocando o sobressalente.	OK																							
		NOK																							
4	Lubrificar as colunas do conjunto de fechamento com óleo NEUSINT 100.	OK																							
		NOK																							
5	O equipamento apresenta algum ruído ou vibração que indique alguma situação fora do comportamento normal?	OK																							
		NOK																							
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL																									

Fonte: Adaptado de SGQ Metalmatrix

APÊNDICE B – ORDEM DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA



**METAL
MATRIX**
A GARANTIA DO MELHOR ABRAÇO.

METALMATRIX INDUSTRIA METALURGICA LTDA

Ordens de Manutenção

Ord. Manutenção: 43571

Centro Trabalho: 0400 NEW FLEX

Equipamento: 15 15 - MAQUINA AUTOMÁTICA NEW FLEX

Marca:

Espec. Manut. : Máquina

Incluída:

Solicitou: 557 Mauricio Damian Pivetta

Modelo:

Série: |

Código Manutenção: 000988 Preventiva

Tipo Manutenção: Preventiva

Esp. Manutenção: 90 Preventiva

Operador:

Início programado:

Termino programado para:

Funcionário	Data	Hora Inicial	Hora Final	Motivo Parada	Máquina	Parada
	/ /	:	:			
	/ /	:	:			
	/ /	:	:			

Produto	Descrição	UM	Qtd. Necessaria	Qtd. Faltando	Qtd. utilizada
	-				* * *
					* * *
					* * *

Procedimentos

000001	PREVENTIVA NO CONJUNTO INSERÇÃO DE FITA
--------	---

Assegurar que o equipamento está desligado, identificando-o com a placa de "Equipamento Interditado";

1 CONJUNTO MEMBRANA (Alimenta Fita)

1º Passo: Verificar a existência de desgaste da "unha" que traciona a fita. Caso houver substituir por sobressalente;

2º Passo: Verificar a existência de folgas no eixo do redutor/servomotor e avaliar a condição da correia sincronizadora;

3º Passo: Substituir os rolamentos à entrada do conjunto de corte;

4º Passo: Limpeza e lubrificação das guias lineares e do fuso;

2 CONJUNTO DE SEPARAÇÃO DE FITA

1º Passo: Retirar a ferramenta de corte e enviar para matriazaria efetuar afiação/avaliação;

2º Passo: Substituir a buchas de latão das colunas do dispositivo de corte;

3º Passo: Testar os acionamentos e válvulas de escape rápido e do atuador do dispositivo;

4º Passo: Remontar conjunto de corte e garantir o correto alinhamento se certificando que se encontra livre de folgas;

5º Passo: Limpeza e lubrificação das guias lineares;

3 CONJUNTO LEVA FITA

1º Passo: Retirar conjunto e levar até a bancada para substituição dos mordentes;

2º Passo: Avaliar o desgaste do batente e substituir se necessário;

3º Passo: Substituir o bloco da guia linear;

4º Passo: Analisar a condição de funcionamento do servomotor.

5º Passo: Limpeza e lubrificação das guias lineares;

4 CONJUNTO FECHAMENTO

1º Passo: Substituir as molas de compressão do dispositivo de fechamento;



METALMATRIX INDUSTRIA METALURGICA LTDA

Ordens de Manutenção

- 2º Passo: Substituir o punção do dispositivo;
- 3º Passo: Substituir as pinças do dispositivo;
- 4º Passo: Verificar a condição geral do conjunto. Caso haja alguma avaria substituir pelo sobressalente;
- 5º Passo: Substituir as garras dos berços;
- 6º Passo: Verificar condição do atuador pneumático, dos acionamentos, mangueiras, conexões e válvulas do conjunto;

5.....CONJUNTO PRENSA FIM + PRE DOBRA

- 1º Passo: Substituir o punção superior do fechamento;
- 2º Passo: Ajustar as folgas e verificar alinhamento para evitar eventual travamento;
- 3º Passo: Verificar se há existência de qualquer tipo de vazamento do sistema e eliminá-lo sempre que possível;
- 4º Passo: Analisar a ferramenta de "curvar fita" e substituir por sobressalente caso haja necessidade;
- 5º Passo: Substituir a ferramenta de pré-dobra e ajustá-la de acordo com o padrão;
- 6º Passo: Verificar condição do atuador pneumático, dos acionamentos, mangueiras, conexões e válvulas do conjunto;
- 7º Passo: Verificar funcionamento de itens de segurança (proteções e componentes eletrônicos).
- 8º Passo: Limpeza e lubrificação das partes móveis;

Acompanhar o reinício do processo de produção

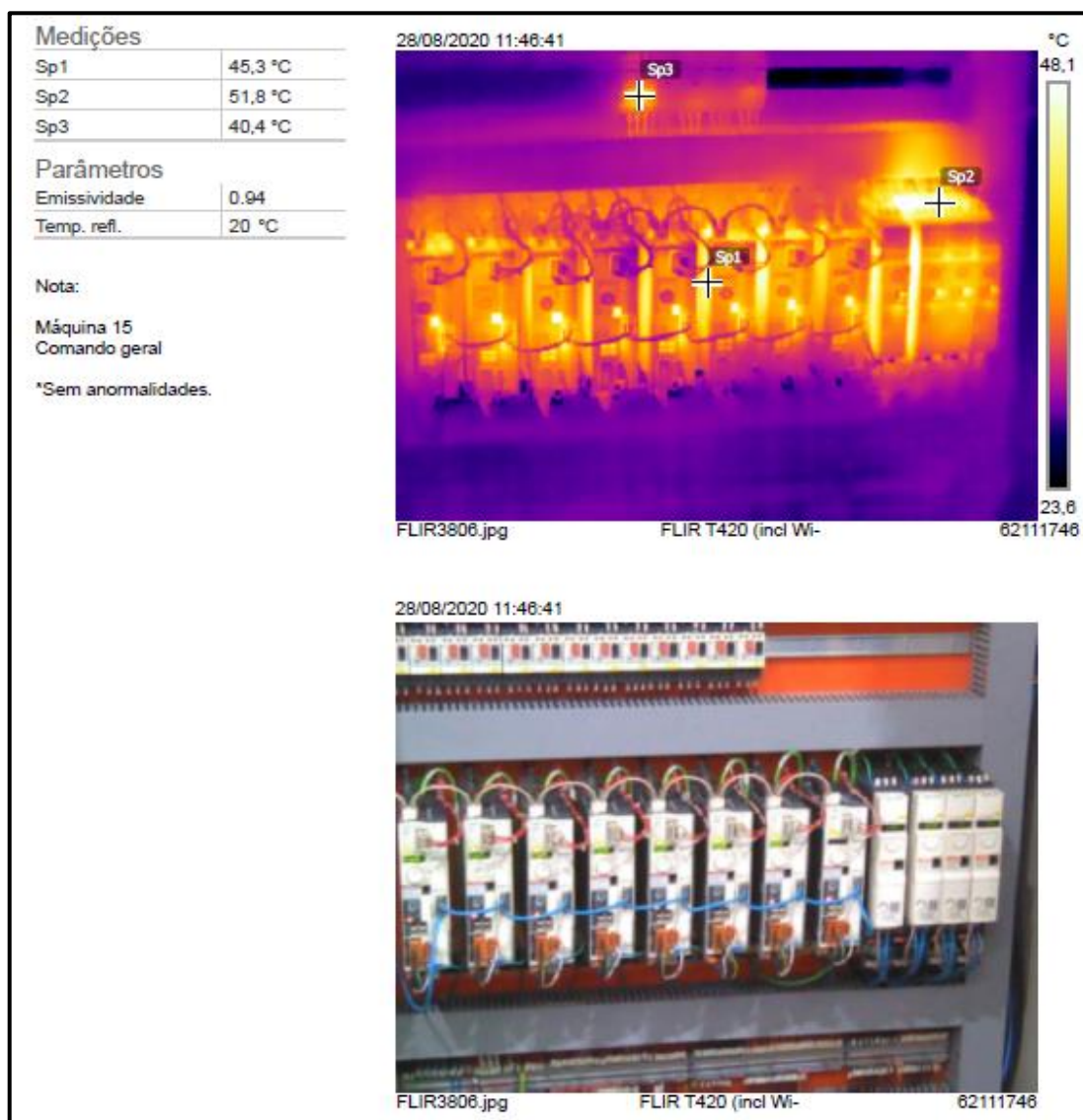
Observação

APÊNDICE C – PLANILHA PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

METALMATRIX ABRAÇADEIRAS				PLANO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTO	
Máquina	Montagem Automática New Flex		ANO VIGENTE		
Nº	15		2020		
Marca	Jet Automasul				
Local	Células Automatizadas				
MANUTENÇÃO PREVENTIVA, VERIFICAÇÕES E LUBRIFICAÇÕES					
Item	Procedimento para manutenção Conjunto "Inserção de Fita"				
CONJUNTO MEMBRANA (Alimentação Fita)	1º Passo: Verificar a existência de desgaste da "unha" que traciona a fita; 2º Passo: Verificar a existência de folgas no eixo do redutor/servomotor e avaliar a condição da correia sincronizadora (substituir se necessário por CSC1270702 H-700 /Continental); 3º Passo: Substituir o rolamento à entrada do conjunto de corte (6800 zz/ NSK) 4º Passo: Limpeza e lubrificação das guias lineares e do fuso (utilizar graxa sintética NEUTRON CA 320)				
CONJUNTO DE SEPARAÇÃO DE FITA	1º Passo: Retirar a ferramenta de corte e enviar para matrizaria efetuar afiação/avaliação; 2º Passo: Substituir a buchas de latão das colunas do dispositivo de corte (usinar internamente conforme necessidade) 3º Passo: Testar os acionamentos e válvulas de escape rápido e do atuador do dispositivo; 4º Passo: Remontar conjunto de corte e garantir o correto alinhamento se certificando que se encontra livre de folgas; 5º Passo: Limpeza e lubrificação das guias lineares (utilizar graxa sintética NEUTRON CA 320)				
CONJUNTO LEVA FITA	1º Passo: Retirar conjunto e levar até a bancada para substituição dos mordentes (retificar ou usar novos se necessário) 2º Passo: Avaliar o desgaste do batente e substituir se necessário; 3º Passo: Substituir o bloco da guia linear (HGW 15 CC-ZA-C /Hivn); 4º Passo: Analisar a condição de funcionamento do servomotor 5º Passo: Limpeza e lubrificação das guias lineares (utilizar graxa sintética NEUTRON CA 320);				
CONJUNTO FECHAMENTO	1º Passo: Substituir as molas de compressão do dispositivo de fechamento; 2º Passo: Substituir o punção do dispositivo; 3º Passo: Substituir as pinças do dispositivo; 4º Passo: Verificar a condição geral do conjunto. Caso haja alguma avaria substituir pelo sobressalente; 5º Passo: Substituir as garras dos berços (usinadas internamente conforme necessidade); 6º Passo: Verificar condição do atuador pneumático, dos acionamentos, mangueiras, conexões e válvulas do conjunto (atuador 61M2P100A0200/Camozzi)				
CONJUNTO PRENSA FIM + PRE DOBRA	1º Passo: Substituir o punção superior do fechamento; 2º Passo: Ajustar as folgas e verificar alinhamento para evitar eventual travamento; 3º Passo: Verificar se há existência de qualquer tipo de vazamento do sistema e eliminá-lo sempre que possível; 4º Passo: Analisar a ferramenta de "curvar fita" e substituir por sobressalente caso haja necessidade; 5º Passo: Substituir a ferramenta de pré-dobra e ajustá-la de acordo com o padrão; 6º Passo: Verificar condição do atuador pneumático, dos acionamentos, mangueiras, conexões e válvulas do conjunto (atuador 125200020-80/BalAir e CD55B32-50/SMC); 7º Passo: Verificar funcionamento de itens de segurança (proteções e componentes eletrônicos). 8º Passo: Limpeza e lubrificação das partes móveis (utilizar graxa sintética NEUTRON CA 320);				

Fonte: Adaptado de SGQ Metalmatrix

APÊNDICE D – RELATÓRIO TERMOGRÁFICO



Fonte: Adaptado de SGQ Metalmatrix



Fonte: Adaptado de SGQ Metalmatrix



Fonte: Adaptado de SGQ Metalmatrix

APÊNDICE E – RESULTADO DA APLICAÇÃO FMEA

FMEA - ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS															FMEA Nº: 1																
FMEA: MANUTENÇÃO EM MÁQUINA AUTOMÁTICA					EQUIPE					RESPONSÁVEL					MANUTENÇÃO/ENGENHARIA																
					OPERADOR, TÊC. MECÂNICO, ANALISTA DE ENGENHARIA, COORDENADOR DE PRODUÇÃO																										
										DATA 1ª EMISSÃO					09/07/2020																
										DATA REVISÃO:					09/10/2020																
MÁQUINA AUTOMÁTICA NEW FLEX																															
FMEA - MÁQUINA 15 - MONTAGEM DE ABRAÇADEIRAS METÁLICAS																															
SUBSISTEMA/ FUNÇÃO		MODO DE FALHA POTENCIAL		EFEITO (S) DA FALHA EM POTENCIAL		SEVERIDADE		CAUSA (S) POTENCIAL DA FALHA		OCORRÊNCIA		CONTROLE ATUAL DE PREVENÇÃO		CONTROLE ATUAL DE DETECÇÃO		RISCO (RPN)		AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA		ÁREA RESPONSÁVEL		AÇÃO TOMADA		SEVERIDADE		OCORRÊNCIA		DETECÇÃO		RISCO (RPN)	
INSERÇÃO DE FITA/ ALIMENTAÇÃO DE FITA METÁLICA NA ESTAÇÃO DE FECHAMENTO DO CONJUNTO FITA-CARGAÇA	REBARBA NA FITA	INSTABILIDADE NA PARAFUSAGEM	7	DESGASTE DA AFIAÇÃO DO AÇO DE CORTE DA MATRIZ	6	NÃO EXISTENTE	VISUAL DURANTE O PROCESSO	8	336	DEFINIÇÃO DA VIDA ÚTIL EM 100.000 CICLOS	MATRIZARIA/ MANUTENÇÃO	GERAR ALERTA QUANDO A VIDA ÚTIL DEFINIDA CHEGAR EM 90.000 PEÇAS E PROGRAMAR AFIAÇÃO	5	5	3	75															
		RISCO DA FITA FICAR PRESA NA MATRIZ																													
	FECHAMENTO DO CONJUNTO FORA DO ESPECIFICADO	NÃO ATENDE REQUISITO CRÍTICO DA PEÇA (TORQUE)	9	DEFORMAÇÃO NOS PUNÇÕES	8	NÃO EXISTENTE	VISUAL DURANTE O PROCESSO	5	360	PROJETO DE NOVO DISPOSITIVO	ENGENHARIA/ MANUTENÇÃO	FABRICAÇÃO DE NOVO DISPOSITIVO DE FECHAMENTO	2	5	2	20															
		DEMORA PARA REAJUSTAR O SISTEMA																													
POSICIONAMENTO DA FITA FORA DO ESPECIFICADO	PARAFUSOS DA GUIA LINEAR SOLTOS OU QUEBRADOS	8	VIBRAÇÕES NO SISTEMA	7	NÃO EXISTENTE	VISUAL DURANTE O PROCESSO	2	112	SUBSTITUIÇÃO DOS PARAFUSOS DE ANCORAGEM DE ROSCA M6 PARA M8	MANUTENÇÃO	DURANTE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA FORAM SUBSTITUÍDOS OS PARAFUSOS	6	4	4	96																
	BATENTE NÃO ESTÁ AJUSTADO CORRETAMENTE																														

Fonte: Adaptado de SGQ Metalmatrix

ANEXO A – FOLHA PARA APLICAÇÃO DE FMEA

LOGO	Nome da Empresa				Data: __/__/__							
	Equipe:	Responsável:	Aprovado por:	Última Revisão: __/__/__								
Sistema:		Subsistema:		Localização:								
Descrição:												
	Identificação			Identificação das Possíveis Falhas e Modos de Falha				Índices		Ações Corretivas e/ou Preventivas		
	Nome do Item	Função do Item	Subsistema	Falha	Modo de Falha	Efeito da Falha	Meios de Detecção	S	O		D	RPN
1												
2												
3												

Fonte: Adaptado de *Japan Institute for Plant Maintenance (JIPM, 1995)*

Legenda:

S: Severidade;

O: Ocorrência ou Probabilidade de Ocorrência;

D: Detecção ou Probabilidade de Detecção;

NPR: Número de Prioridade de Risco (S x O x D);