

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS GUARAPUAVA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

FERNANDO MARQUES WIRGUES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
OPERAÇÃO E CONTROLE EM UMA EMPRESA DE
PRODUÇÃO DE VIDROS**

**GUARAPUAVA
2021**

FERNANDO MARQUES WIRGUES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
OPERAÇÃO E CONTROLE EM UMA EMPRESA DE
PRODUÇÃO DE VIDROS**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Mecânica, como
requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Mecânica, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Aldo Przybysz

GUARAPUAVA
2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FERNANDO MARQUES WIRGUES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO OPERAÇÃO E
CONTROLE EM UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE VIDROS**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Mecânica, como
requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Mecânica, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Aldo Przybysz

02 de dezembro de 2021

ALDO PRZYBYSZ

DOUTOR

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS GURAPUAVA

FRANCIELE BONATTO

DOUTORA

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS GURAPUAVA

DENISE ALVES RAMALHO

DOUTORA

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS GURAPUAVA

GUARAPUAVA

2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria de utilizar esse espaço para agradecer a todos que me ajudaram e me apoiaram nessa trajetória, cada conselho, cada dica, cada palavra de força foram suficientes para não me deixar desistir. Não é possível nomear todos aqui, porém essas pessoas estarão sempre em meus pensamentos e orações.

Agradeço em especial ao meu orientador Dr. Aldo Przybysz, que foi um instrumento essencial para que meu trabalho fosse realizado, acreditando em mim e nos resultados que eu poderia obter.

Agradeço a coordenação do curso que me orientou sempre com muita clareza e aos professores pela excelente qualidade no ensino.

A minha família que foi a minha base em todo esse período e aos meus amigos que não me deixaram fraquejar.

Por último, mas não menos importante, agradeço a Deus pois sem ele nada seria possível.

RESUMO

Uma das grandes preocupações em uma empresa que possui máquinas industriais é o bom funcionamento das mesmas, pois isso vai garantir a disponibilidade da máquina e continuidade do processo produtivo. Devido a isso esse trabalho conta com o início de um plano de manutenção em uma empresa de produção de vidros temperados na cidade de Guarapuava PR. A mesma não possuía nenhum planejamento nesta área, recorrendo apenas a ações corretivas, o que gerava altos custos nas manutenções e várias paradas durante a produção. Para iniciar foi escolhida uma das máquinas, a que mais gerava manutenções, foi realizado um estudo para que pudesse ser aplicado o PCM (plano e controle de manutenção), fazendo com que as ações preventivas e preditivas fossem colocadas em prática.

Palavras-chave: Manutenção. Preventiva. PCM. Preditiva

ABSTRACT

One of the great concerns in a company that has industrial machines is their proper functioning, as this will guarantee the availability of the machine and continuity of the production process. Because of this, this work includes the beginning of a maintenance plan in a company that produces tempered glass in the city of Guarapuava PR. It did not have any maintenance plan, resorting only to corrective actions, which generated high maintenance costs and several stoppages during production processes. To start with, one of the machines that generated the most maintenance was chosen and then the strategic plan prepared by this study was applied, thus putting preventive and predictive actions into practice.

Keywords: Maintenance. Preventive. PCM. Predictive.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de equipamento com manutenção corretiva não planejada.....	13
Figura 2 - Esquemática de manutenção Preventiva	14
Figura 3 - Esquema de equipamento com manutenção preditiva.....	15
Figura 4 - – Esquemática de tempo de funcionamento e de reparo de equipamento.....	16
Figura 5- Fluxo do PCM a partir de uma anomalia.....	18
Figura 6 - Fases da vida de um componente, “Curva de banheira”.....	19
Figura 7 - Tecnologias preditivas aplicadas em tipos de equipamento.	21
Figura 8 – Mapa do setor 6 e 8 mm.....	22
Figura 9 – motor de uma lapidadora.....	23
Figura 10 - Checklist para manutenção Preventiva Diária	24
Figura 11 - Checklist para manutenção preventiva mensal.....	25
Figura 12 - Checklist para manutenção preventiva quinzenal.....	26
Figura 13 - Checklist para manutenção preventiva mensal.....	26
Figura 14 - Modelo de Ordem de serviço.....	28
Figura 15 - Legenda da tabela 1	30
Figura 16 - Relógio amperímetro danificado	38
Figura 17 - Relógio amperímetro substituto.....	38
Figura 18 - Mancal com temperatura adequada para trabalho	40
Figura 19 - Mancal com alteração de temperatura	40
Figura 20 - Motor com água na base devido a retentor danificado	41
Figura 21 - Eixo do mancal com rolamento comprometido.....	42
Figura 22 - Eixo do mancal reparado	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Registro das atividades do mês de fevereiro.....	29
Tabela 2 – Registro de quantidade de Rebolo Utilizados.....	30
Tabela 3 – Tempo em minutos de manutenção corretiva planejada.....	30
Tabela 4 – Tempo em minutos de manutenção corretiva.....	31
Tabela 5 – Custo da Lapidadora Bottero 110	32
Tabela 6 – Manutenções Corretivas nos meses	34
Tabela 7 – Manutenções preventivas.....	35
Tabela 8 – Rebolos utilizados no mês de fevereiro	37
Tabela 9 – tempo médio entre as falhas	44
Tabela 10 – Tempo Médio de Reparo (Autoria Própria).....	45
Tabela 11 – Relação de custos para manutenções corretivas no mês de fevereiro	47
Tabela 12 – Custos de manutenções mês de fevereiro	47
Tabela 13 - Custos de manutenções mês de março	47
Tabela 14 - Custos de manutenções mês de abril.....	48
Tabela 15 - Custos de manutenções mês de maio	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - comparativo das manutenções corretivas realizadas.....	34
Gráfico 2 - Comparativo das manutenções preventivas realizadas	35
Gráfico 3 - Rebolos utilizados no mês de fevereiro	37
Gráfico 4 – Rebolos utilizados no mês de março	39
Gráfico 5 - Gráfico do MTBF.....	44
Gráfico 6 – tempo de funcionamento da maquina.....	45
Gráfico 7 - Gráfico do MTBR	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MTBF	Mean Time Between Failure – Tempo Médio entre Falhas
MTTR	Mean Time To Repair – Tempo Médio de Reparo
PCM	Plano e Controle de Manutenção
PCP	Planejamento e controle da produção
T_f	Tempo de funcionamento
Tr	Tempo de Reparo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
1.2	JUSTIFICATIVA.....	10
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1	HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO	11
2.2	MANUTENÇÃO.....	12
2.2.1	Manutenção Corretiva	12
2.2.2	Manutenção Preventiva	14
2.2.3	Manutenção Preditiva.....	15
2.3	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	16
2.4	CONFIABILIDADE, MANUTENIBILIDADE E DISPONIBILIDADE	16
2.4.1	Confiabilidade	16
2.4.2	Manutenibilidade.....	17
2.4.3	Disponibilidade	17
2.5	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO	18
2.5.1	Tagueamento	18
2.5.2	Ordem de serviço.....	18
2.5.3	Checklist.....	19
2.5.4	Análises de falha	19
2.5.5	Técnicas preditivas	20
3.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	22
3.1	LEVANTAMENTO DE DADOS	22
3.2	CHECKLIST.....	24
3.3	ORDEM DE SERVIÇO.....	27
3.4	REGISTROS DE ATIVIDADES	29
3.5	CÁLCULO DE MÁQUINA PARADA.....	31
3.5.1	Cálculo Preventiva	32
3.5.2	Cálculo Corretiva	33
3.6	ANÁLISE PREDITIVA	33
4.	RESULTADOS E DISCUÇÕES.....	33
4.1	REGISTRO DE MANUTENÇÃO.....	33
4.2	REBOLOS UTILIZADOS	36
4.3	ANÁLISE PREDITIVA	39
4.4	MTBF E MTTR	43
4.5	CUSTOS DA MANUTENÇÃO.....	46
5.	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A manutenção está presente na indústria desde o século XX, período em que se iniciou a mecanização dos processos e tem evoluído constantemente. Ela tem como objetivo manter o correto funcionamento de um equipamento através de um conjunto de práticas. Podem ser classificadas como preventiva, corretiva, corretiva planejada e preditiva, as aplicações dessas ferramentas são conhecidas como PCM (Plano de controle de Manutenção) [1].

Para aplicação do PCM, é necessário a elaboração de estratégias e tomadas de decisão, que terão como foco a diminuição de perdas como: Perda por *set up*, perda por parada acidental, perda por parada momentânea e perda por defeitos de produção [2].

Antigamente era comum acreditar que os mecânicos em uma empresa eram insuficientes, no entanto era a grande demanda de ações corretivas que eram altas [4].

Para que fosse realizada a melhor estratégia era necessário que a manutenção estivesse voltada em manter o bom funcionamento de um equipamento por um longo período e não somente realizar o reparo com rapidez, assim evitando uma parada não planejada do equipamento [4].

Com a revolução industrial, veio a necessidade de uma maior confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, fazendo as manutenções evoluírem [4].

Visando a necessidade de uma maior confiabilidade dos equipamentos, no estudo em questão foi realizado a implementação de um plano de manutenção em uma empresa de temperagem de vidro, com a finalidade de reduzir os altos custos e aumentar a disponibilidade das máquinas. Através do levantamento de informações e pesquisas relacionadas ao assunto, uma proposta foi feita a empresa, para que seguisse o correto fluxo na aplicação do PCM, afim de sanar os problemas causados pela falta de planejamento e obter resultados a curto e a longo prazo.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos desse estudo são os seguintes:

1.1.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem por Objetivo implementar um PCM em uma indústria de produção de vidros, visando analisar as principais vantagens dessa aplicação através de redução de paradas desnecessárias nos equipamentos assim como o prolongamento do seu tempo de vida útil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma ordem de serviço;
- Desenvolver planos de paradas planejadas;
- Monitorar equipamentos;
- Implantar planos preventivos;
- Implantar planos preditivos;
- Analisar resultados obtidos.

1.2 JUSTIFICATIVA

No setor econômico atual, as empresas buscam cada vez mais formas de reduzir custos e aumentar a produtividade mantendo a qualidade do produto final. Nesse aspecto o PCM possui uma grande importância, pois sua implantação busca distribuir as atividades de manutenção de maneira mais eficiente, atuando assim de forma significativa na redução de falhas nos equipamentos. Um equipamento que não apresenta falhas, garante uma maior produtividade e uma qualidade maior no produto.

Atualmente a empresa não apresenta nenhum plano de manutenção e devido a isso as falhas se tornaram constantes nos equipamentos, prejudicando principalmente a produção e a qualidade final do produto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

A evolução da manutenção pode ser dividida em cinco gerações desde a década de 30 e essa divisão pode ser consequência dos avanços tecnológicos e a aplicação de novas técnicas de manutenção [4].

Primeira Geração (1930 a 1950)

O setor industrial possuía poucos equipamentos e com estruturas bem simples. A visão que se tinha era que esses equipamentos falhavam com o tempo e as manutenções eram realizadas somente quando isso acontecia, ou seja, eram realizadas apenas manutenções corretivas e não planejada [4].

Segunda Geração (1950 a 1970)

Após a Segunda Guerra mundial houve uma queda na mão de obra industrial, o que exigiu o aumento na demanda por produção. E devido a isso, eram necessárias máquinas que possuíssem bom funcionamento com o mínimo de falhas possíveis. Foi então que surgiram as manutenções preventivas. Que tiveram resultados positivos, porém houve um aumento nos custos de manutenção o que exigiu planos de controle e medidas de estratégias para otimizar essas manutenções. Foi então que surgiu o Plano de controle de Manutenção (PCM) [4].

Terceira Geração (1970 a 1990)

Durante esse período houve um crescimento da automação e mecanização. Uma das grandes mudanças foi o surgimento da manutenção preditiva, que passou a utilizar computadores e softwares para auxiliar nos planejamentos. As manutenções passaram fornecer mais confiabilidade [4].

Quarta Geração (1990 a 2005)

Nessa época a consolidação do conceito da terceira geração se fez com maior eficiência se tornando de grande importância em uma empresa. A manutenibilidade e confiabilidade passaram a se tornar os argumentos e justificativa para o setor de manutenção. Com esse tipo de prática, os monitoramentos se tornaram mais frequentes, reduzindo assim as manutenções corretivas não planejadas e até mesmo algumas manutenções preventivas [4].

Quinta Geração (2005 ao Presente)

Novos conceitos administrativos foram aos poucos sendo introduzidos nas manutenções devido à grande busca por otimizações da indústria e com o mínimo de falhas, com isso a necessidade de retorno sobre os investimentos [4].

2.2 MANUTENÇÃO

Um dos objetivos principais da manutenção é manter o correto funcionamento e conservação do equipamento, porém quando o assunto é manutenção diversos objetivos são almejados como: Redução de custos, maior vida útil do equipamento, maior confiabilidade, maior segurança entre outros [5].

Possuindo várias denominações, o que pode causar certa confusão, mas o importante está no conceito à qual elas são aplicadas. Algumas delas podem ser classificadas como:

2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção Corretiva pode ser executada após a ocorrência e precipitação de uma falha ou pane [6].

É conhecida desde de meados do século XIX, e até hoje está presente nas indústrias, sendo uma das mais realizadas, por ser necessária após a falha súbita de um equipamento [6].

Esse tipo de manutenção pode ser aplicado em duas fases [7].

Manutenção Corretiva Planejada - Pode ser feita através de um acompanhamento, podendo ser agendada após uma falha que já é esperada pela gerência, já que possivelmente caracterizara uma corretiva mais barata [7].

Toda manutenção que possui um bom planejamento geralmente possui uma alta qualidade e na maioria dos casos um custo mais baixo em relação a uma ação não esperada [4].

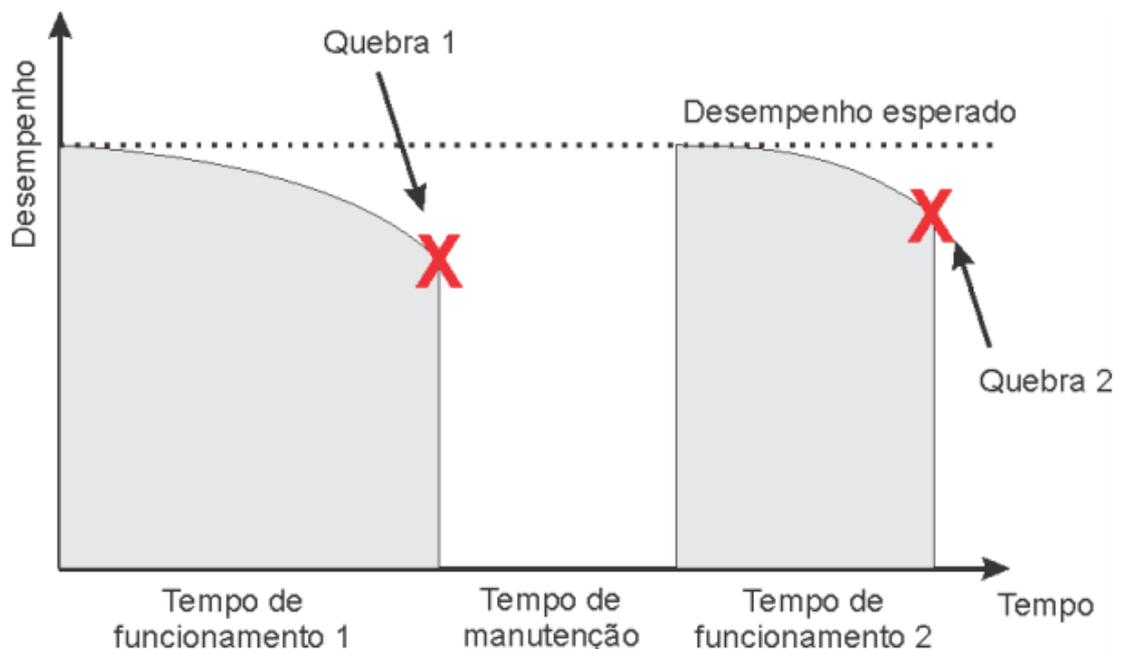
A Corretiva planejada está quase sempre associada aos acompanhamentos de manutenções preditivas [8].

Em algumas situações as corretivas planejadas e até as não planejadas podem ser consideradas em casos de equipamentos com baixo custo operacional, equipamentos onde a manutenção é rápida ou até mesmo em equipamentos que não são considerados críticos para o processo [8].

Manutenção Corretiva não planejada – Corrige a falha logo após o ocorrido em caráter de urgência, geralmente gera altos custos para a empresa e redução no tempo de vida útil do equipamento [7].

A seguir, na figura 1 que pode ser observado a representação de uma manutenção corretiva não planejada em um equipamento em funcionamento [4].

Figura 1 - Esquema de equipamento com manutenção corretiva não planejada



Fonte: Kardec & Nascif, (2012)

A figura 1 ilustra uma manutenção corretiva não planejada, no qual é possível observar que o tempo de falha é aleatório e o funcionamento após a manutenção tende a ser menor, o que caracteriza a redução do tempo de vida útil do equipamento [4].

Para alguns autores quando o índice de corretivas não planejadas é muito alto, significa que o plano de manutenção no local não é muito eficiente, e isso fará com que cada vez mais máquinas sejam afetadas, entrando assim em um grande ciclo de manutenções corretivas [9].

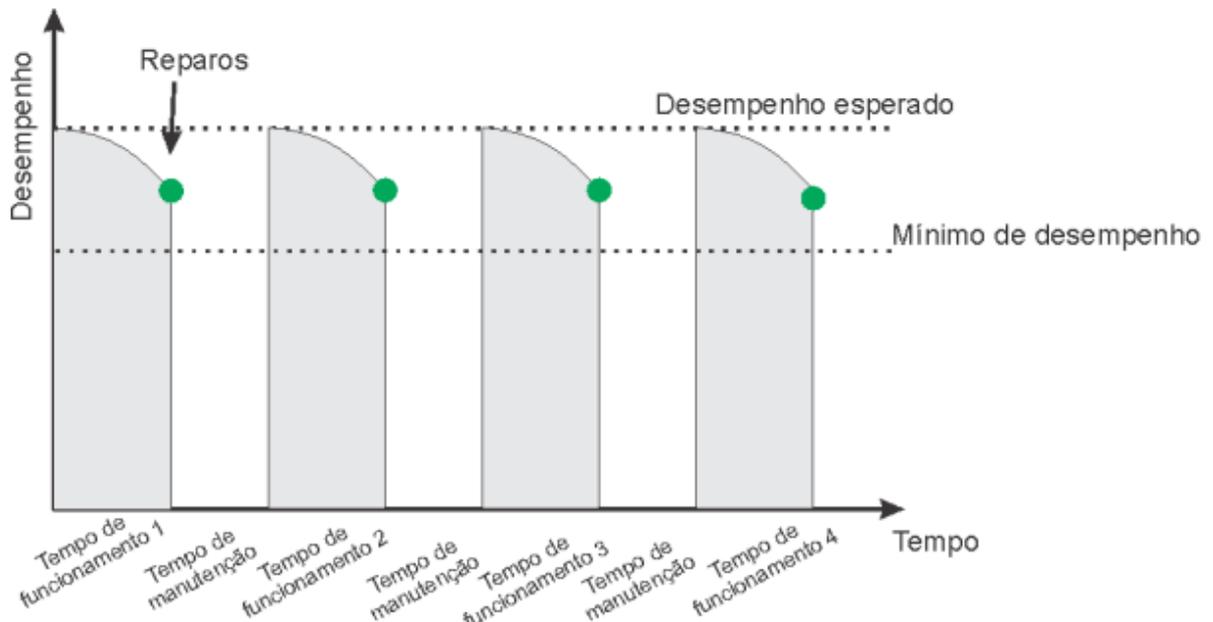
2.2.2 Manutenção Preventiva

A Manutenção preventiva é efetuada em intervalos pré determinados ou de acordo com os critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item [7].

Sendo originada por volta da década 30 devido a alta necessidade de segurança e de manter o bom funcionamento dos ativos das indústrias aeronáuticas [8].

A seguir, na figura 2 é possível observar a representação da manutenção preventiva, representação similar a figura 1 [4].

Figura 2 - Esquemática de manutenção Preventiva



Fonte: Kardec & Nascif (2012).

Como é possível observar existe uma maior quantidade de reparos em um mesmo período de tempo, o que irá gerar um custo maior e não obterá um aproveitamento máximo do desempenho do equipamento [4].

A aplicação da manutenção preventiva, apesar do seu alto custo geralmente é aplicada em casos no qual a manutenção preditiva não pode ser aplicada [4].

Além dos altos custos da manutenção preventiva, deve-se levar em conta um outro problema relacionado a erros de execução humana, que podem acabar agravando o funcionamento da máquina [4].

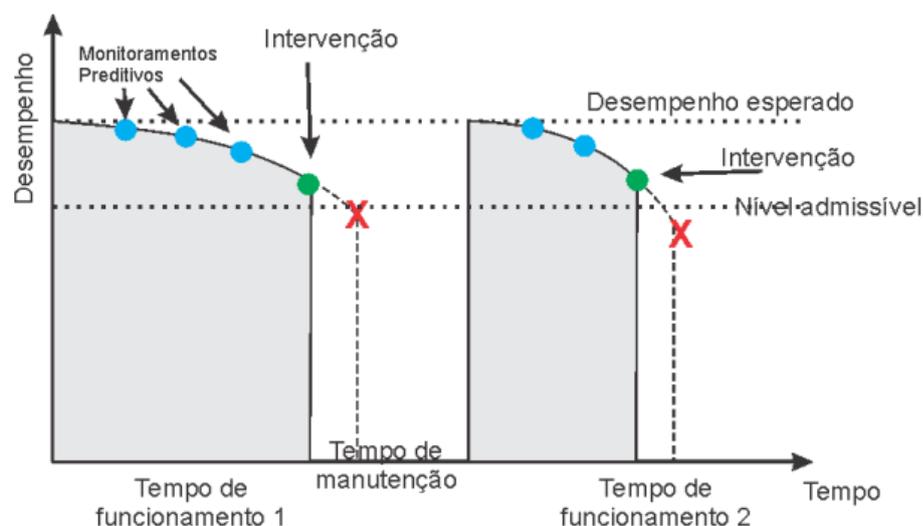
2.2.3 Manutenção Preditiva

As preditivas são manutenções que permitem 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 a um mínimo a manutenção preventiva e diminuir a corretiva [7].

Uma aplicação correta da preditiva permite o acompanhamento da “saúde” do equipamento, no qual pode se obter um diagnóstico e então planejar as ações necessárias para a correção, levando em conta o tempo, custo e melhor qualidade [4].

Na figura 3, é possível observar a representação de um equipamento com a esquematização de uma manutenção preditiva [4].

Figura 3 - Esquema de equipamento com manutenção preditiva



Fonte: Kardec & Nascif, (2012)

Como é possível observar na figura acima, existe uma intervenção pouco antes de uma falha, isso graças ao acompanhamento preditivo no equipamento. O tempo de manutenção pode

ser o mesmo que de uma manutenção corretiva, porém com um planejamento o que diminuirá gastos inesperados [4].

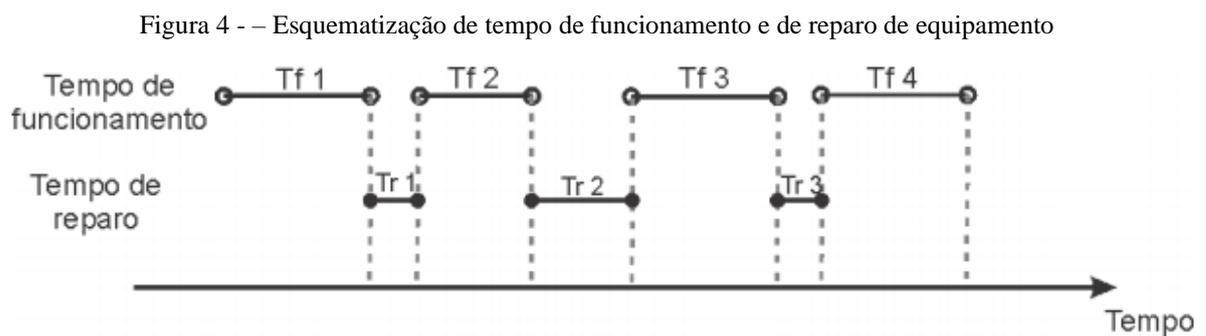
2.3 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

O termo Engenharia de Manutenção teve origem entre as décadas de 50 e 60, assim como suas diferentes denominações como analistas e técnicos de manutenção [8].

Esse termo denomina o suporte técnico e estratégico de manutenção que visa a implementação de melhorias, aumentando assim a confiabilidade de equipamentos, o que aumenta sua disponibilidade, melhorando assim a manutenibilidade dos equipamentos. Para a execução são necessários planos de inspeção de manutenção [9].

2.4 CONFIABILIDADE, MANUTENIBILIDADE E DISPONIBILIDADE

Confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade são termos de grande importância para manutenção por serem resultados das manutenções. Podemos observar na esquematização da figura 4, o funcionamento de um equipamento em relação ao tempo [9].



Fonte: Moreira (2015)

2.4.1 Confiabilidade

Confiabilidade é a probabilidade de um equipamento trabalhar por um período de tempo preestabelecido sem a ocorrência de falhas [6]. Para estabelecer o valor da confiabilidade é

utilizada a denominação MTBF (Mean Time Between Failure – Tempo Médio entre Falhas), que pode ser determinada pelo quociente entre o tempo disponível de operação da máquina em horas, e do número de falhas [9].

$$MTBF = \frac{\sum Tf}{n^{\circ} \text{ de falhas}} \quad (1)$$

É possível observar que quanto maior for o MTBF maior será o tempo de funcionamento do equipamento (Tf), conseqüentemente menor terá sido o número de falhas [10].

2.4.2 Manutenibilidade

Manutenibilidade sugere a capacidade de um equipamento ser recolocado em condições de execução de suas funcionalidades [6], ou seja, o andamento do reparo de um equipamento, e pode ser calculado o quociente entre o tempo que o equipamento esteve em manutenção em horas (Tr), e o número de corretivas, que nos dará o MTTR (Mean Time To Repair – Tempo Médio de Reparo) [10].

$$MTTR = \frac{\sum Tr}{n^{\circ} \text{ de falhas}} \quad (2)$$

O MTTR nada mais é que o andamento da manutenção, ou seja, quanto menor o MTTR menor o número de corretivas [9].

2.4.3 Disponibilidade

A disponibilidade leva em conta o quanto o item permanece disponível e pode ser calculado através da formula:

$$Disponibilidade = \sum Tf \quad (3)$$

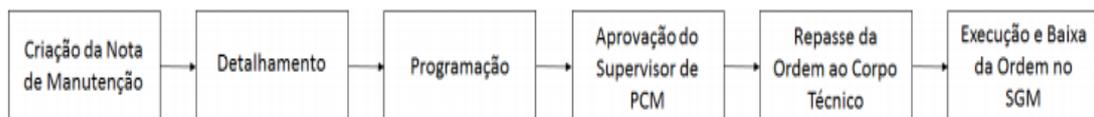
$$\% \text{ Disponibilidade} = \frac{Tf}{\Sigma Tf + \Sigma Tr} \quad (4)$$

2.5 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

O planejamento e controle da manutenção é responsável pela execução de todos os acontecimentos da manutenção, gerando cadastros e registros através de documentações, que contam com a identificação das máquinas, ordens de serviço, checklist, técnicas de manutenção, análise de falhas e análise de resultados [11].

O que torna o PCM um dos fatores primordiais na manutenção [13]. Na figura 5 é possível verificar seu fluxo a partir de uma chamada [13].

Figura 5- Fluxo do PCM a partir de uma anomalia



Fonte – De oliveira (2014)

2.5.1 Tagueamento

Quando é realizada a manutenção em um equipamento, a necessidade de identificação do mesmo é primordial, pois assim se obterá uma boa gestão e controle. Essa identificação é denominada tagueamento, e através dele que serão obtidos os registros do equipamento [10].

2.5.2 Ordem de serviço

Quando uma manutenção vai ser realizada, ela necessita de uma instrução digitalizada ou manuscrita. Essa instrução é denominada de Ordem de Serviço, ela é responsável por conter todas as informações necessárias sobre a manutenção que foi realizada, afim de gerar um histórico do equipamento [12].

2.5.3 Checklist

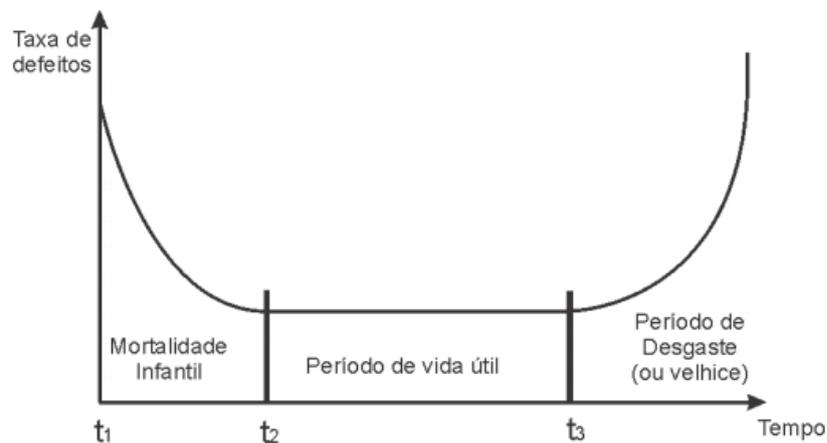
Para obter um melhor desempenho e controle das manutenções realizadas, um checklist é elaborado com todas os tópicos a serem feitos, o que garantirá que todos os estágios da manutenção no equipamento foram verificados, melhorando assim o registro dos equipamentos [12].

2.5.4 Análises de falha

A falha é o término da capacidade de um equipamento de realizar a função a qual foi projetada e especificada [6].

Um componente pode ser dividido em três fases de ocorrência de falha, como podemos verificar na figura 6 conhecida como “Curva de Banheira” [8].

Figura 6 - Fases da vida de um componente, “Curva de banheira”



Fonte: Pereira (2011).

É possível observar na figura 6 uma analogia as fases de vida de componentes que correspondem aos três níveis citados na curva de banheira, sendo eles, mortalidade infantil, período de vida útil e período de desgaste (velhice) [8].

Mortalidade infantil: corresponde ao período onde as falhas ocorrem de modo prematuro, ou seja, ocorrem antes do tempo esperado, e geralmente tem causas decorrentes de erros de fabricação, instalação, etc. [8].

Vida útil: Esse período pode ser classificado por falhas aleatórias que ocorrem e dificilmente são evitadas, esse tipo de falha pode ser causado por falhas não detectadas de manutenções, tensões, sobrecargas ou até por fatores externos [8].

Velhice: Esse se caracteriza pelo período no qual o equipamento já atingiu seu tempo de vida útil, causado pelo seu envelhecimento natural [8].

2.5.5 Técnicas preditivas

Como citado, as manutenções preditivas têm por objetivo acompanhar o estado dos equipamentos, com o intuito de prever e intervir em possíveis falhas antes que aconteçam [9].

A aplicação de técnicas preditivas pode gerar um alto custo na manutenção, isso pode ocorrer devido a necessidade de investir em equipamentos e tecnologias novas para a empresa, fazendo com que haja a necessidade de modificar os métodos convencionais utilizados. Com a aplicação das preditivas os custos também podem ser maiores devido as manutenções que serão necessárias para solucionar as inconformidades encontradas e então manter os equipamentos em situação estável, prolongando ainda mais a vida útil dos equipamentos [9].

Existem diferentes tipos de ações preditivas que podem ser implementadas em uma empresa, essas ações podem variar de acordo com a aplicação e o equipamento a ser analisado. A seguir na figura 7 é possível verificar alguns dos tipos de análises preditivas e em quais componentes geralmente elas são aplicadas, que são componentes mais comuns em indústrias [9].

Figura 7 - Tecnologias preditivas aplicadas em tipos de equipamento.

Tecnologia	Aplicações	Bombas	Motores elétricos	Geradores Diesel	Condensadores	Equipamentos pesados	Disjuntores	Válvulas	Trocadores de Calor	Sistemas Elétricos	Transformadores	Tanques/Tubulações
Monitoramento /Análise de Vibração		X	X	X		X						
Lubrificação, Análise de óleo		X	X	X		X					X	
Análise do desgaste de partícula		X	X	X		X						
Análise temperatura de rolamento		X	X	X		X						
Monitoramento de Desempenho		X	X	X	X				X		X	
Detecção ultrassônica de ruído		X	X	X	X			X	X		X	
Fluxo ultrassônico		X			X			X	X			
Termografia infravermelha		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Ensaio não destrutivo (Espessura)					X				X			X
Inspeção Visual		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistência de isolamento			X	X			X			X	X	
Análise de corrente de motor			X									
Análise de circuitos de motores			X				X			X		
Índice de polarização			X	X						X		
Monitoramento elétrico										X	X	

Fonte: Moreira (2015).

Uma das técnicas que será utilizada é a termografia infravermelha, isso pois a temperatura se mostra um dos índices com a maior facilidade para ser analisada em um equipamento, sendo possível verificar sua variação apenas apontando o equipamento para o componente a ser analisado [4].

A termografia infravermelha basicamente mede a distribuição de temperatura em toda a região do equipamento através da radiação térmica ou infravermelha emitida que geram imagens de fácil visualização, essas imagens são captadas por câmeras termográficas [8].

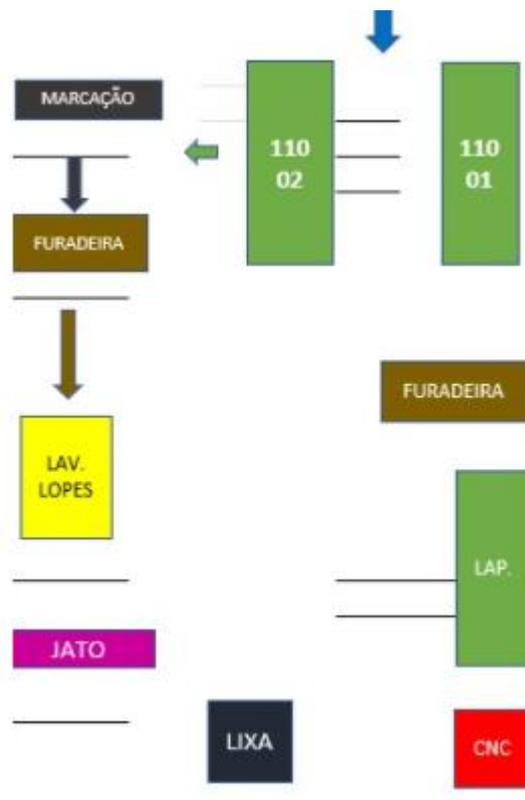
Permitindo a análise de falhas em alguns componentes, como rolamentos, eixos, danos de isolamento em carcaças e mal contato em componentes elétricos [8].

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Durante o período de 04 meses, foi realizado o estudo e aplicado o Plano e controle de manutenção em uma das linhas de produção, que se encontra no setor que faz a fabricação de vidros com espessuras de 6 mm e 8 mm. Na figura 8 é possível observar como são localizados os equipamentos.

Figura 8 – Mapa do setor 6 e 8 mm



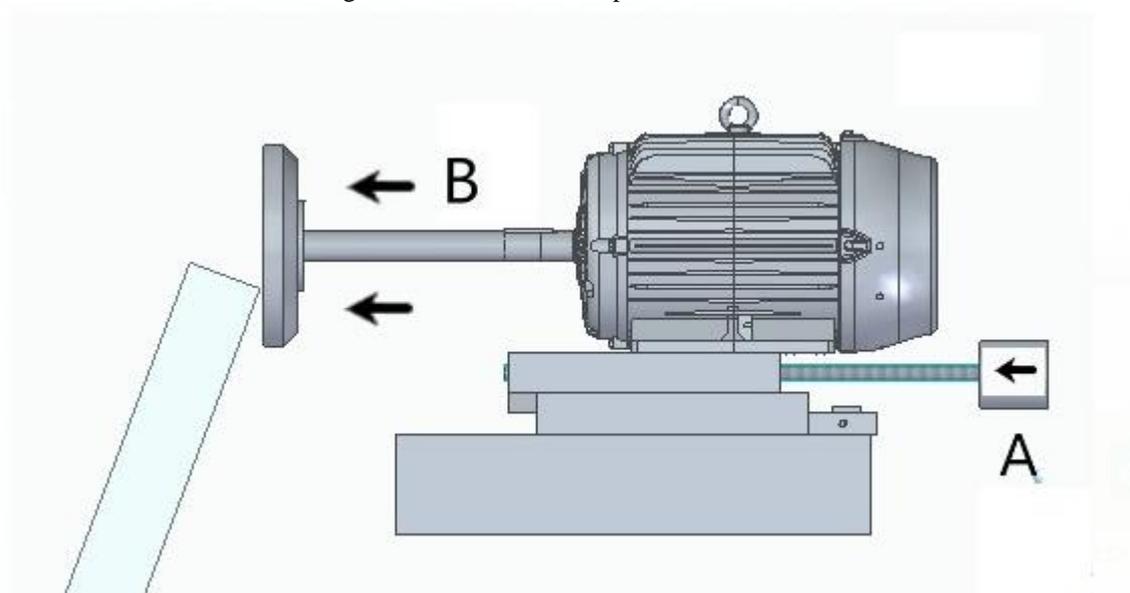
Fonte: Autoria Própria (2021)

Para fins de simplificação de amostragem dos resultados será apresentado a rotina de apenas 1 equipamento do setor, que é responsável por ter uma das maiores porcentagens de parada, devido a problemas mecânicos.

O equipamento escolhido é a LAPIDADORA BOTTERO 110. No setor existem 2 lapidadoras que fazem o mesmo trabalho, por isso as mesmas foram denominadas como lapidadoras 110 - 01 e lapidadora 110 – 02. O trabalho apresentara os resultados obtidos na lapidadora 110 – 01.

Após o corte das chapas de vidro, os recortes são direcionados as lapidadoras que são responsáveis por realizar o desbaste nos cantos dos vidros, fazendo uma espécie de chanfro como é possível visualizar na figura 9.

Figura 9 – motor de uma lapidadora



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Após passada nas lapidadoras os recortes seguem por um longo processo até serem estocado e entregues ao cliente. Quando uma falha ocorre nesse equipamento, toda uma linha de produção fica parada, por isso a importância do PCM.

As manutenções preventivas tiveram suas datas pré-determinadas através de um cronograma e foram encaminhadas ao PCP (Planejamento e controle de Produção), que teve como função planejar os horários e determinar as melhores estratégias para que a produção não fosse afetada.

Para facilitar o acompanhamento foi determinado um colaborador que ficou responsável pela manutenção do equipamento.

- Lapidadora BOTTERO 110 – 01 – Colaborador Robert José

Assim foi possível verificar o cuidado e eficiência nas manutenções preventivas de cada equipamento, tornando mais fácil localizar falhas e corrigi-las.

Para iniciar o estudo, foi realizado o levantamento de dados de uma lapidadora de vidros BOTTERO 110, que é a base de todo o processo do setor 6mm e 8 mm, a mesma possui 10 motores elétricos que são responsáveis pela lapidação de vidros, 01 motor e 01 redutor para a esteira de transporte.

Foi feito o levantamento da quantidade de horas trabalhadas pela máquina, assim como a quantidade de paradas para realização de corretivas e troca de rebolos durante o dia. Além disso foi realizado o levantamento de todos os componentes da máquina para elaboração de um checklist.

3.2 CHECKLIST

Foram elaborados checklists para a lapidadora BOTTERO 110, os mesmos contam com manutenções preventivas diárias, semanais, quinzenais e mensais. Como é possível observar nas figuras abaixo:

Figura 10 - Checklist para manutenção Preventiva Diária

CHECKLIST - PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO - DIÁRIA					
Equipamento:		LAPIDADORA 110			
LUBRIFICAÇÃO DAS PISTAS E CORRENTE: Lubrificar os rolamentos, pistas de deslocamento das sapatas e correntes das esteiras do tracionador. Limpar os flanges do rebolo, parafusos, eixo e verificar se existe vibração					
INSPEÇÃO: Lubrificar os rolamentos, pistas de deslocamento das sapatas e correntes das esteiras do tracionador		INSPEÇÃO: Limpar e verificar os flanges, limpar os parafusos e eixo.		INSPEÇÃO: Verificar o estado do Rebolo, e se necessário realizar a troca (Solicitar O.S)	
DATA	RESPONSÁVEL	DATA	RESPONSÁVEL	DATA	RESPONSÁVEL
__/__/__		__/__/__		__/__/__	
__/__/__		__/__/__		__/__/__	
__/__/__		__/__/__		__/__/__	
__/__/__		__/__/__		__/__/__	
__/__/__		__/__/__		__/__/__	

Na figura 8 é possível observar a manutenção preventiva que será realizada. Nesse caso a manutenção é diária e realizada pelo próprio operador. Esse checklist foi desenvolvido através de estudos durante o período do estudo, ele conta com uma lubrificação que é feita automaticamente pela máquina após o acionada no final do dia. O operador deve também limpar os parafusos e flanges para evitar que o pó de vidro endureça e dificulte a retirada quando necessária.

Uma da inspeção mais importante para o operador é a verificação dos rebolos no final do dia por garantir que os mesmos não precisarão ser trocados durante a produção.

Após a realização das inspeções descritas na ordem de serviço, o operador deverá preencher a data e assinar o nome, o que comprovava que a manutenção foi realizada, seguindo a figura 9.

Figura 11 - Checklist para manutenção preventiva mensal

CHECKLIST - PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO – SEMANAL - O.S _____							
Equipamento:	LAPIDADORA 110/02		OBS. O tanque de recirculação não se encontra instalado na unidade, portanto a manutenção do mesmo será realizada em outra preventiva.				
Componente:	TAG:	Inspeção:	Sim	Não	Data	Observação:	Responsável:
ESCOVAS		LIMPAR AS ESCOVAS NA ENTRADA E SAIDA DOS TANQUES					
MÁQUINA		VERIFICAR OS SOPRADORES					
MÁQUINA		REMOVER OS ESTILHAÇOS E PÓ DE VIDRO					
MÁQUINA		LIMPEZA DOS BICOS DE ÁGUA					
MÁQUINA		LIMPAR O TRANSPORTADOR DE ENTRADA E SAÍDA					
MÁQUINA		LIMPAR OS MANDRIS					
MÁQUINA		LIMPAR A SUPERFÍCIE DA MÁQUINA					
MÁQUINA		LIMPAR O TANQUE DOS MANDRIS					
COIFAS		LAVAR AS COIFAS					
TANQUE DE RECIRCULAÇÃO		LIMPAR O TANQUE		X			

Fonte: Autoria Própria (2021)

Na figura 9 é o checklist de manutenção preventiva semanal, esse check list possui uma variedade maior de campos a serem preenchidos, pois por ser uma manutenção mais voltada para mecânica, todas as anomalias devem ser anotadas nas observações, assim como é

preciso ser especificado o componente da máquina, a TAG do componente, e tipo de verificação ou limpeza que deve ser feita. O operador então assinala com o um X o campo descrito como “SIM” se a manutenção foi realizada e “NÃO” se a manutenção não foi realizada.

Os mesmos métodos podem ser observados nas tabelas 10 e 11 abaixo.

Figura 12 - Checklist para manutenção preventiva quinzenal

CHECKLIST - PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO - QUINZENAL							
Equipamento:		LAPIDADORA 110-02					
Componente:	TAG:	Inspeção:	Sim	Não	Data	Observação:	Responsável:
TRAVESSA		LUBRIFICAR O CARRINHO DE ABERTURA DA TRAVESSA					

Fonte – Autoria Própria (2021)

Figura 13 - Checklist para manutenção preventiva mensal

CHECKLIST - PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO - MENSAL							
Equipamento:		LAPIDADORA 110 - 02					
Componente	TAG	Inspeção	Sim	Não	Data	Observação	Responsável
TRANSMISSÃO		LUBRIFICAR AS CORRENTES			/ /		
TRANSMISSÃO		LUBRIFICAR OS PINHÕES			/ /		
TRANSMISSÃO		LUBRIFICAR O EIXO			/ /		
TRACIONADOR		LUBRIFICAR A CORRENTE			/ /		
REGULADOR DE REMOÇÃO		LUBRIFICAR O PARAFUSO DO REGULADOR DE REMOÇÃO DO VIDRO			/ /		
TRAVESSA		LUBRIFICAR OS PARAFUSOS DO MOVIMENTO DE ABERTURA E FECHAMENTO DA TRAVESSA DA FRENTE			/ /		
CORRENTE		VERIFICAR A TENSÃO DA CORRENTE DO TRACIONADOR			/ /		
CORREIA		VERIFICAR A TENSÃO DAS CORREIAS DENTADAS DOS TRANSPORTADORES			/ /		
SAPATAS		VERIFICAR A INTEGRIDADE DAS SAPATAS DO TRACIONADOR			/ /		
FLANGES		REALIZAR A LUBRIFICAÇÃO DAS FLANGES DO REBOLO			/ /		
OLEO DO REDUTOR		VERIFICAR O NÍVEL DO ÓLEO			/ /		

Fonte: Autoria Própria (2021).

As figuras 10 e 11 são correspondentes aos controles de manutenção quinzenal e mensal das lapidadoras. São manutenções mais complexas e mais demoradas.

Na manutenção quinzenal é preciso fazer a manutenção no carrinho das travessas, que é responsável por realizar a abertura de regulagem da espessura do vidro.

Já na manutenção mensal é necessário realizar a retirada das carenagens para a execução da preventiva, o que leva mais tempo e é mais trabalhosa por necessitar de óleos e graxas diferentes.

3.3 ORDEM DE SERVIÇO

Durante a realização das preventivas, as anomalias encontradas serão comunicadas a um supervisor da manutenção que realizará a abertura de uma ordem de serviço.

As ordens de serviço foram desenvolvidas para que pudessem conter o máximo de informações do equipamento e da ocorrência, que servirão para criar um histórico completo do equipamento.

No documento de devera ser especificado qual o equipamento e qual o tipo de ação que será feito, assim como, ser especificado se a falha causou uma parada ou não. Um breve resumo do que está acontecendo deve ser colocado, para facilitar a chamada do profissional correto para resolução do problema.

Após Aberta a O.S. a mesma será analisada e então verificado qual a urgência, se não houver necessidade de reparo imediato ela será inserida no sistema, gerando um número para registro e uma data de agendamento será determinada. Caso a manutenção tenha urgência, o profissional responsável será acionado e realizara os reparos necessários.

No fim da manutenção, uma descrição detalhada deve ser feita, devendo conter todo o processo realizado, assim como todas as peças que foram utilizadas ou serviços terceiros que possam ter sido solicitados. O tempo para a realização da atividade também deve ser adicionado, pois será através do mesmo que será feito o levantamento do MTTR e MTBF.

Assim que estiver preenchido, o documento será encaminhado ao supervisor que analisará os dados e os lançara no sistema e então a folha será arquivada em uma pasta denominada BOOK.

Na figura 12 é possível visualizar de forma mais clara a forma que as informações deveram ser adicionadas.

Figura 14 - Modelo de Ordem de serviço

ORDEM DE SERVIÇO			Nº:		
TAG:		DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO:			
MOTIVO:					
TIPO DE SERVIÇO:					
PAROU A MÁQUINA?		CAUSA:			
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO A SER REALIZADO:					
INÍCIO DA OCORRÊNCIA: __/__/__			INÍCIO DA CONSERTO: __/__/__		
FIM DA OCORRÊNCIA: __/__/__			FIM DO CONSERTO: __/__/__		
PEÇAS UTILIZADAS PARA O SERVIÇO:			MÃO DE OBRA:		
CÓDIGO:	DESCRIÇÃO:	QUANT.	NOME:	DATA:	TEMPO:
OBSERVAÇÃO:					
VISTO DO EXECUTANTE:		DATA: __/__/__	VISTO DO SUPERVISOR:		DATA: __/__/__

Para as manutenções preditivas não existe ainda um documento específico, já que é recente a inserção da mesma no PCM da empresa.

3.4 REGISTROS DE ATIVIDADES

Para registrar todo o processo realizado, foi utilizado o software Excel que reuniu as informações para que um relatório mensal pudesse ser feito ao final de cada mês.

Tabela 1 – Registro das atividades do mês de fevereiro

Máquina: Bottero 110-01				MÊS: fevereiro	
Nº DE Paradas	Tipo	O.S	DATA	TEMPO DE MANUTENÇÃO	TEMPO DE FUNCIONAMENTO
0		-	01/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	02/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	03/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	04/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	05/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	06/02/2021	0:00	0:00:00
0		-	07/02/2021	0:00	0:00:00
0		-	08/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	09/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	10/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	11/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	12/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	13/02/2021	0:00	0:00:00
0		-	14/02/2021	0:00	0:00:00
1	C	264	15/02/2021	2:27	8:45:00
0		-	16/02/2021	0:00	8:45:00
1	P	260	17/02/2021	0:09	8:45:00
0		-	18/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	19/02/2021	0:00	8:45:00
1	P	286	20/02/2021	4:00	0:00:00
0		-	21/02/2021	0:00	0:00:00
0		-	22/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	23/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	24/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	25/02/2021	0:00	8:45:00
0		-	26/02/2021	0:00	8:45:00
1	P	300	27/02/2021	1:00	0:00:00
0		-	28/02/2021	0:00	0:00:00

Fonte: 1 Autoria Própria (2021)

Primeiro foi registrado a quantidade de paradas que o equipamento teve no dia, após isso adicionado o tipo de manutenção, que segue uma classificação por cores, como pode ser observado na figura 13. O tempo para cada manutenção também foi registrado.

Figura 15 - Legenda da tabela 1

	Corretiva [C]
	Preventiva [P]
	FIM DE SEMANA

Fonte: Aatoria própria (2021).

É possível verificar na figura 13 a legenda correspondente a tabela 1, na qual as cores são utilizadas para demonstrar o tipo de manutenção que foi realizada.

A quantidade de rebolos utilizados na lapidação foram os próximos itens a serem adicionados como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 – Registro de quantidade de Rebolo Utilizados

Rebolos utilizados	Quantidade
Rebolo Resinado	
Rebolo Pol. topo 80	
Rebolo Pol. topo 150	
Rebolo Resinado Filete	
Rebolo Pol. Filete 80	
Rebolo Diamantado	

Fonte: Aatoria Própria (2021)

Os tempos de manutenção foram anotados em um esquema como mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Tempo em minutos de manutenção corretiva planejada

SERVIÇO REALIZADO	TEMPO
TROCA DE REBOLO	
MANUTENÇÃO GERAL	

Fonte: Aatoria Própria (2021)

Na tabela 3, foi separado o tempo para troca de rebole e para manutenções gerais em corretivas planejadas. Isso garantirá uma melhor análise para os resultados finais, tanto nas corretivas planejadas quanto nas corretivas. Na tabela 4 é possível observar a tabela feita para as corretivas.

Tabela 4 – Tempo em minutos de manutenção corretiva

SERVIÇO REALIZADO	TEMPO
TROCA DE REBOLO	-
MANUTENÇÃO GERAL	-

Fonte: Autoria Própria

Foi separado o tempo de manutenções corretivas e corretivas agendadas, assim podendo ser analisados o tempo de máquina parada, conforme segue:

3.5 CÁLCULO DE MÁQUINA PARADA

Quando falamos em custo/hora de produção de uma máquina, não é possível afirmar com certeza um valor, pois o mesmo se baseará em quanto essa máquina afetará toda a produção. O PCP levantou um valor mínimo de custo/ hora das Lapidadoras BOTTERO 110. Foi possível também levantar o valor da hora de cada funcionário responsável pelos equipamentos, com isso foram encontrados os valores abaixo:

- Custo/ hora das Lapidadoras BOTTERO 110 - 01 - R\$ 500,00
- Valor da hora trabalhada do colaborador Robert José – R\$ 6,78

Observa-se os resultados baseados nos cálculos a seguir de acordo com os valores da tabela 5.

Tabela 5 – Custo da Lapidadora Bottero 110

	VALOR
Custo por hora	R\$ 500,00
Custo por minuto	R\$ 8,33
Hora do funcionário	R\$ 6,31
Minuto do funcionário	R\$ 0,11

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 5 foram inseridos os valores do custo da máquina e do operador, em horas e minutos.

3.5.1 Cálculo Preventiva

Para os cálculos de custos das manutenções preventivas da Lapidadora BOTTERO 110, utilizaram-se as equações abaixo.

$$\text{Tempo de preventiva} * \text{valor do minuto da maquina} = \text{Valor da preventiva} \quad (5)$$

Quando incluído o valor do funcionário houve a possibilidade de verificar o custo que o funcionário teria em horas extras caso tivéssemos que lidar com uma corretiva.

$$\text{Minuto do funcionário} * \text{tempo de preventiva} = \text{custo do funcionario na manutenção} \quad (6)$$

$$\text{valor da preventiva} - \text{custo do funcionario na manutenção} = \text{valor corrigido na preventiva} \quad (7)$$

Esses cálculos foram obtidos através de formulação inserida no software Excel e então verificados os valores para que fosse possível observar a eficácia do PCM. Esses dados serão apresentados posteriormente

3.5.2 Cálculo Corretiva

Para os cálculos de custos das manutenções corretivas da Lapidadora BOTTERO 110, pode ser usadas as equações abaixo.

$$\text{Tempo de corretiva} * \text{valor do minuto da maquina} = \text{Valor da corretiva} \quad (8)$$

Quando adicionado o custo do funcionário, obtemos então um valor corrigido, já que o mesmo terá que realizar horas extras.

$$\begin{aligned} \text{Minuto do funcionário} * \text{tempo de corretiva} = \\ \text{custo do funcionario na manutenção} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{valor da corretiva} + \text{custo do funcionario na manutenção} = \\ \text{Valor corrigido da corretiva} \end{aligned} \quad (10)$$

3.6 ANÁLISE PREDITIVA

Na manutenção preditiva foi utilizada a câmera termográfica FLIR – TG165 X, para a verificação dos motores e mancais, sendo possível observar possíveis falhas através de imagens.

4. RESULTADOS E DISCUÇÕES

4.1 REGISTRO DE MANUTENÇÃO

A detecção de falhas na manutenção corretiva é feita pelos operadores das máquinas, que avisam os supervisores, que por sua vez analisam a situação e geram as Ordens de serviço, as O.S são encaminhadas ao técnico que realizam o reparo necessário.

As manutenções preventivas e corretivas seguiram o planejamento do supervisor de PCM nos meses que se seguiram sendo assim possível fazer um levantamento de dados, como é observado na tabela 8.

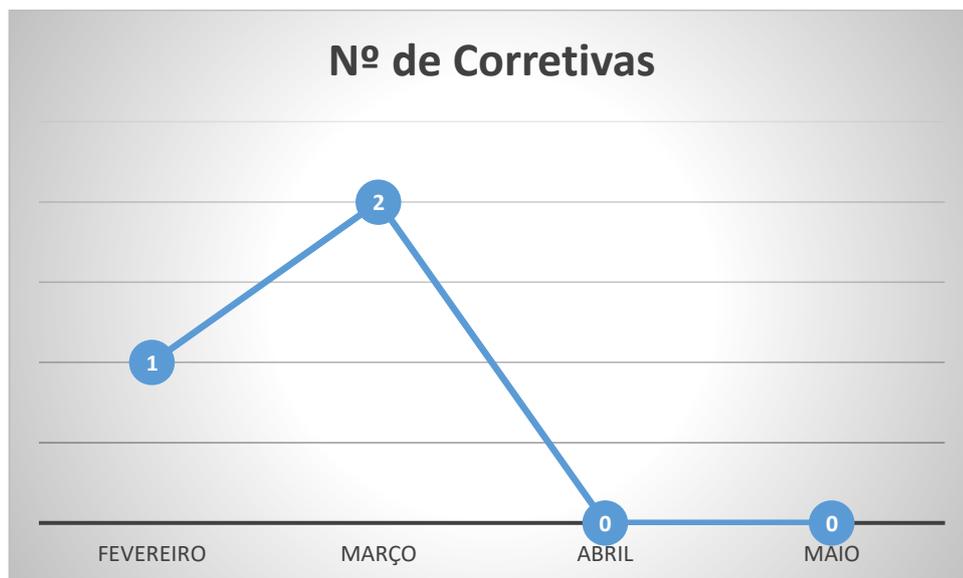
Tabela 6 – Manutenções Corretivas nos meses

MÊS	Nº de Corretivas
JANEIRO	0
FEVEREIRO	1
MARÇO	2
ABRIL	0
MAIO	0

Fonte: Aatoria Própria (2021)

Na tabela 6, foi inserido a quantidade de manutenções corretivas realizadas em cada mês, gerando o gráfico 1.

Gráfico 1 - comparativo das manutenções corretivas realizadas



Fonte: Aatoria Própria (2021)

É possível observar no gráfico 1, que foi realizada apenas uma manutenção corretiva em fevereiro, porém em março esse número aumentou. Após as práticas das manutenções preventivas estarem mais frequentes as corretivas zeraram, o que pode ser considerado um resultado positivo.

Na tabela 7 é possível visualizar as manutenções preventivas que foram registradas.

Tabela 7 – Manutenções preventivas

MÊS	Nº de Preventivas
JANEIRO	0
FEVEREIRO	3
MARÇO	3
ABRIL	4
MAIO	4

Fonte: Autoria Própria (2021)

A quantidade de manutenção preventiva, é baseada nas necessidades do equipamento. Durante muito tempo ele não recebia qualquer tipo de manutenção preventiva, o que gerou grandes desgastes que poderiam ter sido evitados com facilidade. Após a intervenção do PCM, foi possível observar um aumento nas preventivas, porém todas dentro do previsto e de extrema importância. É possível observar esses resultados no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Comparativo das manutenções preventivas realizadas



Fonte: Autoria Própria (2021)

No mês de janeiro, não existiam manutenções preventivas, e durante o mês de fevereiro as manutenções tiveram um salto, o que decorreu devido a correta aplicação do PCM.

As manutenções nesse período foram detectadas graças as preventivas que passaram a ser diárias, gerando assim maior facilidade de serem detectadas possíveis falhas.

Nos Gráficos acima é possível observar os resultados obtidos no período descrito, na qual a máquina trabalha 22 dias por mês, em torno de 08 horas e 45 minutos por dia.

As manutenções corretivas tiveram uma redução significativa após a aplicação do PCM, chegando a 0 em maio de 2021. Porém é possível analisar também no gráfico que as preventivas tiveram um aumento, indo de 0 em janeiro, para 4 nos meses de abril e maio. Esse aumento nas preventivas foi necessário para que os equipamentos pudessem ter sido colocados em ordem, já que os mesmos se encontravam em situações críticas e sem nenhuma ação que não fosse a corretiva.

Para que não atrapalhasse a produção, as ações preventivas foram realizadas em períodos estabelecidos pelos supervisores de produção e manutenção, que após estudarem um melhor horário, definiram datas com baixa demandas de produção, horários que a produção não trabalhava ou até mesmo nos finais de semana.

4.2 REBOLOS UTILIZADOS

Rebolos são ferramentas de corte utilizadas para fazer a lapidação dos vidros. Existem diversos tipos e tamanhos, com diferentes tamanhos de grãos e composições, cada um possui uma função e todas são de extrema importância para o processo. Após o corte do vidro, o mesmo encontra-se com as bordas afiadas, para isso é realizado um processo chamado lapidação, que utiliza 10 tipos de rebolos.

Dentre eles estão os diamantados, que são utilizados no início da máquina e realizam o lixamento inicial, após isso são utilizados os resinados, que melhoram a lapidação do vidro e então os rebolos de polimento dão o acabamento na peça, o mesmo processo acontece no filete (chanfro) do vidro.

Durante o período de implementação do PCM, foi registrado a quantidade que foi utilizada nas máquinas, sendo possível fazer um levantamento de dados.

Essa análise foi importante pois, o estado dos motores e da máquina podem influenciar na velocidade de desgaste do mesmo, na qual uma pequena vibração pode desestabilizar os rebolos causando uma trepidação e assim o quebrando. A quantidade gasta também pode variar

conforme a produção do mês. Na tabela 10 é possível ver os dados coletados para o mês de fevereiro.

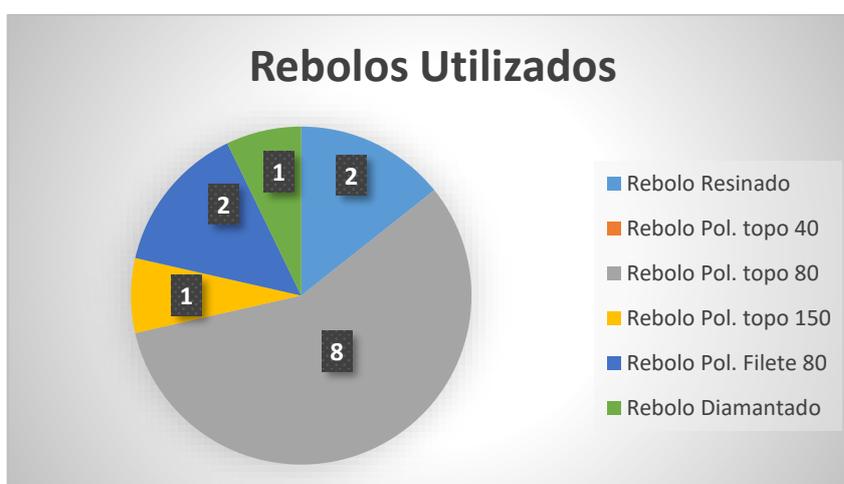
Tabela 8 – Rebolos utilizados no mês de fevereiro

Rebolos utilizados	Quantidade
Rebolo Resinado	2
Rebolo Pol. topo 40	0
Rebolo Pol. topo 80	8
Rebolo Pol. topo 150	1
Rebolo Pol. Filete 80	2
Rebolo Diamantado	1

Fonte: Autoria Própria (2021)

Após coletados os dados, os mesmos foram analisados e com essas informações foi gerado o gráfico 3.

Gráfico 3 - Rebolos utilizados no mês de fevereiro

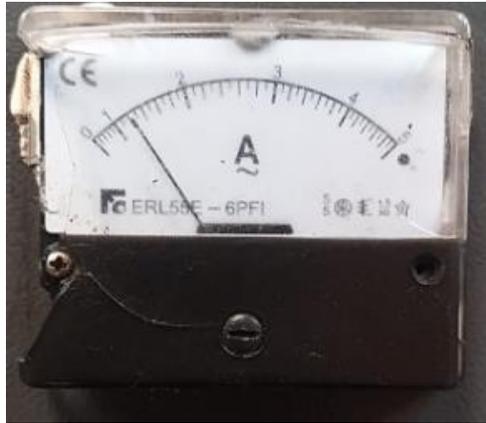


Fonte: Autoria Própria (2021).

É possível observar no gráfico 3 acima, que houve algumas variações na utilização dos rebolos, porém uma delas chamou atenção. Foi utilizado 08 rebolos de polimento 80, um valor um tanto alto em relação aos demais utilizados no mesmo mês, devido a isso foi realizada uma inspeção no motor e nos componentes desse equipamento. Assim que finalizamos alguns testes foi possível verificar que a pressão do motor estava acima do normal, fazendo ele forçar o rebolo o que fazia ele desgastar mais rápido. O motivo encontrado da anomalia se deu devido a um problema no relógio amperímetro, responsável por marcar a pressão, pois o mesmo estava

quebrado e os operadores não estavam acertando a pressão correta. Na figura 14 é possível observar o relógio com defeito.

Figura 16 - Relógio amperímetro danificado



Fonte: Autorial própria (2021)

O relógio é responsável por marcar a pressão dos rebolos após entrarem em contato com o vidro, e sua variação ocorre de acordo com a espessura do produto e com a altura do rebolo. Os operadores realizavam a regulação como era possível, e por não haver um controle, esses detalhes, como desgastes excessivos dessa ferramenta passavam despercebidos.

Na figura 15 é possível observar o relógio amperímetro após ter sido substituído.

Figura 17 - Relógio amperímetro substituto



Fonte: Autorial Própria (2021)

A figura 15 mostra a pressão ideal para se trabalhar com vidro de espessura 8 mm. A máquina trabalhou por mais um mês com a regulação correta, foi possível então observar uma

queda significativa na quantidade de rebolos polimento 80 utilizados, indo de 08 rebolos no mês de fevereiro para 04 rebolos no mês de março, como podemos observar no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Rebolos utilizados no mês de março



Fonte: Autoria Própria (2021)

A variação de rebolo nos demais meses se mantiveram positivas, sem apresentar nenhuma anomalia se comparada ao mês de fevereiro.

4.3 ANÁLISE PREDITIVA

A análise preditiva foi de grande ajuda nos controles de manutenção. Uma das técnicas utilizadas nesse PCM foi a análise termográfica. Essa análise utiliza uma câmera térmica, que auxilia na visualização de pontos com alta ou baixa temperatura, onde a intensidade de cor mais clara mostra maior concentração de calor. Durante as semanas foram avaliadas a temperatura dos motores da lapidadora 110 e então estipulado uma média que os mesmos trabalhavam. Os motores estavam trabalhando em uma faixa de temperatura de 24° C a 28° C, como é possível observar na figura 16.

Figura 18 - Mancal com temperatura adequada para trabalho



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Nesse motor avaliado no início da semana, foi possível ver que a região com maior intensidade de calor se encontrava na base inferior, local onde está o estator. A temperatura captada entre o motor e o mancal estava em 28° C, valor aceitável dentro da média estipulada nas semanas anteriores. Porém no decorrer dos dias, verificou-se um aquecimento na base superior, como é possível ver na figura 17.

Figura 19 - Mancal com alteração de temperatura



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Como é possível observar na figura 17, a concentração de calor não se encontra mais na base inferior e sim na extremidade superior do mancal, onde a coloração é mais intensa, saindo de 28°C para 33,6°C, esse valor ainda não acusa um motor próximo a falha pois ainda está dentro da temperatura de trabalho, porém foi o suficiente para que fosse feita uma inspeção rápida, tendo em vista que o equipamento não poderia continuar caso esse motor falhasse de alguma forma. Antes da retirada do motor, foram verificados alguns problemas que poderiam estar causando esse aquecimento, porém nada foi encontrado apenas uma leve vibração e um ruído agudo muito suave, que se parecia com um assovio, devido a isso foi necessária a retirada do motor.

Após retirá-lo foi possível verificar que mesmo estava com uma grande concentração de água na sua extremidade superior, como é possível observar na figura 18.

Figura 20 - Motor com água na base devido a retentor danificado



Fonte: Autoria Própria (2021)

A figura acima mostra a água que estava concentrada na base do motor sendo retirada. O mesmo se encontra virado para cima onde é acoplado a um mancal, que possui um eixo para transmitir a rotação aos rebois. Devido ao fato de a máquina trabalhar com um fluxo de água constante, responsável por resfriar a ferramenta de lapidação dos vidros, esses mancais são protegidos por uma coifa e também utilizam um retentor em sua base que impede a água de

infiltrar e assim passar para o motor, porém quando não é realizada a manutenção adequada, essa coifa acaba rasgando, permitindo que a água infiltre e se coincidentemente o retentor estiver rompido ela entrará dentro do mancal podendo passar para dentro do motor, e quando isso ocorre existem sérios riscos de um curto circuito interno, ocasionando falha elétrica e queimando assim o motor. Além disso a água que se concentra no interior do mancal pode também danificar os rolamentos, causando sérios riscos ao eixo. Podemos observar na figura 19 como ficou o eixo após a água ter infiltrado.

Figura 21 - Eixo do mancal com rolamento comprometido



Fonte: Autorial Própria (2021)

Na figura 19, é possível verificar o dano que a água causou no rolamento, nesse caso ele travou devido a oxidação dos componentes, o que pode explicar o aumento da temperatura no mancal, pois quando ocorre essa falha, o eixo roda em falso, forçando o desgaste no local onde é acoplado, causando assim a redução do seu diâmetro.

Após a desmontagem, foi necessário levar o eixo a uma tornearia para que fosse preenchido, esse processo adiciona uma quantidade de material através de solda, e depois é usinado para obter novamente a espessura, também é realizado um alinhamento. Após a retifica no torno, o mesmo foi reformado, escovado e então colocados os rolamentos novos, assim como

o retentor que havia sido danificado, para colocá-lo utilizamos um pouco de silicone na base para melhorar a selagem. O conjunto ficou em perfeito estado como observado na figura 20.

Figura 22 - Eixo do mancal reparado



Fonte: Autoria Própria (2021)

Após o processo de retifica, montagem e limpeza, o motor apresentou bons resultados, a temperatura baixou para uma faixa média de 25° C.

Foi fácil observar que as análises preditivas agiram de maneira positiva, sendo possível antecipar as ações necessárias pra manter o bom funcionamento das maquinas. Com o aperfeiçoamento do sistema e o investimento em novos equipamentos para as preditivas será possível aumentar ainda mais a qualidade das manutenções.

4.4 MTBF E MTTR

O MTBF é uma medida que se refere a média de tempo entre as falhas, no qual pegamos o tempo total de funcionamento de um equipamento subtraímos do tempo total de corretivas e então fazemos a divisão pela quantidade de falhas.

Após o cálculo para os períodos de fevereiro a maio os resultados foram apresentados, como mostra na tabela 9.

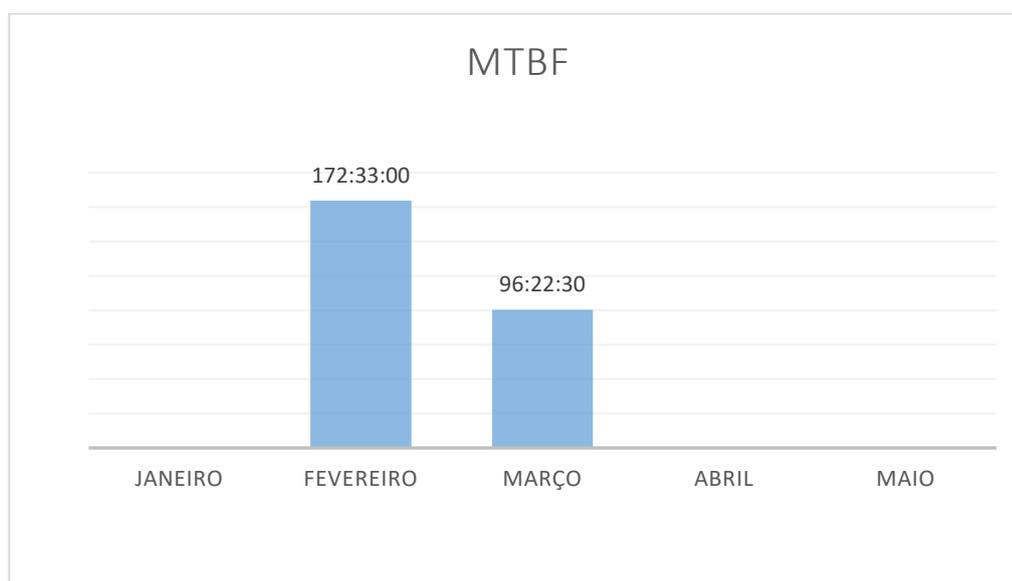
Tabela 9 – tempo médio entre as falhas

TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS (MTBF)	
MÊS	HORA
JANEIRO	0:00:00
FEVEREIRO	172:33:00
MARÇO	96:22:30
ABRIL	0:00:00
MAIO	0:00:00

Fonte: Autoria Própria (2021)

Com os dados calculados, foi gerado o gráfico 5 para que ficasse mais visual.

Gráfico 5 - Gráfico do MTBF



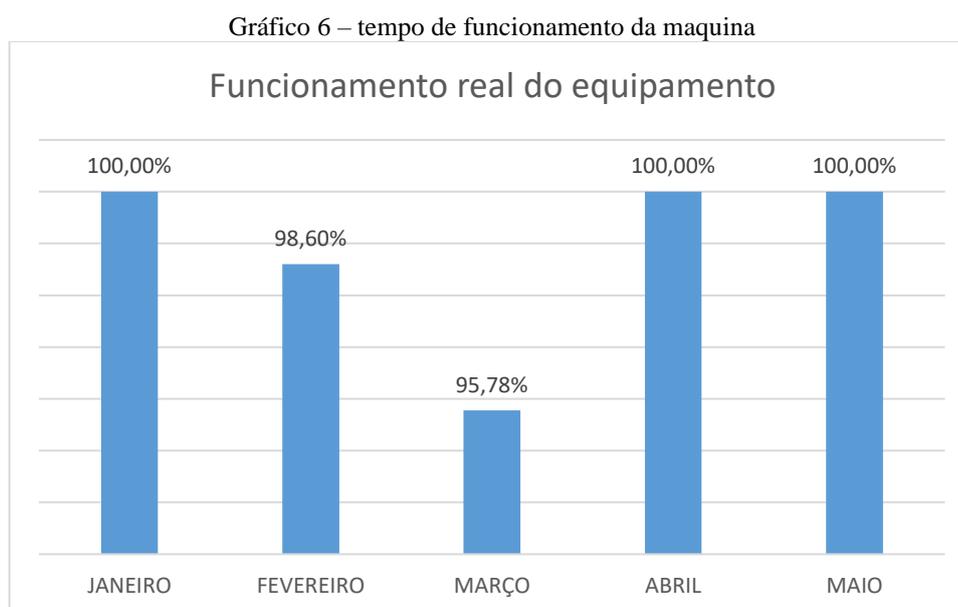
Fonte: Autoria Própria (2021).

No mês de fevereiro pode ser observado que a máquina trabalhou 172 horas e 33 minutos entre uma falha e outra, no mês de março o período médio de funcionamento do equipamento entre as falhas foi de 96 horas e 22 minutos. Nos demais meses a máquina trabalhou com 100% de efetividade, o gráfico é referente apenas ao período de funcionamento

quando há alguma manutenção, quanto menor a quantidade de paradas indesejadas, menor será o MTBF.

Quando comparado o tempo de funcionamento efetivo da máquina com o tempo nominal podemos obter a porcentagem de funcionamento.

Nos meses de fevereiro e março, a máquina não possuiu um efetivo de 100% devido as manutenções que ocorreram nesse período como mostra o gráfico 6.



Fonte: Autoria Própria

Na tabela 10, podemos ver os cálculos para o MTTR.

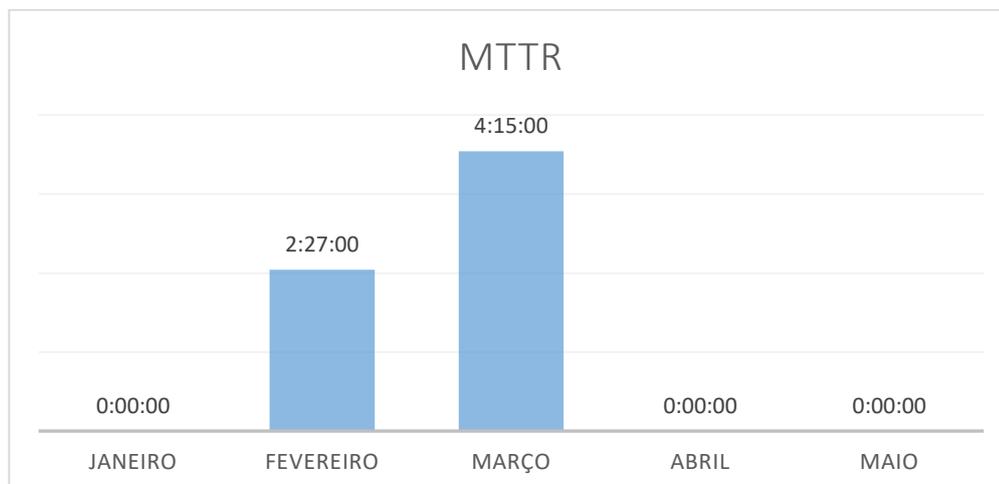
Tabela 10 – Tempo Médio de Reparo (Autoria Própria)

TEMPO MÉDIO DE REPARO (MTTR)	
MÊS	HORA
JANEIRO	0:00:00
FEVEREIRO	2:27:00
MARÇO	4:15:00
ABRIL	0:00:00
MAIO	0:00:00

Fonte: Autoria Própria (2021)

O tempo médio entre as falhas foi calculado usando também o software Excel, assim foi gerado o gráfico 6.

Gráfico 7 - Gráfico do MTBR



Fonte: Autoria Própria (2021)

No Gráfico acima, observa-se o tempo médio de reparo das manutenções no período descrito no trabalho. Essa análise teve o objetivo de facilitar a visualização, possibilitando a tomadas ações para sua redução, já que quanto menor a quantidade de corretivas, menor o MTTR.

4.5 CUSTOS DA MANUTENÇÃO

Para poder analisar os resultados das manutenções foi feito um levantamento que teve como base os seguintes custos: Máquina parada, valor dos mecânicos e horas extras dos funcionários. Os cálculos obtidos são referentes aos custos em que a produção permanece parada. Sendo os custos de manutenção corretiva valores que a empresa teve de prejuízo e os de manutenção preventiva, valores que a empresa deixou de perder com a parada da produção.

Esses valores foram registrados e então calculados automaticamente pelo software, como mostra o exemplo da tabela 11 para o mês de fevereiro para ações preventivas.

Tabela 11 – Relação de custos para manutenções corretivas no mês de fevereiro

LAPIDADORA BOTTERO 110/01		
Custo/Hora - Máquina	R\$	500,00
Custo/minuto - Máquina	R\$	8,33
Hora do Funcionário	R\$	6,31
Minuto do Funcionário	R\$	0,11
Tempo de preventiva (minutos)		309
Valor da preventiva	R\$	2.575,00
Custo do funcionário na manutenção	R\$	32,50
Valor corrigido da preventiva	R\$	2.542,50

Fonte: Autoria Própria (2021)

Por motivo de simplificação, apenas os valores corrigidos serão apresentados abaixo, como na tabela 11.

Tabela 12 – Custos de manutenções mês de fevereiro

LAPIDADORA BOTTERO 110/01 - FEVEREIRO		
Corretiva	R\$	750,46
Preventiva	R\$	2.542,50
total	R\$	3292,96

Fonte: Autoria própria (2021)

No mês de fevereiro, no qual foi dado início os registros, podem ser observados os valores das manutenções, que totalizam R\$ 3292,96.

Em corretivas o valor foi de 750,46 que totaliza 22,78% dos custos de toda manutenção, o que mostra como podem ser altos.

Em preventivas, o valor foi de R\$2.542,50.

Tabela 13 - Custos de manutenções mês de março

LAPIDADORA BOTTERO 110/01 - MARÇO		
Corretiva	R\$	2.603,64
Preventiva	R\$	3.496,97
total	R\$	6.100,61

Fonte: Autoria Própria (2021)

O mês de março, foi o período em que se obteve o maior gasto com manutenções, sendo 57,32% em preventivas e 42,67%. Corretivas. O investimento em manutenções preventivas nesse mês foi maior, o que foi necessário para buscar resultados positivos. Assim como aconteceu e podemos observar na tabela 17.

Tabela 14 - Custos de manutenções mês de abril

LAPIDADORA BOTTERO 110/01 abril		
Corretiva	R\$	-
Preventiva	R\$	1481,07
total	R\$	1481,07

Fonte: Autoria própria (2021)

Devido ao alto investimento em preventivas nos meses anteriores e a periodicidade estipulada pelo gestor do PCM, é possível observar no mês de abril uma queda significativa nas manutenções, caindo pra 0% o total dos custos da corretiva nesse mês. Sendo o valor total dos custos de preventivas.

Tabela 15 - Custos de manutenções mês de maio

LAPIDADORA BOTTERO 110/01 maio		
Corretiva	R\$	-
Preventiva	R\$	2.468,45
total	R\$	2.468,45

Fonte: Autoria Própria (2021)

No mês de maio, tivemos um aumento significativo nas preventivas, esse aumento se deu devido aos resultados positivos do mês anterior, após apresentar os dados aos diretores, os mesmos autorizaram maiores investimentos, melhores equipamentos e tempo para realizações das manutenções.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada a implantação de um PCM (Planejamento e controle da manutenção), em uma empresa responsável pela temperagem de vidros na cidade de Guarapuava. Após ser feito todo o estudo do funcionamento das máquinas, foi dado o início a um longo processo de manutenções. O presente estudo relatou apenas os dados coletados de 1 equipamento para simplificação, porém o PCM foi implementado em todos os equipamentos da empresa. Como não havia nenhum tipo de controle em relação as manutenções que eram realizadas, a empresa sofria com grandes custos em serviços terceirizados, assim como tempo perdido em produção e qualidade final do produto, principalmente com riscos e manchas nos vidros.

Um aprofundamento detalhado teve que ser realizado em conjunto com técnicos especializados, pois alguns equipamentos estavam em condições precárias e com muitas adaptações, o que influenciava na falha constante.

Quando implementado um PCM, os resultados geralmente demoram a aparecer, porém neste caso, foi possível observar uma melhora significativa para empresa mesmo no curto período de tempo em que se aplica. As mais simples ações, foram responsáveis por uma significativa redução na falha dos equipamentos. O que teve como consequência a redução nos custos de corretivas e o aumento dos custos em ações preventivas.

Pra que os resultados se mostrem ainda mais promissores, essas ações devem continuar de forma rigorosa e os estudos dos equipamentos devem ser frequentes, assim como a implementação de outras técnicas preditivas que auxiliarão em resultados ainda melhores, visando a futuro e a indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- [1] TAKAHARA, V., RODRIGUES, A proposta de um plano de manutenção preventiva para um mercado de pequeno porte. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, Maringá: Paraná, v. 13, n. 1, mar. 2018. Disponível em: <http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/423/339>. Acesso em: 13 Jul. 2021..
- [2] SILVA, Diogo Anselmini da; ANTUNES, Marcos Vinicius. Proposta de implantação da manutenção preventiva em um supermercado do oeste do Paraná. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: Acesso em 07 de mai. 2017.
- [3] Gois Sena, Matheus Chrystian. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DE LOCAÇÃO DE MÁQUINAS DE CONSTRUÇÃO / Matheus Chrystian Gois Sena. - 2020.
- [4] Kardec, A., & Nascif, J. (2012). Manutenção - Função Estratégica (4ª ed.). Rio de Janeiro Brasil: Qualitymark.
- [5] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2002
- [6] NBR 5462 ABNT. (1994). Confiabilidade e Manutenibilidade Preditiva (1ª Ed. Vol. 1). São Paulo: Edgard Blücher.
- [7] MONCHY, François. A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.
- [8] Pereira, M. J. (2011). Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna LTDA.
- [9] MOREIRA, Vitor de melo. Manutenção Industrial atuando de maneira estratégica/ Vitor de Melo Moreira; São Calos, 2015.
- [10] SANTOS, Diego José Sacramento. Estudo da aplicação de softwares na engenharia de confiabilidade [manuscrito]: O estudo de casos múltiplos/ Diego José Sacramento Santos; Ouro Preto, 2017.
- [11] CAPATTO, I., Rodrigues, A Elaboração de um plano de Manutenção direcionado para máquinas de usinagem do laboratório da instituição Senai - CTM. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, Maringá: Paraná, v. 13, n. 1, mar. 2018.
- [12] SILVA, Júlio Cesar. A importância da implantação do PCM (Planejamento e Controle de Produção) durante a realização de manutenções; Varginha: Minas Gerais, 2018.
- [13] De Oliveira, Monique Miranda Análise de Métodos Estatísticos em Planejamento e Controle de Manutenção/ Monique Miranda de Oliveira. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.