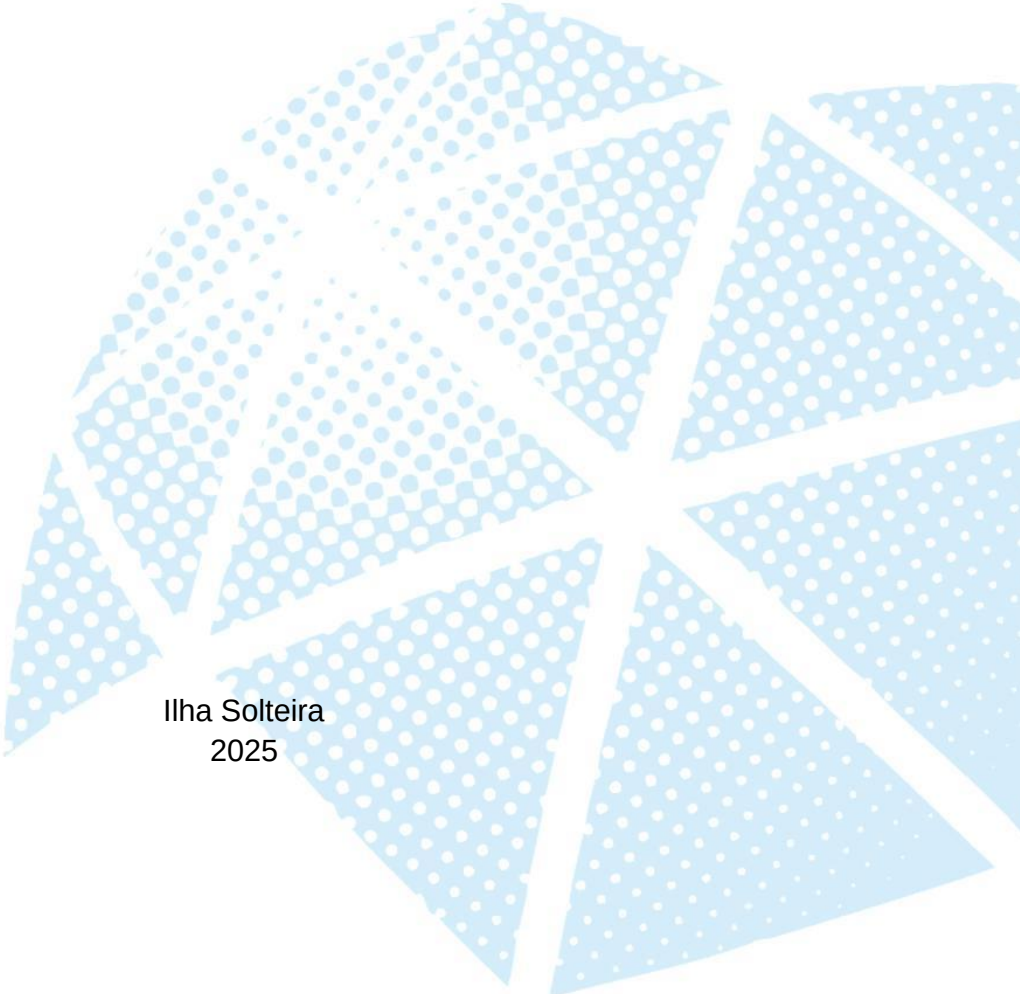


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LUCAS MARTINS

**GERENCIAMENTO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE ATIVOS DENTRO DO
CONTEXTO DA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS.**



Ilha Solteira
2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LUCAS MARTINS

**GERENCIAMENTO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE ATIVOS DENTRO DO
CONTEXTO DA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS.**

Categoria do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

**Prof. Dr. Miguel Ângelo Menezes
Orientador**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Martins, Lucas.

M386g Gerenciamento de custos de manutenção de ativos dentro do contexto da indústria de autopeças / Lucas Martins. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
59 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2025

Orientador: Miguel Ângelo Menezes

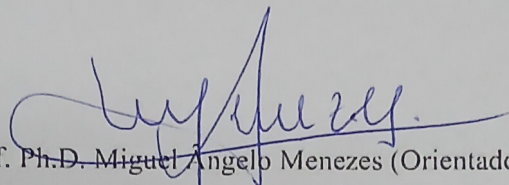
Inclui bibliografia

1. Gestão estratégica. 2. Planejamento da manutenção. 3. Tpm. 4.
Manutenção preditiva. 5. Empresa automotiva.

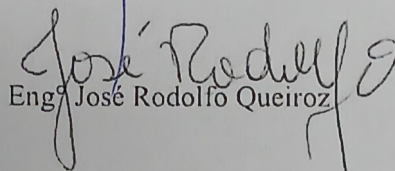
ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Ao 31 dia do mês de Março do ano de dois mil e vinte e cinco, as 18h30min, por videoconferência, no Departamento de Engenharia Mecânica, do Campus da UNESP, da Faculdade de Ilha Solteira, o discente **Lucas Martins**, matriculado sob o número 211050148, tendo como banca examinadora o orientador Prof. Ph.D. Miguel Ângelo Menezes, o Engenheiro José Rodolfo Queiroz e o Prof. Dr. Amarildo Paschoalini apresentou o Trabalho de Graduação intitulado: "*Gerenciamento De Custos De Manutenção De Ativos Dentro Do Contexto Da Indústria De Autopeças*", obtendo o conceito final (9,5) Nove e Meio.

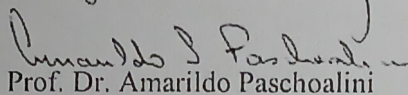
Por ser verdade, os membros da banca examinadora e o discente assinam em seguida.



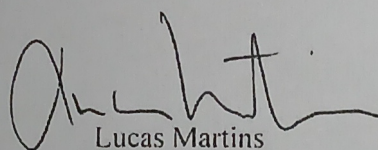
Prof. Ph.D. Miguel Ângelo Menezes (Orientador)



Engº José Rodolfo Queiroz



Prof. Dr. Amarildo Paschoalini



Lucas Martins

AGRADECIMENTOS

A todos os docentes e colaboradores da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP FEIS, por serem partes importantes em meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

A todos os meus amigos de curta ou longa data, minha família pela paciência, e a Equipe Zebra Aerodesign, que me ajudaram a ter sucesso nessa caminhada. Por estarem comigo nos tempos bons e ruins, nos dias, noites e madrugadas. Em especial aos amigos do Ivo e Bortoletto, pela caminhada lado a lado na faculdade.

Agradeço a minha companheira e melhor amiga Mariane Cordeiro Gasques, pela força companheirismo e ajuda que sem isso esse trabalho não seria feito.

Ao professor Miguel Ângelo Menezes, por aceitar ser meu orientador, educador ao longo dos anos de curso e por me apoiar nessa jornada.

RESUMO

MARTINS, Lucas; MENEZES, Miguel Ângelo. GERENCIAMENTO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE ATIVOS DENTRO DO CONTEXTO DA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS. 2025. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2025.

Por causa da globalização, do crescimento da concorrência e do avanço tecnológico significativo, as empresas precisam procurar constantemente maneiras de melhorar sua eficiência. A manutenção desempenha um papel fundamental no contexto de qualquer indústria e organização. A elevada competitividade requisitada para se manter relevante no mercado trouxe uma mudança gradual, no âmbito da manutenção industrial, vendo como oportunidade o papel de uma organização cada vez mais eficiente e efetiva. Este trabalho enfatiza a importância estratégica da gestão de manutenção e a influência dos indicadores de desempenho, TPM e ferramentas de *Business Intelligence* na eficiência e eficácia das operações de manutenção, tendo como objetivo avaliar as diversas técnicas disponíveis para resolver problemas e dificuldades que fazem parte dos custos do gerenciamento de ativos de qualquer empresa. Dentro do contexto de uma indústria de autopeças, o presente trabalho faz uma análise dos principais conceitos, técnicas e ferramentas dentro da gestão de manutenção. São levantados os principais problemas e dificuldades para ser traçado uma gestão de manutenção eficaz utilizando diferentes técnicas com o objetivo final de redução de custos nos diferentes aspectos que envolvem a gestão de custo. Com base nos argumentos e referências apresentados, é indicado que a função da manutenção deve ser considerada estratégica dentro da empresa, que deveria ser utilizada para reduzir os custos totais do processo de produção, e daí numa nova perspectiva, vista como um investimento ao invés de uma despesa.

Palavras-chave: Gestão Estratégica, Planejamento da Manutenção, TPM, Manutenção Preditiva, Empresa automotiva.

ABSTRACT

*MARTINS, Lucas; MENEZES, Miguel Ângelo. **ASSET MAINTENANCE COST MANAGEMENT WITHIN THE CONTEXT OF THE AUTO PARTS INDUSTRY**. 2025. TCC (Graduation Work) – Mechanical Engineering, UNESP – São Paulo Estate University, Ilha Solteira Campus, Ilha Solteira, 2025.*

Due to globalization, growing competition and significant technological advances, companies need to constantly look for ways to improve their efficiency. Maintenance plays a fundamental role in the context of any industry and organization. The high level of competitiveness required to remain relevant in the market has brought about a gradual change in the scope of industrial maintenance, seeing the role of an increasingly efficient and effective organization as an opportunity. This paper emphasizes the strategic importance of maintenance management and the influence of performance indicators, TPM and Business Intelligence tools on the efficiency and effectiveness of maintenance operations, aiming to evaluate the various techniques available to solve problems and difficulties that are part of the asset management costs of any company. Within the context of an auto parts industry, this paper analyzes the main concepts, techniques and tools within maintenance management. The main problems and difficulties are raised to outline an effective maintenance management using different techniques with the ultimate goal of reducing costs in the different aspects involving cost management. Based on the arguments and references presented, it is indicated that the maintenance function should be considered strategic within the company, which should be used to reduce the total costs of the production process, and from there, in a new perspective, seen as an investment rather than an expense.

Keywords: Strategic Management, Maintenance Planning, TPM, Predictive Maintenance, Automotive Company.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Ciclo PDCA	22
FIGURA 02 - Custos Versus Nível De Manutenção.....	27
FIGURA 03 - Pilares do TPM.....	31
FIGURA 04 - Etapas do Modelo de Manutenção Corretiva na Empresa A.....	37
FIGURA 05 - Etapas do Modelo de Manutenção Preventiva na Empresa A.....	38
FIGURA 06 - Etapas do Modelo de Manutenção Preditiva na Empresa A	39
FIGURA 07 - <i>Dashboard</i> de Priorização dos Atendimento de Manutenção.....	42
FIGURA 08 - Exemplo de 5S.....	45
FIGURA 09 - Exemplo de Análise Termográfica.....	47
FIGURA 10 - Exemplo de Análise de Vibração.....	48
FIGURA 11 - Exemplo de Análise de Óleos.....	49
FIGURA 12 - Quadro de gerenciamento atividades TPM.....	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Tipos de Manutenção Preditiva.....	19
TABELA 02 - Principais Desvios na Manutenção Corretiva na Empresa A.....	41
TABELA 03 - Exemplo de Lista de Peças de um Torno Romi	44
TABELA 04 - Tipos de Atividades de Manutenção ABC.....	45
TABELA 05 - Indicações de Documentos, Indicadores e Metas do TPM.....	51

LISTA DE SIGLAS

5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

ANSI – *American National Standards Institute* (Instituto Nacional Americano de Padrões)

CBM – *Condition Based Maintenance* (Manutenção Baseada em Condição)

CMMS – *Computerized Maintenance Management System* (Sistema Computadorizado de Gestão de Manutenção)

ERP – *Enterprise Resource Planning* (Planejamento dos Recursos da Empresa)

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de Modo e Efeito de Falhas)

IDE – *Integrated Development Environment* (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

IATF – *International Automotive Task Force* (Força-Tarefa Internacional Automotiva)

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

JIT – *Just In Time* (Justo ao Tempo)

KPI – *Key Performance Indicators* (Indicadores-chave de Desempenho)

LPP – Lição Ponto a Ponto

MAE – *Machine and Equipments* (Máquinas e Equipamentos)

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio para Reparar)

PBI – Power BI

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDCA – *Plan, Do, Check, Act* (Planejar, Fazer, Verificar, Agir)

PLC – *Programmable Logic Controller* (Controlador Lógico Programável)

OS – Ordem de Serviço

RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção Centrada em Confiabilidade)

RFID – *Radio Frequency Identification* (Identificação por Rádio Frequência)

TBF – *Time Between Failures* (Tempo Entre Falhas)

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

TTR – *Total Time to Repair* (Tempo Total de Reparação)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO TEÓRICA	12
1.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	12
1.2 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO	13
1.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO	13
1.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA	13
1.3.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO-PLANEJADA	14
1.3.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA	14
1.3.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	15
1.3.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA	16
1.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	19
1.5 INDICADORES DE DESEMPENHO	20
1.6 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)	21
1.7 CICLO PDCA	22
1.8 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM	24
1.8.1 OS OITO PILARES DA TPM	25
1.8.2 5S	27
1.9 CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	28
1.10 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)	29
1.11 CUSTOS DE MANUTENÇÃO	30
1.12 GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO	32
2 OBJETIVOS	33
3 METODO DE PESQUISA	34
3.1. CLASSIFICAÇÃO QUANTO À NATUREZA DA PESQUISA	34
3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FORMA DE ABORDAGEM DO PROBLEMA	34
3.3. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA	34
3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA	35
3.5 METODOLOGIA	35
4 ESTUDO DE CASO: EMPRESA FORNECEDORA DE AUTOPEÇAS	36
4.1 PRODUÇÃO	36
4.2 SETOR DE MANUTENÇÃO	36
4.3 PROCESSO DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA A	37
5 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 CUSTOS DE MANUTENÇÃO	41
5.2 PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA	41
5.3 PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	46

5.4 PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA	48
5.5 PEÇAS DE REPOSIÇÃO OBSOLETAS	51
5.6 ATIVIDADES MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	51
6 CONCLUSÃO	54
6.1 PROPOSTA PARA FUTUROS TRABALHOS	54
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO TEÓRICA

1.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Manutenção é um conceito que sempre existiu corrigindo, reparando e retornando itens ao seu funcionamento adequado. Segundo Paschoal et al (2009) a visão clássica da manutenção é o reparo de itens danificados sendo analisado por essa perspectiva limitada, as atividades de manutenção estariam restritas a tarefas reativas de ações de reparo.

Durante o curso da evolução da indústria, o papel desempenhado pela manutenção sofreu uma transformação significativa. As atividades de manutenção passaram por mais mudanças do que qualquer outra área, à medida que novos requisitos de negócios emergiram, impulsionando, o avanço constante desse campo. A partir de 1930 a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações (KARDEC, 2004).

Segundo Soeiro (2017) na primeira geração da manutenção as empresas possuíam relativa estabilidade e previsibilidade dos negócios, as indústrias eram pouco mecanizadas, os equipamentos possuíam baixa tecnologia com equipamentos superdimensionados e como não havia demanda para uma variedade de produtos o custo de estoque não era elevado para empresa. Soeiro (2017) afirma que para a manutenção sistematizada não era necessário somente reparo, limpeza e lubrificação, ou seja, basicamente manutenção corretiva.

A segunda geração de acordo com KARDEC (2004) ocorreu entre os anos 50 e 70 pós segunda guerra mundial com a mão de obra escassa a necessidade de mecanização cresceu e também a complexidade do maquinário industrial. A indústria passou a depender muito do bom funcionamento das máquinas para assegurar uma maior produtividade, o que resultou na criação do conceito de manutenção preventiva (KARDEC, 2004).

O custo da manutenção também começou a se elevar muito em comparação com outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que, hoje, são parte integrante da manutenção moderna (KARDEC, 2004). O aumento da complexidade técnica, equipamentos de tecnologia mais avançada e o desenvolvimento da eletrônica embarcada nos equipamentos foram alguns fatores do aumento de custo.

1.2 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

A presença de equipamentos cada vez mais sofisticados e de alta produtividade fez a exigência de disponibilidade ir às alturas, os custos de inatividade ou de subatividade se tornaram altos, bem altos. Então não basta se ter instrumentos de produção, é necessário saber usá-los de forma racional e produtiva. Baseadas nesta ideia, as técnicas de organização, planejamento e controle nas empresas sofreram uma tremenda evolução” (VIANA, 2002).

A melhor estratégia a ser adotada em um processo produtivo deve reduzir os custos operacionais ou aumentar a produção, entre outros efeitos, exigindo a adoção de procedimentos apropriados para cada setor de uma empresa. Para tanto, existem várias concepções que podem ser adotadas; com foco na confiabilidade, centrada no risco, baseada no negócio, com foco em qualidade total, dentre outros. O desafio na definição do método para realização da gestão da manutenção está na definição da melhor solução aplicável ao negócio, em função das várias concepções que podem ser aplicadas.

1.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com a ABNT os tipos de manutenção existentes são três: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. As atividades de manutenção agem de forma antecipada à falha, posterior ou de forma a monitorá-la, conforme o método de intervenção no sistema produtivo.

Com relação ao planejamento, a manutenção pode ser realizada de forma planejada, executada sob um tempo e condições pré-estabelecidas, ou de forma não planejada, em função da necessidade (SIQUEIRA; 2009).

1.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado (KARDEC, 2004). Quando se desenvolvem falhas, as quais se podem verificar de forma catastrófica, é efetuada manutenção corretiva de urgência devido à sua imprevisibilidade. No entanto, caso a falha seja gradual, como por exemplo o aumento do ruído, a ação de manutenção pode ser programada para uma ocasião mais conveniente (ASSIS, 2004).

Com essa abordagem, consegue-se subdividir a manutenção corretiva em duas categorias, planejada e não planejada.

1.3.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO-PLANEJADA

A correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior, aleatoriamente. Implica em altos custos e baixa confiabilidade de produção, já que gera ociosidade e danos maiores aos equipamentos, muitas vezes irreversíveis (OTANI & Machado, 2008).

Além disso, quebras aleatórias podem ter consequências bastante graves para o equipamento, isto é, a extensão dos danos pode ser bem maior. Em plantas industriais de processo contínuo como, por exemplo: petróleo, petroquímico, cimento dentre outras, estão envolvidas no seu processo elevadas pressões, temperaturas, vazões, ou seja, a quantidade de energia desenvolvida no processo é considerável (KARDEC, 2004).

Interromper tais processos de forma abrupta para reparar um determinado equipamento compromete a qualidade de outros que vinham operando em condições regulares, levando-os a colapsos após a partida ou a uma redução da produção da planta (KARDEC, 2004).

A utilização da manutenção corretiva não planejada também pode ser utilizada dentro da estratégia de manutenção onde as possíveis falhas que possam acontecer não envolvam riscos de segurança e meio ambiente e seu custo seja inferior a outro tipo de manutenção disponível (KARDEC e NASCIF, 2009, PAPIC et al., 2009.)

A análise dos custos de manutenção indica que um reparo realizado no modo corretivo-reativo terá em média um custo cerca de 3 vezes maior que quando o mesmo reparo for feito dentro de um modo programado ou preventivo (ALMEIDA, 2000).

1.3.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA

Quando a manutenção é preparada. Ocorre, por exemplo, pela decisão gerencial de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo (OTANI & MACHADO, 2008).

A manutenção, apesar de simples, pode requerer custos altíssimos, associados a: estoque de peças sobressalentes, trabalho extra, custo ociosidade de máquina e baixa disponibilidade de produção (ALMEIDA, 2000).

1.3.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com a ABNT 5462/1994 a manutenção preventiva é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Manutenção preventiva procura obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, procura prevenir (KARDEC, 2004).

Essa é a manutenção fundamental de qualquer estrutura, no entanto possui um valor elevado, em razão das peças serem trocadas e os elementos serem fortificados antes de acertarem seus limites de atividade. Em contrapartida, reduz o incidente de falhas, amplia a ociosidade dos equipamentos e há ainda a redução por danos de interrupção de produtividade. A manutenção é feita em prol de diminuir a quantidade de falhas de um ativo ou a deterioração de um serviço (MONCHY, 1987).

O problema principal desse tipo de abordagem é que nem sempre há dados suficientes, seja dos fabricantes ou projetistas, para criar planos com frequências específicas para o equipamento dentro das condições de trabalho da planta. (Almeida, 2000) cita, como exemplo, que “o tempo médio entre as falhas (TMF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e bombeando polpas abrasivas de minério”.

Como nem sempre fabricantes fornecem dados necessários para a adoção nos planos de manutenção preventiva, além das condições operacionais e ambientais terem influência de modo significativo na expectativa de degradação dos equipamentos, a definição de periodicidade e substituição deve ser estipulada para cada instalação ou no máximo plantas similares, operando também em condições similares. Isso leva à existência de duas situações distintas na fase inicial de operação:

a) Ocorrência de falhas antes de completar o período estimado, pelo mantenedor, para intervenção.

b) Abertura do equipamento/reposição de componentes prematuramente.

Evidentemente, ao longo da vida útil do equipamento não pode ser detectada a falha entre duas intervenções preventivas, o que, obviamente, implica uma ação corretiva. Outro ponto negativo em relação à manutenção preventiva é a introdução de defeitos não existentes no equipamento (KARDEC, 2004), por isso, alguns fatores devem ser levados em conta para uma política de manutenção preventiva:

- Quando não é possível a manutenção preditiva.
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatórias a intervenção, normalmente para substituição de componentes.
- Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional.
- Riscos de agressão ao meio ambiente

1.3.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, com o objetivo de definir o melhor instante para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo (OTANI & MACHADO, 2008).

A principal distinção entre a manutenção preventiva e a manutenção baseada nas condições é que, na manutenção preventiva, a intervenção ocorre assim que um intervalo de tempo previamente estabelecido se passa, enquanto a manutenção baseada nas condições depende de inspeções realizadas em períodos determinados. A ação de manutenção só é executada caso a inspeção identifique a necessidade (BLOCH & GEITNER, 2005).

Um plano de manutenção preditiva traz como vantagens o máximo aproveitamento da vida útil dos componentes, o mínimo de intervenção nos sistemas, redução de reparos de emergências e não planejados e, por fim, a programação antecipada de ações da manutenção (FILHO, 2008).

Os fatores indicados para análise da adoção de política de manutenção preditiva são os seguintes (KARDEC, 2004):

- Aspectos relacionados com a segurança pessoal e operacional.
- Redução de custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos, evitando intervenções desnecessárias.
- Manter os equipamentos operando, de modo seguro, por mais tempo.

A escolha do método de manutenção adequado dependerá de razões técnicas e econômicas para cada equipamento ou sistema, podendo-se optar por um método ou uma mescla dos três. Um programa de manutenção eficaz é alcançado através de uma combinação apropriada, a partir de vantagens e desvantagens dos diferentes métodos de manutenção existentes (MARÇAL, 2000).

TIPOS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

TEMPERATURA

A termografia é uma técnica de inspeção que efetua a detecção da radiação infravermelha emitida naturalmente pelos elementos com intensidade proporcional a sua temperatura. Por meio dela é possível identificar regiões onde a temperatura está alterada. Essa técnica é empregada em elementos elétricos para visualizações de temperaturas elevadas, evitando futuros defeitos e interrupções de áreas da empresa (PELIZZARI, 2006).

ANÁLISE DE ÓLEO

A lubrificação das partes móveis está diretamente relacionada ao bom funcionamento do equipamento, pois contribui para a redução do atrito, controle da temperatura e diminuição do desgaste dessas partes.

De acordo com (BARONI, 2002), existem duas formas de tratar as informações obtidas a partir de uma análise de óleo:

Condições do lubrificante – determinação das propriedades físico-químicas do lubrificante para garantir uma boa lubrificação;

Condições da máquina – análise de substâncias estranhas ao lubrificante (gases ou partículas em suspensão no lubrificante).

Realiza-se a coleta do óleo usado no equipamento, que é então analisado em laboratório para verificar seus parâmetros e a presença de possíveis contaminantes. A presença ou não de contaminantes, valores de referência diferentes do esperado ou se os resultados estiverem fora dos padrões normais, é necessário tomar medidas para preservar a vida útil do equipamento.

ANÁLISE DE VIBRAÇÕES

A análise de vibrações, é uma das técnicas mais importantes para avaliar a condição operacional do equipamento e tem a capacidade de prever, por meio de espectros e de níveis de vibração, anomalias vibracionais (NEPOMUCENO,1985).

A coleta e o processamento desses dados têm como objetivo diagnosticar as condições do equipamento. Normalmente, as análises vibratórias são realizadas em eixos rotativos, onde ocorre a transmissão de força, ou nas bases de fixação da máquina. Um resultado negativo nesse tipo de teste geralmente é causado por desbalanceamento, desalinhamento ou desgaste de rolamentos e/ou mancais acoplados aos eixos rotativos.

DETECÇÃO DE VAZAMENTOS PNEUMÁTICOS

Os vazamentos em sistemas de ar comprimido são a principal perda relacionada à distribuição de ar comprimido na indústria, podendo chegar a 20% da energia consumida na produção de ar comprimido para plantas praticamente sem manutenção. Uma estratégia para identificação dos vazamentos é a realização periódica de uma auditoria nas instalações empregando detectores de vazamento ultrassônicos. Os vazamentos de ar comprimido são uma das principais perdas identificadas com grande potencial de retorno financeiro (FERREIRA apud SAIDUR et al., 2010).

A detecção de vazamento de ar percorreu um longo caminho nos últimos anos, desde a verificação de vazamentos com um pano ensaboado, até hoje, onde o ultrassom é um método confiável de detectar vazamentos. “A detecção de vazamento de ultrassom em sua forma mais básica envolve um inspetor andando em uma planta industrial, detectando vazamentos e identificando-os para posterior correção” (FERREIRA, 2020).

OUTROS

Como os tipos de manutenção preditiva, apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 Tipos de manutenção preditiva

Radiações Ionizantes Raios X e Gamagrafia	Energia Acústica Ultrassom e Emissão acústica
Energia Eletromagnética Partículas magnéticas Correntes parasíticas	Fenômenos de Viscosidade Líquidos penetrantes
Inspecção Visual Endoscopia ou Boroscopia	Análise de Vibrações Nível global, Espectro de vibrações
Deteção de Vazamentos	Pulso de choque
Análise de óleos lubrificantes ou isolantes Viscosidade, Número de neutralização (acidez ou basicidade), Teor de água, Insolúveis, Contagem de partículas Metais por espectrometria por infravermelho Cromatografia gasosa, Tensão interfacial, Rigidez dielétrica, Ponto de fulgor	Análise de Temperatura – Termometria Termometria convencional Indicadores de temperatura Pirometria de radiação Termografia
Ferrografia Ferrografia quantitativa Ferrografia analítica	Verificações de Geometria Metrologia convencional Alinhamento de máquinas rotativas
Ensaio Elétricos Corrente, Tensão, Isolação, Perdas dielétricas, Rigidez dielétrica, Espectro de corrente ou tensão	Forças Células de carga, Teste de pressão Teste hidrostático, Teste de vácuo, Deteção de trincas

Fonte: Adaptado de BARONI (2002).

1.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

De acordo com (KARDEC e NASCIF, 2009, p. 50), engenharia de manutenção “é a segunda quebra de paradigma na manutenção”. Os autores afirmam que praticar engenharia de manutenção significa uma mudança cultural. A engenharia de manutenção é o suporte técnico da manutenção e está dedicada a consolidar rotinas e implementar melhorias. Dentre as principais atribuições da engenharia de manutenção, pode-se destacar (KARDEC & NASCIF, 2009):

- Aumento de confiabilidade e disponibilidade. Melhoria da manutenibilidade. Aumento de segurança.
- Eliminar problemas crônicos.

- Solucionar problemas tecnológicos.
- Melhorar a capacitação do pessoal.
- Gerir materiais e sobressalentes.
- Participar de novos projetos.
- Dar suporte à execução.
- Fazer análise de falhas e estudos.
- Elaborar planos de manutenção e inspeção e fazer sua análise crítica.
- Acompanhar os indicadores.
- Zelar pela documentação técnica.

1.5 INDICADORES DE DESEMPENHO

Na manutenção, os indicadores de desempenho são utilizados de forma ser possível analisar e compreender o ritmo em que ocorrem as falhas, os tempos de reparação, a disponibilidade dos equipamentos, bem como o sucesso da política de manutenção da empresa (CABRAL, 2006). Existem várias métricas consideradas como medidas que permitem controlar, acompanhar e quantificar os processos de manutenção, porém alguns indicadores são referência para a gestão efetiva; são eles:

- MTBF (*mean time between failures*) ou TMPF (tempo médio para falhar): é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para a operação, pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período. (VIANA, 2006). Diferente de outros indicadores, quanto maior o índice melhor, indicando um espaçamento maior entre as intervenções.

$$\text{MTBF} = T / \text{NC} \quad (1)$$

Onde ;

- MTBF = tempo médio entre falhas
- T = tempo total disponível para operação do equipamento
- NC = número de intervenções corretivas no equipamento

- MTTR (*mean time to repair*) ou TMRP (tempo médio para reparo): é a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção, pelo número de intervenções corretivas no período. Se o MTTR diminuir com o tempo, é um sinal positivo para a manutenção, pois significa que os reparos corretivos são cada vez menos impactantes na produção;

$$\text{MTTR} = T / N \quad (2)$$

Onde;

- MTTR = tempo médio para reparar.
- T = tempo de indisponibilidade do equipamento
- N = número de intervenções corretivas no equipamento

Os indicadores tem que acompanhar os aspectos mais básicos dos processos para aumentarem sua efetividade. Cada organização escolhe os indicadores a seu critério dentre os inúmeros disponíveis, porém a maioria prefere ter poucos indicadores e realizar o acompanhamento com mais controle.

1.6 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)

O OEE utiliza as mais comuns e importantes fontes de perda do processo, classifica essas perdas em três grandes categorias e as metrifica. Um adequado tratamento das informações permite uma análise crítica e detalhada do processo de produção. Ao se analisar o OEE e as saídas de um grupo de máquinas de uma linha

de produção, o recurso com menor eficiência pode ser identificado, possibilitando focalizar esforços nesse recurso (OLIVEIRA & SANTOS, 2007).

De acordo com (Busso, 2013) o cálculo do OEE é realizado pela identificação de 6 tipos básicos de perdas, que são agrupados nas seguintes 3 classes:

1. Perdas de disponibilidade;
 - a. Paradas que provocam falha de equipamento.
 - b. Paradas para *setup* ou ajustes.

2. Perdas de desempenho;
 - a. Pequenas paradas ou interrupções devido ao mau funcionamento do equipamento.
 - b. Redução da velocidade do equipamento devido a alguma anomalia que o faça operar com tempo de ciclo maior que o tempo padronizado.

3. Defeitos e perdas de qualidade;
 - a. Produção defeituosa ou retrabalho.
 - b. Perdas de *start-up* ou perdas ocasionadas no início da produção devido aos ajustes para estabilização do equipamento.

1.7 CICLO PDCA

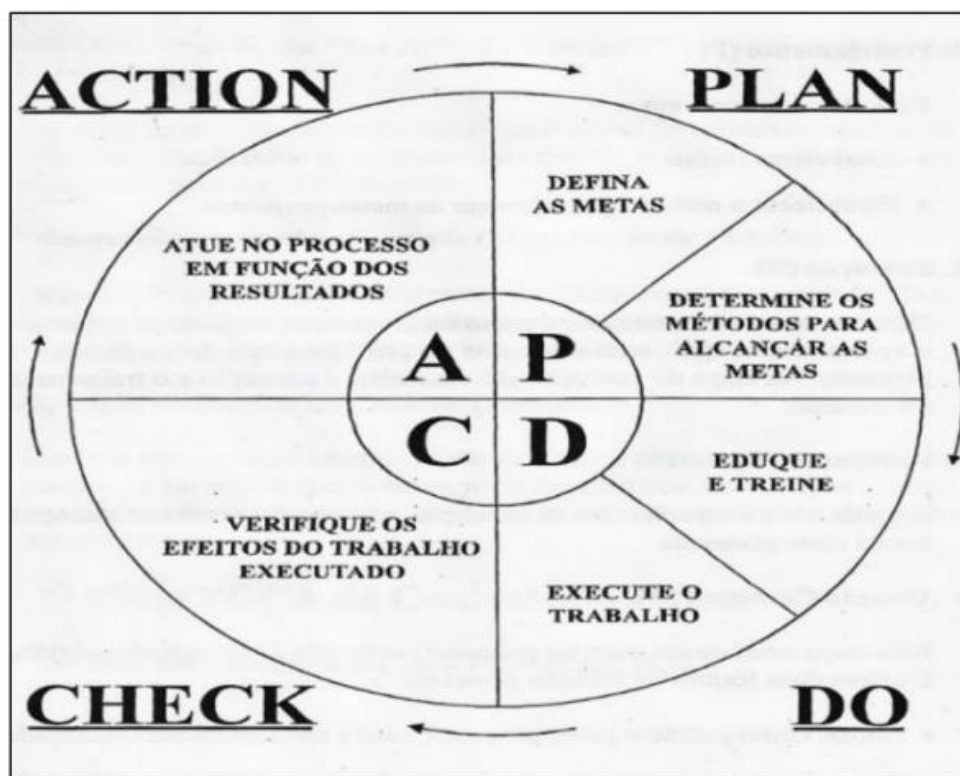
O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Shewhart, ciclo da qualidade ou ciclo de Deming, é uma metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, sendo extremamente útil para a solução de problemas. Poucos instrumentos se mostram tão efetivos para a busca do aperfeiçoamento quanto este método de melhoria contínua, tendo em vista que ele conduz a ações sistemáticas, que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (QUINQUIOLO, 2002).

As diversas técnicas e ferramentas da qualidade são metodologias práticas para auxiliar na busca pela qualidade nas organizações, porém o uso de tais instrumentos desprovidos de bom senso, não permite atingir o objetivo desejado; por isso, é necessário a adequação das principais técnicas e ferramentas (ARAÚJO, 2001).

O ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias a sobrevivência de uma organização (WERKEMA, 1995).

O método segue uma sequência específica de etapas, como descritas na sequência e apresentadas na Figura 1.

FIGURA 1 - Ciclo PDCA



Fonte: Werkema, (1995).

PLAN (planejar): seleção de um processo, atividade ou máquina que necessite de melhoria e elaboração de medidas claras e executáveis, sempre voltadas para a obtenção dos resultados esperados. Um plano de ação deve ser elaborado com um cronograma e estimativas de custo voltadas a atender as necessidades e corrigir os desvios levantados (SEIXAS BRÁS, 2018 apud MARTINS, 2005).

DO (fazer): implementação do plano elaborado e acompanhamento do seu progresso. Todas as ações executadas e todos os resultados obtidos, sendo bons ou ruins, devem ser registrados com as suas respectivas datas para gerar informações que serão usadas na próxima etapa (CAMPOS, 2014).

CHECK (verificar): analisar os resultados obtidos com a execução do plano e, se necessário, reavaliar.

Na fase comparação dos resultados é necessário utilizar os dados coletados antes e após a ação tomada para resolver o problema, assim verificar a capacidade da ação e o grau de redução dos resultados indesejados, deve-se manter a mesma forma de comparação das ações antes e depois, para que os resultados não sofram alterações e averiguar se as ações descritas no plano de ação foram executadas corretamente (CAMPOS, 2013).

ACT (agir): caso tenha obtido sucesso, o novo processo é documentado e transformado num novo padrão.

O acompanhamento do sistema de verificação do comprimento do padrão deve ocorrer com regularidade para evitar que os problemas reapareçam devido à degradação dos padrões definidos, e o estabelecimento de sistema de verificação periódica para ter controle (CAMPOS, 2013).

1.8 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM

A TPM surgiu no Japão na década de 70, é um sistema desenvolvido com foco na qualidade e na confiabilidade, eliminando perdas, reduzindo paradas e diminuindo custos. No Brasil, foi apresentado pela primeira vez em 1986. Não é apenas uma iniciativa da manutenção ou um programa de melhorias, mas uma filosofia operacional estratégica que envolve toda a organização, desde os operadores até o nível hierárquico mais alto (SOUZA, 2004).

A TPM tem seu foco de atuação no que se considera as seis grandes perdas responsáveis pela redução do rendimento operacional global dos equipamentos: - perda por quebras ou paradas acidentais, perda por mudança de linha, perda por operação em vazio e pequenas paradas, perda por velocidade reduzida em relação à nominal, perda por defeitos de produção, e perda por queda de rendimento (KARDEC & NASCIF, 2009).

Perda por falha inesperada:

As perdas por falha inesperada podem ser classificadas em dois tipos: perda total da capacidade, quando a máquina quebra e deixa de funcionar, e perda parcial de

capacidade, quando o desgaste da máquina começa a comprometer seu desempenho original.

Perda por mudança de linha:

Este tipo de perda ocorre sempre que há uma troca de produto na linha de produção. Refere-se às perdas geradas quando um equipamento é utilizado para fabricar diferentes produtos e, a cada troca, são necessárias novas regulagens e ajustes.

Perda por operação sem carga ou paradas curtas:

São interrupções temporárias causadas por problemas que não resultam em quebras. Essas paradas acontecem devido aos sistemas de controle das máquinas, que interrompem seu funcionamento. Normalmente, com a intervenção do operador, é possível retomar o ciclo e a máquina volta a operar normalmente.

Perda por redução de velocidade:

Este tipo de perda ocorre quando há uma queda na velocidade normal de produção, causada por problemas mecânicos, questões de qualidade ou outros fatores que exigem uma produção em ritmo mais lento.

Perda por falhas no processo:

Inclui todas as atividades relacionadas a retrabalho ou à eliminação de produtos defeituosos gerados durante o processo de fabricação.

Perda no início da produção:

Também chamada de perda de início de produção, esse tipo de perda representa o tempo necessário para que a produção atinja seu ritmo normal. Pode ser ocasionada por instabilidade nas operações, ferramentas inadequadas, falta de manutenção, problemas técnicos com o operador ou escassez de matérias-primas.

1.8.1 OS OITO PILARES DA TPM

O programa TPM é sustentado por 8 pilares, conforme a Figura 2. Segundo (MORAES, 2004), esses 8 pilares são: - melhoria focada ou específica, manutenção autônoma, manutenção planejada, treinamento e educação, gestão antecipada,

manutenção da qualidade, segurança, saúde e meio ambiente, melhoria dos processos.

- Melhoria focada ou específica: atuação nas perdas crônicas relacionadas aos equipamentos (foco corretivo);

- Manutenção autônoma: relacionada, principalmente, às atividades que envolvem os operadores e seus equipamentos, despertando neles a vontade de cuidar e manter seus instrumentos de trabalho em boas condições de uso. Baseia-se também no espírito de trabalho em equipe para melhoria contínua das rotinas de manutenção e produção;

- Manutenção planejada: foco preventivo, com rotinas de inspeção baseadas no tempo ou na condição do equipamento, visando aumento de confiabilidade e disponibilidade e redução dos custos;

- Treinamento e educação: refere-se à aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para desenvolvimento das equipes, principalmente nos quesitos liderança, flexibilidade e autonomia;

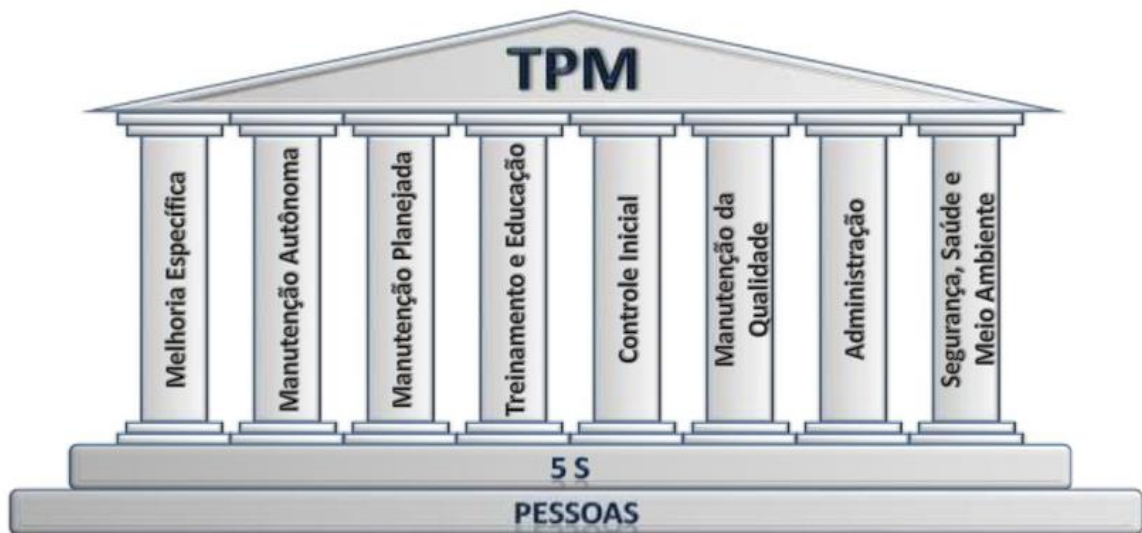
- Gestão antecipada: todos os históricos anteriores de equipamentos e seus similares são analisados quando do projeto de um novo equipamento, a fim de que se construam equipamentos mais adequados aos índices de confiabilidade desejados;

- Manutenção da qualidade: refere-se à interação existente entre qualidade dos produtos e capacidade de atendimento à demanda e confiabilidade dos equipamentos e da manutenção;

- Segurança, saúde e meio ambiente: como sugere o próprio nome, tem foco na melhoria contínua das condições citadas, reduzindo os riscos acerca de falhas;

- Melhoria dos processos administrativos: baseia-se em organizar e eliminar desperdícios nas rotinas administrativas, evitando que as mesmas interfiram na eficiência dentro do chão-de-fábrica.

FIGURA 2 - Pilares do TPM



Fonte: RIBEIRO (2014).

1.8.2 5S

O programa 5S é uma ferramenta de qualidade que teve origem no Japão, no início dos anos 50. Seu nome provém das palavras japonesas *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*. Ao traduzir essas palavras ao português nominou como sensos: de utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina, respectivamente para manter o nome original do programa e também para refletir uma ideia de mudança comportamental, pois é preciso “sentir” a necessidade de fazer (SILVA, 1994).

O programa tem como objetivo mobilizar, motivar e consciencializar toda a empresa para a qualidade total através da organização e da disciplina no local de trabalho. A metodologia 5S faz parte da implementação do TPM. A metodologia 5S é assim chamada devido à primeira letra de 5 palavras japonesas, que são descritas em seguida

- **SEIRI** - utilização: Separar o necessário do desnecessário, eliminando tudo o que é inútil no espaço de trabalho;
- **SEITON** - ordenação: Colocar cada coisa em seu devido lugar, organizar o espaço de trabalho de forma eficaz;
- **SEISO** - limpeza: Limpar e cuidar do ambiente de trabalho;

- *SEIKETSU* - Normalização: padronizar, manter e monitorizar os primeiros 3's, Prevenindo a desordem;
- *SHITSUKE* - Autodisciplina.

1.9 CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Na empresa, os processos produtivos são organizados em hierarquia de prioridades em relação às necessidades de seus clientes. Isto é realizado regularmente, pois as necessidades do mercado são voláteis e mudam constantemente. Logo a prioridade dos processos produtivos pode ser alterada e com isso, a manutenção precisa estar atenta a estas mudanças para viabilizar a máxima confiabilidade e disponibilidade das instalações e equipamentos (MACEDO, 2011).

Os equipamentos críticos são definidos pela engenharia de manutenção, seguindo a metodologia de classificação de equipamentos. Não há um método universal de classificação de equipamentos que atenda todos os processos industriais, pois há uma grande diversificação das instalações bem como características específicas de cada uma em termos de processos (CASTRO, 2017). Segundo (LEAL, 2020), os principais fatores de análise da criticidade são:

1. **SEGURANÇA:** máquinas perigosas, como prensas e guilhotinas, ao apresentarem falhas, podem causar sérios danos à saúde do trabalhador que a opera.

2. **QUALIDADE DO PRODUTO:** algumas máquinas realizam processos de alta precisão e, dessa maneira, o menor nível de desalinhamento pode acarretar em perda de qualidade do produto fabricado.

3. **IMPACTO NA PRODUÇÃO:** falhas em máquinas gargalos no processo produtivo podem impactar fortemente na produtividade da empresa. Em alguns casos, podem até mesmo ocasionar em paradas totais da produção. Portanto, esse é um critério extremamente importante na análise de criticidade.

4. **MTBF:** confiabilidade da máquina: esse critério faz uso do indicador MTBF, que trata do tempo decorrido entre falhas em uma máquina.

5. TEMPO DE REPARO: Esse critério faz uso do indicador MTTR, “*mean time to recovery*”, que representa o tempo médio necessário para substituir ou reparar um componente defeituoso, ou mesmo para que a máquina volte a funcionar.

6. CUSTOS DE MANUTENÇÃO: Recurso a ser gasto no conserto de uma máquina específica que venha a apresentar falhas. Esse gasto varia de acordo com a falha ocorrida, porém, de maneira geral, é possível inferir se o ativo requer altos gastos com peças de reposição, manutenções planejadas, mão de obra específica, etc.

Por outro lado, (SIQUEIRA, 2009) define as classes de criticidade dos equipamentos:

CLASSE A: equipamentos altamente críticos, sendo fundamental uma política de manutenção preventiva com o uso de técnicas preditivas e preventivas, focadas na redução de falhas e custos utilizando metodologias MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade) ou FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*);

CLASSE B: equipamentos importantes ao processo, sendo aceitável a utilização de técnicas de manutenção preventivas ou preditivas, equipes para melhoria, análise das falhas pelo setor de manutenção;

CLASSE C: equipamento com baixa relevância ou impacto ao processo, seguindo o uso das técnicas de manutenção corretivas e preventivas em equipamentos, o monitoramento das falhas focando na redução das recorrências.

1.10 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)

A norma brasileira NBR 5462 -1994 define como confiabilidade a probabilidade de desempenho da função por determinada máquina ou equipamento, com base nas condições e tempo de uso pré-estabelecidos. O que se prevê é a capacidade de operação que determinado maquinário possui sem apresentar falhas no processo.

RCM (*Reliability Centered Maintenance*), Manutenção Centrada em Confiabilidade, é uma metodologia que estuda um equipamento ou sistema em detalhes, analisa como ele pode falhar e define a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes das falhas (KARDEC

& NASCIF, 2009). Esses, ainda apresentam os principais resultados gerados pela implantação da metodologia RCM, que são:

- Melhoria da compreensão do funcionamento do equipamento ou sistema, proporcionando uma ampliação de conhecimentos aos participantes de especialidades diversas;

- Desenvolvimento do trabalho em grupo, com reflexos altamente positivos na análise, solução de problemas e estabelecimento de programas de trabalho; definição de como o item pode falhar e das causas básicas de cada falha, desenvolvendo mecanismos de evitar falhas que possam ocorrer espontaneamente ou causadas por atos das pessoas;

- Elaboração dos planos para garantir a operação do item em um nível de performance desejado. Esses planos englobam: planos de manutenção; procedimentos operacionais; lista de modificações ou melhorias, normalmente a cargo da engenharia, que fogem ao escopo de trabalho da operação e da manutenção, e são necessárias para que o item atinja e permaneça no patamar de performance desejado.

1.11 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

O custo da manutenção de uma operação, processo ou produto no contexto industrial é indicado mediante a relação entre o custo total de manutenção (material, mão de obra etc.) E o faturamento bruto da empresa em um período determinado de tempo (NIQUELE, 2012)

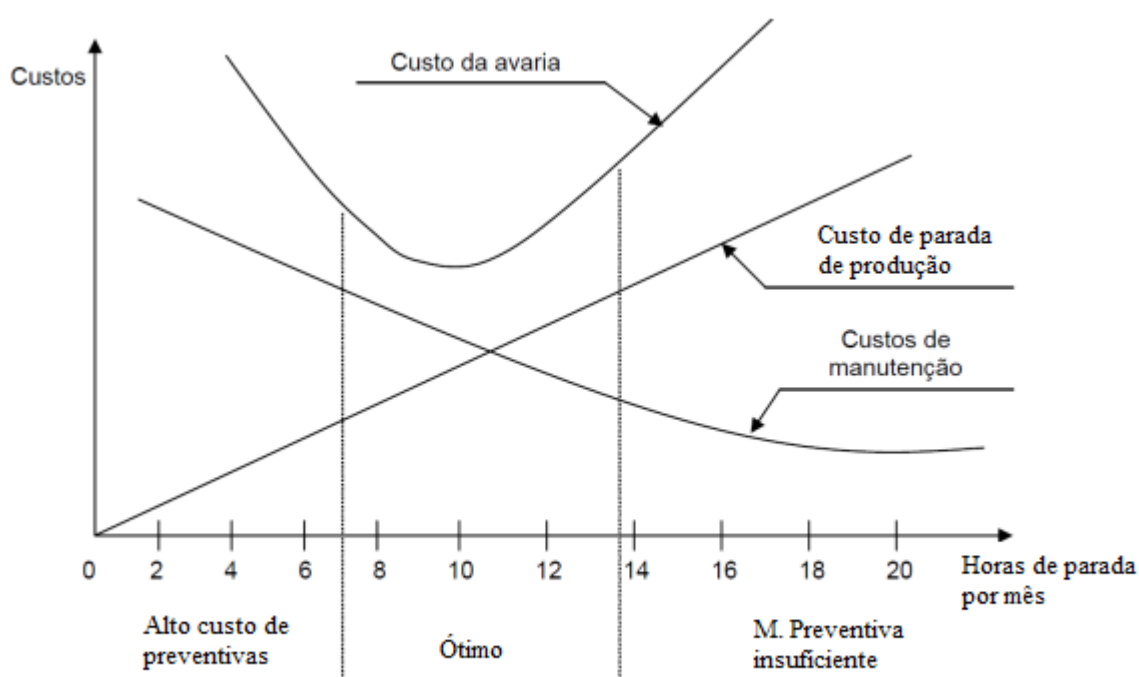
As principais funções de custos que os gestores de manutenção acompanham podem ser obtidas as seguintes informações (SOUZA, 2008):

- Custos de manutenção por equipamento;
- Custos por família ou grupo de equipamentos;
- Custos por serviço executados (ordem de serviços);
- Custos gerais de manutenção preventiva;
- Custos gerais de manutenção corretiva;
- Custos gerais de manutenção preditiva;
- Custos de outros tipos de manutenção;
- Custos de manutenção da grande parada;
- Custos relacionados com reformas, melhorias e modificações;

– Custos de manutenção por instalação, célula de setor.

Além dos custos diretos, têm-se também os custos de oportunidade que são custos relacionados a perda de produção, como mostrado na Figura 3: - produtos não fabricados, redução da qualidade, produtos fora de especificação, desperdício de matérias-primas em processo de transformação; custos com mão-de-obra ociosa; depreciação de equipamentos paralisados e despesas com a reinicialização do processo produtivo.

FIGURA 3 - CUSTOS Versus NIVEL de MANUTENÇÃO



Fonte: Adaptado de SEIXAS, (2018).

É muito importante observar, na busca do ponto ótimo conforme mostrado na Figura 3, que a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e de sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo. (MARCORIN, 2003).

1.12 GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO

A gestão é um conjunto de atividades que visa, por meio das respectivas políticas de estoque, o pleno atendimento das necessidades da empresa, com máxima eficiência e o menor custo, através do maior giro possível para o capital investido em materiais (VIANA, 2009).

Os estoques de peças de reposição também podem responder por uma das maiores parcelas dos custos corporativos em empresas de diferentes indústrias. No setor automobilístico, por exemplo, os custos anuais de oportunidade, armazenagem, depreciação, seguro e movimentação de peças de reposição variam entre 25 e 35% do valor contábil de todos os estoques de uma empresa típica (WANKE, 2011).

As peças de reposição devem ser agrupadas pela determinação de variáveis e faixas de observação das mesmas, como o consumo histórico médio, o tempo de ressuprimento, a variabilidade no tamanho da demanda, no tempo médio entre demandas e no *lead-time*. Essas características tornam a gestão de estoques desses produtos um grande desafio, dadas as suas peculiaridades: o tempo de ressuprimento, os elevados custos de aquisição e o perfil de demanda irregular (WANKE, 2011).

A curva abc é uma das formas para auxiliar no gerenciamento de estoque, assim consiste em fazer uma análise do consumo dos materiais em certo espaço de tempo do consumo, levando em consideração o valor monetário e quantidade de itens do estoque, a fim de avaliar as condições e necessidades; com isso, estabelecer formas de gestão apropriadas a importância de cada item em relação ao valor total dos estoques (MARTINS, 2009).

2 OBJETIVOS

São objetivos do presente trabalho:

- Realizar um estudo histórico das estratégias, conceitos e dos tipos de manutenções empregados até o presente, que atendam as demandas de uma empresa de autopeças;
- Identificar os principais problemas no gerenciamento dos custos de manutenção de ativos nessas empresas;
- Discutir com base nas referências apresentadas à função da manutenção como uma nova estratégia de gestão organizacional.

3 METODO DE PESQUISA

São várias as formas de classificar as pesquisas e, de acordo com (SIENA, 2024), pode-se classificar a pesquisa em diferentes modos.

3.1. CLASSIFICAÇÃO QUANTO À NATUREZA DA PESQUISA

A pesquisa básica é o processo de geração de conhecimentos novos para o avanço da ciência, sem preocupação com aplicação prática imediata.

A pesquisa aplicada, diferentemente, é a geração de conhecimentos visando aplicação prática, direcionados para a solução de problemas específicos.

3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FORMA DE ABORDAGEM DO PROBLEMA

O método quantitativo tem como característica principal centrar todo o processo de coleta e tratamento de dados em números e análises matemáticas. A pesquisa quantitativa, portanto, é caracterizada pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no seu tratamento por meio de técnica estatística. O pressuposto é que tudo pode ser quantificável e traduzido em números.

Pesquisas qualitativas são geralmente relacionadas a estrutura interpretativa construtivista. Não há preocupação com a utilização de números, enquanto dados, nem mesmo utilização de técnicas estatísticas na fase de análise de dados. A matéria prima do método qualitativo são os textos, falas, figuras, dados observacionais e filmes em sua forma natural.

3.3. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA

A pesquisa exploratória tem como objetivo obter maior familiaridade com o problema para torná-lo explícito ou contribuir na construção de hipóteses para estudos posteriores. Supondo a forma de pesquisa bibliográfica, documental ou estudo de caso, pode-se introduzir entrevistas não padronizadas, questionários e outras estratégias de coleta.

A pesquisa descritiva, diferentemente, objetiva a descrição das características de certa população ou fenômeno ou, mesmo, estabelecer relações entre variáveis. Como

forma de levantamento, exige o emprego de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como questionário e observação sistemática.

A pesquisa explicativa, em contraste, visa explicar a razão dos fatos, por meio da identificação e análise das relações de causa e efeito dos fenômenos.

3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA

As pesquisas podem ser classificadas como Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Documental, Pesquisa Experimental, Pesquisa Quase-Experimental, Pesquisa de Coorte, Levantamento ou Enquete (*Survey*), Estudo de Campo, Pesquisa *Ex-post-facto*, Estudo de Caso, Pesquisa de Avaliação, Pesquisa Ação, Pesquisa Participante e Técnica de Análise de Conteúdo.

O estudo de caso tem como propósito atender aos interesses de uma investigação profunda e exaustiva de um ou poucos objetos, possibilitando seu conhecimento amplo e detalhado. É um estudo empírico que pesquisa um acontecimento atual dentro do seu contexto, utilizando-se várias fontes de evidência (GIL, 2019). No estudo de caso são reunidas informações tão numerosas e detalhadas quanto possível com o intuito de apreender o todo do fenômeno.

3.5 METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser caracterizado como de natureza aplicada, pois visa aplicação prática, direcionados para a solução de problemas específicos. A forma de abordagem do problema é qualitativa, pois a análise, tratamento e coleta de dados e informações não é feita por meio de números e técnicas estatísticas.

Os objetivos do estudo podem ser classificados como exploratórios, já que buscam fornecer informações adicionais sobre o tema a ser investigado, possibilitando a formulação de hipóteses.

Os procedimentos técnicos utilizados são na forma de estudo de caso pois tem como propósito investigar, possibilitando um conhecimento amplo e detalhado de um ou poucos objetos. É um estudo empírico, que pesquisa um acontecimento dentro do seu contexto, utilizando várias fontes de evidência.

4 ESTUDO DE CASO: EMPRESA FORNECEDORA DE AUTOPEÇAS

4.1 PRODUÇÃO

A empresa A, como será chamada no presente trabalho, tem a produção das peças automotivas voltadas para montadoras, mercado de reposição e peças das linhas de submontagens para outras plantas. A produção principal é de dois produtos X e Y, sendo o fornecimento de 650.000 e 800.000 unidades por ano respectivamente, somente para unidade localizada no Brasil.

Possui as certificações IATF 16949 (especificação técnica baseada na IATF 9001, que alinha as normas dos sistemas de qualidade automotiva existentes) e IATF 14001. A IATF 16949 é a norma líder mundial para a indústria de automóvel, foi originalmente criada com o objetivo de harmonizar os diferentes sistemas de avaliação e certificação em todo o mundo na cadeia de suprimentos para o setor automotivo. Ela combina uma série de normas de qualidade para os fabricantes de produtos para a indústria automóvel e fabricantes de equipamentos originais numa certificação única que a empresa recebe válida por três anos. A partir daí, são agendadas as auditorias de supervisão anuais para manutenção da certificação.

A empresa utiliza um sistema próprio de PCP baseado no sistema Toyota de produção. Além de diversas outras ferramentas a empresa adota o sistema 6 sigma e a gestão de manutenção autônoma TPM.

4.2 SETOR DE MANUTENÇÃO

A empresa A, conta com um parque de 451 máquinas produtivas distribuídas em 18 linhas de produção. Subordinado a direção de produção, o departamento de manutenção é responsável pela manutenção e conservação de todas as máquinas e equipamentos produtivos dentro da planta, incluindo todos os equipamentos das instalações administrativas e de logística (*facilities*).

O parque de máquinas é um parque variado tendo bobinadeiras, máquinas de solda automática, fornos, impregnadoras, prensas de ação simples e dupla, robôs alimentadores, dosadores, injetoras, testes funcionais, equipamentos estes possuindo uma média de idade de 20 anos em funcionamento.

O departamento possui um corpo técnico de 10 mecânicos, 11 eletricitas, um supervisor e um analista de manutenção. Além disso, há o suporte técnico que consiste

em três engenheiros de manutenção; planejamento de máquinas, materiais e um projetista. Os técnicos são divididos em três turnos de trabalho e o suporte em 1(um) turno durante o horário comercial. A experiência média dos profissionais é de 14 anos.

A gestão das atividades no chão de fábrica é realizada pela supervisão e os técnicos de liderança, em cada turno, em que coordenam as demandas e necessidades da produção indicando as melhores pessoas para cada atendimento, ou seja, a gestão das atividades corretivas (atendimento emergencial) é realizada por esse time.

Todos os dias o líder técnico de cada turno recebe as informações do turno anterior para manter o mesmo nível de informações para todo o efetivo. A supervisão é responsável por centralizar todas as informações e repassar ao suporte técnico (engenharia de manutenção). Não há times separados para realização de manutenções corretivas emergenciais e manutenções planejadas (corretivas e preventivas); a distribuição das ordens de serviço emergenciais é feita pela supervisão (horário comercial) e o líder técnico de cada turno. A distribuição das atividades planejadas é feita somente pela supervisão e o analista de manutenção, que determinam o número de pessoas e o nível técnico necessário para cada atividade (avaliação da experiência e qualificação profissional). O planejamento das atividades preventivas é realizado pelos engenheiros de manutenção.

4.3 PROCESSO DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA A

Inicialmente os objetivos da gestão da manutenção são desdobrados para o time de planejamento e de campo. O cadastro dos equipamentos é realizado através do ERP (*Enterprise Resource Planning*), ou seja, Planejamento dos Recursos da Empresa, utilizado pela empresa, que atualmente é o sistema *SAP Enterprise* da empresa; neste é feita a codificação de todos os equipamentos e, através de uma análise feita anualmente, os equipamentos são classificados em relação a sua criticidade levando em conta fatores como segurança e meio ambiente, qualidade, regime de trabalho, criticidade de fornecimento (se há alternativas para produção do mesmo produto) e um índice de custo. Essas informações são validadas por todos os departamentos envolvidos no processo, as quais são divulgadas para a empresa.

A partir dessa etapa os processos de manutenção podem ser divididos em 3 categorias, em que o fluxo do processo, difere para cada uma:

1. Manutenção corretiva, conforme mostrado na Figura 4;
2. Manutenção preventiva, como ilustrado na Figura 5.
3. Manutenção preditiva, conforme mostrado na Figura 6

FIGURA 4 - Etapas do Modelo de Manutenção Corretiva na Empresa A



Fonte: O autor (2025).

O processo de manutenção corretiva começa com a abertura de ordem pela produção, seja por máquina parada ou corretiva planejada. As ordens corretivas são classificadas em 4 níveis em ordem de criticidade: emergencial, funcionamento precário, falha iminente e condição de restauração. Os últimos três níveis de criticidade são utilizados dentro da manutenção produtiva total, em que os operadores podem localizar a falha, porém como não há capacitação técnica aprofundada suficiente para intervenção no conjunto ou máquina, esses solicitam a atuação da manutenção. O atendimento ocorre após a programação das ordens pelo supervisor e/ou líder de manutenção. Após o atendimento, o relatório da ordem é preenchido pelo operador com as devidas considerações sobre o atendimento, sendo que o planejamento de manutenção faz a análise e entrega dos KPI's (*Key Performance Indicators*), ou seja, Indicadores Chave de Desempenho) para o departamento.

FIGURA 5 - Etapas do Modelo de Manutenção Preventiva na Empresa A



Fonte: O autor (2025).

O processo de manutenção preventiva se inicia com a abertura da ordem pelo planejamento de manutenção, a partir de um plano de manutenção pré-estabelecido para o equipamento e, que faz a reserva dos materiais que serão utilizados. A programação é feita pela supervisão e pelos líderes, que após o atendimento com o relatório da ordem preenchido, a informação é levada para o planejamento. O *feedback* esperado, além da execução do plano estabelecido, são informações relevantes para os processos de melhoria da manutenção, especificação de componentes e sugestões de melhorias no equipamento e no plano. Com essas informações é feita a reposição do material para a próxima manutenção preventiva, revisão do plano e se necessário a abertura de uma manutenção corretiva programada de componentes que não estavam previstos na manutenção preventiva, porém necessitam de manutenção.

FIGURA 6 - Etapas do Modelo de Manutenção Preditiva na Empresa A



Fonte: O autor (2025).

O processo de manutenção preditiva é feito por terceiros e, consistem em análises de termografia dos painéis elétricos, análises de lubrificantes e análises de vibrações. A contratação e programação do atendimento é feita pelo planejamento da manutenção. Após o atendimento os relatórios são entregues pela empresa terceirizada com classificação de risco do que foi analisado, de A1 a A5, sendo A5 que o equipamento está dentro dos parâmetros estabelecidos e A1, que o equipamento necessita de intervenção imediata com prazo de até 7 dias.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Os custos de manutenção são consequência das estratégias e ações adotadas pelo setor de manutenção, ações com consequências a curto, médio e longo prazo. A curto prazo o principal impacto de custo são as paradas emergenciais de máquina onde se tem o custo de não produção, custos de mão de obra da manutenção e custo de compra dos materiais necessários para a intervenção não programada, onde, a rigor, há pouca possibilidade de negociação pelo departamento comercial. A médio prazo, têm-se as estratégias de manutenção preventiva, que quando feita com frequência, abaixo do necessário, acarreta na quebra de componentes tendo como causa o limite de vida útil dos materiais e, com frequência acima do necessário, tem-se um aumento do custo de manutenção da máquina. A longo prazo têm-se as estratégias de *design* de projeto e as estratégias de gerenciamento de estoque. As estratégias de projeto quando feitas corretamente com foco em manutenção, tem-se uma redução do custo de manutenção, o mínimo necessário de ferramentas especiais para manutenção, padronização de peças, fácil acesso aos componentes e sistemas de autodiagnóstico. O gerenciamento adequado do estoque garante a disponibilidade de peças com manutenção de um estoque mínimo necessário. Dentro de cada categoria de intervenção (corretiva, preventiva, preditiva), têm-se os principais desvios responsáveis pelo aumento do custo de manutenibilidade da máquina.

5.2 PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

A Tabela 2 apresenta os principais problemas, dentro da manutenção corretiva emergencial que ocorrem, os quais impactam diretamente o custo do atendimento. É importante ressaltar que todos os problemas são relacionados ao aumento de tempo de atendimento, o que acarreta em um custo maior de mão de obra e custo de não produção da linha.

TABELA 2 - Principais Problemas na Manutenção Corretiva na Empresa A

Manutenção	Tempo	Problemas
Corretiva/Emergencial	Tempo de atendimento Total	Desvio de priorização
		Comunicação lenta entre o time de fábrica e a Manutenção
		Procedimento Ineficiente
		Falta da Mão de Obra
	Tempo de análise no atendimento	Falta de conhecimento
		Complexidade do equipamento
		Informação incoerente/Inexata da falha
		Falta de documentação
		Falta treinamento ferramentas em qualidade
	Tempo de reparo	Dificuldade de acesso
		Falta de peças (Disponibilidade imediata)
		Falta de ferramenta adequada no local de atendimento
	Tempo de Análise Pós-Intervenção	Não há procedimento
		Necessidade de teste posteriores
		Falta treinamento em ferramentas de qualidade

Fonte: O Autor (2025).

Na Figura 4, mostrada anteriormente, com as etapas do modelo de manutenção corretiva na empresa A, ilustrou-se os principais pontos envolvidos dentro do processo de manutenção corretiva; entretanto dentro do atendimento do técnico, têm-se as etapas que são executadas até o reestabelecimento do equipamento, como descrito na sequência:

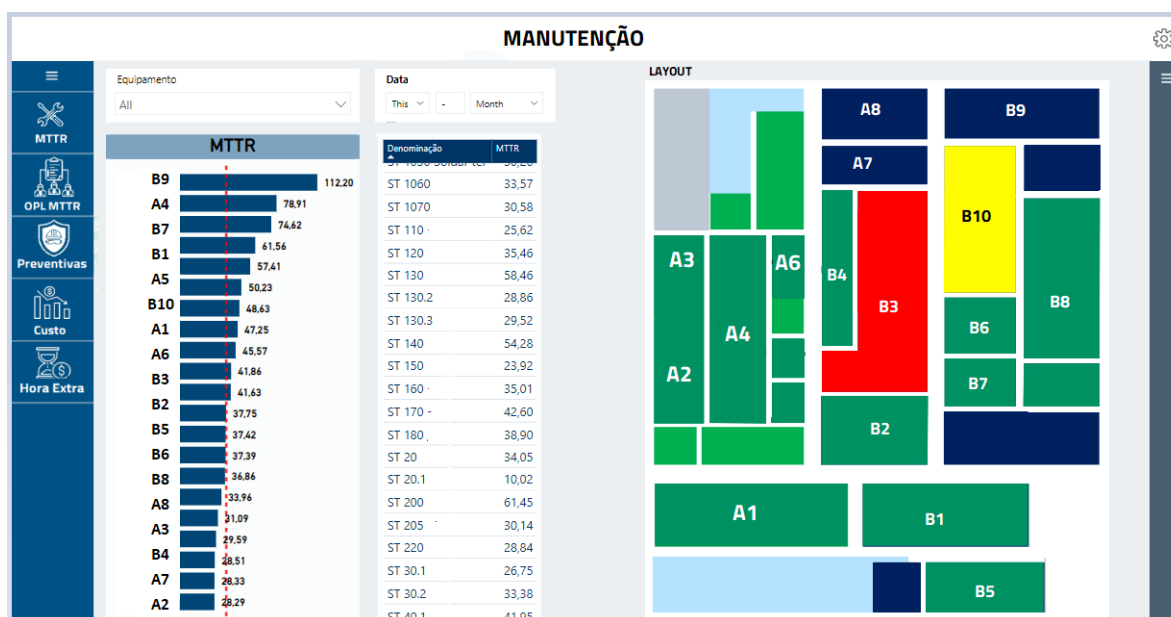
⇒Etapas do atendimento de manutenção corretiva:

1. Abertura da OS;
2. Deslocamento do técnico até o local;
3. Análise da falha;
4. Requisição das peças necessárias;
5. Reparo;
6. Preenchimento da OS;
7. Análise da causa raiz;
8. Encerramento da ordem.

Qualquer problema, em cada uma dessas etapas, tem como consequência o aumento do custo de atendimento. Para cada problema encontrado é possível sugerir melhorias para o atendimento, sendo que os três problemas mais comuns encontrados na empresa A, são: - desvio de priorização, falta de peças e falta de ferramenta adequada.

1. *Desvios de priorização*: as ações do time de manutenção têm que estar centradas nos objetivos da gestão de manutenção, levando em conta os principais KPI's do equipamento, MTTR, MTBF e o custo acumulado de manutenção. Uma das maneiras de retratar a informação de forma clara para toda equipe é com a utilização de ferramentas de *business intelligence* (bi), mostrando os dados em tempo real para equipe e não havendo dúvidas na prioridade de atendimento. A informação deve ser colocada de forma visual para ser uma fonte de informação rápida e precisa. Como exemplo, pode-se citar uma situação em que há quebra de 3 máquinas críticas, em locais distintos com uma mão de obra limitada, em que a priorização terá que ser feita alinhada com os KPI's de cada equipamento.

FIGURA 7 - *Dashboard De Priorização Dos Atendimento De Manutenção*



Fonte: Empresa A (2025).

Na Figura 7 é apresentado o *dashboard* de priorização dos atendimentos de manutenção; pode-se ver que além das informações descritas em um *layout* da planta mostrando por código de cores as linhas mais críticas dentro do mês, o que certamente facilita para o time de atendimento, qual deverá ser a prioridade. Essa informação deve constar em forma visual para todo o time durante os turnos.

2. *Disponibilidade de peças de reposição de máquinas*: Nesse caso, tem-se três situações; a primeira o componente está disponível dentro da planta, porém está armazenado no estoque local distante do atendimento; a segunda não há a peça disponível dentro da planta ou a peça está dentro da planta, porém não foi possível encontrar.

No primeiro caso; uma solução seria alocar perto da linha um pequeno estoque com os principais componentes de desgaste e os componentes com maior frequência de troca.

No segundo caso; deve-se avaliar a estratégia de gerenciamento de estoque, uma política de reposição adequada, além de reduzir o custo alocado através de uma classificação de prioridade e consumo, que garanta a disponibilidade das peças no momento da necessidade. Uma segunda opção seria ter fornecedores parceiros que podem disponibilizar os componentes de maneira ágil, ação que conta com o esforço conjunto do departamento comercial, que é uma alternativa prática para a redução de estoque. A gestão de fornecedores é uma das ferramentas para um controle de custo dentro da gestão de estoque, fornecedores confiáveis com prazos de entrega pequenos ou a pronta entrega, o que pode eliminar a necessidade de estoques locais. O custo de estoque é transferido para o fornecedor, porém a confiabilidade só é alcançada se houver meio de garantir a entrega da peça em tempo abaixo das metas estipuladas.

Em um terceiro caso, deve-se fazer um levantamento de todas as peças de reposição das máquinas disponíveis na planta, dentro e fora do estoque, e com o suporte da engenharia de manutenção realizar um levantamento da compatibilidade das peças entre equipamentos; pois muitas vezes se têm peças de reposição iguais ou compatíveis entre si. O levantamento dessa informação além de auxiliar na agilidade do atendimento é uma ação que consegue reduzir a quantidade necessária de peças de reposição disponíveis.

Nesse caso, deve-se fazer uma lista de peças para cada máquina indicando os principais componentes críticos, de consumo e também como encontrá-los. A informação deve estar junta com o manual da máquina, seja mecânico ou elétrico, facilitando o acesso ao componente e evitando o aumento do tempo de manutenção corretiva, como mostrado na Tabela 3 para um torno Romi.

TABELA 3 - Exemplo de Lista de Peças de um Torno Romi

PN ROMI	LOC	LOC PN	Descrição/Description	Categoria	Especificação/Specification	Qt.
P19809	Paternoster	D17609	LABIRINTO DIR. MESA INFERIOR	RIGHT LABYRINTH		28
P19810	Estoque	B20597	PARAFUSO	BOLT	CAB CI SX IN 6X 12MM	14
P19830	Estoque	B7643	PARAFUSO	BOLT	CAB CI SX IN 8X 25MM	8
P19843	Estoque	B8782	PARAFUSO	BOLT	CAB CI SX IN 10X 30MM	4
P19847	Estoque	B24221	PARAFUSO	BOLT	CAB CI SX IN 10X 50MM	16
P19856	Estoque	B19201	PARAFUSO	BOLT	CAB CI SX IN 12X 30MM	4
P19858	Estoque	B18883	PARAFUSO	BOLT	CAB CI SX IN 12X 40MM	34
P19859	Estoque	B1309	PARAFUSO	BOLT	CAB CI SX IN 12X 45MM	4
P34124	Estoque	B6917	PARAFUSO	BOLT	CAB CON SEX IN 6X10MM	8
P73671	Estoque	B12662	PARAFUSO	BOLT	CAB ABL SX IN M6X10MM	8
P94220	Paternoster	B21035	PINO CONICO ROSCA	CONIC PIN	INT 10X 45	4
Q13574	Estoque	B15239	ABRACADEIRA TIPO CLIPS	CLAMP	"P" D=18.00MM	2
Q24450	Estoque	8509.3	PARAFUSO	BOLT	SC SX IN PTPL 6X25MM	34
R95178	Estoque	B7331.	ARRUELA PLANA	WASHER	EST GALVAN M6	84
R95185	Estoque	B23004	PARAFUSO	BOLT	CAB ABL SX IN M6X16MM-G	52
S37878	Estoque	B13502	TAMPA DA JANELA DO MANCAL	LID		1
T50312	Estoque	B20276	GUIA LINEAR DE ESFERA	LINEAR GUIDE	45X1735MM (CJ)	1
T50452	Estoque	B3290	MESA INFERIOR D1000 V3.0	LOWER SADDLE		1
T51892	Estoque	B2560	CUNHA DE TRAVAMENTO PARA GUIAS E SAPATAS	SHIM		4
T51942	Estoque	B9355	ESTEIRA PORTA CABOS	POWER TRACK	23 OU ELOS 1010MM R.47 ou 48	1
T52347	Estoque	B15804	CALHA GUIA ESTEIRA PORTA CABOS EIXO X	GUTTER		1
T52389	Paternoster	D21734	LABIRINTO DIR. MESA INFERIOR	RIGHT LABYRINTH		1
T52391	Paternoster	D23094	LABIRINTO ESQ MESA INFERIOR	LEFT LABYRINTH		1
T52401	Paternoster	D11575	SUPORTE ESQ DA PROT. TELESCOPICA EIXO X	SUPPORT		2
T52402	Paternoster	D19687	SUPORTE DIR. DA PROT. TELESCOPICA EIXO X	SUPPORT		2

Fonte: Empresa A (2025).

3. *Falta de ferramenta adequada*: Como padrão de trabalho todo operador da manutenção tem seu *kit* próprio de ferramentas (carrinho), como meio de evitar o extravio das mesmas e incentivar a organização seguindo o padrão 5S Porém, em algumas máquinas e componentes específicos são necessários ferramentais que não estão disponíveis nesse *kit*, talvez pelo tamanho ou por ser uma ferramenta somente daquele maquinário, o deslocamento do operador da manutenção para buscar a ferramenta um pouco distante e o tempo de procura da mesma, caso não se encontre no lugar adequado, é um tempo que não agrega valor no reparo da máquina. Alocar as ferramentas perto do local de uso, identificadas adequadamente, é uma ótima maneira de reduzir esse tempo ao máximo, conforme a Figura 8. Porém, mesmo otimizando o atendimento ao máximo, tem-se ainda a manutenção corretiva como aquela de maior custo, pois engloba custos de oportunidade, peças que poderiam ser produzidas naquele período de manutenção, custos de peças de reposição que podem

ou não estar disponíveis na planta durante a intervenção emergencial e o custo de mão de obra especializada não planejada para aquela atividade.

FIGURA 8 – Exemplo de 5S



Fonte: Empresa A (2025).

5.3 PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva apesar de um custo menor que na manutenção emergencial, ainda tem um custo relevante nas operações de manutenção. Dentro da manutenção preventiva os principais impactos de custo estão relacionados com as preventivas realizadas nos equipamentos categorizados dentro do critério de classificação ABC das máquinas e na frequência da operação, como mostrado na Tabela 4. A classificação ABC dos ativos delimita até que medida deve ser efetuada a manutenção preventiva dentro das classes de priorização dos ativos.

TABELA 4 - Tipos de Atividades de Manutenção ABC

Classificação ABC			
Classificação	A	B	C
Tipos de manutenção	Preditiva, preventiva	Preventiva, reativa	Reativa
Inspeção	Detalhada	Padrão	Simples
Gerenciamento de <i>spare parts</i>	Sim	Sim	Não

Fonte: Empresa A (2025).

Os critérios para classificação fazem parte do desenvolvimento da política de manutenção. A classificação correta de um equipamento B e C impacta na necessidade ou não de realizar manutenções periódicas, reduzindo o custo da manutenibilidade e o gerenciamento das peças de reposição no estoque que também tem impacto no custo total.

Quanto maior a frequência e quantidade de máquinas a ser atendidas, maior será o custo envolvido. O plano preventivo começa com as recomendações de manutenção do fornecedor da máquina, porém ao longo do tempo um histórico vai sendo criado. A revisão periódica do plano de manutenção é necessária para evitar intervenções desnecessárias; ajustando a frequência das operações, levando em conta a utilização da máquina durante o último período e a análise dos técnicos de campo. Todavia, a manutenção preventiva muitas vezes não leva em conta as variáveis específicas de cada equipamento, determinando o tempo de troca como uma média das últimas trocas ou falhas, o que causa o reparo antes do necessário, desperdiçando peças e horas de manutenção ou da falha acontecer antes do esperado.

O aumento de intervenções no ativo também introduz defeitos causados por falha humana durante a manutenção. A atuação adequada do tipo de manutenção diminui os custos totais de manutenção. Quanto mais perto do final da vida útil a troca de componentes, mais assertiva será a intervenção.

A empresa a conta com 451 máquinas dentro da planta; dessas, 100 são classificadas como A, 180 como B e 71 como C. Portanto, em mais de 80% das máquinas são realizadas manutenções programadas pelo tempo. Manutenções programadas fazem parte de 60% do custo de manutenção da empresa,

Dentro desse tipo de manutenção, diferente da manutenção corretiva emergencial não se tem o custo de oportunidade, porém ainda se têm os custos de mão de obra especializada e os custos de peças reposição; que se forem trocadas antes do final da sua vida útil, implicam em um aumento do custo de manutenção. Os custos, algumas vezes altos da manutenção preventiva, são uma alternativa aos custos, ainda maiores da manutenção corretiva.

5.4 PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

Dentro da empresa a manutenção preditiva é utilizada em máquinas classificadas como A. Uma empresa terceirizada atende as rotas de análise das máquinas com frequências determinadas para cada medição. As técnicas preditivas utilizadas são:

TERMOGRAFIA: - Utilizada para verificação da temperatura em painéis elétricos, em que um mal contato pode resultar em queima prematura dos relés dentro do painel causando falhas e paradas não programadas, como mostrado na figura 9. Do ponto de vista de segurança, um relé de estado sólido com um dissipador de calor mal dimensionado pode ser um potencial foco de incêndio. O custo de inspeção e troca do componente é muito menor que o custo de parada da linha, sendo uma das melhores opções de atuação da manutenção para painéis elétricos desse tipo.

Porém para a empresa A, além do ponto de vista de segurança, a análise termográfica pode ser utilizada para redução de custos. O custo de mão de obra especializada é alto e, trocar componentes com frequências regulares como na manutenção preventiva nem sempre é a melhor escolha. Realizar inspeções com frequências determinadas e trocar os componentes somente quando realmente necessário, é uma redução de custo significativa, ou seja, em que se troca a manutenção preventiva pela preditiva.

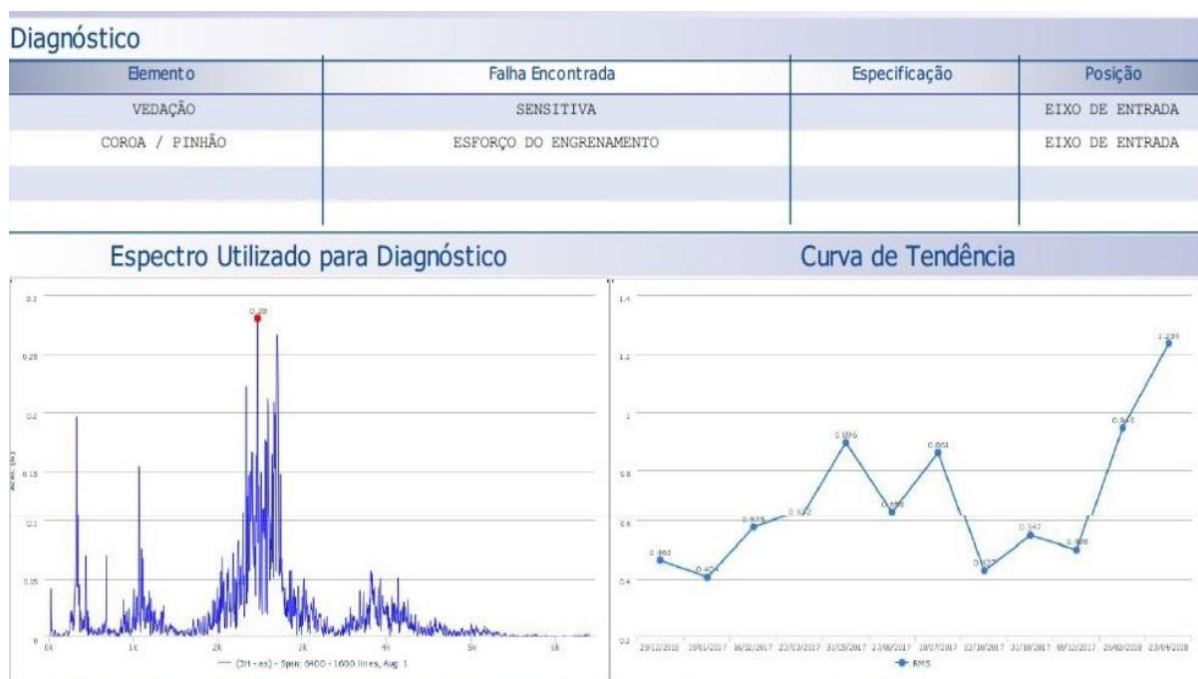
FIGURA 9 - Exemplo de Análise Termográfica



Fonte: Relatório Termográfico Empresa A (2024).

VIBRAÇÃO: - Empregada em análise de fusos, motoredutores e eixos. Máquinas críticas de grande porte, de difícil acesso e, com tempo alto para uma intervenção preventiva são selecionadas para esse tipo de análise, como mostrado na Figura 10. O relatório traz informações essenciais para a manutenção, como tendências de operação e de componentes específicos que estão entrando em falha, e assim, determinando o melhor momento para uma manutenção corretiva programada ou preventiva. Em conjunto com a análise termográfica, a análise de vibração é uma ferramenta importante para a redução de custo, possibilitando a redução da frequência ou redução do tempo da manutenção preventiva. Para a empresa, selecionar componentes de máquinas com alto custo de manutenção preventiva é uma maneira de reduzir o custo da manutenção anual, principalmente, em equipamentos classificados como B.

FIGURA 10: Exemplo de Análise de Vibração

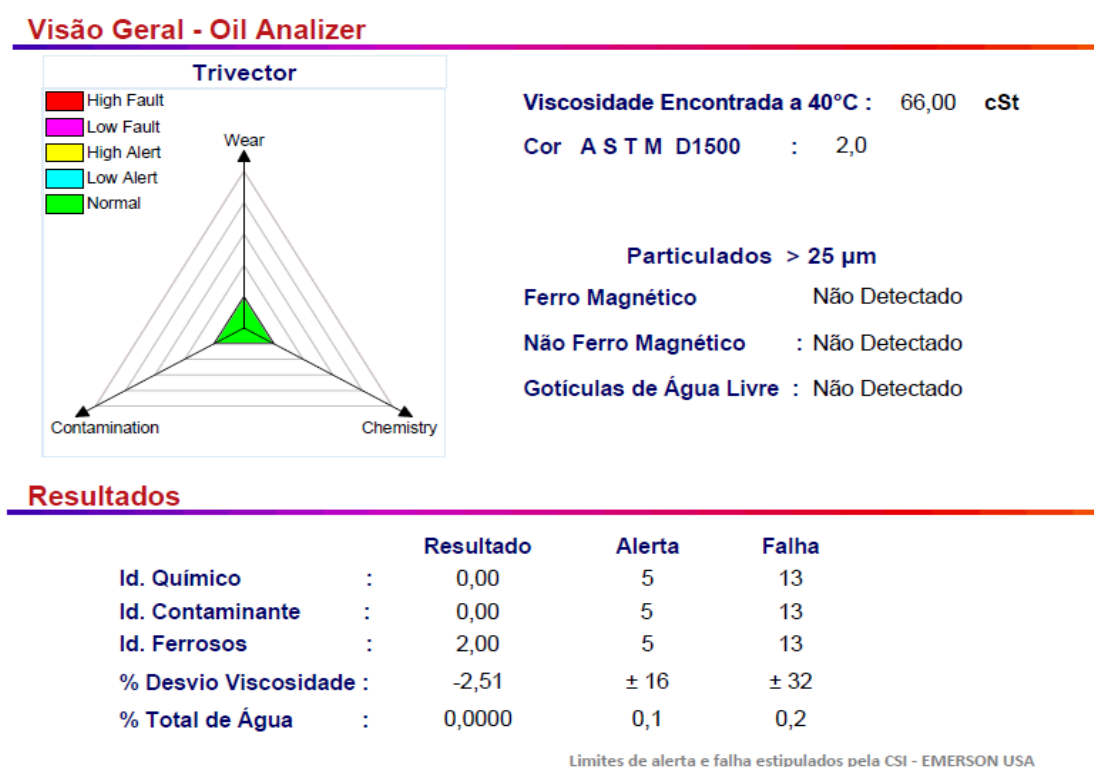


Fonte: Relatório Vibração Empresa A (2024).

ANÁLISE DE ÓLEO: - Nas MAE (*Machine and Equipments*), Máquinas e Equipamentos críticos, pode-se observar a deterioração do lubrificante ou óleo usado. Máquinas como Tornos de fabricação especiais têm um grande reservatório de óleo que quando trocado causa um custo elevado de manutenção, além de não fornecer informações sobre o estado de operação da MAE; por outro lado, com a análise de

óleo se obtêm dados importantes sobre os desgastes de componentes internos, bem como seu grau de degradação, como ilustrado na Figura 11.

FIGURA 11: Exemplo de Análise de Óleos



Fonte: Relatório Óleos Empresa A (2024).

A manutenção preditiva, portanto, é uma importante ferramenta em que se consegue utilizar o componente até o fim da sua vida útil, monitorando sua condição de trabalho. Com esse tipo de operação, consegue-se minimizar os principais riscos e os custos da manutenção preventiva. A troca de componentes com frequência inadequada tendo como consequência tanto o custo de material e mão de obra, como o risco de intervenções desnecessárias, podem também causar falhas em outros componentes da máquina.

Conforme MCKANE & HASANBEIGI, (2011) os equipamentos movidos a motor são responsáveis por aproximadamente 60% do uso final de eletricidade na fabricação em todo o mundo. O monitoramento dos motores para bombas, compressores e ventiladores para uma manutenção mais assertiva e aumento na eficiência, pode levar a resultados significativos. O potencial total de economia varia entre 43% e 57% para bombeamento, 29% e 56% para ar comprimido, e 27% e 46% para sistemas de ventiladores.

Sistemas de monitoramento estão cada vez mais presentes na área industrial buscando a redução de custos através do sensoriamento necessário, assim fornecendo dados em tempo real e utilizando o máximo da vida útil de cada componente.

5.5 PEÇAS DE REPOSIÇÃO OBSOLETAS

Dentro do setor automotivo as peças de reposição, normalmente, ainda são vendidas pelo fornecedor original 10 (dez) anos após as peças deixarem de ser produzidas. Com um parque de máquinas com média de 20 anos, a cada ano, a quantidade de peças obsoletas no estoque aumenta.

Obsoletas são as peças, materiais, itens que não têm mais uso nem aplicação em determinadas funções, seja por deterioração, ultrapassagem de tecnologia e até mesmo o fato de não haver uso e, portanto, esses materiais ficariam estocados, sendo assim, o dinheiro permaneceria parado (Weil, 2019).

Uma solução para a empresa A, para as peças de reposição obsoletas, é a comercialização de componentes através de leilões, como um meio de fazer girar essas peças do estoque, reduzindo o número de itens armazenados de grande valor, que não seriam mais usadas.

5.6 ATIVIDADES MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes no processo produtivo, o que maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Além disso, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos sem investimentos adicionais.

O quadro de atividades é um reflexo do resultado do programa TPM em toda empresa, que fica exposto ao lado da linha de produção. É importante se conseguir saber num relance de olhos, qual seria o raciocínio do grupo autônomo momentâneo. É um plano que contém informações sobre o desenvolvimento do programa TPM em determinada máquina. Seja para mostrar os trabalhos do grupo autônomo, mostrar as metas, ou mostrar os resultados, mostrado na tabela 5.

Em primeiro lugar, indica-se o nome do grupo autônomo, os membros, a divisão de funções, e se expressa claramente e de modo concreto os objetivos das atividades e as metas do grupo autônomo, de forma que qualquer pessoa possa compreendê-los. Os resultados da TPM devem ser colocados de forma clara no quadro. É a exposição do raciocínio, de medidas de melhorias para compreensão e replica horizontal. As informações sobre problemas detectados com sua prevenção contra reincidências, baseados em exemplos concretos de defeitos e/ou quebras/falhas. Essas informações, portanto, são importantes para o desenvolvimento da atividade TPM e da produção (instrumento contra a falta de conhecimento). Esta ferramenta dentro da manutenção autônoma tem como objetivo educar, treinar e capacitar de modo rápido claro e objetivo (Anexo 1).

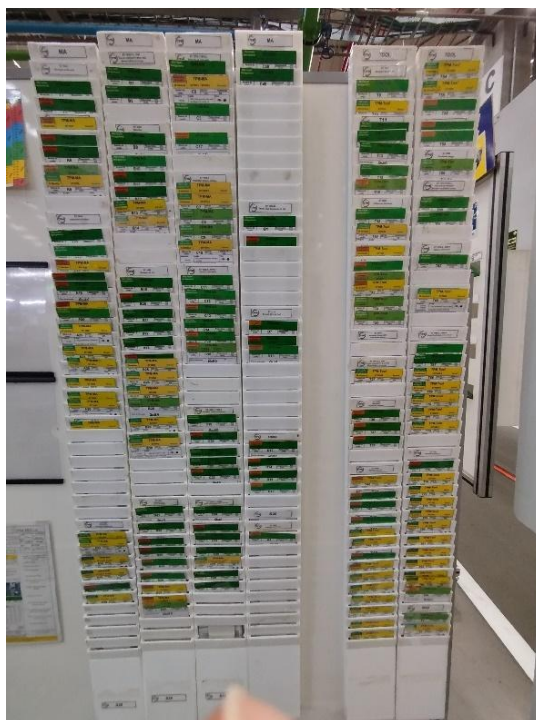
TABELA 5 - Indicações de Documentos, Indicadores e Metas da TPM

Documentos do Quadro	Indicadores	Metas
Etapa 1 • Limpeza Inicial • Etiketagem/Estratificação • Controle das etiquetas • LPP	Gráfico das etiquetas vermelhas e azuis colocadas e retiradas • Número de LPP • 5s na máquina (antes X depois)	80% das etiquetas retiradas da etiketagem • 5 LPP/operador • Índice de 90% obtido na planilha 5s
Etapa 2 • Identificação/eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso • Etiketagem contínua • LPP das melhorias	• Tempo limpeza e inspeção • Acompanhamento das fontes de sujeira e locais de difícil acesso • Número de LPP de melhorias •	• Redução 30% no tempo limpeza/inspeção. • 50 % Fontes de sujeira e locais de difícil acesso • Conclusão de 40% dos ciclos melhoria
Etapa 3 • Controle visual • Padrão provisório • Etiketagem contínua • LPP	• Redução tempo limpeza/inspeção • Controle visual • LPP (antes e depois) • Locais de difícil acesso e fontes contaminantes	• Redução de 50% no tempo de limpeza e inspeção • Conclusão de 50% dos ciclos de melhoria • 90% dos locais de difícil acesso identificados
Etapa 4 • Conhecimento sobre o funcionamento da Máquina. • Padrão de inspeção específico • Matriz de habilidade do Grupo • LPP	• Aumento dos itens do plano • Domínio matriz habilidade • Aumento das etiquetas azuis • Redução tempo limpeza/inspeção	• Redução 60% no tempo limpeza/inspeção • etiquetas azuis 90% do total emitido • Conclusão de 70% dos ciclos melhoria

Fonte: Empresa A (2025).

Na figura 12, é mostrado um exemplo de como deve ser feita a implementação do acompanhamento das atividades do quadro da TPM, sendo o gerenciamento feito de forma visual das atividades rotineiras. A manutenção produtiva total é a primeira intervenção de baixa complexidade, baixo custo e de forma rápida nas máquinas e equipamentos (Anexo 2). Mantendo-se os componentes sempre limpos e realizando de inspeções regulares, possibilitam-se a identificação de falhas prematuras.

FIGURA 12 Quadro de gerenciamento atividades TPM



Fonte: Empresa A (2024).

6 CONCLUSÃO

Todos os possíveis problemas relatados estão presentes em maior ou menor grau, os quais influenciam no resultado final dos KPI's técnicos e no custo absoluto.

A identificação dos principais problemas partindo da visão macro (resultado anual) de uma empresa de autopeças e seguindo a estratificação dos principais custos de modo a determinar os principais fatores que causam maior impacto financeiro e, a análise dos dados disponíveis confiáveis, traz a clareza necessária para a tomada de ações assertivas com impacto consistente.

Todos os argumentos e referências apresentados visam demonstrar que a função da manutenção deve ser considerada estratégica dentro da organização, podendo e devendo ser utilizada para reduzir os custos totais do processo de produção e criando uma nova perspectiva, sendo um investimento ao invés de uma despesa.

O principal desafio, é adaptar as ferramentas de forma estratégica e adequada a cada tipo de operação, assegurando que os planos de manutenção sejam específicos para as necessidades de cada situação. Isso envolve compreender como a manutenção pode ser integrada a estratégia mais ampla da empresa, trazendo benefícios não apenas para o funcionamento dos equipamentos, mas também para a performance geral da organização.

6.1 PROPOSTA PARA FUTUROS TRABALHOS

Dentro do presente trabalho existem campos para estudo que não foram mencionados e que após a implementação dos outros métodos de manutenção de forma eficiente são os próximos passos para uma manutenção enxuta e efetiva, como o RCM e FMEA.

Além disso, cada ferramental no arsenal da manutenção apresenta diversas oportunidades de aprofundamento, seja por meio de novas pesquisas sobre as ferramentas de gestão aplicadas a manutenção ou pelo estudo detalhado dos planos de manutenção mais adequados para diferentes tipos de equipamentos e setores.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade – terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

MCKANE, Aimee; HASANBEIGI, Ali. Motor systems energy efficiency supply curves: A methodology for assessing the energy efficiency potential of industrial motor systems, Energy Policy, Volume 39, Issue 10, 2011, Pages 6595-6607.

ALMEIDA, M. T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. 2000. Disponível em: <https://mtaev.com.br/wp-content/uploads/2018/02/mnt1.pdf> . Acesso em 06 out. 2024

ARAUJO, Luis César G. de. Organização, sistemas e métodos e as modernas ferramentas de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia. São Paulo: Atlas, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS.

Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil. Vitória, 2022.

BARONI, Tarcísio et al. Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas, Editora Qualitymark. Rio de Janeiro, 2002.

BLOCH, P.; GEITNER, K. Machinery Component Maintenance and Repair: practical machinery management for process plants. 3ª. ed. Burlington: Elsevier Inc., v. 3, 2005.

BUSSO, Christianne Matias; MIYAKE, Dario Ikuo. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. Production, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 181-190, jun. 2013. DOI: 10.1590/S0103-65132012005000068.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC - Controle da Qualidade Total no Estilo Japonês. 9. ed. Nova Lima: Falconi, 2014.

CASTRO NETO, Onias Pereira de. Determinação da priorização de equipamentos para manutenção por método de criticidade – estudo de caso. 2017.

CASTRO NETO, Onias Pereira de. Determinação da priorização de equipamentos para manutenção por método de criticidade - estudo de caso.

FILHO, G. B. A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FERREIRA, Natália Aparecida Ramos. O uso da técnica ultrassônica na eficiência energética de sistemas de ar comprimido. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2020.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019

LEAL, Laura; PEDRAÇA, Aline dos Santos; SANTANA, Kleber. Análise Crítica de Manutenção em Máquinas: Aspectos Relevantes para Assegurar Condições Operacionais em Empresa do Pólo Industrial de Manaus. *European Academic Research*, v. 8, n. 3, p. 1464-1484, jun. 2020.

MACEDO, Marco Antonio Subtil. Contribuição metodológica para a determinação da Criticidade de equipamentos na gestão da manutenção. Dissertação para obtenção de título em Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2011.

MARCORINI, Wilson. et al. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. Santa Bárbara d' Oeste – SP. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 2003.

MARTINS, P. G.; ALT. P. R. C. Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais. São Paulo: Saraiva, 2005.

MICHELON, Éden Carlos. Gestão da Manutenção: Análise da Criticidade em Equipamentos de uma Indústria no Sudoeste do Paraná. 2019.

MONCHY, Francys. A Função Manutenção. São Paulo: Durban. 1987.

MONCHY, F., 1989. Maintenance – Méthodes et organisations. Paris: Dunodv.

MORAES, P.H.A. Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.

NEPOMUCENO, L. Manutenção preditiva em instalações industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 1985.

NIQUELE, J. Avaliação do desempenho da gestão de ativos após a suspensão do programa de manutenção autônoma em uma indústria de cartões de PVC. 2012.

OLIVEIRA, A. L. de; SANTOS, E. S. dos. Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura: Um Estudo de Caso. 2007.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. *Revista Gestão Industrial*. Vol.4, n.2, 2008.

PAPIC, Ljubisa; ARONOV, Joseph & PANTELIC, Milorad. Safety Based Maintenance Concept. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, New Jersey (USA), v. 16, n. 6, p. 533–549, dez. 2009.

PELIZZARI, E.; MARTINS, C. O. D.; MENEZES, A. F.; REGULY, A. Aplicações da termografia como ferramenta de manutenção preditiva em conectores elétricos. In: 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, p. 6315-6325, 2006.

QUINQUIOLO, J. M. Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva. Taubaté/SP: Universidade de Taubaté, 2002.

RIBEIRO, Haroldo. A Bíblia do TPM: Como Maximizar a Produtividade na Empresa. São Paulo: Viena, 2014.

SIENA, Osmar; BRAGA, Aurineide Alves; OLIVEIRA, Clésia Maria de; CARVALHO, Erasmo Moreira de. Metodologia da pesquisa científica e elementos para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos. Porto Velho: Universidade Federal de Rondônia, 2024.

SILVA, J. M. 5S: O ambiente da qualidade. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

SIQUEIRA, Y. P. D. S. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SOEIRO, Amauri Olivio, André Vicente Ricco Lucato. – Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 208 p.

SOUZA, J. B. Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

SOUZA, José Barrozo de. Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica. 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

WANKE, P. Gestão de estoques na cadeia de suprimentos: Decisões e modelos quantitativos. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Métodos PDCA e DMAIC e suas Ferramentas Analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WERKEMA, M. C. C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. v. 2. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. PCM: Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark Editora, 2002.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. Planejamento e Controle da Manutenção. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006. 167 p.

VIANA, JOÃO JOSÉ. Administração de materiais: um enfoque prático. 1. ed. 8. reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009.

WANKE, P. Gestão de estoques na cadeia de suprimentos: Decisões e modelos quantitativos. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ZELMIR, Regina Regina. Gestão da Manutenção e Engenharia de Produção: Interfaces e Estratégias. 2010.

ANEXO 1 - Lição Ponto a Ponto

[illegible]

ANEXO 2 - Etiquetas TPM

ETIQUETA DE ANOMALIAS
Nº 10960

Nível 1 2 3 4
Prioridade A B C

OPERADOR

ANOMALIA DETECTADA

Equipamento _____
Encontrada por _____ Data ____/____/____

DESCRIÇÃO DA ANOMALIA

QUAL LOCALIZAÇÃO DA ANOMALIA?

1º Prazo ____/____/____
Número de Ordem _____

COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO

ETIQUETA DE ANOMALIAS
Nº 4602

Etapas 1 2 3 4 5 6 7
Prioridade A B C

SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE

ANOMALIA DETECTADA

Equipamento _____
Encontrada por _____ Data ____/____/____

Classificação da Ocorrência	Classificação da Comunicação
Meio Ambiente	Classe Acidente
Segurança do Trabalho	Condição de Risco
Prevenção e Controle e Emergência	

DESCRIÇÃO DA ANOMALIA

COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO

ETIQUETA DE ANOMALIAS
Nº 9392

Etapas 1 2 3 4 5 6 7
Prioridade A B C

MANUTENÇÃO

ANOMALIA DETECTADA

Equipamento _____
Encontrada por _____ Data ____/____/____

DESCRIÇÃO DA ANOMALIA

Tempo estimado para reparo: _____ horas

COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO

