



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

Emerson Nascimento da Silva Junior

**REDUÇÃO DE PERDAS COM MANUTENÇÃO CORRETIVA UTILIZANDO UM
SISTEMA DE MONITORAMENTO EM UMA LINHA DE USINAGEM**

MANAUS

2021

Emerson Nascimento da Silva Junior

**REDUÇÃO DE PERDAS COM MANUTENÇÃO CORRETIVA UTILIZANDO UM
SISTEMA DE MONITORAMENTO EM UMA LINHA DE USINAGEM**

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

Orientadora: Prof^ª. MSc. Marisol Elias Barros Plácido

MANAUS

2021

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

S586r Silva Júnior, Emerson Nascimento da.
Redução de perdas com manutenção corretiva utilizando um sistema de monitoramento em uma linha de usinagem/ Emerson Nascimento da Silva Júnior. – Manaus, 2021.
52 p. : il. color.

Monografia (Engenharia Mecânica). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2021.
Orientadora: Profa. Ma. Marisol Elias Barros Plácido.

1. Engenharia mecânica. 2. Automação. 3. Manutenção corretiva. 4. Sistema de monitoramento. I. Plácido, Marisol Elias Barros. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

ATA Nº 143 / 2021 - CCGEM/CMC (11.01.03.01.16.12.01)

Nº do Protocolo: 23443.014198/2021-38

Manaus-AM, 23 de Agosto de 2021

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia vinte do mês de agosto de dois mil e vinte e um, às 19:05 horas na Sala Virtual da Plataforma GOOGLE MEET, [link meet.google.com/wbb-rznh-aiz](https://meet.google.com/wbb-rznh-aiz), o acadêmico **Emerson Nascimento da Silva Júnior**, apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora presidida pela Prof^a. MSc. Marisol Elias Barros Plácido (orientadora - IFAM), composta pelos demais examinadores: Prof. Esp. José Francisco de Caldas Costa (Membro 1 - IFAM) e Prof. MSc. Alberto Luiz Fernandes Queiroga (Membro 2 - IFAM). A sessão pública de defesa foi aberta pela Presidente da Banca Examinadora, que fez a apresentação da mesma e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC que tem como título: REDUÇÃO DE PERDAS COM MANUTENÇÃO CORRETIVA UTILIZANDO UM SISTEMA DE MONITORAMENTO EM UMA LINHA DE USINAGEM. Na sequência, o acadêmico teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho, e em seguida, cada integrante da Banca Examinadora fez suas arguições. Ouvidas as explicações do acadêmico, os membros da Banca Examinadora, reunidos em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberaram por **APROVAR** e atribuir a nota **9,3** ao trabalho.

Foi divulgado o resultado formalmente ao acadêmico e demais presentes, dando ciência ao mesmo que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o prazo máximo de 15 dias, com as devidas alterações sugeridas pela banca.

Nada mais a tratar, a sessão foi encerrada às **(20h02min)**, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo acadêmico.

Prof^a. Orientadora /Presidente: Prof^a. MSc. Marisol Elias Barros Plácido

Prof. Membro 1: Prof. Esp. José Francisco de Caldas Costa

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

Acadêmico: Emerson Nascimento da Silva Júnior

(Assinado digitalmente em 24/08/2021 08:34)
ALBERTO LUIZ FERNANDES QUEIROGA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 1164531

(Assinado digitalmente em 25/08/2021 09:07)
JOSE FRANCISCO DE CALDAS COSTA
COORDENADOR
Matrícula: 267706

(Assinado digitalmente em 23/08/2021 18:37)
MARISOL ELIAS DE BARROS PLACIDO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 1431951

A Sra. Maria Vani por todo o suporte e apoio durante essa caminhada, pois é graças ao seu esforço que hoje concluo esse curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado saúde e forças para superar as dificuldades.

A minha família, em especial a minha mãe, Maria Vani, e a minha irmã, Isabele Silva, pelo apoio e incentivos que fundamentais para que tudo fosse possível. Passamos momentos difíceis na vida, mas nunca perdemos a fé que Deus estava cuidando dos mínimos detalhes e que escreveríamos uma nova história. Te amo mãe.

A minha namorada Liliane Dantas, que sempre esteve ao meu lado durante o percurso acadêmico. Obrigado meu amor, por sempre ser uma mulher amiga, companheira e parceira.

Aos meus amigos, Anderson e Tainah pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), e a todos os professores do Curso de Engenharia Mecânica, que foram fundamentais no desenvolvimento da minha carreira profissional.

“Em uma corrida onde se disputa milésimos de segundos, meio pneu a frente na linha de chegada irá decidir o vencedor ou perdedor, se compreendermos isso, valorizamos mesmo as menores das melhorias. Temos grande vontade de fazer descobertas tecnológicas, mas ao mesmo tempo devemos valorizar os esforços para fazer pequenas melhorias, uma a uma”
(Soichiro Honda)

RESUMO

Atualmente, com o progresso da automação, é possível captar dados e informações valiosas de um processo automatizado em tempo real fazendo assim, a interpretação e utilização desses dados o diferencial em uma tomada de decisão. Com isso, a automação facilita a captação de informações para serem repassadas a gestores de manutenções de forma correta e no tempo correto, mantendo a confiabilidade das informações e podendo se antecipar a problemas. Tendo isso em mente, este trabalho tem o objetivo de analisar o problema de manutenção numa indústria do polo de duas rodas e, propor uma solução por meio da automação. Para isso, a metodologia foi dividida em quatro partes: análise da situação atual, análise das causas, análise das soluções propostas e implantação. Na análise da situação atual foram quantificados os indicadores de performance da manutenção. Na análise das causas foram investigadas as causas raízes dos problemas encontrados. E, em seguida foram quantificadas as metas e os objetivos específicos. Por fim, foi realizado o estudo das soluções e implementação de melhoria no processo de usinagem. Por meio deste trabalho foi possível visualizar as perdas de um processo de manutenção, e por meio disso obter vários ganhos. Entre eles, a redução de parada de equipamento não programado, automatização do processo de monitoramento no processo e redução de 48% no MTTR na fábrica de usinagem.

Palavras-chave: Automação. Manutenção Corretiva. Sistema de monitoramento.

ABSTRACT

Currently, with the progress of automation, it is possible to capture valuable data and information from an automated process in real time, making the interpretation and use of this data the differential to take decision. With this, automation facilitates the capture of information to be passed on to maintenance managers correctly and at the correct time, maintaining the reliability of the information and being able to anticipate problems. With this in mind, this work aims to analyze the maintenance problem in a two-wheeled pole industry and propose a solution through automation. For this, the methodology was divided in four parts: analysis of the current situation, analysis of causes, analysis of proposed solutions and implementation. In the analysis of the current situation, the maintenance performance indicators were quantified. In the analysis of the causes, the root causes of the problems found were investigated. And then, the specific goals and objectives were quantified. Finally, the study of solutions and implementation of improvements in the machining process was carried out. Through this work, it was possible to visualize the losses of a maintenance process, and thereby obtain several gains. Among them, the reduction of unscheduled equipment downtime, automation of the process monitoring and a 48% reduction in MTTR at the machining plant.

Keywords: Preventive Maintenance. Automation. Monitoring system

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 As três gerações de Manutenção.....	32
Figura 2 Analogia comparativa entre saúde humana versus máquina.....	33
Figura 3 Fluxo de dados nos Elementos de Automação.....	42
Figura 4 Diagrama de blocos do sistema.....	43
Figura 5 Fluxograma de metodologiaFonte: adaptado de Iwata (2021). Acesso 02 de ago de 2021.....	44
Figura 6 Guia linear e bloco deslizante danificados.....	46
Figura 7 Carregador e principais componentes	48
Figura 8 Esquema de distribuição de lubrificação	48
Figura 9 Vista em sessão transversal de boco deslizante	49
Figura 10 Esquema de bomba de graxa e reservatório.....	50
Figura 11 Diagrama de Causa e Efeito.....	50
Figura 12 Por quê 1	52
Figura 13 Por quê 2	53
Figura 14 Por quê 3	53
Figura 15 Esquema de abastecimetro de graxa (método 01).....	54
Figura 16 Foto de Método 01	55
Figura 17 Esquema de abastecimento de graxa (Método 02).....	55
Figura 18 Foto de Método 02	56
Figura 19 Documento de Método e checagem de procedimento	57
Figura 20 Fluxo de informação do sistema de monitoramento	58
Figura 21 Painel de monitoramento de equipamentos online.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 MTTR 2020.....	45
Gráfico 2 Pareto de paradas não planejadas out/2020.....	46
Gráfico 3 Meta de MTTR.....	47
Gráfico 4 Gráfico de corrente e velocidade de Servo.....	59
Gráfico 5 Corrente e velocidade de Servo.....	60
Gráfico 6 Resultado de MTTR 2020 - 2021.....	61
Gráfico 7 Pareto pós implementação.....	62

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 Indicadores teóricos da manutenção e suas respectivas fórmulas.	37
Quadro 2 Tabela de Causa e Efeito	51
Quadro 3 Tapela dos 5 Porquês	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MTBF *Middle Time Between Failure* (Tempo Médio entre Falhas)

MTTR *Middle Time To Repair* (Tempo Medio para Reparo)

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

NBR Norma Brasileira Regulamentar

mm/s Milímetros por segundo

v Velocidade

t Tempo

CLP Controlador Lógico Programável

IHM Interface Homem Máquina

Out. Outubro

Acc. Acumulado

H hora

KPI *Key Performance Indicator* (Indicador Chave de desempenho)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
2 REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1 MANUTENÇÃO.....	31
2.2 EVOLUÇÃO E HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	32
2.3 MANUTENÇÃO.....	32
2.4 Tipos de Manutenção.....	34
2.4.1 Manutenção Corretiva	34
2.4.2 Manutenção Preventiva	34
2.4.3 Manutenção Preditiva	35
2.5 Indicadores de manutenção	35
2.6 TIPOS DE PERDAS	38
2.7 Ferramentas da qualidade	40
2.7.1 Diagrama de Pareto	41
2.7.2 Diagrama de causa e efeito.....	41
2.7.3 Diagrama de causa e efeito.....	41
2.8 AUTOMAÇÃO	42
2.9 SISTEMA SUPERVISÓRIO	42
3 MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1 MATERIAIS	44
3.2 MÉTODOS.....	44
3.2.1 Análise da Situação Atual.....	45
3.2.2 Definição de objetivos e metas	47
3.2.3 Equipamento para carregamento (Load Gantry.....	47
3.2.4 Análise das causas	50
3.2.5 Análise das soluções propostas.....	56
3.2.6 Implementação.....	58
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	64

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre a redução de custos de manutenção no polo industrial de duas rodas em Manaus. O tema abordado é análise do processo de manutenção e aplicação de melhoria utilizando as ferramentas da qualidade, automação e visando ganhos de disponibilidade de equipamento e produtividade.

O presente estudo limitou-se ao levantamento de dados compreendido pelos indicadores de desempenho relacionados a produtividade e manutenção de uma linha de usinagem, utilizando uma base histórica compreendida entre os anos de 2020 e 2021. Os indicadores escolhidos foram MTTR, MTBF e Inoperância de Equipamento.

Foram identificadas elevadas paradas de equipamentos não planejadas, e isso pode ter ocorrido por vários fatores: (1) Ausência de sistema de monitoramento; (2) Vida útil do equipamento; (3) Mão de obra não qualificada para realização de operação; (4) Condições de ambiente de trabalho desfavoráveis a operação. Com base nisso, seria possível implementar um sistema de monitoramento que seja capaz de detectar o problema antes do colapso?

A relevância desse estudo, foi pela necessidade de as empresas adotarem a cultura que as impulse constantemente, procurando o aprimoramento, não apenas com inovações tecnológicas, mas também com eliminação de perdas existentes no processo produtivo. Para a área acadêmica o trabalho assume um papel relevante, pois possibilita a integração e aplicação de conceitos adquiridos durante o curso, agregado à prática do projeto final, contribuindo para um conhecimento mais aprofundado sobre as técnicas de análise e soluções de problemas.

Como objetivo geral, a presente monografia propõe a redução de perdas com manutenção corretiva em uma empresa utilizando meios de captação de informações através do próprio equipamento utilizando sistema supervisório. Para alcançar o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos: Analisar a situação atual; Análisar as causas do problema; Analisar as possíveis soluções; Implementar a melhoria e Análisar os resultados, consistindo em pesquisa aplicada de caráter descritiva e exploratória, que visa utilizar a automação para monitoramento dos equipamentos utilizando sistemas supervisórios.

O trabalho foi classificado como uma metodologia investigativa, um trabalho de campo, sendo utilizada ferramentas e técnicas de solução de problemas para aplicação prática, apoiada na fundamentação teórica, e realizando-se a comparação dos dados antes e depois da implementação do plano de ação. Seguindo as etapas: Realização de análise da situação atual,

das causas dos problemas, estudando as soluções propostas, implementando e avaliando os resultados.

Como resultado pôde-se obter uma redução de 48% no MTTR e espera-se que este trabalho contribua para mostrar que grandes melhorias de processo podem ser realizadas com ideias simples e que não necessitam de elevados custos para realização.

Espera-se que este trabalho contribua para mostrar que grandes melhorias voltadas para indústria podem ser realizadas com ideias simples e que não necessitam de elevados recursos para execução.

O trabalho foi estruturado em capítulos, ou seja, os assuntos estão divididos em etapas, os quais estão descritos na sequência. No capítulo 2 são citadas bases de referências para estudo de modelos para redução de perdas com manutenção corretiva utilizando um sistema de monitoramento em uma linha de usinagem. Estudo da base teórica que permitiu a solução do problema. Para isso foram estudados os tipos de perdas no processo produtivo, e os tipos de manutenção industrial, sistema de monitoramento supervisorio, além de buscar as ferramentas que auxiliarão na solução dos problemas identificados. No capítulo 3 foi realizado o desenvolvimento metodológico com a finalidade de atingir os objetivos propostos no trabalho. No capítulo 4 foi realizado o monitoramento dos resultados, quantificados e comparados com os resultados anteriores. No capítulo 5 foram realizadas as considerações finais e citados sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Estudo da base teórica que permitirá a solução do problema. Para isso serão estudados os conceitos de Manutenção, os tipos de manutenção e perdas, além de buscar as ferramentas que auxiliarão na solução dos problemas identificados.

2.1 MANUTENÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, em 1975, conceituou a manutenção como um grupo de ações necessárias para que um item seja mantido ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada, no entanto na NBR-5462 no ano de 1994 definiu a manutenção como a combinação de ações técnicas e administrativas e supervisão, de modo que sejam destinadas a manter ou recolocar um item em um estado para que possa desempenhar uma função solicitada.

Segundo Maestrelli; Napoleão (2018, p.15 apud Muratori; Henrique, 2011) “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”.

Monks (1989, p. 466) definiu a manutenção como “uma atividade desenvolvida para manter o equipamento ou outros bens em condições que irão apoiar as metas organizacionais. As decisões de manutenção devem refletir a viabilidade do sistema a longo prazo”.

Enquanto que Freitas (2016, p.20 apud MOCHY, 1987) define a manutenção da seguinte forma:

A manutenção dos equipamentos de produção é um elemento chave tanto para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos. É um desafio industrial que implica rediscutir as estruturas atuais inertes e promover métodos adaptados à nova natureza dos materiais.

Sobre os objetivos da manutenção podemos afirmar que:

Os principais objetivo da manutenção são a) redução de Custos: através da Manutenção Preventiva podem-se reduzir defeitos, impactando em menos ações corretivas, as quais têm valor de custo mais elevado que as ações de prevenção”. b) maior Qualidade de Produtos: equipamentos em estado perfeito de funcionamento garantem a qualidade dos produtos finais”. c) maior Segurança: setor produtivo limpo e em boas condições de operação propicia maior segurança, confiança e motivação aos trabalhadores. d)“Melhor Ambiente de Trabalho: ambiente de trabalho limpo, seguro e organizado através de atividades da Manutenção Autônoma, melhoram o nível de trabalho dos funcionários”. e) “Desenvolvimento Profissional: o programa de Manutenção Produtiva Total desenvolve novas habilidades e também crescimento profissional aos trabalhadores pelo seu envolvimento direto nas decisões de aumento de produtividade da empresa”. f) “Maior vida útil dos equipamentos: o programa

objetiva o aumento da vida útil dos equipamentos, através de ações de prevenção e melhorias específicas nos equipamentos”. g)“Maior confiabilidade dos Equipamentos: equipamentos bem cuidados têm intervalos de tempo maiores de uma falha para outra, o que resulta em maior disponibilidade e velocidade de produção”. h)“Instalações da Produção com maior valorização: instalações bem mantidas têm maior valor de mercado”. i)“Maior Poder de Investimento: a redução de custos obtida através da TPM tem relação direta com o aumento de investimentos, o que beneficia os acionistas, os funcionários e a comunidade ao entorno da empresa”. j)“Preservação do Meio Ambiente: com o bom regulamento das máquinas, advindo da TPM, há economia de recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais” (MAESTRELLI; NAPOLEÃO, 2018, p.15-16 apud SLACK et al. 2002).

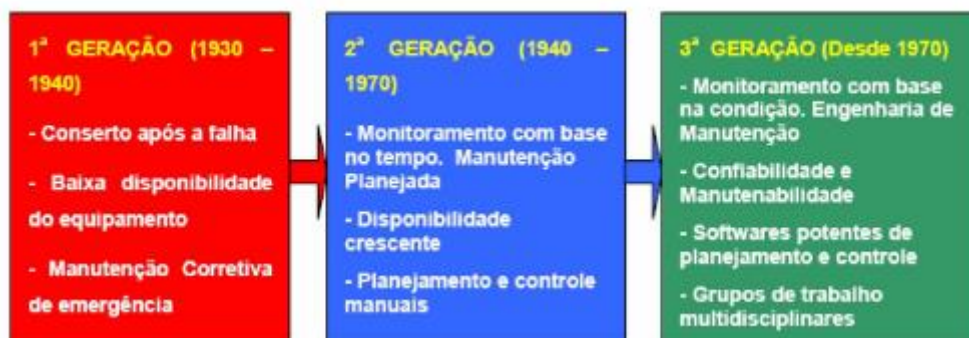
2.2 EVOLUÇÃO E HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Cury Netto (2008, apud WYREBSK,1997) descreve o surgimento da manutenção da seguinte forma:

O termo manutenção surge nas indústrias a partir da década de 50 do séc. XX nos Estados Unidos. Nessa época de desenvolvimento tecnológico pós-guerra, fez-se necessário dividir a área de manutenção da produção com objetivo de melhoria de performance do sistema produtivo. E ao longo da história, a manutenção sofreu muitas modificações até chegar aos mais sofisticados processos existentes atualmente. Com o passar dos anos, novas tecnologias foram incorporadas e processos, técnicas e procedimentos foram desenvolvidos (CURY NETTO, 2008, apud WYREBSK ,1997).

A evolução da Manutenção pode ser dividida em três gerações, conforme Cury Netto (2008, apud SIEVULI, 2001, p.8).

Figura 1 As três gerações de Manutenção.



Fonte: Cury Netto (2008, apud SIEVULI, 2001).

2.3 MANUTENÇÃO

Segundo Freitas (2016, p. 20 apud MONCHY, 1987), “a manutenção dos equipamentos de produção é um elemento chave tanto para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos”.

Ainda para o mesmo autor (op. cit., p. 20 apud MONCHY, 1987), ainda realiza uma comparação saúde humana x saúde da máquina, afirmando que a manutenção é a “medicina das

máquinas”, sendo possível visualizar na figura abaixo (FREITAS, op. cit., p. 20 apud MONCHY, 1987):

Figura 2 Analogia comparativa entre saúde humana versus máquina.

ANALOGIA			
SAÚDE HUMANA		SAÚDE DA MÁQUINA	
Conhecimento do homem	Nascimento	Entrada em operação	Conhecimento tecnológico
Conhecimento das doenças			Conhecimento dos modos de falha
Carnê de saúde	Longevidade	Durabilidade	Histórico
Dossiê médico			Dossiê da máquina
Diagnóstico, exame, visita médica	Boa saúde	Confiabilidade	Diagnóstico, perícia, inspeção
Conhecimento dos tratamentos			Conhecimento das ações curativas
Tratamento curativo	Morte	Sucata	Retirada do estado de pane, reparo
Operação			Renovação, modernização, troca
MEDICINA		MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	

Fonte: Freitas (2016 apud MONCHY, 1987)

Ainda para Freitas (2016, p. 20 apud MONCHY, 1987), “a escolha entre os diferentes métodos de manutenção deve estar inserida na "política" de manutenção da empresa e deve ser decidida pela direção da manutenção, devendo ser entendida e aceita pela produção”. Cabe ressaltar que há um debate intenso sobre os tipos de manutenção a serem utilizados nas empresas, existindo uma variedade de denominações muito grande, que segundo Freitas (2016, p. 21 apud XENOS, 1998), "apesar de alguns termos já serem comumente utilizados por várias pessoas em diferentes empresas, tem percebido que, em muitos casos, falta um completo entendimento do seu real significado". Visto isso, nos próximos tópicos irá se acrescentar uma caracterização mais objetiva dos conceitos e tipos de manutenção a se utilizar na empresa industrial.

2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Conforme Freitas (2016, p. 24) os tipos manutenção são caracterizados seguinte forma:

Os tipos de manutenção existentes são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações. Existe uma gama bem grande de denominações para classificar os tipos de manutenção.

2.4.1 Manutenção Corretiva

Freitas (2016, p. MONCHY (1989, p.37) entende que:

“[...] a manutenção corretiva é a operação de manutenção realizada após falha”. Mirshawka (1993, p.9) adota o conceito de manutenção corretiva de Monchy (1989) e acrescenta, "a manutenção corretiva é aquela que se conduz quando o equipamento falha ou cai abaixo de uma condição aceitável quando em operação".

Considerando as definições dos autores citados anteriormente, Pinto (1999), Lafrai (2001), Monchy (1989) e Mirshawka (1993) pode-se concluir que a manutenção corretiva não planejada ocorre quando não se deseja, é sempre emergencial e pode ser avaliada pela confiabilidade do equipamento. No presente trabalho irá se considerar a manutenção corretiva não planejada, emergencial, como aquela de pronto atendimento (PA) pela manutenção.

2.4.2 Manutenção Preventiva

Segundo Cury Netto (2008), afirma que a manutenção preventiva é acompanhada com atividades sistemáticas, tais como as inspeções, reformas e trocas de peças, principalmente. A manutenção preventiva "clássica", segundo Contador (1998, p.405) e Mirshawka (1993, p.13), consistem na substituição de peças em períodos regulares, isto é, a intervalos de tempo fixos, a qual Mirshawka (1993, p.11) chama de manutenção preventiva sistemática ou programada. Esta modalidade de manutenção, segundo este autor, deve ser usada somente se a sua utilização criar uma oportunidade para reduzir falhas que não podem ser detectadas antecipadamente ou se for imposta pelas exigências da produção ou segurança.

Xenos (1998) entende que, uma vez estabelecida a manutenção preventiva deve ter caráter obrigatório, pois tem o caráter preventivo de interferir em equipamentos antes que ocorra uma falha inesperada. Para este autor, a atividade de manutenção preventiva deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa. Na verdade, ele afirma que a manutenção preventiva é o "coração das atividades de manutenção" (XENOS, 1998, p. 24).

2.4.3 Manutenção Preditiva

O último tipo de manutenção é o mais moderno dos três. A manutenção preditiva é definida pelas atuações que são feitas nas máquinas de acordo com alterações em parâmetros de controle. Segundo Slack et al. (2002, p.645), a manutenção preditiva visa realizar manutenção somente quando as instalações precisarem dela. Por exemplo, os equipamentos de processos contínuos, como os usados para cobrir papel fotográfico, funcionam por longos períodos de modo a conseguir a alta utilização necessária para a produção eficiente em custos.

2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Segundo Zen (2008) os indicadores de manutenção são: Um assunto normalmente polêmico para a maioria dos profissionais de manutenção é: qual deve ser o indicador ou indicadores que devemos utilizar para obtermos resultados de melhoria em nossas equipes de manutenção e conseqüentemente para as nossas empresas? As empresas hoje necessitam; em virtude do alto grau de competitividade a que estão sujeitas; escolher adequadamente qual metodologia devem utilizar para o gerenciamento de sua rotina.

Em uma estrutura de manutenção podemos usar os seguintes e consagrados indicadores, de acordo com Cury Netto (2008):

a) Hora Parada ou Hora Indisponível:

Representa o tempo entre a comunicação de indisponibilidade da máquina ou equipamento até a sua liberação/aprovação para funcionamento normal ou produção (CURY NETTO, 2008, p.26).

b) Hora de espera:

Representa o tempo entre a comunicação da indisponibilidade da máquina ou equipamento e o momento do início do atendimento por parte do manutentor (CURY NETTO, 2008, p.26).

c) Hora de impedimento:

Esse indicador representa todo e qualquer tempo dispendido com ações que não dependem diretamente da ação do grupo da manutenção, ou seja, demandam ações de outras equipes, tais como a de compras, de projetos, de laboratório (CURY NETTO, 2008, p.26).

d) Disponibilidade:

Esse indicador representa a probabilidade de em um dado momento um equipamento estar disponível. Ele é o resultado do bom acompanhamento do indicador de hora parada (CURY NETTO, 2008, p.27).

Os indicadores de disponibilidade podem ser os seguintes:

e) Custo de manutenção:

Esse é um dos principais indicadores da atividade de manutenção, representando a somatória básica das seguintes parcelas: custos de intervenção de manutenção (recursos materiais, sobressalentes e mão de obra), custos próprios (internos) da equipe de manutenção, tais como administração, treinamento, etc. e os custos de perdas de produção (se houver), e o custo da perda de oportunidade pela falta do produto se houver demanda. Normalmente as empresas acompanham apenas os custos de intervenção, mas devem no mínimo acompanhar também os custos próprios (CURY NETTO, 2008, P.27).

f) MTBF (*Mean Time Between Failure*) / TMEF- Tempo médio entre falhas:

Representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima, representa também o tempo de funcionamento da máquina ou equipamento diante das necessidades de produção até a próxima falha (CURY NETTO, 2008, P.27).

g) MTTR (Mean Time To Repair) / TMRP - Tempo médio para reparo:

Esse indicador nos aponta o tempo que a equipe de manutenção demanda para reparar e disponibilizar a máquina ou equipamento para o sistema produtivo. Nesse período estão todas as ações envolvidas no reparo, sejam elas da equipe de compras, de laboratório ou qualquer outra equipe de trabalho (CURY NETTO, 2008, P.27-28).

h) Confiabilidade:

Representa a probabilidade de que um item ou uma máquina funcione corretamente em condições esperadas durante um determinado período de tempo ou de ainda estar em condições de trabalho após um determinado período de funcionamento (CURY NETTO, 2008, P.28).

i) Manutenibilidade ou Manutenibilidade:

É a probabilidade de que um item avariado possa ser colocado novamente em seu estado operacional, em um período de tempo predefinido, quando a Manutenção é realizada em condições determinadas, e é efetuada com os meios e procedimentos estabelecidos (CURY NETTO, 2008, P.27-28).

Enquanto Matsumota (2015) no quadro abaixo é possível visualizar de forma resumida que os principais indicadores teóricos de manutenção são:

Quadro 1 Indicadores teóricos da manutenção e suas respectivas fórmulas.

Nome	Fórmula	Dados
Taxa de Avarias	$TA = \frac{n^{\circ} \text{avarias}}{TF} * 1000$ $= \frac{n^{\circ} \text{avarias}}{Km} * 10000$	TF – Tempo total de funcionamento no período
MTBF	$MTBF = \sum \frac{TFi}{n^{\circ} \text{avarias}}$	TFi – Tempos de funcionamento no período
MTTR	$MTTR = \sum \frac{TRi}{n^{\circ} \text{avarias}}$	TRi – Tempos utilizados nas reparações no período
MTW	$MTW = \sum \frac{TEi}{n^{\circ} \text{avarias}}$	TEi – Tempo de espera no período
Disponibilidade	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT}$	MTBF – Tempo médio entre avarias MTTR – Tempo médio entre avarias MWT – Tempo médio de espera

Fonte: Matsumota (2015)

A Taxa de Avarias (λ) representa o número de avarias por unidade de utilização, ou seja, quantas quebras um equipamento sofreu em um determinado tempo. O MTBF (*Mean Time Between Failures*) indica o tempo médio de bom funcionamento, ou ainda, o tempo médio entre avarias. É um parâmetro de fiabilidade, cujo objetivo principal é que o equipamento dure o máximo de tempo possível sem falhas. O MTTR (*Mean Time to Repair*) indica o tempo necessário de recuperação do sistema em caso de avaria. Coloca ênfase num equipamento que em caso de avaria, seja reparado o mais rapidamente possível. O indicador MTW (*Mean Time Waiting*) representa a eficiência de resposta de um departamento às solicitações de manutenção. A fórmula efetua uma média dos tempos de espera de atendimento de pedidos de reparação de avarias num determinado período. Já o indicador disponibilidade retrata a percentagem de bom funcionamento do equipamento em relação ao tempo total. A norma europeia (European Standard EN 13306, 2001), define "disponibilidade como a aptidão de um bem para estar em estado de cumprir uma função requerida em condições determinadas, num dado instante ou em determinado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários meios externos". Os indicadores de confiabilidade podem colaborar no planeamento da programação das paradas e evitar que determinados equipamentos fiquem indisponíveis durante ciclos produtivos. Entre os principais, estão: Taxa de Avarias, MTBF – Mean Time Between

Failure (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR – *Mean Time, To Recovery* (Tempo Médio Para Reparo) e Disponibilidade (MATSUMOTA, 2015, p. 2).

2.6 TIPOS DE PERDAS

As perdas são compostas por atividades que geram custo e não agregam nenhum valor ao produto final. Podem ser refugos, retrabalhos, transportes e movimentação desnecessários, esperas em geral, como espera por equipamento a espera de matéria-prima, tempos prolongados de setup, trabalhos ou movimentos que não agregam valor. Dessa forma, a ideia das perdas está vinculada a necessidade de redução sistemática dos custos dos processos produtivos (FARIAS, 2018).

A eliminação de desperdício é entendida no sentido de identificar e analisar todas as atividades executadas na empresa e eliminar todas as que não agregam valor aos processos operacionais (SILVA, 2016).

A única maneira de aumentar os lucros dá-se por meio da redução de custos. Para reduzir os custos, o único método é a eliminação total das perdas (FARIAS, 2018).

As perdas são identificadas em sete tipos: Perdas por superprodução (quantitativa e por antecipação); Perdas por transporte; Perdas no processamento em si; Perdas devido a fabricação de produtos defeituosos; Perdas nos estoques; Perdas no movimento; Perdas por espera (OHNO, 1997; SHINGO, 1996).

As cinco primeiras perdas estão relacionadas à função processo e as outras 2 relacionadas à função operação.

1) Perdas por superprodução: estas perdas são entendidas sob dois pontos de vista. A primeira no sentido da produção por quantidade de excesso e a segunda no sentido de produzir antecipadamente em relação às necessidades subsequentes da produção e do consumo. As perdas por superprodução costumam esconder outras perdas no processo, pois a superprodução visa buscar um estoque seguro no caso de outros inconvenientes no processo, que podem causar perdas de produção (SHINGO, 1996).

Ainda segundo o *just in time*, a premissa é produzir somente a quantidade necessária para aquele momento através da otimização dos tempos de preparação dos equipamentos, da sincronização de produção com a demanda, da quantidade e confiabilidade dos equipamentos, entre outros fatores (CORREA et al, 1996).

2) Perdas por movimentação interna de carga: as perdas por transporte estão diretamente relacionadas às atividades de movimentação de materiais que originam custos e não aumentam o valor agregado. Problemas da leitura e disposição de equipamentos dificultam

os fluxos produtivos ideais, sendo os maiores vilões para este tipo de perda. Uma das formas de evitar esse tipo de perda é promover melhoria na leitura ou melhoria no sentido de mecanizar e automatizar os trabalhos de movimentação (ANTUNES et al, 2008).

A economia de movimentos também aumenta a produtividade, traduzindo os tempos decorrentes do processo de produção, devendo-se levar em consideração o aprimoramento dos movimentos afim de evitar a manutenção dos desperdícios em caso de automatização (CORREA et al, 1996).

3) Perdas no processamento: são constituídas nas atividades desnecessárias para que o produto final desejado obtenha suas características básicas requeridas. Para se identificar estes tipos de perdas é necessário analisar que tipo de produto específico deve ser produzido e questionar os métodos que devem ser adotados para se produzir o produto (ANTUNES et al., 2008).

Os gerentes devem se preocupar em não somente aos meios de como realizar uma atividade de forma mais rápida sem antes interrogar se aquela atividade realmente necessita ser executada (CORREA et al, 1996).

4) Perdas por fabricação de produtos defeituosos: consiste na fabricação de produtos, peças ou componentes que não atendem aos requisitos de qualidade requeridos, ou seja, são produtos não conforme. Uma maneira de reduzir estas perdas é a inspeção para evitar defeitos e também a instalação de dispositivos de inspeção no processo podem evitar a produção de produtos defeituosos (SHINGO, 1996).

A geração de produtos defeituosos pode afetar o preço da venda, comprometer a programação dos volumes a serem entregues, afetar o prazo de entrega e prejudicar a qualidade exigida (GHINATO, 1996).

5) Perda por estoque: indica a existência desnecessária de estoques elevados de matérias-primas, material em processo e produtos acabados, gerando aumento de custos. A causa raiz da existência de estoques é a falta de sincronia entre o prazo de entrega dos pedidos e o período de produção (ANTUNES et al., 2008). Muitas pessoas consideram o excesso de estoque aceitável, pois permitem atender pedidos inesperados. Do ponto de vista do Sistema *Toyota* de Produção (STP) estoques não são aceitáveis, havendo uma procura exaustiva pela sua eliminação sem prejudicar o atendimento destes pedidos não programados. Para combater as perdas por estoque é preciso estabelecer uma política de melhorias contínuas que busquem

equalizar a capacidade em relação à demanda, com objetivo de organizar o sistema produtivo para atendimento imediato à variação da demanda dos clientes (SHINGO, 1996; OHNO, 1997).

6) Perda por movimento: as perdas por movimento estão relacionadas diretamente a movimentos desnecessários dos trabalhadores durante a execução de suas tarefas. Geralmente estas perdas não são identificadas pela falta de procedimentos padronizados de operação (SHINGO, 1996).

Associam-se as perdas por movimento a partir dos estudos e teorias de Gilbreth, no sentido de obtenção da economia de tempo numa análise minuciosa das relações existentes entre o movimento humano e a postura de trabalho. O objetivo principal a ser alcançado para a minimização das perdas no movimento resume-se no estabelecimento contínuo de padrões operacionais padronizado, para a execução eficaz das operações (ANTUNES et al., 2008).

7) Perdas por espera: estas perdas estão associadas aos períodos de tempo onde os trabalhadores ou as máquinas estão sendo usados produtivamente, ainda que os custos horários estejam sendo gastos (ANTUNES et al., 2008). Estas perdas estão diretamente relacionadas com a sincronização e com o nivelamento do fluxo de produção, acarretando numa espera por parte dos trabalhadores e, por consequência, baixa taxa de utilização das máquinas (SHINGO, 1996).

8) Perdas de produção: São custos gerados a partir de perdas de produção. São causadas por: falha do equipamento que compõem um sistema, falha do equipamento, onde a causa determinante tenha sido gerada por ação imprópria da manutenção (KARDEC et al, 2009).

2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para manter a qualidade na organização, utiliza-se as ferramentas básicas.

Estas ferramentas são elas: a) o Diagrama de Pareto que possui a intenção de identificar a causa que mais impacta num determinado problema. b) Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, o qual objetiva identificar as causas raízes; c) 5 PORQUÊS esta ferramenta é usada em um conjunto específico de etapas, com instrumentos associados, para encontrar a causa primária do problema (PEINADO; GRAEML, 2007; SILVA et al., 2013).

Para Costa (2013, p.4 apud OLIVEIRA et al, 2006) “As ferramentas da qualidade visam por meio do ataque à causa (processo), extinguir e coibir o aparecimento de problemas (efeitos)”. Deste modo, as ferramentas básicas para a qualidade possuem o propósito de apoiar a direção na resolução de problemas

2.7.1 Diagrama de Pareto

“O diagrama de Pareto demonstra a importância relativa das variáveis de um problema. Por meio dele se indica o quanto cada uma destas variáveis representa, em termos percentuais, do problema geral” (PEINADO e GRAEML, 2007).

Lins (1993) e Djekic e Tomasevic (2018) descrevem o gráfico de Pareto com o aspecto de um gráfico de barras onde cada causa é quantificada em termos da sua contribuição para o problema é ordenada em ordem decrescente de influência ou ocorrência.

2.7.2 Diagrama de causa e efeito

O diagrama de causa e efeito é definido por Costa (2013, p. 6) como “Uma ferramenta da qualidade que ajuda a levantar as causas raízes de um problema, analisando todos os fatores que envolvem a execução do processo”.

2.7.3 Diagrama de causa e efeito

O método dos 5 porquês é uma abordagem científica, utilizada no sistema Toyota de Produção, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios (COSTA, 2013, p. 6 apud OHNO, 1997).

De acordo ainda com Costa (2013, p. 6 apud WEISS, 2011), “para análise dos 5 porquês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos porquês (3 por exemplo), ou mais porquês, de acordo com a necessidade para que se encontre a causa raiz”.

Ele usa um conjunto específico de etapas, com instrumentos associados, para encontrar a causa primária do problema, de modo que você pode: (a) Determinar o que aconteceu; (b) Determinar por que isso aconteceu. (c) Descobrir o que fazer para reduzir a probabilidade de que isso vai acontecer novamente (COSTA, 2013, p. 6 apud WEISS, 2011).

Costa (2013 apud Weiss, 2011) afirma que se deve aplicar o método em 5 passos simplificados:

1. Inicie a análise com a afirmação da situação que se deseja entender – ou seja, deve-se iniciar com o problema;
2. Pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira.
3. Para a razão descrita que explica por que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte por quê novamente;
4. Continue perguntando por quê até que não se possa mais perguntar mais porquês;
5. Ao cessar as respostas dos porquês significa que a causa raiz foi identificada.

2.8 AUTOMAÇÃO

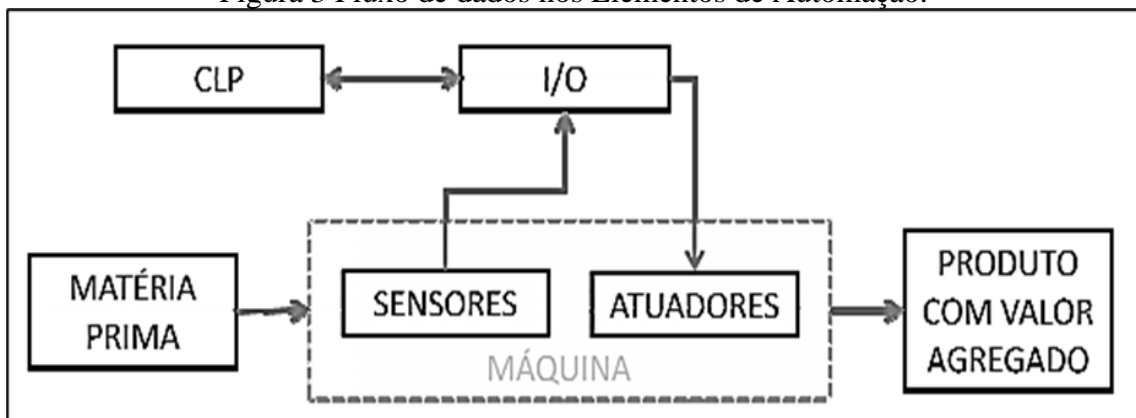
Segundo a Organização Internacional do Trabalho, automação é definida pela seguinte frase “A utilização de máquinas que precisam de pouco ou nenhuma intervenção humana, com intuito de, geralmente, substituir trabalhadores”.

Autores como Iwata (2021, apud ANDRADE, 2013) e Pereira (2010) afirmam que automatizar uma máquina, equipamento ou processo é usar os dispositivos mecânicos, eletrônicos ou eletrônicos de forma que fique automática ou parcialmente automática por meio de um monitoramento ou controle de um sistema em questão, a fim de se tornar um processo independente de mão de obra.

Para Iwata (2021, apud Andrade, 2013) é necessário entender o sistema de automação a ser utilizado em questão para aplicação adequada do mesmo.

A figura a baixo, mostra de forma simplificada uma forma de sistema de controle básico para automação.

Figura 3 Fluxo de dados nos Elementos de Automação.



Fonte: Iwata (2021, Apud Andrade, 2013)

Conforme tecnologias de automação podem ser empregadas em diversos ambientes, como residências, indústrias ou organizações, como é o caso de bancos. Para cada ambiente a automação possui características e tecnologias distintas. (MAESTRELLI; NAPOLEÃO, 2018, p.21 apud MURATORI; HENRIQUE, 2011).

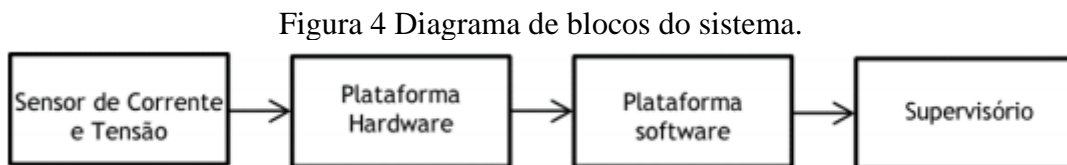
2.9 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório pode ser definido da seguinte forma:

Os sistemas de automação atuais atingiram tal nível que apenas a intuição humana não é mais suficiente para construir modelos bem definidos dos mesmos. Nestas circunstâncias, um ambiente de modelagem torna-se necessário para que se alcance esse objetivo. O software reconhecido como supervisório permite a operação e visualização através de telas gráficas elaboradas para qualquer processo residencial, industrial ou comercial, independentemente do tamanho do projeto. Um sistema supervisório possui dois fatores principais, os algoritmos de controle e telas gráficas

de supervisão. As telas gráficas são as telas visualizadas pelo homem, que possuem informações essenciais para a operação do sistema, bem como botões para realizar certas funções. Nos algoritmos de controle, são associados eventos a cada objeto. Como por exemplo, o acionamento de um botão em que uma das telas gráficas informa ao sistema, seja ele um CLP ou um microcontrolador, que queremos que determinada função ou elemento do campo seja ativado. Os algoritmos de controle são todos os dados não visualizados pelo operador das telas, e são essenciais para o funcionamento do sistema. Os sistemas supervisórios vêm ganhando espaço no mercado, sendo desenvolvido para áreas que antigamente eram inviáveis, como é o caso de residências, fato que se deve principalmente a um fator financeiro. Atualmente existem no mercado diversos softwares voltados para o desenvolvimento de sistemas supervisórios, com o intuito de auxiliar o projetista na criação de sistemas com diversas telas e dados na forma gráfica, como é o caso do software Elipse E3 (MAESTRELLI;NAPOLEÃO, 2018, p.21).

Na figura abaixo é possível visualizar um exemplo de diagrama de blocos do sistema com as diferentes etapas do processo de funcionamento do sistema supervisório propostos pelo (MAESTRELLI;NAPOLEÃO, 2018).

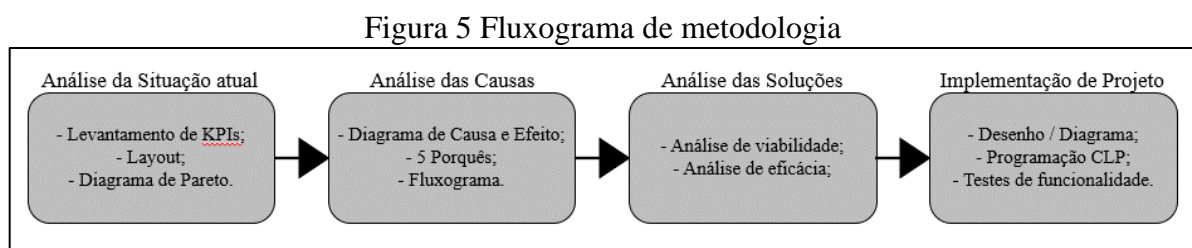


Fonte: Maestrelli;Napoleão (2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo foi realizado o desenvolvimento metodológico com a finalidade de atingir os objetivos propostos no trabalho. Para isso, muitos estudos, análise de dados e coletas de dados foram necessários. A proposta foi realizar um estudo, aplicação de ferramentas e técnicas de resolução de problemas com o propósito de melhorar o cenário da manutenção numa linha de usinagem do polo de duas rodas localizado no polo industrial de Manaus. Na análise da situação atual foi realizado o levantamento e estudo dos dados de manutenção. Na análise das causas, são definidas as causas raízes do problema ou falhas. Em seguida foram quantificadas as possíveis metas e objetivos. Após a análise da situação atual e da escolha das ferramentas que serão utilizadas, chega o momento de realizar o estudo do problema, utilizando a teoria estudada. Nesta parte do trabalho serão realizadas as análises e a aplicação do modelo de melhoramento da manutenção.

Um fluxograma das etapas adotadas neste trabalho pode ser visualizado na figura 5 abaixo.



Fonte: adaptado de Iwata (2021). Acesso 02 de ago de 2021.

3.1 MATERIAIS

Servo Mitsubishi, GT *design* da Mitsubishi, *notebook*, CLP Mitsubishi, *Microsoft Excel*, *Microsoft word*, *Microsoft powerpoint*, *Autodesk AutoCAD*.

3.2 MÉTODOS

O trabalho é classificado com caráter investigativo e exploratório, sendo utilizado ferramentas e técnicas para soluções de problemas para aplicação prática, e apoiada na fundamentação teórica. Por fim realizou-se comparação de informações antes e depois da implementação do plano de ação.

Para isso o trabalho foi dividido em 6 partes:

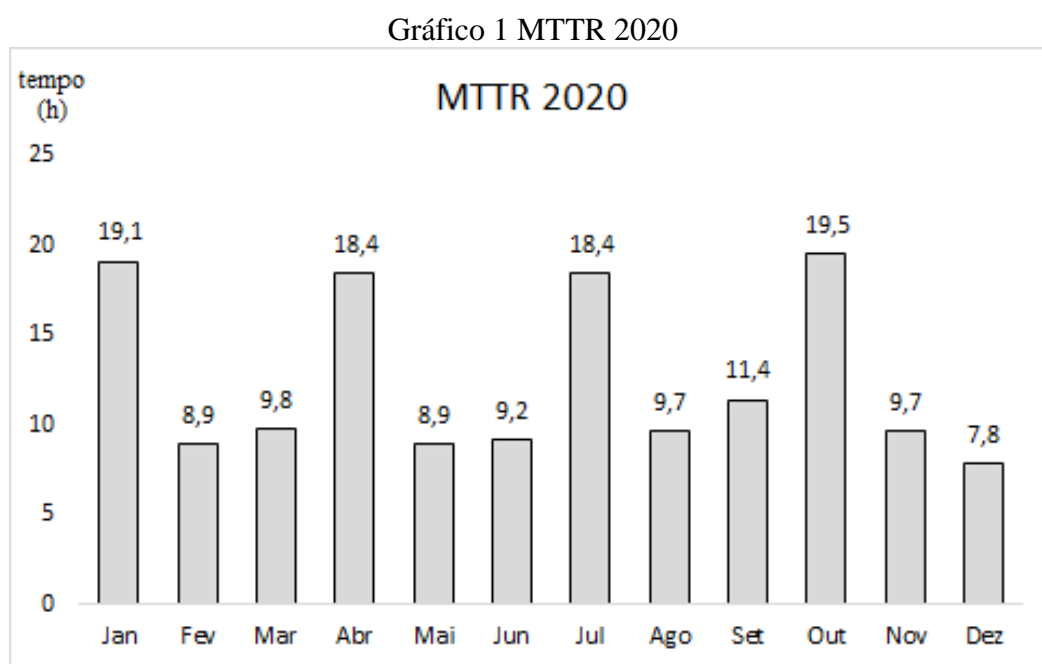
- Análise da situação atual;
- Definição de objetivos e metas;

- Equipamento para carregamento (*Load Gantry*);
- Análise das causas;
- Análise das Soluções propostas;
- Implementação

3.2.1 Análise da Situação Atual

Na análise da situação atual foi realizado o estudo das paradas de equipamento não planejadas e do tempo de reparo do equipamento.

Para detectar as perdas e possíveis ganhos, é necessário quantificar as paradas de equipamento que causaram perdas de produtividade. Essa quantificação foi possível por meio da coleta de dados do sistema de gerenciamento indicadores de performance conforme gráfico 1.

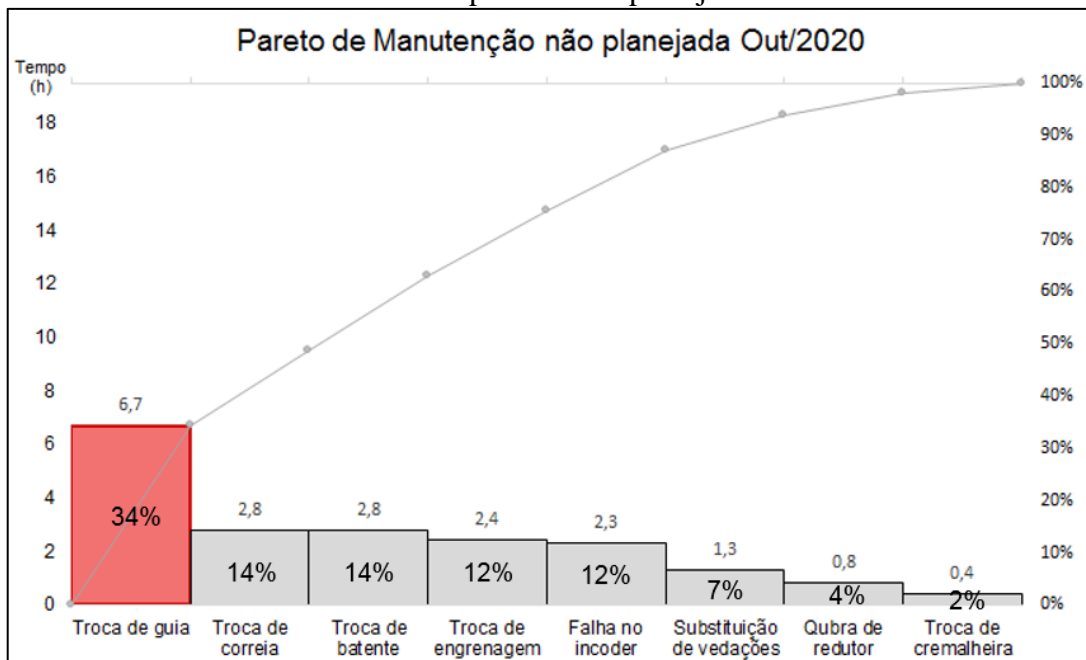


Fonte: Sistema de gerenciamento manutenção (2020)

No gráfico 1 é possível identificar um gráfico desuniforme e com os meses de janeiro, abril, julho e outubro atingindo horas de manutenção não planejadas acima da meta preestabelecida (12 horas) o que resulta em média 12,56 horas por mês.

Em seguida foi realizado a estratificação do mês de outubro para detecção de problema que ocorre com maior frequência, conforme ilustrado no gráfico 2.

Gráfico 2 Pareto de paradas não planejadas out/2020



Fonte: Sistema de gerenciamento manutenção (2020).

Por meio do gráfico de Pareto é possível identificar que 34% das paradas foram originadas devido a necessidade de troca de guia dos equipamentos (ver figura 6).

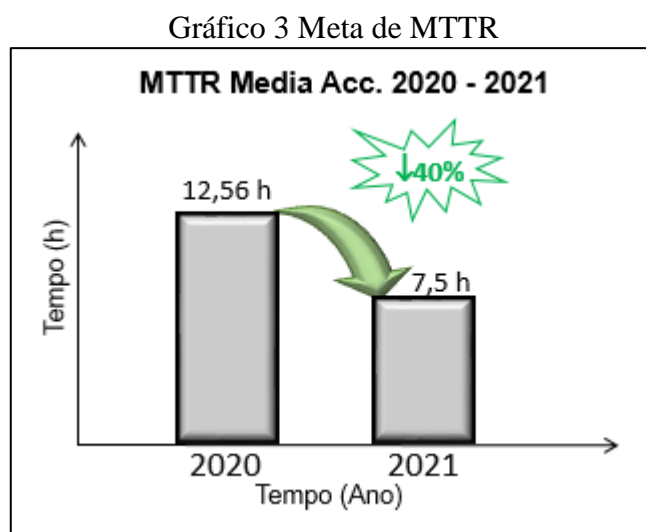
Figura 6 Guia linear e bloco deslizante danificados



Fonte: Manutenção (2020)

3.2.2 Definição de objetivos e metas

Foi definido como objetivo deste trabalho, realizar a melhoria para reduzir o tempo de manutenções não planejadas que ocorrem com maior frequência na fábrica de usinagem. Tendo em vista que foram utilizados 34% do tempo em troca de guia, foi possível estipular uma meta de redução no MTTR em 40%. Resultado que, se atingido, traz aumento na vida útil do equipamento devido a detecção antecipada do problema, possibilitando planejamento de reparo e impedindo a perda de produção por parada de equipamento não planejadas (ver gráfico 3).

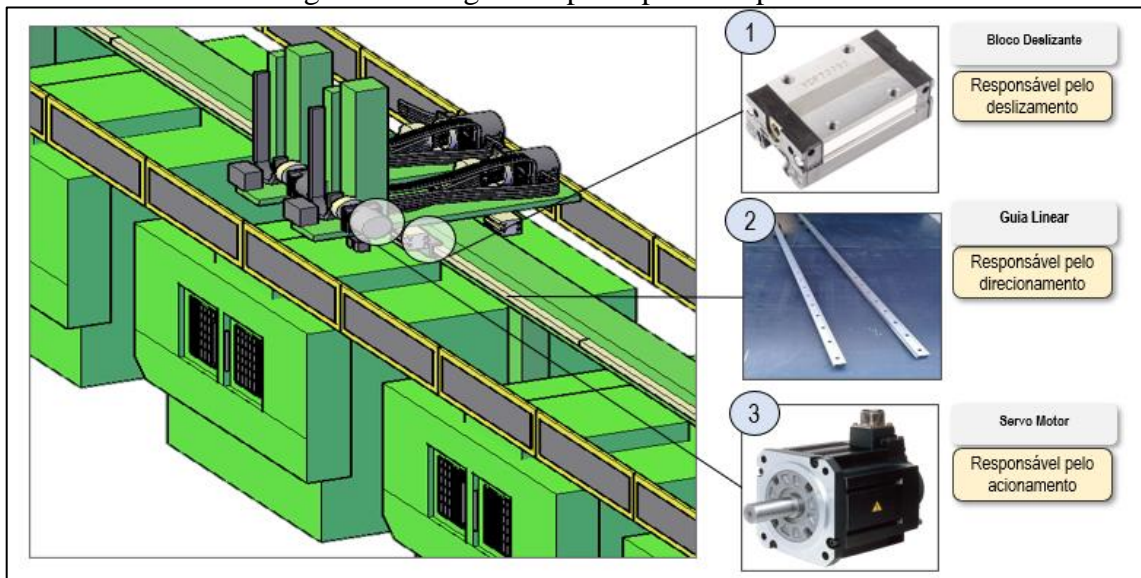


Onde, em 2020 foram utilizados em média 12,56 horas com manutenções não planejadas por mês. E com isso estimou-se uma redução de 40% na média dos meses do ano 2021.

3.2.3 Equipamento para carregamento (Load Gantry)

Para entendimento da falha do equipamento é necessário primeiramente entender o funcionamento da máquina. O equipamento é responsável pelo carregamento do produto entre as cabines de usinagem denominado *Load Gantry*. Possuem dois guias lineares ao longo do percurso para direcionamento do transportador, quatro blocos deslizantes de rolamento esfera para deslocamento ao longo do guia e possuem dois servos motores responsáveis por tracionar o transportador (ver figura 7).

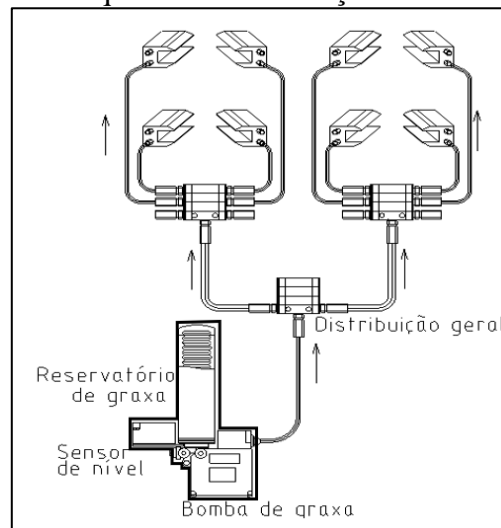
Figura 7 Carregador e principais componentes



Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD e ilustrações da manutenção (2021)

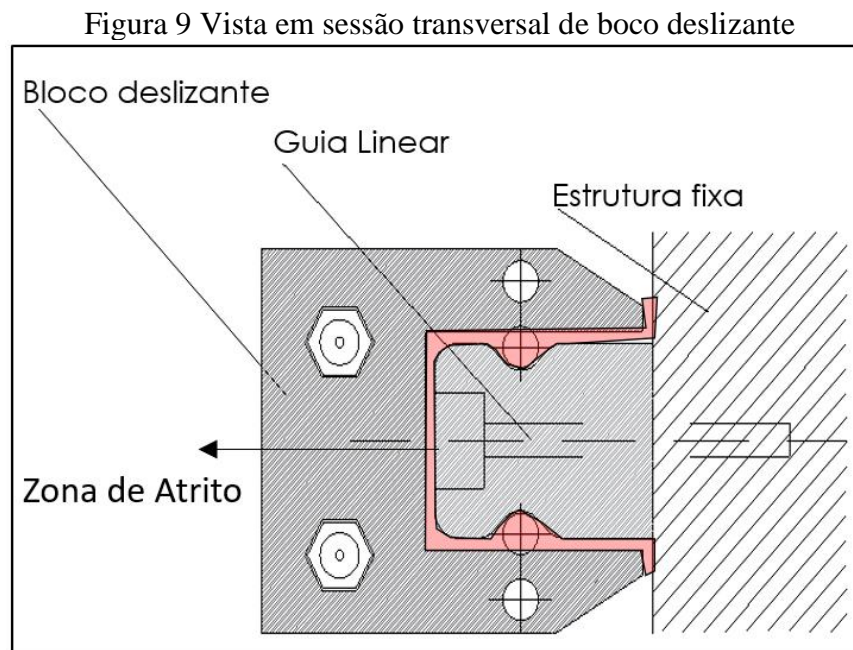
Os carregadores *Load Gantry* possuem um sistema de lubrificação automático dos guias e blocos deslizantes, conforme esquema de figura 8.

Figura 8 Esquema de distribuição de lubrificação



Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

O equipamento possui distribuição de graxa automática nos blocos deslizantes ilustrados na parte superior da figura 8. E é possível entender a causa da necessidade de troca por meio da vista em sessão transversal da figura 9.

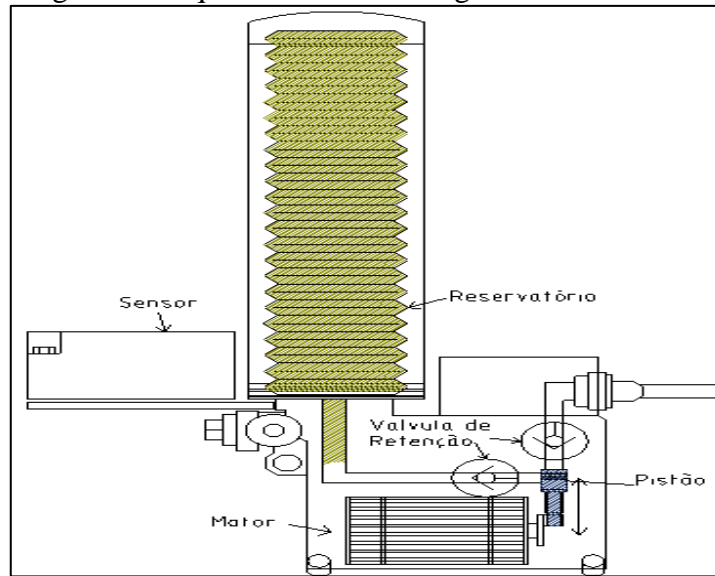


Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

A falha ocorre devido ausência de lubrificação entre o guia linear e o bloco deslizante causando desgaste dos componentes e conseqüentemente sobrecarga no servo motor.

O sistema de lubrificação possui um reservatório que deve ser abastecido manualmente e um motor para pressurizar o fluido lubrificante até os blocos deslizantes (ver figura 10).

Figura 10 Esquema de bomba de graxa e reservatório

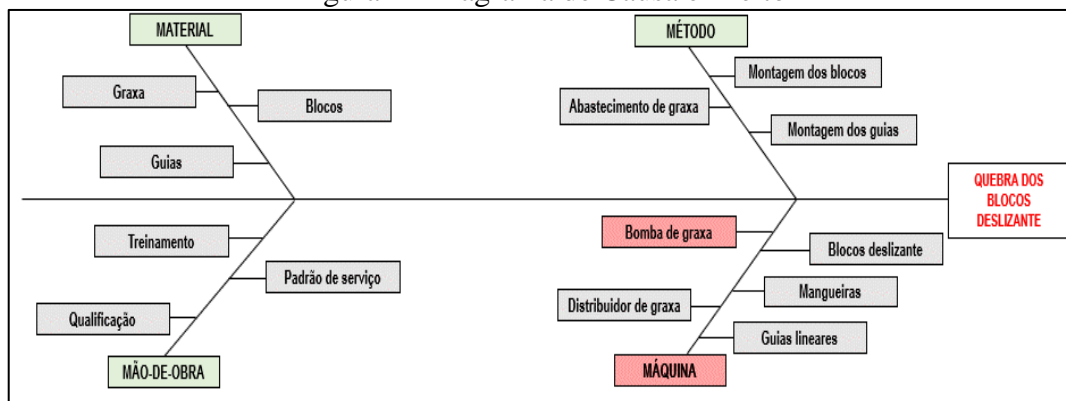


Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

3.2.4 Análise das causas

Com auxílio da ferramenta para análise de causa e efeito foi feito um estudo para verificar as causas que originam da quebra do equipamento, conforme figura 11.

Figura 11 Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Próprio autor por meio de Powerpoint (2021)





O gráfico de causa e efeito permitiu estratificar e analisar os possíveis causadores do problema. Quanto ao material, foram verificadas as especificações dos materiais utilizados no processo de operação da máquina, como por exemplo, a graxa, os blocos e os guias.

Relacionado ao método, foram verificados o procedimento de montagem dos blocos, dos guias, e de abastecimento da graxa no reservatório.

Relacionado a mão de obra, foram verificados os documentos de treinamento e qualificação dos prestadores do serviço.

Por fim, foram analisados os itens relacionados a máquina e detectado possível falha na bomba de alimentação graxa a qual é responsável por lubrificar o guia do equipamento (ver quadro 2).

Quadro 2 Tabela de Causa e Efeito

4Ms	Ponto Problemático	Laudos
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento de graxa em local amplo e arejado; • Peças utilizadas conforme fabricante. 	
Mão de Obra	<ul style="list-style-type: none"> • Equipe mecânica realizam a atividade de reabastecimento da graxa manual; • Técnicos qualificados realizam a manutenção preventiva do equipamento. 	
Método	<ul style="list-style-type: none"> • Padrão de serviço; • Treinamento; • Utilização da Folha de Checagem de Equipamento (FCDE). 	
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de graxa não estava pressurizando graxa para o sistema. 	

Fonte: Próprio autor por meio de Powerpoint (2021)

Para aprofundamento na causa raiz do problema foi utilizado a ferramenta dos 5 porquês (ver quadro 3).

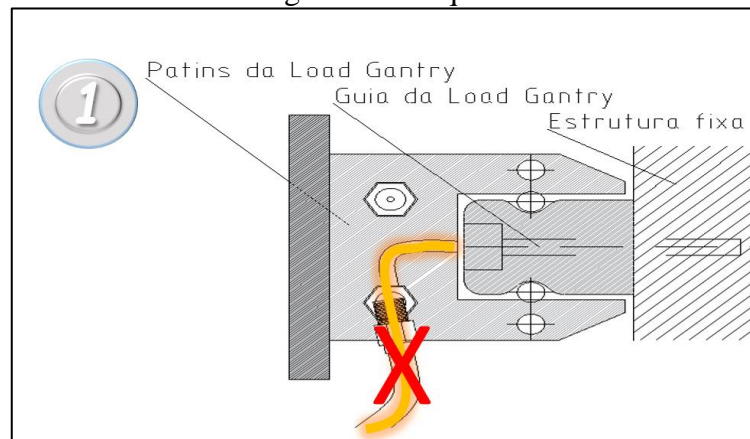
Quadro 3 Tapela dos 5 Porquês

1 POR QUÊ?	Os blocos não estavam recebendo graxa.
2 POR QUÊ?	A bomba não tinha pressurização
3 POR QUÊ?	Ocorria entrada de ar na bomba fazendo com que a bomba fizesse ciclos sem ser lubrificada
4 POR QUÊ?	A equipe terceirizada, responsável pelo reabastecimento, não segue um padrão de serviço
5 POR QUÊ?	Não existe um padrão de serviço de como realizar a atividade

Fonte: Próprio autor por meio de Powerpoint (2021)

O problema inicia-se pela ausência de graxa entre o bloco deslizante e o guia o linear conforme figura 12.

Figura 12 Por quê 1

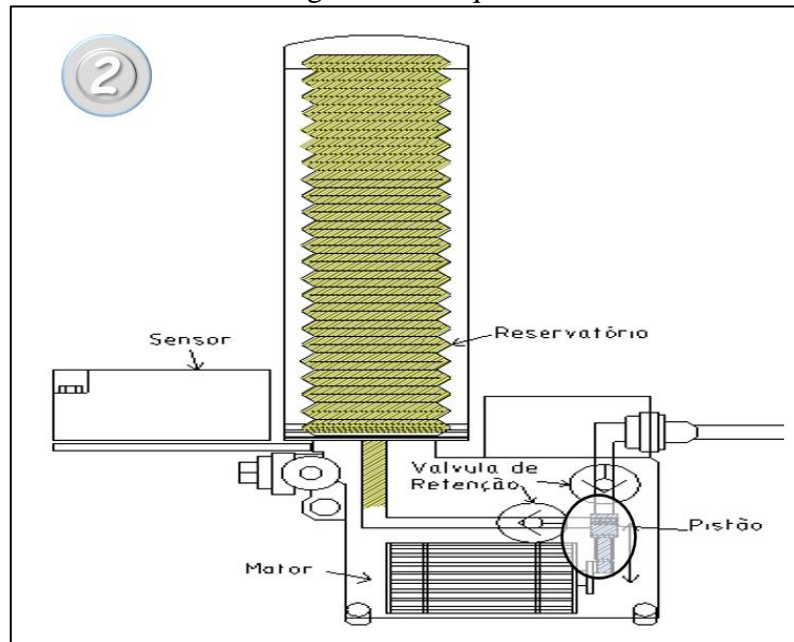


Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

Ao analisar o motivo da ausência de graxa, foi possível detectar que a graxa não foi pressurizada corretamente pela bomba próximo ao reservatório (ver figura 13).

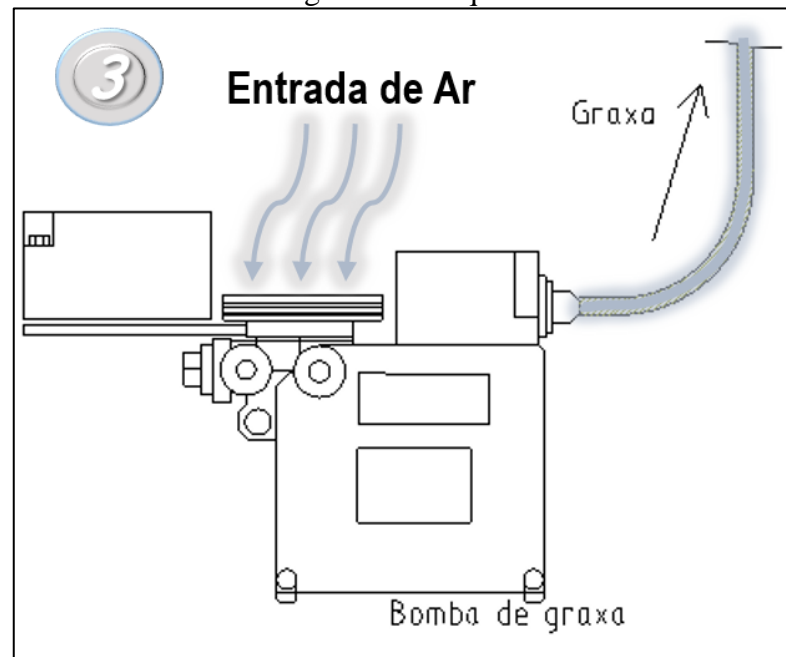
A falha na bomba de graxa foi ocasionada devido ausência de fluido no pistão e resistência ao deslocamento gerada pela viscosidade da graxa no interior da tubulação (ver figuras 13 e 14).

Figura 13 Por quê 2



Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

Figura 14 Por quê 3

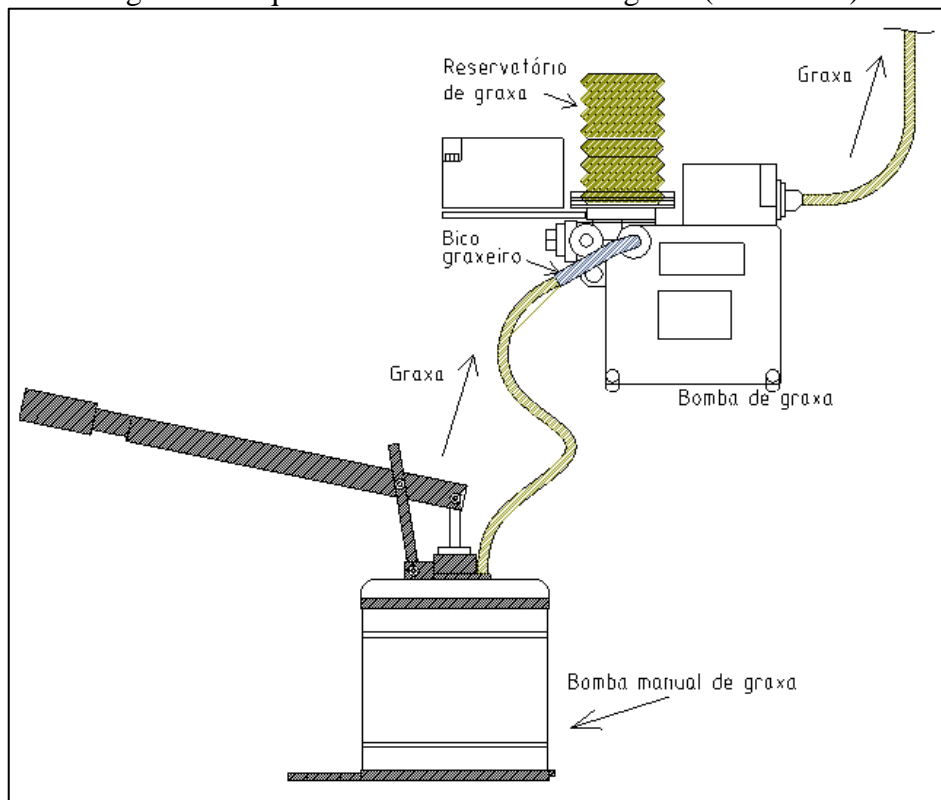


Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

Por fim, foi possível detectar que a ausência de fluido no pistão foi causada pelo método de abastecimento de graxa. Não havia um método padrão para execução da atividade pela equipe de funcionários terceirizados, sendo possível detectar, ora sendo realizado pelo bico graxeiro sem desconexão do reservatório (ver figuras 15 e 16) e ora sendo realizado

desmontando-se o reservatório causando fluxo de graxa interrompida, gerando coluna de ar na tubulação interna da bomba (graxa não chega a bomba devido a viscosidade conforme figuras 17 e 18).

Figura 15 Esquema de abastecimento de graxa (método 01)



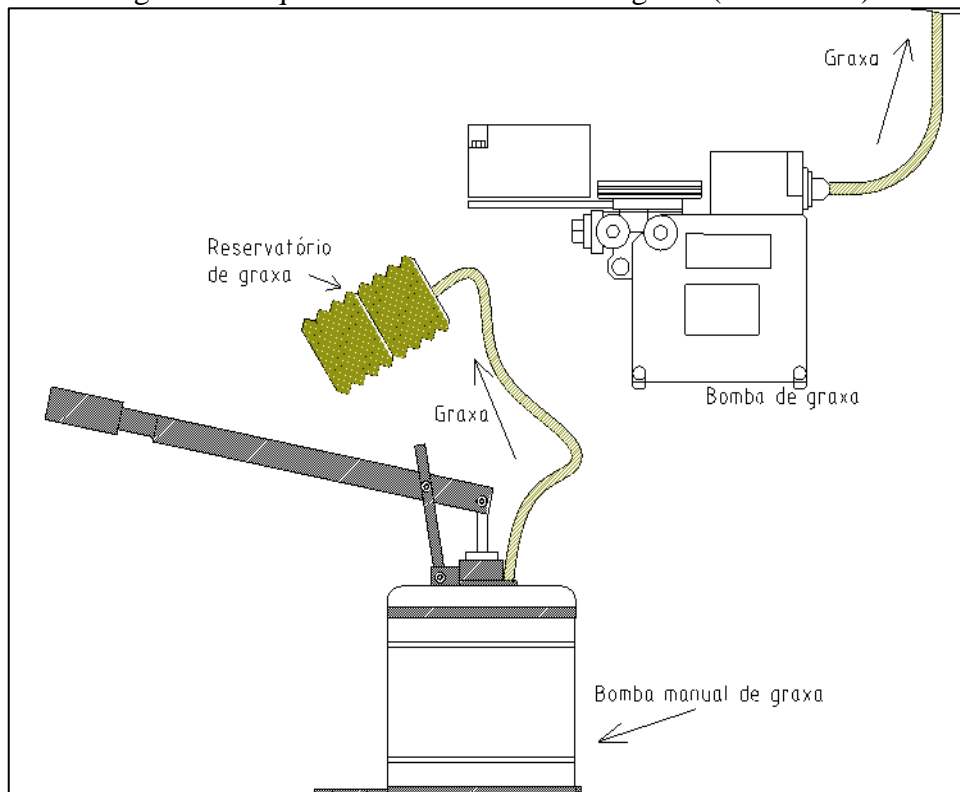
Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

Figura 16 Foto de Método 01



Fonte: Manutenção usinagem (2020)

Figura 17 Esquema de abastecimento de graxa (Método 02)



Fonte: Próprio autor por meio de AutoCAD (2021)

Figura 18 Foto de Método 02



Fonte: Manutenção usinagem (2020)

3.2.5 Análise das soluções propostas

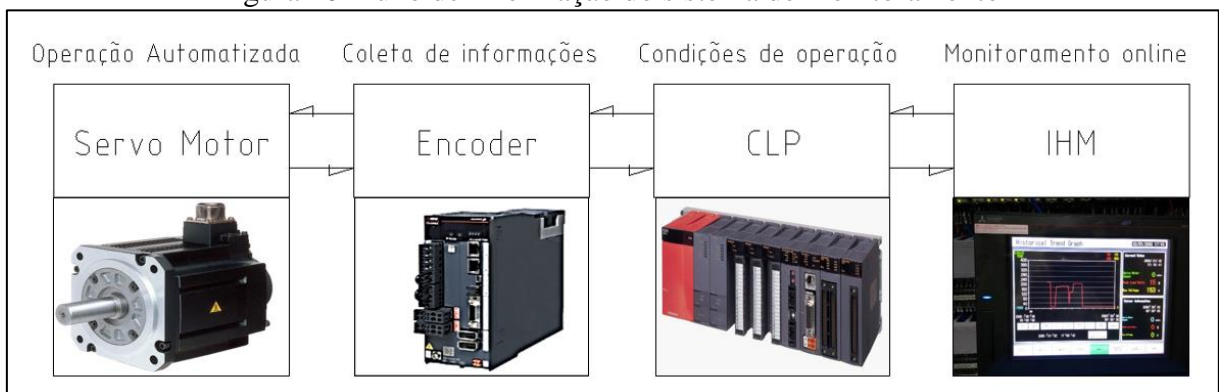
Visto que o problema de dano no equipamento é causado pelo método não definido de abastecimento de graxa no reservatório, uma possível solução seria a elaboração do documento orientativo de procedimento padrão, ponto de atenção para o problema e documento de checagem diária. Documentos foram solicitados e elaborados pelo departamento responsável (ver figura 19) porém do ponto de vista qualitativo, a essa ação não anula a possibilidade do problema ocorrer reincidentemente devido a alta rotatividade dos funcionários terceirizados.

Visto a possibilidade de falha do plano de ação inicial foi iniciado um estudo para implementação de um sistema de monitoramento automatizado denominado por Maesterelli; Napoleão (2018) sistema supervisorio, o qual tornaria possível a detecção e alerta do problema de forma antecipada possibilitando o planejamento de reparo e evitando parada de linha não planejada.

3.2.6 Implementação

O processo de implementação foi realizado utilizando os equipamentos já existentes no processo como o servo motor do transportador, o *Encoder* do servo o CLP (Controlador Lógico Programável) e o IHM (Interface Homem Máquina). E criando uma comunicação entre esses componentes para monitoramento online dos dados do servo (ver figura 20).

Figura 20 Fluxo de informação do sistema de monitoramento

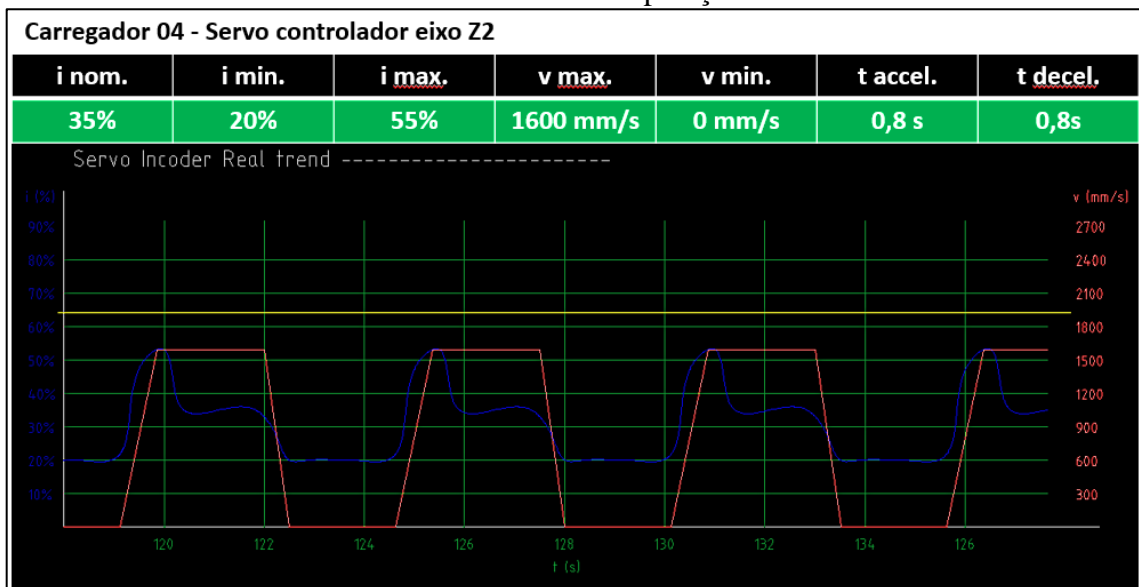


Fonte: Próprio autor por meio de Powerpoint (2021)

Foram quantificados os parâmetros de trabalho do Servo, e verificados que o servo motor do transportador trabalha com velocidade nominal de 1600mm/s e com 0,8 segundos de *accel.e decel.*, o que significa que o motor utilizara 0,8 segundos de aceleração para atingir a velocidade nominal e 0,8 segundos para desacelerar da velocidade nominal até o repouso.

Além disso, foi possível obter por meio do *Encoder* do Servo motor a taxa de corrente elétrica de trabalho utilizada pelo servo motor em relação ao tempo (ver gráfico 4 abaixo).

Gráfico 4 Gráfico de consumo de corrente elétrica e velocidade em função do tempo, do Servo motor durante sua operação normal



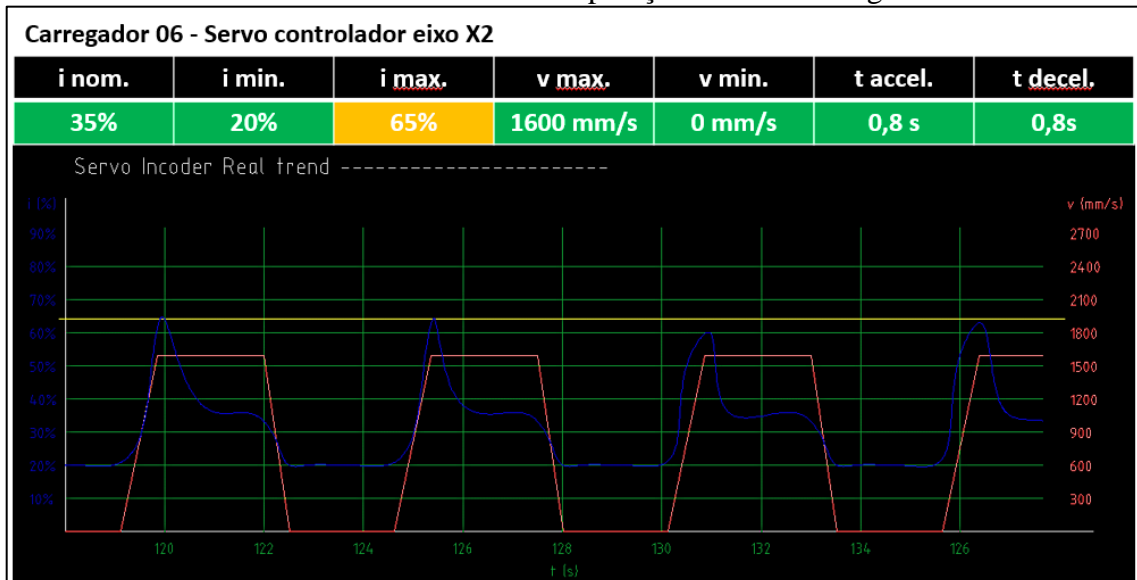
Fonte: *Encoder* Mitsubishi da usinagem (2021)

Onde a linha em azul representa a corrente elétrica em função do tempo, em vermelho a velocidade do servo motor em função do tempo e a linha em amarelo é a delimitação traçada para a corrente elétrica.

E quando sobrepomos o gráfico de corrente elétrica e de velocidade do servo é possível obter o resultado do gráfico acima, onde foi possível perceber o pico de corrente, em aproximadamente 55%, durante a aceleração do servo até a velocidade nominal. Após atingimento da velocidade nominal há uma redução no consumo de corrente elétrica para 35% da capacidade do servo.

Com base nisso, foi traçado uma delimitação no *Encoder* para notificar por meio do IHM toda vez que a corrente atingir valor acima de 65% da capacidade do servo. Caso ocorra um padrão de gráfico em que a corrente ultrapasse 65%, significará que o servo estará trabalhando em condições de esforço anormal. O gráfico 5 abaixo, foi obtido quando um dos blocos de deslizamento do carregador 06 estava operando sem lubrificação adequada.

Gráfico 5 Gráfico de consumo de corrente elétrica e velocidade em função do tempo, do Servo motor durante sua operação com sobrecarga



Fonte: Encoder Mitsubishi da usinagem (2021)

No gráfico acima foi possível detectar que a corrente máxima de trabalho do servo estava operando em condições fora do especificado previamente. E além disso foi possível criar um monitoramento via IHM com *status* de operação de todos os itens críticos do processo de usinagem, onde fica demarcado de verde os equipamentos em condições dentro do especificado, em amarelo os equipamentos operando em condições fora do especificado e em vermelho os equipamentos parados, conforme figura 21.

Figura 21 Painel de monitoramento de equipamentos online

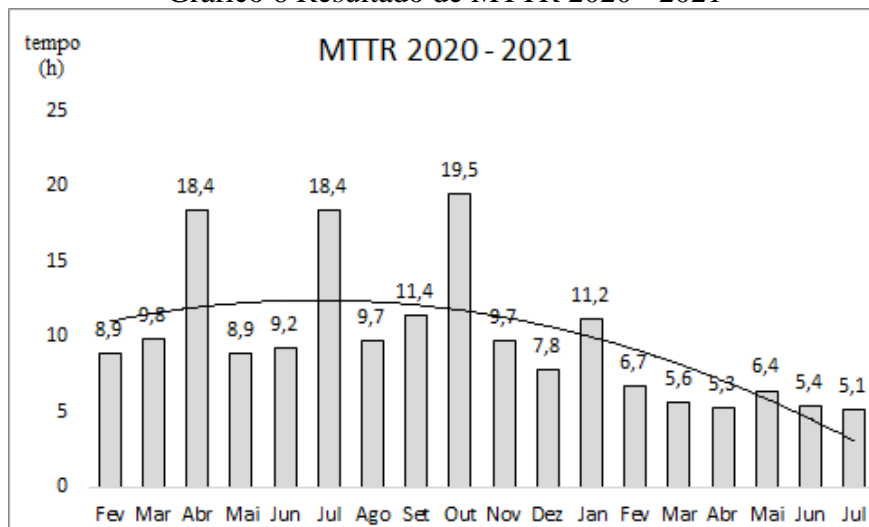
MONITORAMENTO ONLINE				
USINAGEM 01	USINAGEM 02	USINAGEM 03	USINAGEM 04	USINAGEM 05
● Carregador 01 X1	● Carregador 03 X1	● Carregador 05 X1	● Carregador 07 X1	● Carregador 09 X1
● Carregador 01 X2	● Carregador 03 X2	● Carregador 05 X2	● Carregador 07 X2	● Carregador 09 X2
● Carregador 01 Z1	● Carregador 03 Z1	● Carregador 05 Z1	● Carregador 07 Z1	● Carregador 09 Z1
● Carregador 01 Z2	● Carregador 03 Z2	● Carregador 05 Z2	● Carregador 07 Z2	● Carregador 09 Z2
● Estação 01	● Estação 07	● Estação 13	● Estação 19	● Estação 25
● Estação 02	● Estação 08	● Estação 14	● Estação 20	● Estação 26
● Estação 03	● Estação 09	● Estação 15	● Estação 21	● Estação 27
● Carregador 02 X1	● Carregador 04 X1	● Carregador 06 X1	● Carregador 08 X1	
● Carregador 02 X2	● Carregador 04 X2	● Carregador 06 X2	● Carregador 08 X2	
● Carregador 02 Z1	● Carregador 04 Z1	● Carregador 06 Z1	● Carregador 08 Z1	
● Carregador 02 Z2	● Carregador 04 Z2	● Carregador 06 Z2	● Carregador 08 Z2	
● Estação 04	● Estação 10	● Estação 16	● Estação 22	
● Estação 05	● Estação 11	● Estação 17	● Estação 23	
● Estação 06	● Estação 12	● Estação 18	● Estação 24	

Fonte: Manutenção usinagem (2021)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizando o monitoramento dos resultados de parada de linha não planejadas segundo o resultado acumulado de MTTR foi possível verificar que durante o processo de implementação entre os meses de janeiro e junho, houve um decaimento no indicador de 48% comparando com o ano anterior (ver gráfico 6).

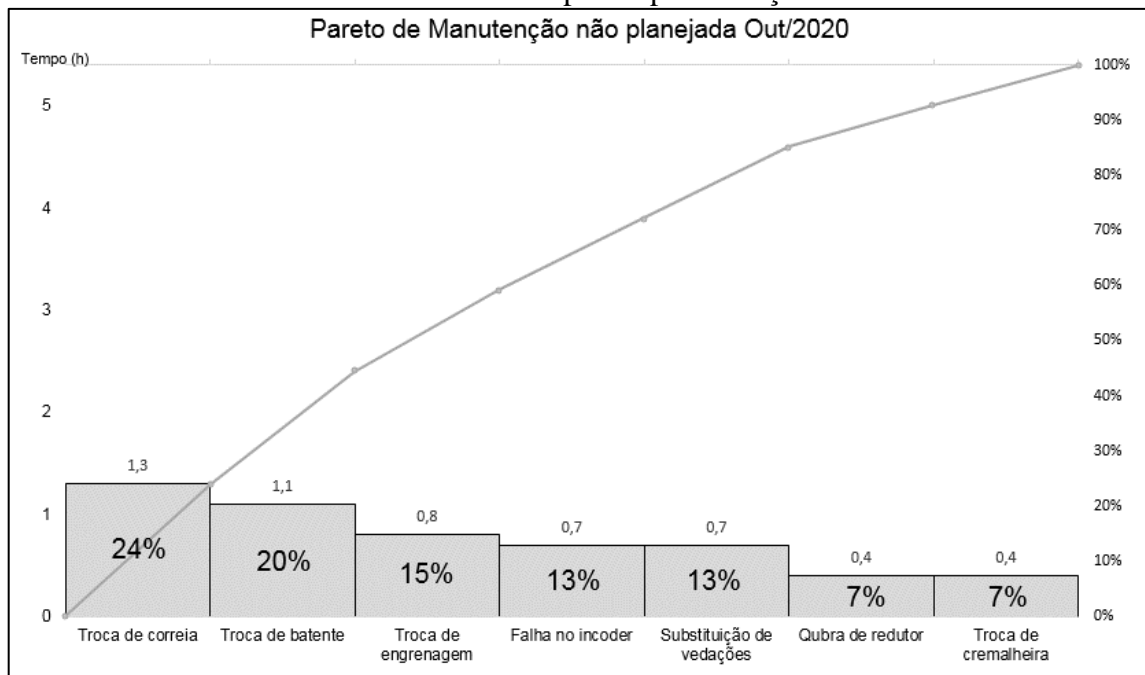
Gráfico 6 Resultado de MTTR 2020 - 2021



Fonte: Manutenção usinagem (2021)

Foi plotado o gráfico de Pareto do mês de junho de 2021 e foi possível notar uma distribuição mais uniforme das paradas não planejadas e não havendo mais paradas não planejadas por troca de guias pois este problema passou a ser detectado de forma antecipada e sendo possível planejar o reparo do equipamento (ver gráfico 7). O problema do guia do carregador deixou de estar nas manutenções corretivas e passando a estar nas manutenções preventivas.

Gráfico 7 Pareto pós implementação



Fonte: Manutenção usinagem (2021)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado ao longo da monografia, observou-se a importância que a automação proporciona nos equipamentos industriais, trazendo como benefício redução de custos com peças; redução de inoperância de equipamentos; melhora nos indicadores MTBF e MTTR; E, indo mais além, na busca de encontrar a verdadeira causa do raiz do problema, indo ao local onde ocorreu o fato, depois entrando em contato com os elementos reais (técnicos ou humanos) e por fim, a tomada de decisão realista sempre baseada em informações obtidas no local da ocorrência e conhecendo bem a realidade como um todo. Neste trabalho, foi identificado problemas relacionados a inoperância de equipamentos, onde o equipamento apresentava falhas funcionais, e partir disso, foi feita uma busca sucinta da verdadeira causa raiz, onde foi iniciado uma investigação para resolução da problemática, a qual trouxe como benefício uma redução de 48% de índice de inoperância de equipamento.

Os conteúdos aqui apresentados demonstram que muitas outras pesquisas ainda podem ser realizadas sobre equipamentos industriais que utilizam servos motores para gerar seus próprios autodiagnósticos gerando gráficos de carga e corrente e assim surgir tomadas de decisões mais precisas, devido à importância do tema e inúmeras contribuições para o meio acadêmico, com a finalidade de atingir mais pessoas no meio acadêmico onde possam aplicar essa metodologia em outros equipamentos.

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros para uma investigação mais aprofundada nas ferramentas da qualidade como PDCA e MASP para redução de perdas e aumento da eficiência operacional, bem como utilização das outras ferramentas complementares da qualidade, como Diagrama de Ishikawa, FTA, FMEA, GUT para comparação de resultados. Outra sugestão interessante seria a análise de viabilidade de implantação do monitoramento nos servos das máquinas de usinagem CNC para gerar dados dos blocos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Norma TB-116 de 1975.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR -5462 – versão revisada de 1994.

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

CONTADOR, José Celso. **Gestão de Operações: A Engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. Blucher, 1998

CORREA, Henrique L.;GIANESI, Irineu G.N. **Just in time, MRP II E OPT: Um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1996.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da Manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

CURY NETTO, Wady Abrahão. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias**, 53 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

FARIAS, Tamires Severo. **Eficiência operacional e os sete desperdícios do sistema Toyota: Estudo de caso de uma indústria de embutidos**. 2018. 60 f. TCC (Graduação) –Bacharel em Administração, Universidade de Passo Fundo, Sarandi, 2018.

FREITAS, Laís Fugênio. **Elaboração de um plano de manutenção em uma pequena empresa do setor metal mecânico de juiz de fora com base nos conceitos da manutenção preventiva e preditiva**. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2016.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time: automação e zero defeitos**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

I. Djekic , I. Tomasevic. **Capítulo 3 - Indicadores ambientais na cadeia da carne**. SS Muthu (Ed.) , Quantificação de Indicadores de Sustentabilidade no Setor Alimentar (primeira ed.) , Springer Cingapura , SIngapore (2018) , pp. 55 - 82

IWATA, Anderson Kiyoshi Nakamura. **Análise e aplicação de melhoria da eficiência produtiva na linha de produção em uma indústria de montagem de módulo LCD**. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Intituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro. Manaus, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br>. Acesso em: 13 Ago. 2021.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LINS, B., 1993. **Ferramentas básicas de qualidade**. Disponível em: www.belins.eng.br. Acesso em: jul de 2021.

MAESTRELLI, Giovani Andrey; NAPOLEAO, Guilherme Szemczak. **Sistema supervisorio para monitoramento de energia elétrica residencial**. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

MATSUMOTA, Leonardo. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e gestão da manutenção industrial**. Espacios. Vol. 36 (Nº 10) Ano 2015. Pág. 12.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **Manutenção - combate aos custos da não-eficácia – a vez do Brasil**. São Paulo: MAKRON Books: McGraw-Hill, 1993.

MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

MONKS, J. G. **Administração da Produção**. São Paulo: Ebras/Durban, 1989.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Tradução por Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PEREIRA, Mário Jorge. **Técnicas Avançadas de Manutenção**. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2010. 80 p.

PINTO, A. K; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

SILVA, Leonardo David de Mattos. **Redução de Custos de Produção na Indústria Automotiva por Meio de Kaizen Identificando no Mapeamento do Fluxo de Valor**. 2016. 61 f. TCC (Graduação) – Bacharel em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção com estoque zero: do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução por Lia Weber Mendes. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

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.

WYREBSK, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total. Um Modelo Adaptado. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy>> Acesso em: 13 Ago. 2021.

ZEN, Milton Augusto Galvão. **Indicadores de manutenção.** Disponível em: <<http://www.mantenimentomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/indicadoresBR.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2021.