UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RENAN DE SOUZA SILVA

ESTUDO SOBRE AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DE *SOFTWARE* PARA GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

OURO PRETO - MG
2025

RENAN DE SOUZA SILVA

renan.silva1@aluno.ufop.edu.br

ESTUDO SOBRE AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DE *SOFTWARE* PARA GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: PhD Zirlene Alves Da Silva Santos

OURO PRETO – MG
2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586e Silva, Renan de Souza.
Estudo sobre as vantagens e desvantagens da implementação de software para gerenciamento da manutenção. [manuscrito] / Renan de Souza Silva. - 2025.
69 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Zirlene Alves da Silva Santos.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Administração - Manutenção. 2. Sistemas de computação - Software Industrial. 3. Planejamento estratégico - Manutenção Preditiva. 4. CMMS (Software). I. Santos, Zirlene Alves da Silva. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

RENAN DE SOUZA SILVA

ESTUDO SOBRE AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DE SOFTWARE PARA GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 27 de Março de 2025

Membros da banca

PhD - Zirlene Alves da Silva Santos Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. - Claudio Marcio Santana - Universidade Federal de Ouro Preto
MsC - Sávio Sade Tayer - Universidade Federal de Ouro Preto

Zirlene Alves da Silva Santos, PhD; orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 02/04/2025

Documento assinado eletronicamente por **Zirlene Alves da Silva Santos**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/04/2025, às 11:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0890651** e o código CRC **A9E97588**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: (31)3559-1533 - www.ufop.br

A Deus dedico mais essa etapa vencida, aos meus pais por sempre acreditarem em mim e fornecer todo o apoio necessário.

AGRADECIMENTO

A minha orientadora PhD Zirlene Alves, pelo incentivo e orientação neste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica por suas importantes contribuições para o aprimoramento do trabalho.

A minha família por serem meu antropo de amor, carinho, cuidado e força.

“A pressão é um privilégio”.

Billie Jean King

RESUMO

A gestão da manutenção industrial tem sido amplamente discutida pelo avanço das tecnologias de monitoramento e *software* de gerenciamento. Este trabalho investiga a eficácia dos sistemas de gerenciamento da manutenção computadorizada (CMMS), analisando suas vantagens e desvantagens na otimização de processos e redução de custos operacionais. O objetivo principal é avaliar a eficiência dessas ferramentas na manutenção preditiva, preventiva e corretiva, considerando sua aplicabilidade em diferentes contextos industriais. A metodologia utilizada incluiu uma revisão bibliográfica sobre manutenção e CMMS, levantamento e análise comparativa entre quatro *softwares* disponíveis no mercado, além da realização de análise para avaliar as vantagens e desvantagens entre eles. O estudo revelou que o *software* TracOS se destacou em termos de funcionalidades avançadas e integração com sistemas ERP, enquanto outras soluções apresentaram limitações em customização e escalabilidade. Conclui-se que a escolha do CMMS ideal depende das necessidades específicas de cada empresa, sendo fundamental considerar aspectos como custo, facilidade de implementação e suporte técnico. A pesquisa destaca a relevância dessas ferramentas na melhoria da eficiência operacional e na tomada de decisões estratégicas na gestão da manutenção.

Palavras-chave: Gestão da manutenção, CMMS, manutenção preditiva, otimização de processos, *software* industrial.

ABSTRACT

Industrial maintenance management has been widely discussed due to advancements in monitoring technologies and management software. This study investigates the effectiveness of computerized maintenance management systems (CMMS), analyzing their advantages and disadvantages in process optimization and operational cost reduction. The main objective is to assess the efficiency of these tools in predictive, preventive, and corrective maintenance, considering their applicability in different industrial contexts. The methodology included a literature review on maintenance and CMMS, a survey, and a comparative analysis of four software solutions available on the market, as well as an evaluation of their advantages and disadvantages. The study revealed that the TracOS software stood out in terms of advanced functionalities and integration with ERP systems, while other solutions had limitations in customization and scalability. It is concluded that the ideal CMMS choice depends on the specific needs of each company, making it essential to consider aspects such as cost, ease of implementation, and technical support. The research highlights the relevance of these tools in improving operational efficiency and supporting strategic decision-making in maintenance management.

Keywords: Maintenance management, CMMS, predictive maintenance, process optimization, industrial software.

LISTA DE FÓRMULAS

HHOS - Homens-hora de ordem de serviço (indicador de tempo requerido para manutenção)

% - Percentual utilizado na fórmula do CPMV

Custo de Manutenção sobre o Faturamento (CMF)

CMF = $Custo\ total\ de\ Manutenção/Faturamento\ Bruto$

Custo de Manutenção sobre o Valor de Reposição (CPMV)

CPMV(%) = $(Custo\ total\ de\ Manutenção/Valor\ de\ Compra\ de\ um\ novo\ ativo)\ *\ 100$

Custo de Manutenção por Unidade Produzida (CMUP)

CMUP = $Custo\ total\ de\ manutenção/Total\ de\ unidades\ produzidas$

Cálculo do Backlog

backlog = ($Total\ de\ HHOS$ - horas de ordens de serviços)/ horas disponíveis

LISTA DE SIGLAS

CMMS - *Computerized Maintenance Management System* (Sistema de Gerenciamento de Manutenção Computadorizado)

PCM - *Planejamento e Controle da Manutenção*

ERP - *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de Recursos Empresariais)

SAP - (Sistema integrado de gestão empresarial)

POP - *Procedimento Operacional Padrão*

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

MTTR - *Mean Time to Repair* (Tempo Médio para Reparo)

MTTA - *Mean Time to Acknowledge* (Tempo Médio para Reconhecimento)

OS - Ordem de Serviço

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de banheira para o desempenho de ativos 18
Figura 2 - Resumo dos tipos de manutenção 20
Figura 3 - Resumo dos tipos de manutenção conforme a EN 13306. 24
Figura 4 - Fluxograma Estrutura do Trabalho 35
Figura 5 -Tela de Programação de OS TracOS 40
Figura 6 - Visão em Calendário das Ordens de Serviços - TracOS 41
Figura 7 - Criação de Procedimentos com Inteligência Artificial - TracOS 42
Figura 8 - Indicadores de Manutenção - TracOS 43
Figura 9 - Criação de Plano de Preventiva - CHAMPS CMMS 46
Figura 10 - Criação de Ativo na Árvore de Ativos - CHAMPS CMMS 46
Figura 11 - Criação de Ativos - Mainserver 48
Figura 12 - Criação de Plano de Manutenção - Mainserver 49
Figura 13 - Indicadores de Manutenção - Mainserver 50
Figura 14 - Visão Geral - Ezo CMMS 53
Figura 15 - Visão Gerencial das Ordens de Serviços Preventivas 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores da Pesquisa 36
Tabela 2 - Matriz de Classificação por Funcionalidade 55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **13**

1.1 Formulação do Problema **13**

1.2 Justificativa **14**

1.3 Objetivos **15**

1.3.1 Geral 15

1.3.2 Específicos 16

1.4 Estrutura do Trabalho **16**

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **17**

2.1 A evolução da manutenção **17**

2.2 Tipos de Manutenção **19**

2.3 Planejamento e controle da manutenção (PCM) **26**

2.4 Implementação de *softwares* de apoio e monitoramento do PCM **31**

3 METODOLOGIA **33**

3.1 Tipos de pesquisa **33**

3.2 Métodos e materiais **34**

3.3 Variáveis e indicadores **36**

3.4 Instrumento de coleta de dados **36**

3.5 Tabulação de dados **36**

3.6 Considerações finais **37**

4 RESULTADOS **38**

4.1 TracOS – TRACTIAN **38**

4.2 Champs CMMS **43**

4.3 Mainsaver **47**

4.4 EZO CMMS **50**

4.5 Análise comparativa entre os *softwares* **54**

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES **57**

REFERÊNCIAS **58**

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Os tipos de manutenção desempenham um papel crucial na garantia da integridade e eficiência dos ativos empresariais, conforme destacado por especialistas em gestão de ativos, como Kelly e Harris (2020); esses tipos incluem a manutenção corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção corretiva intervém após a ocorrência de uma falha, enquanto a preventiva visa evitar falhas por meio de inspeções e substituições regulares de componentes.

A implementação de práticas eficazes de manutenção desempenha um papel crucial na promoção da segurança operacional em ambientes industriais. Estudos recentes, como o de Mobley (2021), destacam que a manutenção preventiva e preditiva pode reduzir significativamente o risco de acidentes e falhas catastróficas em instalações industriais. Através de inspeções regulares, reparos programados e monitoramento contínuo de dados, a manutenção preventiva identifica potenciais pontos de falha antes que eles se tornem problemas de segurança.

A otimização de processos manuais na manutenção é fundamental para aumentar a disponibilidade física dos ativos. Conforme mencionado por Liyanage, *et al*. (2009), automatizar tarefas repetitivas, como a coleta e análise de dados, agiliza o processo de manutenção, minimiza erros humanos e permite uma resposta mais rápida a falhas. Além disso, a digitalização dos processos proporciona uma visão mais abrangente do desempenho dos ativos, facilitando a identificação de oportunidades de melhoria e a tomada de decisões mais embasadas.

Gupta, R. K., & Jain, P. (2014), afirmam que a redução de custos com manutenção é um objetivo crucial para as empresas. Os gastos com reparos e substituições de equipamentos podem representar uma parcela significativa do orçamento operacional. Estratégias como a implementação de manutenção preventiva e preditiva, a otimização de processos e o uso de tecnologias de monitoramento remoto permitem identificar e corrigir problemas antes que se tornem mais graves, evitando custos adicionais com reparos emergenciais e aumentando a eficiência operacional.

Nas empresas brasileiras investe-se, em média, 4 % do faturamento bruto na manutenção de seus ativos (ABRAMAN, 2019). Estes custos são irrisórios frente aos prejuízos decorrentes da indisponibilidade de algum equipamento sob avaria (GONÇALVES *et al*., 2017). Este dado e a própria etimologia da palavra manutenção enfatizam a sua importância, conforme lembrado por Viana (2022), o termo vem do latim “manus tenere” que significa “ter em mãos”, ou “ter à mão”.

A utilização de um Sistema de Gerenciamento de Manutenção Computadorizado (CMMS) é fundamental para otimizar a gestão de manutenção nas empresas. Estudos recentes apontam que o CMMS possibilita a integração de informações essenciais, como o controle dos ativos, agendamento de manutenções preventivas e corretivas, além da análise de indicadores de desempenho, permitindo a redução de custos operacionais e o aumento da vida útil dos equipamentos (VIANA, 2020; NEVES *et al*., 2023). O uso dessas ferramentas, em conjunto com metodologias como o PDCA, melhora a eficiência operacional, trazendo benefícios como a prevenção de falhas e a melhoria contínua dos processos de manutenção (SHEHAB *et al*., 2004).

A adoção de um CMMS em empresas brasileiras e internacionais têm demonstrado benefícios claros não apenas na redução de custos operacionais, mas também na melhoria da sustentabilidade e competitividade. Estudos conduzidos por Biasotto (2006) mostram que, em indústrias de produção contínua, o uso de ferramentas de gestão como o CMMS contribui para a maximização da eficiência operacional e energética. Em uma perspectiva similar, Shehab *et al*. (2004) destacam que a integração de um CMMS com outros sistemas de gestão, como ERP, aumenta a eficiência produtiva e facilita o controle estratégico de manutenções. Além disso, Viana *et al*. (2021) reforçam que o CMMS ajuda as empresas a atenderem às demandas ambientais e de mercado, gerando uma vantagem competitiva sustentável. O alinhamento entre manutenção preventiva e as tecnologias de automação se mostrou essencial para aumentar a disponibilidade dos equipamentos e melhorar os indicadores de confiabilidade em diversas indústrias (NEVES *et al*., 2023; JAMKHANEH *et al*., 2018).

Dado a importância do uso de ferramentas para gerenciamento da manutenção adicionado a quantidade de soluções disponíveis no mercado e particularidades de operações industriais de cada segmento da indústria, traz a necessidade de refletir sobre:

Quais as vantagens e desvantagens entre os *softwares* para gestão da manutenção industrial?

1.2 Justificativa

Realizar a gestão da manutenção em uma empresa de médio/grande porte do setor industrial apresenta uma série de desafios. Entre esses desafios destacam-se a gestão de ordens de serviços, gestão de rotinas de corretiva, o planejamento de manutenções preventivas e preditivas, a definição da matriz de criticidade dos ativos, a confiabilidade dos dados fornecidos pelas equipes no campo, o gerenciamento de estoques voltados para o time de manutenção, a elaboração de indicadores e relatórios gerenciais, além das métricas condicionais dos ativos.

A operacionalização e padronização das rotinas de manutenção tornam-se praticamente inviáveis sem o auxílio de uma ferramenta específica para esse fim. Com inúmeros ativos envolvidos em todo o processo produtivo, cada um com suas particularidades, torna-se necessário estabelecer tarefas periódicas para garantir o bom funcionamento dos equipamentos e, consequentemente, alcançar a excelência operacional. Além disso, em uma era em que dados e informações têm grande importância, a tomada de decisão deve ser embasada nesses pilares, visando planejar o futuro da empresa.

Atualmente, existem algumas ferramentas que oferecem suporte para a gestão da manutenção, sendo o Microsoft Excel uma delas. No entanto, apesar de sua ampla utilização, o Excel não foi desenvolvido especificamente para a rotina e gestão de tarefas de manutenção, o que demanda um grande esforço dos colaboradores para alimentá-lo manualmente. Além disso, o uso do Excel muitas vezes requer a integração com outras ferramentas para uma gestão completa.

Diante desse cenário, surge a necessidade de analisar as vantagens e desvantagens dos *softwares* que estão disponíveis para gerenciamento da manutenção industrial. Essa ferramenta especializada pode otimizar o trabalho manual, padronizar e operacionalizar os processos, além de gerar indicadores e relatórios essenciais para a tomada de decisão.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar sobre as vantagens e desvantagens da implementação de *software* para gerenciamento da manutenção.

1.3.2 Específicos

- Realizar revisão bibliográfica a respeito dos tipos de manutenção, gestão da manutenção, planejamento e controle da manutenção e utilização de *software* para gerenciamento da manutenção;
- Identificar alguns *softwares* que realizam o gerenciamento da manutenção;
- Elucidar os recursos e metodologias utilizadas para desenvolver o estudo;
- Realizar análise comparativa entre quatro *softwares* identificados;
- Apresentar análise comparativa destacando as vantagens e desvantagens da utilização de quatro *softwares* de gerenciamento da manutenção.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentado a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica dos conceitos e teorias a respeito da manutenção. Também são relatados os diferentes tipos e formas de organização da manutenção, relacionando-os com as vantagens e desvantagens da utilização de um *software* CMMS para realizar o gerenciamento das rotinas de manutenção e seus dados.

No terceiro capítulo é abordado a metodologia que foi seguida para realização do trabalho, assim como o que foi utilizado. No quarto capítulo é apresentado de forma detalhada as análises a respeito de alguns CMMS e quais as vantagens e desvantagens na utilização de cada um deles. No quinto capítulo é sintetizado quais são os resultados e quais as conclusões que o autor chegou.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado diversos conceitos fundamentais para que fique clara a importância da manutenção no cenário industrial. Primeiramente será apresentado um breve histórico seguido de uma série de definições que servirá para fornecer uma visão geral e contextualizada do tema. Em seguida, aspectos mais específicos são apresentados para enriquecer o referencial teórico, fornecendo a base requerida para o entendimento da metodologia e do estudo de caso, ambos presentes nos próximos capítulos.

2.1 A evolução da manutenção

A manutenção pode ser definida como o conjunto das atividades que visam manter as condições naturais dos equipamentos, evitar a sua deterioração e degradação, para que ele possa exercer a sua função (SILVA, 2020). Dentre as formas de dividir a manutenção, tem-se a corretiva programada, corretiva não programada, preventiva e preditiva (XENOS, 2014).

A manutenção é o conjunto de práticas que visam garantir o funcionamento adequado de equipamentos e sistemas, prevenindo falhas e prolongando sua vida útil (SOUZA, 2018). A manutenção pode ser dividida em três categorias principais: corretiva, preventiva e preditiva (TSANG & JARDINE, 2021). A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha para restaurar a funcionalidade do equipamento (TSANG & JARDINE, 2021). A manutenção preventiva é efetuada em intervalos regulares e programados para reduzir a probabilidade de falhas (TSANG & JARDINE, 2021). Já a manutenção preditiva envolve o monitoramento contínuo das condições dos equipamentos e a análise de dados para prever falhas antes que ocorram, permitindo intervenções mais precisas e oportunas (TSANG & JARDINE, 2021). A manutenção é essencial para assegurar que máquinas e sistemas operem de maneira eficiente e segura, minimizando tempos de inatividade e custos operacionais (SOUZA, 2015).

A Manutenção passou por quatro grandes gerações, a primeira geração, correspondente à fase de mecanização; Segunda Geração, concomitantemente ao avanço da industrialização mundial; e, por fim, as contemporâneas Terceira e Quarta Gerações, já incorporando as tecnologias cada vez mais sofisticadas de automatização (SIQUEIRA, 2012).

A primeira fase, entre 1930 e 1950, denominada na literatura como a Primeira Geração, foi estimulada pelo intenso salto tecnológico da sequência das duas Grandes Guerras Mundiais, pelo desenvolvimento acelerado da indústria bélica (VIANA 2019). Soeiro *et al.* (2017) afirmam que no começo desse período, na fase anterior à Segunda Guerra Mundial, as negociações eram mais previsíveis, uma vez que os produtos e tecnologias sofriam poucas perdas e a manutenção era vista como um aspecto não tão relevante.

Kardec e Nascif (2009) destacam que a principal característica dessa primeira fase era a inexistência do caráter preventivo, havia apenas o conserto após ocorrência de danos ou falhas com potenciais danos, portanto, a manutenção era apenas corretiva, e não era sistematizada, prejudicando a vida útil dos equipamentos.

Entre 1950 e 1972 ocorreu a Segunda Geração, que inseriu a manutenção preventiva , com a expansão na quantidade e complexidade das instalações industriais (KARDEC e NASCIF, 2009). Esse foi um marco importante por garantir a durabilidade dos equipamentos e demais ativos industriais, aumentando consideravelmente sua disponibilidade e confiabilidade (KARDEC e NASCIF, 2009). Estes passaram a corresponder à clássica curva de banheira, ditando o desempenho do equipamento no decorrer de sua vida útil, vide Figura 1 (WILLICH, 2023). Inseriu-se a possibilidade de moldar essa curva, visando à redução de falhas, com ações preventivas que começaram a ser incorporadas nessa Segunda Geração (WILLICH, 2023):

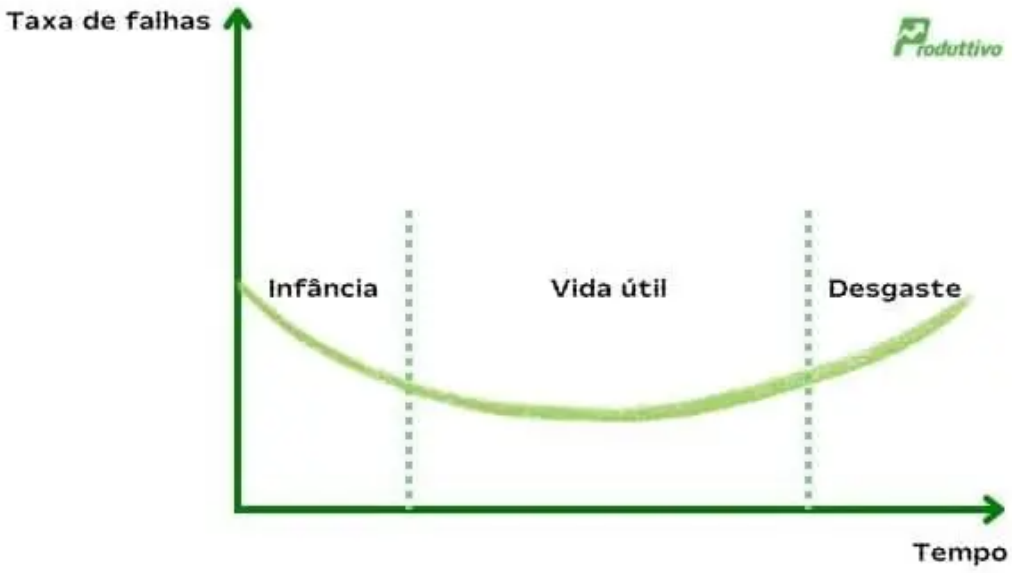


Figura 1 - Curva de banheira para o desempenho de ativos

Fonte: (WILLICH, 2023).

Conforme Figura 1, o ativo, no início de seu funcionamento, pode ter uma elevada chance de falhas devido a problemas inerentes à sua fabricação, ou até mesmo à sua instalação ou montagem ativos (WILLICH, 2023). Uma vez corrigidos esses problemas, o equipamento atinge uma fase de estabilidade que garante sua funcionalidade ao longo do seu período de vida útil (FERREIRA, 2017).

Contudo, após isso, pode haver o desgaste ou depreciação desse ativo é nesta fase que a manutenção preventiva surgida na Segunda Geração assume seu papel principal, para prolongar ainda mais a vida útil do ativo (WILLICH, 2023). Conforme Soeiro *et al.* (2017), nesse período houve maior carência de confiabilidade e disponibilidade, e passou a ser dada importância à manutenção preventiva.

Um passo ainda mais significativo foi dado com o advento da manutenção preditiva, marcando a Terceira Geração entre 1973 e 1994 (KARDEC e NASCIF, 2009). Essa nova fase foi marcada com a crescente evolução dos processos de automatização, garantindo o aumento da disponibilidade e da confiabilidade dos ativos, uma vez que mais recursos passaram a estar disponíveis para atuar sobre eventuais falhas com maior assertividade e rapidez (SOEIRO *et al.*, 2017).

As técnicas de manutenção seguindo esse paradigma podem utilizar dados de confiabilidade do equipamento para melhorar a segurança, disponibilidade e otimizar os custos aumentando a margem de lucro (OKWUOBI, 2018).

2.2 Tipos de Manutenção

A manutenção pode ser dividida em três categorias principais: corretiva, preventiva e preditiva (REIS, 2013). A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha para restaurar a funcionalidade do equipamento (TSANG & JARDINE, 2021). A manutenção preventiva é efetuada em intervalos regulares e programados para reduzir a probabilidade de falhas (TSANG & JARDINE, 2021). Já a manutenção preditiva envolve o monitoramento contínuo das condições dos equipamentos e a análise de dados para prever falhas antes que ocorram, permitindo intervenções mais precisas e oportunas (TSANG & JARDINE, 2021). A manutenção é essencial para assegurar que máquinas e sistemas operem de maneira eficiente e segura, minimizando tempos de inatividade e custos operacionais (FERREIRA, 2017).

Uma definição precisa e sucinta de manutenção é dada por Viana (2016), enfatizando que esta deve garantir que os equipamentos e instalações sejam conservados, para que estes

possam ser eficientemente aproveitados na cadeia produtiva. Arruda (2002) considera a manutenção como um ramo das engenharias, com a finalidade de manter os ativos fixos de uma empresa aptos a executar integralmente suas funções por um longo período de tempo. Como ativos fixos entendem-se as instalações prediais, o maquinário, etc.

Na figura 2 é apresentado um resumo das categorias de manutenção mais empregadas na indústria.

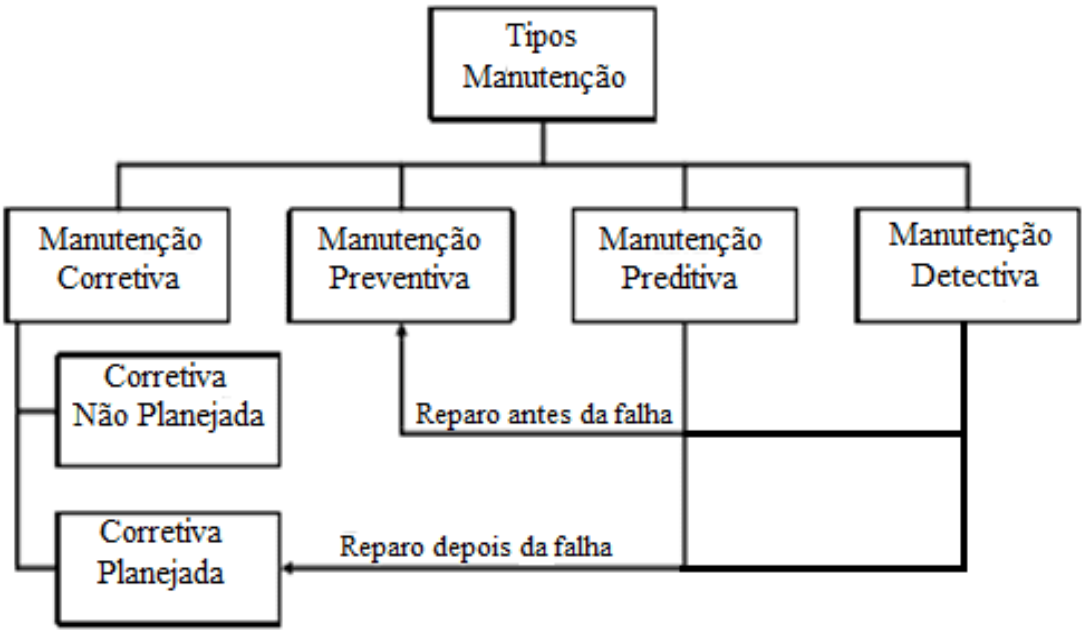


Figura 2 - Resumo dos tipos de manutenção
Fonte: (SANTOS, 2019).

Conforme apresentado na figura 2 a manutenção pode ser classificada em quatro tipos principais: corretiva, preventiva, preditiva e proativa. A manutenção corretiva é realizada após a falha de um equipamento, com o objetivo de restaurar sua funcionalidade (FRANCO *et al*., 2016). A manutenção preventiva é baseada em um cronograma fixo, visando a prevenção de falhas através de inspeções e substituições regulares de componentes (REIS, 2013). A manutenção preditiva utiliza tecnologias avançadas, como sensores e análise de dados, para prever falhas iminentes e planejar intervenções antes que ocorram (WAEYENBERGH & PINTELON, 2023)

A manutenção corretiva é uma prática essencial na gestão de ativos industriais, focada na reparação de falhas e restauração de equipamentos após a ocorrência de problemas (SANTOS; ALMEIDA, 2021). Smith e Hawkins (2020) destacam que, apesar de ser uma

abordagem reativa, é crucial para responder rapidamente a falhas inesperadas, minimizando interrupções operacionais, suas vantagens incluem simplicidade e menor custo inicial, embora possa resultar em períodos significativos de inatividade e altos custos de reparação. A implementação de sistemas de gerenciamento de manutenção, treinamento contínuo da equipe e uma boa gestão de peças de reposição são estratégias que aumentam a eficiência dessa prática (SMITH & HAWKINS, 2020).

A manutenção corretiva refere-se às atividades realizadas após a falha de um equipamento, com o objetivo de corrigir a falha e restaurar a operação normal, Essa abordagem é fundamental em situações onde as falhas não podem ser previstas ou evitadas, necessitando uma resposta imediata para minimizar os impactos na produção e na segurança (SANTOS; ALMEIDA, 2021). Moubray (2022) enfatiza que, apesar de sua natureza reativa, a manutenção corretiva é uma componente indispensável de uma estratégia de manutenção abrangente.

A manutenção corretiva não planejada atua apenas para corrigir um problema já existente, acarretando diversos custos por perda de produtos e de qualidade nas especificações destes, o cenário envolvendo a necessidade deste tipo de manutenção geralmente envolve a interrupção temporária da produção (SILVA; PEREIRA, 2020). Entretanto, pode ser suficiente para alguns cenários e mais eficiente caso um plano de tratativas seja determinado (OLIVEIRA, 2019), correspondendo à manutenção corretiva planejada que será abordada mais adiante.

A manutenção planejada, ou programada, é, por sua vez, dividida em três categorias: preventiva, corretiva planejada e por melhorias (ZAIONS, 2003). Conforme Cabral (2006), a manutenção por melhorias corresponde a adaptar os equipamentos para que estes estejam menos vulneráveis a avarias e também melhor condicionados a outras formas de funcionamento. Sabe-se, mediante estudos como o de Patil e Kothavale (2018), que componentes elétricos estão mais sujeitos a tais avarias do que os componentes mecânicos.

A manutenção corretiva planejada é executada com a finalidade de recolocar um ativo capaz de exercer uma função para a qual o ativo a ser substituído tornou-se incapaz, de acordo com a NBR 5462 (ABNT, 1994). Ou seja, conforme Kardec (2009), ao seguir esse paradigma de manutenção a empresa não investe em manutenção até a ocorrência de falha em algum ativo. Yepez *et al.* (2019) afirmam que a manutenção corretiva é fortemente dependente do conhecimento do profissional e de sua capacidade de decisão.

Segundo Mobley (2021) a manutenção preventiva é uma abordagem planejada e sistemática destinada a evitar falhas em equipamentos através de inspeções e intervenções

regulares, essa estratégia envolve a realização de manutenção com base em intervalos de tempo ou uso, reduzindo a probabilidade de falhas inesperadas e aumentando a confiabilidade dos equipamentos. A manutenção preventiva é crucial para prolongar a vida útil dos ativos e minimizar os custos associados a reparos emergenciais. Sua implementação requer um planejamento cuidadoso e um bom entendimento das necessidades dos equipamentos (ALMEIDA et al., 2020).

A implementação eficaz da manutenção preventiva pode trazer diversos benefícios, como a redução de interrupções operacionais e a melhoria da eficiência produtiva (SILVA; PEREIRA, 2021). Segundo Waeyenbergh e Pintelon (2020), estratégias como a utilização de *softwares* de gerenciamento de manutenção e o estabelecimento de cronogramas regulares de inspeção são fundamentais para o sucesso dessa abordagem. Além disso, a manutenção preventiva pode contribuir significativamente para a segurança no ambiente de trabalho, prevenindo acidentes causados por falhas inesperadas. Essa prática, quando bem executada, otimiza os recursos e reduz os custos totais de manutenção (SANTOS et al., 2020).

A manutenção preventiva, conforme Zaions (2003), pode ser ramificada em preditiva, periódica e de rotina. Dhillon (2002) afirma que a manutenção preventiva mantém o ativo em condições adequadas por meio de um periódico e organizado programa de verificações e recondicionamentos deste ativo. Assim, tal planejamento possibilita a supressão de falhas devido a periódicas ações de limpeza, verificação e substituição (SLACK *et al.* 2008).

Entretanto, atualmente vem sendo mais viável e eficaz aplicar modernos algoritmos computacionais, como por exemplo os de otimização evolutiva combinados, que utilizam algumas variáveis de processo, como consumo energético, com técnicas de manutenção centrada na confiabilidade, conforme o trabalho de Salah *et al.* (2018). De acordo com o autor anteriormente citado, essa aplicação apresenta economias entre 6 e 16 % em custos relativos à manutenção, frente à manutenção preventiva convencional com base em calendário, através do acompanhamento de métricas condicionais dos equipamentos. Outro exemplo é o trabalho de Vieira (2022), que aplicou FMEA (*failure mode and effects analysis*) em uma empresa de energia elétrica e obteve maiores êxitos quanto ao plano de manutenção preventiva.

A NBR 5462 (ABNT, 1994) estabelece que a manutenção preditiva ocorra numa sequência pré-determinada de intervalos e com critérios também pré-determinados, não garante a ausência total das falhas, mesmo com o cumprimento da norma; isso é devido à dificuldade em padronizar tais práticas tornando-as cientes aos operadores e mantenedores da cadeia produtiva (CHUNG, 2012).

A manutenção de caráter preditivo aplica sistematicamente métodos de supervisão para acompanhar as condições do ativo, de forma a minimizar a necessidade tanto das manutenções corretivas como das preventivas (GREGÓRIO e SILVEIRA, 2018). Dessa forma, pode-se verificar as condições do equipamento e o seu real estado quanto a eventuais defeitos, viabilizando o imediato planejamento para reparos, e essas características previnem interrupções para desmontagens e outras intervenções (ALMEIDA, 2018). A manutenção preditiva é feita mediante diversas técnicas como análises e ensaios térmicos e mecânicos, dentre outros (VIANA, 2022). Conforme Gregório e Silveira (2018), os diversos ensaios empregados permitem detectar alterações em níveis de pressão ou de vibrações, contaminações em óleos lubrificantes, dentre outros.

A manutenção preditiva utiliza tecnologias avançadas, como análise de vibração e termografia, para prever falhas iminentes em equipamentos críticos, permitindo intervenções proativas para evitar acidentes (MOBLEY, 2002). Ao investir em programas de manutenção robustos e adaptados às necessidades específicas de cada indústria, as empresas podem não apenas garantir a integridade de seus ativos, mas também proteger a segurança e bem-estar de seus funcionários e comunidades circundantes (TSANG, 2022).

Lima e Arantes (2008) mencionam termografia, análise de pressão e vibrações, ferrografia e ultrassom como principais métodos de manutenção preditiva. Uma definição mais completa tecnicamente é apresentada por ARATO (2004), na qual a manutenção preditiva monitora parâmetros que reproduzem o funcionamento dos ativos, mediante medidas e análises desses parâmetros.

Kardec e Nascif (2013) expandem o conceito de manutenção preditiva para uma técnica capaz de trazer retornos financeiros significativos para aumentar a produtividade e a efetividade da indústria. Ou seja, este tipo de manutenção é como uma filosofia de operação a ser empregada pela gerência de uma empresa, ao focar em pontos críticos da planta otimizando os esforços de manutenção da forma mais eficiente possível.

Conforme Alexia (2018), a manutenção preditiva segue as seguintes etapas: inicialmente são planejados os equipamentos a serem inspecionados; então, são coletados dados para avaliar o desempenho padrão destes; verifica-se continuamente o desempenho de cada equipamento escolhido, comparando seus dados de operação com os dados padrão; armazenam-se os dados coletados e, por fim, acompanham-se periodicamente as etapas para melhoria contínua.

A manutenção detectiva pode ser realizada por um auto-teste do equipamento, independentemente de este estar ou não operando (WANG; LI; WANG, 2019). Conforme

Paschoal (2009), esta técnica é empregada por sistemas de proteção visando corrigir falhas inacessíveis aos operadores. Uma definição semelhante é dada por Chiochetta (2004), incluindo sistemas de comando.

Na figura 3 é apresentado um esquema que segundo a *Europeen Committee of Standardization* (2017), o diagrama pode ser aplicado para direcionar as práticas nacionais de manutenção:

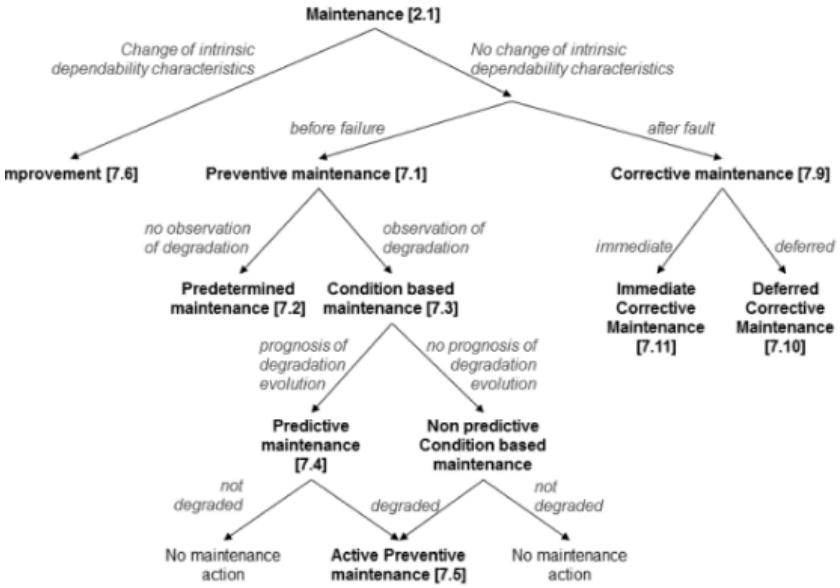


Figura 3 - Resumo dos tipos de manutenção conforme a EN 13306.
Fonte: *Europeen Committee of Standardization* (2017).

Quando se fala em manutenção, é crucial falar sobre metodologias de manutenção, entre elas Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e *Total Productive Maintainance* (TPM). Estas metodologias servem para priorizar quais falhas devem ser corrigidas e quais ações são as mais efetivas, uma vez que prever e atuar sobre todas as falhas seria inviável economicamente, mesmo que todas sejam prejudiciais em alguma escala (GREGÓRIO *et al.*, 2018).

A RCM, que em português traduz-se como Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), opera mediante a avaliação rotineira da funcionalidade e eficiência dos equipamentos (CARVALHO; FERREIRA, 2021). Conforme Chopra *et al.* (2016), são necessários planos de manutenção organizados e eficientes, para não haver interferência no processo produtivo, isso

é almejado mediante o planejamento sistemático da ocorrência de manutenção, preservando a confiabilidade do equipamento, bem como sua disponibilidade.

A MCC parte do princípio de que a manutenção deve ser orientada pelas falhas potenciais dos equipamentos, buscando entender o comportamento dessas falhas para aplicar a estratégia de manutenção mais adequada (SMITH, 2004). Ao invés de adotar uma abordagem reativa, que apenas corrige falhas quando estas ocorrem, ou uma abordagem preventiva excessiva, que pode levar ao desgaste prematuro de componentes e gastos desnecessários, a MCC promove o balanceamento entre diferentes estratégias de manutenção (SOUSA; GOMES, 2019).

Conforme Moubray (1991), a MCC determina as condições necessárias para que os ativos físicos continuem aptos a desempenharem suas funções, a partir de alguns questionamentos acerca das falhas operacionais. Assim, é feita uma análise sistemática acerca das funções do ativo e de seus pontos de falha, para que estratégias de manutenção possam ser traçadas e implementadas (SOUSA; GOMES, 2019). Isso garante a consolidação de um plano de manutenção reduzindo, assim, os custos do ativo (CORDEIRO, 2022).

Agudelo (2017) descreve a MCC como o conjunto das seguintes metas e características: preservação de funções; identificação dos modos de falha comprometedores destas funções; priorizar as funções de maior importância ao processo produtivo.

Brito, Silva e Gomes (2020) destacam que a adoção de técnicas de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em indústrias de manufatura melhora a eficiência operacional e a confiabilidade dos equipamentos, reduzindo custos de manutenção. A MCC permite identificar modos de falha e selecionar estratégias de manutenção adequadas, como a preditiva ou preventiva (SOUSA; GOMES, 2019). Brito, Silva e Gomes (2020) ressaltam a importância da coleta de dados e do treinamento das equipes para garantir a implementação eficaz da metodologia, além disso, indicam que a MCC contribui para a segurança e produtividade, superando desafios culturais e técnicos nas organizações.

A TPM, traduzida como Manutenção Produtiva Total em português, surgiu no começo da década de 1970, e é considerada inovadora por Nakajima (1988), uma vez que otimiza a capacidade do ativo e resolve avarias, além de promover autonomia à manutenção. Outros benefícios são o aumento da eficiência operacional e a redução significativa de acidentes, além de evitar paradas inconvenientes na produção (GAJDZIK, 2009). A TPM unifica o conceito de manutenção preventiva ao de gestão de qualidade, de forma a unificar as colaborações de todos os ativos humanos da empresa (ZLATIC, 2019).

Singh *et al.* (2013) constatam que, por incorporar o paradigma de zero desperdício, zero acidentes e zero quebras, conhecido como conceito zero, as empresas vêm cada vez mais incorporando a TPM no ambiente corporativo. Os princípios da TPM garantem a redução de falhas nos equipamentos, e no tempo perdido com eventuais ajustes destes, uma vez que tais fatores, por causarem perdas de qualidade e velocidade de produção, prejudicam as especificações do produto final, bem como os critérios de qualidade estabelecidos e esperados pelos clientes (RODRIGUES e HATAKEYAMA, 2006).

A manutenção dentro da metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM) é essencial para garantir a eficiência e longevidade dos equipamentos, além de impulsionar a produtividade industrial (JAIN; CHAKRABORTY, 2020). Recentemente, estudos destacam que o sucesso da implementação do TPM depende de fatores como o compromisso da alta gestão, a capacitação dos colaboradores e a promoção de uma cultura de melhoria contínua (SINGH e GURTU, 2022). A aplicação adequada de TPM tem mostrado ser capaz de aumentar a efetividade geral dos equipamentos (OEE) e reduzir custos operacionais, permitindo uma produção mais sustentável e competitiva (KALPANDE e TOKE, 2022).

Conforme Jain *et al.* (2014), são esperados aumento na produtividade e economia de custos em manutenção com a aplicação da TPM. Para que isso seja bem sucedido,a TPM fundamenta-se nos seguintes princípios:

- Manutenção autônoma com acompanhamento contínuo dos equipamentos, por parte de todos os colaboradores;
- Manutenção focada em evitar desperdícios;
- Manutenção planejada a partir de intervenções com planejamento prévio;
- Gestão da qualidade que satisfaça as exigências do cliente;
- Capacitação técnica de todos os colaboradores;
- Incorporação da TPM às áreas administrativas;
- Gestão estudada e controlada dos equipamentos;
- Consideração à segurança, saúde e meio ambiente.

2.3 Planejamento e controle da manutenção (PCM)

A metodologia conhecida como planejamento e controle da manutenção (PCM) tem o papel de auxiliar a indústria na melhoria e organização de suas áreas de apoio, a fim de prover recursos à manutenção usufruindo ao máximo da maquinaria produtiva (VIANA, 2022). Desta forma, é possível coordenar eficientemente estes recursos, possibilitando atender o

funcionamento integral das máquinas, de forma economicamente e ambientalmente sustentável (VIANA, 2022).

Para este fim, realiza-se a implementação mediante a elaboração de cadastros de *tagging* (tagueamento), planos de manutenção, fluxos de atividades e a definição de materiais, solicitações de serviço e equipes (ZANINI, 2020).

Para implantar o PCM de forma eficaz, de forma a definir a estratégia que previna falhas dos equipamentos e reduza custos de manutenção, é necessário conhecer as recomendações de fábrica, as características de cada equipamento, as questões de segurança humana e ambiental, além dos aspectos econômicos (VIANA, 2022). Damas *et al.* (2018) obtiveram bons resultados quanto à redução do número de paradas e de custos em uma indústria de autopeças. Da mesma forma, Nigai *et al.* (2015), obtiveram tais resultados com a implantação do PCM apoiados por um melhor mapeamento dos equipamentos.

O PCM deve servir como ferramenta precisa de gerenciamento de ativos da indústria, possibilitando o monitoramento da disponibilidade e utilização da mão de obra e de recursos materiais (HIGGINS, 1995). Por ser uma metodologia técnica e sistemática, Zanini (2020) enfatiza a necessidade do conhecimento apurado por parte dos profissionais participantes, e lista uma sequência de práticas referentes à organização, programação e execução.

Para implementar o PCM, primeiramente, deve-se planejar de forma estratégica as ações que serão tomadas a partir da compilação das seguintes indagações, segundo Silva, (2024):

- Qual o objetivo de implementar a metodologia? Isto guiará a equipe para estabelecer metas realistas.
- Quais os equipamentos participarão do PCM? Aqui entra a etapa de organização, envolvendo o histórico, o nível de criticidade e as estratégias de manutenção mais adequadas, tudo com base nos indicadores de desempenho.
- Qual o nível de treinamento e quais recursos estão disponíveis para a adequada execução do PCM?

Na etapa de organização devem ser incorporadas as identificações dos setores de cada departamento e as definições das rotinas de trabalho de cada equipe, conforme o organograma da empresa (TELES, 2019). Uma maneira de organizar tal organograma é apresentada por Zanini (2020), que distribui os integrantes da equipe de manutenção da seguinte forma: executante, planejador, supervisor, gerência de manutenção e engenheiros de manutenção.

Inicia-se a organização da manutenção pelo tagueamento dos equipamentos, para que informações acerca das localizações e características dos equipamentos sejam rapidamente obtidas (MOBLEY, 2003). Conforme Viana (2022), esse mapeamento, além de facilitar a orientação das localidades industriais, permite também o rápido acesso às informações sobre número de paradas, custos e disponibilidade. Essas identificações, chamadas de *tags*, podem ser organizadas em diferentes níveis: as gerências com o mais alto; em seguida, o segundo nível para cada área da gerência; o terceiro para os sistemas de cada área; o quarto para os aglutinadores e, por fim, o tagueamento para os equipamentos (VIANA, 2022).

Os equipamentos são então codificados por meio de identificações acerca de seu histórico (VIANA, 2022). Estas envolvem o acompanhamento de sua vida útil, como o número de intervenções requeridas para cada falha ou quebra, e são anexadas fisicamente ao equipamento conforme um determinado padrão de identificação (VIANA, 2022). Exemplos de como padronizar estes sistemas de rastreabilidade são apresentados em Viana (2022). Com tal acervo de identificações e históricos de operação, é possível incorporar essa ampla gama de informações para cada equipamento e localização na base de dados de softwares de PCM (SMITH; HINCHCLIFFE, 2004).

Uma vez conhecidos e armazenados os históricos de cada ativo, é possível planejar um cronograma realista para a execução sistemática da manutenção de acordo com a demanda e estratégia adotada (BLANCHARD, 2004). Este cronograma dependerá das condições de cada ativo, com base nas informações de seu período de vida útil (BLANCHARD, 2004).

Por exemplo, Silva *et al.* (2023) avaliaram todos os equipamentos de uma empresa de implementos rodoviários para determinar quais possuíam maiores índices de manutenção não programada. Então, os autores citados anteriormente, realizaram uma instrução operacional seguida de uma lista de manutenção preventiva a ser realizada durante seis semanas, incluindo itens como inspeções de desgaste de peças, verificação de cabos e componentes elétricos, análise de ruídos e pontos de aquecimento anormal.

Conforme Silva *et al.* (2023), antes de aplicar o sistema por definitivo foi necessário realizar a manutenção preventiva nos ativos. Então, foi elaborado o sistema para rastreabilidade dos equipamentos, mediante identificação por placas contendo os respectivos tags (SILVA, 2023). Com isso, foi possível inserir em um *software* todos os históricos dos equipamentos referenciados por esse tagueamento, com controle das datas e frequências de reparos (SILVA, 2023).

O cronograma de manutenção é importante para que não haja a quebra do planejamento (KELLY, 2006). Nele devem ser considerados os níveis de risco e criticidade

dos equipamentos, os históricos de aprendizado da equipe técnica, as recomendações de fábrica e demais fatores de importância (SILVA, 2024). Tipicamente, a empresa implementa o cronograma em uma planilha de Microsoft Excel, facilmente integrável para leitura em *softwares* de PCM (OLIVEIRA et al., 2023).

Técnicas como a matriz de prioridade são úteis para avaliar a criticidade de um determinado equipamento, uma vez que estão envolvidas uma ampla gama de variáveis para definir qual serviço é prioritário no PCM (SILVA et al., 2024). Conforme Teles (2019), cada equipamento pode ser classificado com base em sua criticidade e grau de urgência no reparo. Tais informações embasam um determinado nível de ordem de manutenção, que pode ser de urgentíssimo a não urgente, para cada equipamento, em uma tabela conhecida como matriz de prioridade (VIANA, 2022).

O profissional responsável por programar a manutenção é encarregado do agendamento de eventuais paradas, otimizando o tempo de cada uma e os respectivos intervalos, que devem seguir critérios como probabilidades de falhas, tempo de planejamento e disponibilidade de recursos (SILVA, 2024). O acompanhamento das paradas e de todas as etapas pode ser feito mediante uma interface gráfica de um *software* implementado para este fim (SANTOS et al., 2023).

Os indicadores de manutenção, em conjunto com os indicadores de desempenho e performance, são métricas que avaliam a qualidade dos processos e do PCM (PEREIRA et al., 2022). Com base nos resultados destes indicadores, aprimoramentos podem ser propostos e implementados (SANTOS, 2018).

O indicador MTTR, do inglês *Mean Time to Repair*, corresponde ao tempo médio requerido para reparar um equipamento (SMITH, 2011). Conforme Zen (2003), tal tempo abrange o que a equipe precisa para efetuar todas as ações necessárias para deixar o equipamento pronto para uso. A fórmula para cálculo do MTTR é (TELES, 2019):

$$MTTR = \frac{Somatório\ dos\ tempos\ de\ reparo}{Número\ de\ intervenções\ realizadas} \quad (1)$$

Conforme Viana (2022), quanto menor o MTTR ao longo do tempo, melhor é a eficácia da manutenção. Santos (2014) considera também os tempos levados para detectar o problema, para a chegada de algum técnico e também para a reparação completa.

O indicador MTFB, do inglês *Mean Time before Failure*, determina o tempo médio entre falhas (ZEN, 2003), de forma a interpretar se o sistema é imediatamente reparado. Seu cálculo, apresentado em Teles (2019), é:

$$MTBF = \frac{Somatório\ de\ horas\ funcionando\ corretamente}{Número\ de\ paradas\ para\ manutenção\ corretiva} \quad (2)$$

Se o MTBF aumentar ao longo do tempo, é sinal de que o número de intervenções corretivas está reduzindo, o que fornecerá cada vez mais tempo para a operação (VIANA, 2022). O inverso do MTBF é a taxa de falhas:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

O tempo médio para falha (TMPF) distingue-se do MTBF por levar em conta em conta falhas em componentes não reparáveis, e é definido por (VIANA, 2022):

$$TMPF = \frac{Horas\ disponíveis\ do\ equipamento\ para\ manutenção}{Número\ de\ falhas\ detectadas\ em\ componentes\ não\ reparáveis} \quad (4)$$

A confiabilidade R, apresentada de forma qualitativa anteriormente neste trabalho, é calculada como a probabilidade que um equipamento funcione da forma esperada sob boas condições, ao longo de um período de tempo determinado para sua operação. Seu cálculo é dado pela seguinte distribuição ao longo do tempo (TELES, 2019), onde λ é a anteriormente definida taxa de falhas:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (5)$$

A disponibilidade inerente é um cálculo da probabilidade de um equipamento ou máquina estar à disposição para uso por um período requerido para sua operação, considerando-se fatores externos (EBELING, 2010).

Ainda sobre a disponibilidade inerente, essa métrica incorpora características de manutenção e de confiabilidade (TELES, 2019). Por ser uma disponibilidade referente ao

período estável de operação, leva-se em conta apenas as inatividades por manutenção corretiva, ignorando-se os demais períodos de tempo levados para manutenção preventiva ou questões de fornecimento ou transporte (TELES, 2019). Sua fórmula, portanto, fica:

$$Disponibilidade\ inerente\ = 100\left(\frac{MTBF}{MTBF+MTTR}\right) \qquad (6)$$

Viana (2022) apresenta uma série de índices correspondentes aos custos de manutenção. O custo de manutenção sobre faturamento (CMF), que envolve gastos com mão de obra e ferramental, é definido por:

$$CMF\ = \frac{Custo\ total\ de\ manutenção}{Faturamento\ bruto} \qquad (7)$$

O custo de manutenção sobre o valor de reposição (CPMV), é importante para equipamentos de alta criticidade, para avaliar se este deve ou não permanecer ativo (MOBLEY, 2008).

$$CPMV(\%) = \left(\frac{Custo\ total\ de\ manutenção}{Valor\ de\ compra\ de\ um\ novo\ ativo}\right)100 \quad (8)$$

O custo de manutenção por unidade produzida (CMUP) corresponde aos gastos em manutenção frente à precificação dos produtos da empresa (CHRONISTER, 2011).

$$CMUP\ = \frac{Custo\ total\ de\ manutenção}{Total\ de\ unidades\ produzidas} \quad (9)$$

Por fim, dentre os principais índices apresentados por Viana (2022), tem-se o *backlog*, que é o tempo requerido por todos os funcionários para completar os serviços de manutenção. Para o cálculo do *backlog*, é necessário conhecer a quantidade de homens-hora por ordem de serviço (HHOS) e a de homens-hora disponíveis (VIANA, 2022).

O total de HHOS (de ordem de serviço) é a soma dos HH das ordens de serviço planejadas, com as pendentes, as programadas e as executadas (MOBLEY, 2012). O número de homens-hora disponíveis corresponde ao total de homens-hora multiplicado pelo fator de produtividade da empresa (MOBLEY, 2012). Portanto, o *backlog* calcula-se por:

$$backlog = \frac{Total\ de\ HHOS}{Total\ de\ HH\ disponíveis} \quad (10)$$

2.4 Implementação de *softwares* de apoio e monitoramento do PCM

Dada a complexidade e quantidade de informações envolvidas na implantação e interpretação dos resultados do PCM, é fundamental o uso de recursos informatizados e automatizados para o seu acompanhamento (SILVA, 2024). Conforme Silva (2024), ordens de serviço, *checklists* e relatórios são funcionalidades básicas em tais *softwares*, fornecendo um panorama geral acerca das intervenções requeridas e o histórico destas. Hoje no mercado, existem diversos *softwares* desse gênero.

Segundo o site da Manusis (MANUSIS, [s.d]), o Manusis 4.0 é uma plataforma de gestão de manutenção baseada em nuvem, projetada para otimizar o monitoramento e a manutenção preventiva e corretiva, com recursos avançados de IoT e dashboards intuitivos. Ele é flexível e atende desde pequenas empresas até grandes corporações, com destaque para a mobilidade e integração com outros sistemas ERP. O Manusis facilita a automação de processos de manutenção, permitindo às equipes de campo acessarem o sistema por dispositivos móveis. Sua implementação é rápida e possui atualizações automáticas por ser baseado em nuvem .

Segundo o site da TOTVS (TOTVS, [s.d]), o TOTVS Manutenção de Ativos faz parte da suíte ERP da TOTVS, sendo uma solução voltada para indústrias de grande porte que precisam de uma gestão integrada de ativos e manutenção. Sua principal vantagem é a integração com outros módulos do ERP TOTVS, como compras e estoque, otimizando operações industriais complexas. Além disso, oferece suporte total em português e está totalmente adaptado às necessidades do mercado brasileiro. O TOTVS Manutenção é ideal para empresas que já utilizam o sistema TOTVS e desejam centralizar a gestão em uma única plataforma .

De acordo com o site da Engeman (ENGEMAN, [s.d]) é um *software* brasileiro de gestão de manutenção conhecido por sua modularidade e facilidade de uso. Ele permite personalizar os módulos de acordo com a necessidade da empresa, sendo ideal para pequenas e médias empresas que buscam uma solução local robusta e flexível, com suporte em português. É amplamente utilizado em indústrias como mineração e energia, oferecendo

controle completo de ordens de serviço e gestão de peças sobressalentes. Além disso, o Engeman pode ser adaptado para diferentes portes e setores industriais, com foco na simplicidade de implementação .

Conforme encontrado no site da IBM Maximo (IBM MAXIMO, [s.d]), é uma das soluções mais completas para gestão de ativos e manutenção, voltada para grandes empresas e indústrias críticas como petróleo e gás, transportes e telecomunicações. Diferencia-se pela integração avançada com IoT e IA, permitindo monitoramento em tempo real e manutenção preditiva baseada em dados. Sua escalabilidade permite que seja utilizado globalmente em operações com milhares de ativos, e oferece insights detalhados sobre desempenho e eficiência de máquinas. O Máximo também suporta a gestão de ordens de serviço e o ciclo de vida completo dos ativos, desde a aquisição até o descarte .

De acordo com o site da TRACTIAN (TRACTIAN, [s.d]), O TracOS é o *software* de gestão de manutenção desenvolvido pela TRACTIAN, uma empresa brasileira focada em soluções de monitoramento inteligente para manutenção preditiva. Diferente de muitos CMMS tradicionais, o TracOS se destaca por sua integração nativa com sensores IoT de monitoramento de vibração, temperatura e outros indicadores de performance dos ativos, permitindo que os gestores acompanhem em tempo real as condições das máquinas e equipamentos. O sistema é voltado para indústrias que buscam reduzir o tempo de inatividade e melhorar a eficiência de suas operações de manutenção.

3 METODOLOGIA

No presente capítulo é abordado a metodologia utilizada para o desenvolvimento e realização do trabalho. Os tópicos que regem o desenvolvimento do mesmo, são: tipo de pesquisa, materiais e métodos, variáveis e indicadores, instrumento de coleta de dados, tabulação dos dados e as considerações finais.

3.1 Tipos de pesquisa

Segundo Fontelles (2009), as pesquisas podem ser classificadas quanto à forma de abordagem como pesquisa qualitativa, pesquisa quantitativa ou mista; quanto aos objetivos: pesquisa exploratória, pesquisa explicativa e pesquisa descritiva; quanto aos procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, pesquisa de campo, pesquisa observacional, pesquisa ação e estudo de caso (FONTELLES, 2009).

A pesquisa qualitativa quanto a forma de abordagem é a pesquisa ideal para explicação de fenômenos complexos específicos, em profundidade, de natureza social e cultural. Mediante descrições, interpretações e comparações, sem considerar os seus aspectos numéricos em termos de regras matemáticas e estatísticas. Diferente da quantitativa, a pesquisa qualitativa é mais participativa, porém menos controlável (FONTELLES, 2009).

Já a pesquisa quantitativa é aquela que trabalha com variáveis expressas sob a forma de dados numéricos e emprega recursos e técnicas estatísticas para classificá-los e analisá-los, tais como a porcentagem, a média, o desvio padrão, o coeficiente de correlação e as regressões, entre outros. Em razão de sua maior precisão e confiabilidade, os estudos quantitativos são mais indicados para o planejamento de ações coletivas, pois seus resultados são passíveis de generalização, principalmente quando as amostras pesquisadas representam, com fidelidade, a população de onde foram retiradas. (FONTELLES, 2009).

Gil (2019) divide a pesquisa científica em três tipos principais: exploratória, que visa aprofundar um problema para futuras investigações; descritiva, que foca na descrição de fenômenos e suas variáveis; e explicativa, que busca entender as causas de um fenômeno. No entanto, outros autores questionam essa classificação. Vergara (2012) defende que a pesquisa exploratória pode ser uma investigação completa, sem necessidade de hipóteses iniciais. Minayo (2013) critica a separação rígida entre pesquisa descritiva e explicativa, argumentando que ambas frequentemente se sobrepõem. Já Thiollent (2011) sugere que a

pesquisa explicativa em contextos sociais deve ser crítica e dialética, devido à complexidade dos fenômenos sociais.

Lakatos e Marconi (2021) abordam as técnicas de pesquisas como sendo meios de grande importância para garantir a qualidade da pesquisa, através de tais técnicas que também irá garantir que o objeto de estudo será alcançado. O mesmo autor classifica diferentes tipos de técnicas e dentre as apresentadas, têm-se a pesquisa bibliográfica e experimental. A pesquisa bibliográfica fornecerá toda a base teórica acerca de determinado assunto, seja livros, monografias, teses, artigos científicos, entre outros (LAKATOS; MARCONI, 2021). A pesquisa experimental define variáveis que podem influenciar no objeto de estudo, as formas de controle e a observação dos efeitos dessas variáveis no objeto (GIL, 2002).

Diante do exposto, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva, qualitativa, bibliográfica e documental. Pois através da coleta de informações e dados a respeito de *softwares* voltados para gestão da manutenção, será analisada as vantagens e desvantagens entre eles.

3.2 Materiais e Métodos

O ponto de partida desse trabalho foi uma revisão bibliográfica a partir de livros, artigos, dissertações, periódicos e outras publicações relacionadas a gestão da manutenção, com o propósito de aprofundar os conhecimentos sobre a rotina e os desafios do gerenciamento do setor de manutenção de uma empresa do segmento têxtil. As demais etapas da metodologia utilizada estão representadas na Figura 4.

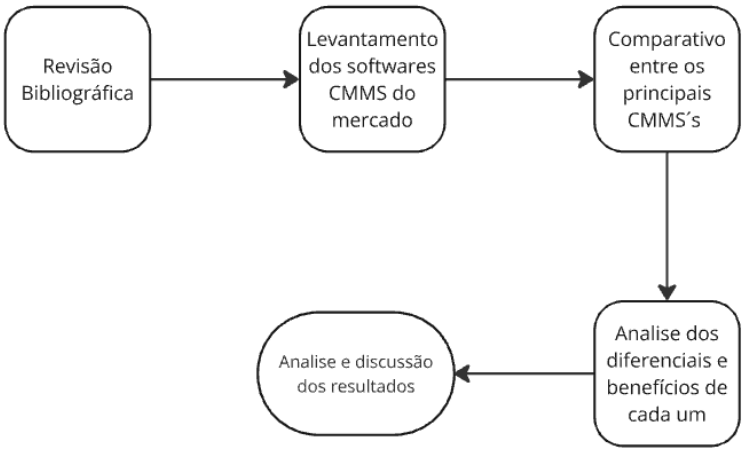


Figura 4: Fluxograma Estrutura do Trabalho
Fonte: Pesquisa Direta (2024).

Conforme ilustrado na figura 4, o fluxograma, a pesquisa iniciou com uma revisão bibliográfica sobre sistemas de gestão da manutenção (CMMS). Essa etapa foi fundamental para estabelecer um arcabouço teórico sobre o tema e identificar as principais características e funcionalidades desses *softwares*.

Em seguida, foi realizado um estudo de quatro CMMS disponíveis no mercado. Nesse levantamento, foram considerados diversos critérios, como funcionalidades, custo, integração com outros sistemas e reputação dos fornecedores.

Após a seleção de quatro CMMS, foi realizado um comparativo detalhado entre esses sistemas. Essa etapa envolveu a análise de suas funcionalidades, interfaces, relatórios e outras características relevantes.

Com base nos resultados do comparativo, foi realizada uma análise dos diferenciais e benefícios de cada CMMS. Essa análise permitiu identificar os pontos fortes e fracos de cada

sistema, auxiliando na escolha do *software* mais adequado para as necessidades da organização.

3.3 Variáveis e indicadores

Uma variável é um atributo que pode assumir diferentes valores, representando características ou quantidades que variam entre os elementos de um conjunto de dados. Essa variação pode ser numérica (quantitativa) ou categórica (qualitativa). A escolha da variável adequada é fundamental para a análise de dados, pois ela define o tipo de análise estatística que pode ser realizada. Como afirmam Hair Jr. *et al.* (2014), as variáveis são os elementos básicos da pesquisa quantitativa, permitindo a coleta e a análise de dados para testar hipóteses e responder a questões de pesquisa."

Os indicadores são elementos observáveis que permitem definir e mensurar as variáveis da pesquisa. Sendo assim, para cada variável é necessário selecionar o indicador mais adequado e possíveis de medições pelos meios que dispõe o pesquisador (GIL, 2019).

Sendo assim, as variáveis e indicadores do presente estudo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores da Pesquisa

VARIÁVEIS	INDICADORES
Software de gestão da manutenção	- Planejamento e Programação visual - Visão em Calendário - Cronômetro para apontamento - Indicadores de manutenção - Módulo gestão de ativos - Módulo gestão de estoque - Módulo gestão de contratos - Mobilidade - Possuir Inteligência Artificial em seus recursos - Geolocalização e GPS

Fonte: pesquisa direta

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores da Pesquisa

3.4 Instrumento de coleta de dados

O instrumento de coleta de dados utilizado foi a pesquisa direta a materiais e as empresas desenvolvedoras de *software*.

3.5 Tabulação de dados

A tabulação dos dados será realizada através do *software Microsoft Excel*.

3.6 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentado a metodologia para realização de uma análise entre *softwares* de gestão da manutenção. A análise em questão terá como objetivo elucidar quais as vantagens e desvantagens entre quatro CMMS de acordo com critérios de funcionalidades.

No próximo capítulo são apresentados os resultados e conclusões obtidas a partir das informações aqui coletadas.

4 RESULTADOS

Foi realizada uma análise comparativa entre 4 *softwares* para gestão da manutenção, com a finalidade de demonstrar as vantagens e desvantagens de cada um deles.

4.1 TracOS – TRACTIAN

O TracOS é o CMMS da empresa TRACTIAN, startup brasileira conhecida por desenvolver *software* e hardware para manutenção industrial com uso de Inteligência Artificial. O *Software* possui diversas funcionalidades, todas elas pensadas para o dia a dia da manutenção industrial, além das funcionalidades mais cruciais como abertura, criação e preenchimento de ordens de serviços e solicitações de serviços.

Das vantagens defendidas pela TRACTIAN é o TracOS possuir integração nativa com SAP, um dos ERP´s (*Enterprise Resource Planning*) mais conhecidos e utilizados no mundo. Essa integração é necessária, pois muitas informações da manutenção, como por exemplo, custos, materiais e mão de obra, têm de ser reportadas e/ou controladas por outro setor. Através da integração, essas informações são migradas de forma automática do CMMS para o ERP e vice-versa.

Outra funcionalidade que se torna um diferencial é o módulo de operações, planejamento, programação de Ordens de Serviços e escalas de trabalho. Esse módulo permite que dentro de uma mesma Ordem de Serviço seja possível elencar diferentes atividades de diferentes times responsáveis dentro da mesma Ordem de Serviço. Isso permite também que os apontamentos fiquem separados por atividade, facilitando o entendimento de todo andamento do serviço. Com a funcionalidade de planejamento e programação, o profissional de planejamento e programação de manutenção (PCM), consegue realizar todo o planejamento e programação das ordens de serviços de forma rápida e prática, sendo possível ter a visualização em formato de agenda de todos os colaboradores da manutenção, similar ao Google Agenda, para distribuir as atividades a serem executadas.

A TRACTIAN é fortemente reconhecida pelo uso da inteligência artificial em suas soluções, isso se aplica também ao TracOS. O *software* possui uma funcionalidade chamada “procedimentos”. Essa funcionalidade tem por objetivo criar instruções de trabalho, POP´s (Procedimento Operacional Padrão), Checklist de inspeção, entre outros. Para serem anexados a ordem de serviço e padronizar a execução da atividade pelo time de manutenção. Dentro dessa funcionalidade existe a opção de utilizar a OpenIA para criar e sugerir procedimentos

de manutenção corretiva, preventiva e rotas de inspeção. Essa ferramenta é muito útil para empresas que não possuem *know hall* em manutenção, histórico de manutenções ou equipamentos muito antigos.

No TracOS encontra-se a funcionalidade de inventário, tal funcionalidade serve para realizar o controle dos itens de almoxarifado que são utilizados pela manutenção no dia a dia. Ali você conseguirá realizar a reserva de itens em OS´s planejadas, realizar controle de estoque mínimo e controle de custos de materiais, que é uma das principais fontes de custos da manutenção.

A indústria como qualquer setor da economia, atualmente, se baseia em dados para auxiliar na tomada de decisão, a manutenção não foge dessa realidade. No TracOS possui uma aba de relatórios, nela o usuário irá encontrar com atualizações em tempo real os principais indicadores da manutenção como: MTBF, MTTR, MTTA, Disponibilidade e Confiabilidade. Além de informações como controle de apontamentos de horas gastas pelo time de manutenção na execução das manutenções, tempo gasto por atividade, controle de falhas, entre outros.

O TracOS possui sua versão Web e Mobile, que garante mobilidade, principalmente, para o time de campo, suprindo a necessidade de levar ordens de serviços impressas a campo para registro das informações, permitindo também, anexar fotos, vídeos e audios na própria ordem de serviço. Com isso o *software* possui a funcionalidade de geolocalização, que auxilia o time de manutenção a realizar a rota mais otimizada de acordo com as tarefas que tem de executar no dia.

Quando comparado com outros CMMS do mercado, o TracOS possui algumas desvantagens, dentre elas: não realizar o planejamento e programação das Ordens de Serviços de forma automática de acordo com lógica configurada.

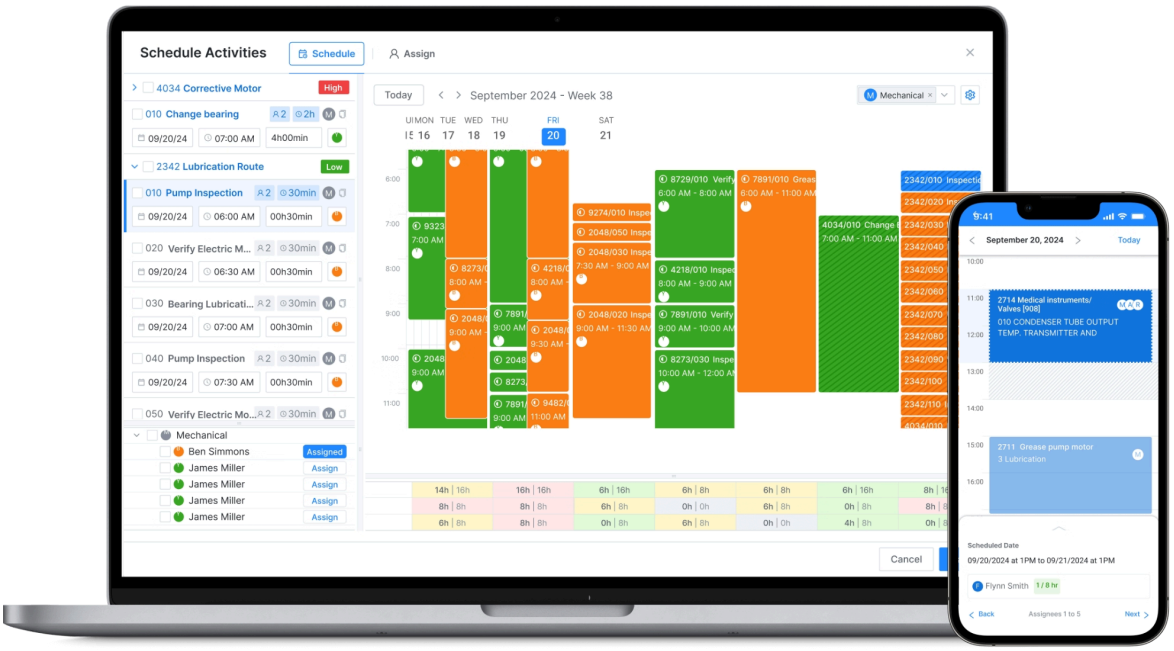
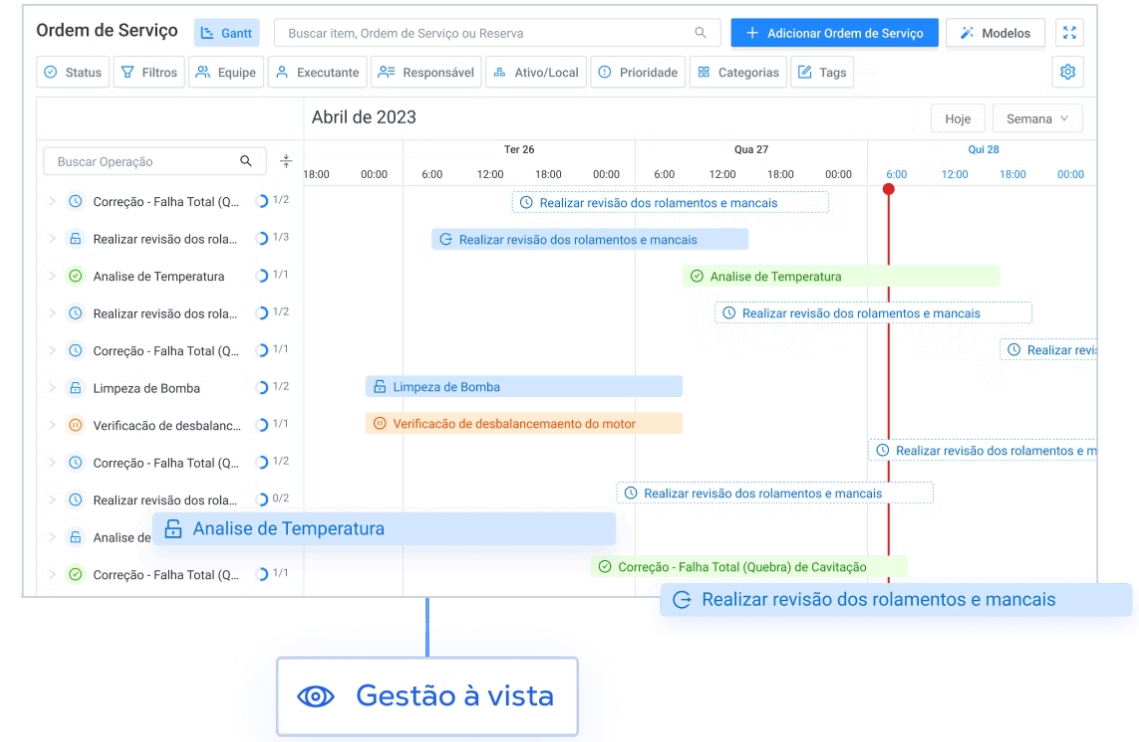


Figura 5 - Tela de Programação de OS TracOS

Fonte: Disponível em: <https://www.tractian..com/tracos-cmms>. Acesso em: 15 fev. 2025.

A figura 5 demonstra a funcionalidade de programação de ordens de serviços a partir da disponibilidade dos colaboradores, respeitando, as escalas de trabalho, turnos, feriados, entre outros. Essa visão facilita o trabalho de programação da Ordem de Serviço, pois fornece uma visão macro da disponibilidade da equipe.



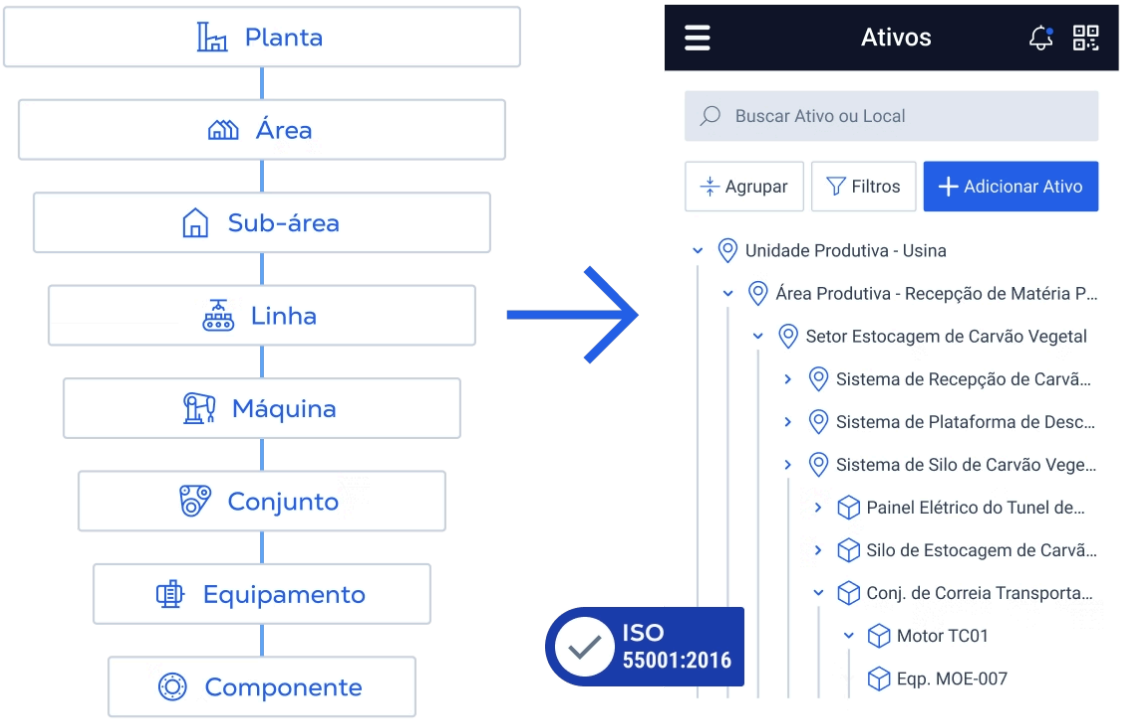


Figura 6 - Visão em Calendário das Ordens de Serviços - TracOS
Fonte: Disponível em: <https://www.tractian..com/tracos-cmms>. Acesso em: 15 fev. 2025.

Na figura 6 é possível visualizar as Ordens de Serviços programadas numa visão de calendário, simplificando o mapa de 52 semanas e a organização das atividades. Assim como também é possível visualizar através do formato de árvore, os locais, equipamentos e suas ramificações.

Figura 7 - Criação de Procedimentos com Inteligência Artificial - TracOS
Fonte: Disponível em: <https://www.tractian..com/tracos-cmms>. Acesso em: 15 fev. 2025.

Figura 8 - Indicadores de Manutenção - TracOS

Fonte: Disponível em: <https://www.tractian..com/tracos-cmms>. Acesso em: 15 fev. 2025.

Nas figuras 7 e 8 é elucidado as telas dos indicadores e dos procedimentos, conhecidos em alguns lugares como instruções de trabalho, a qual é possível operacionalizar rotinas, tarefas e rotas de manutenção. Os indicadores servem para representar a eficiência da manutenção.

4.2 Champs CMMS

O *software* permite criar um cadastro completo e detalhado de todos os ativos da empresa, desde equipamentos e máquinas até infraestrutura. Cada ativo pode ser associado a informações como especificações técnicas, modelos, fabricantes, números de série e datas de fabricação, histórico de manutenção, registro de todas as intervenções realizadas, incluindo data, descrição, peças utilizadas e custos, condição, avaliação da condição atual do ativo, facilitando a identificação de equipamentos que necessitam de manutenção, localização,

definição precisa do local onde o ativo está instalado, facilitando a gestão e a identificação em caso de necessidade, e documentação, armazenamento de toda a documentação relacionada ao ativo, como manuais de operação e certificados.

Existe uma funcionalidade destinada a criação de planos de manutenção preventiva personalizados para cada ativo, considerando fatores como intervalos de manutenção, definição de intervalos de tempo entre as manutenções, seja por horas de operação, quilometragem ou data, tipos de manutenção, definição dos tipos de manutenção a serem realizados, como lubrificação, inspeção, troca de peças, etc., checklist de inspeção, criação de checklists detalhados para cada tipo de manutenção, garantindo que todas as atividades sejam realizadas, e agendamento automático, geração automática de ordens de serviço com base nos planos de manutenção, otimizando a programação das atividades.

O CHAMPS oferece um módulo completo para a gestão de ordens de serviço, desde a criação até o fechamento. A abertura de ordens de serviço a partir de solicitações de manutenção, falhas ou planos de manutenção preventiva, a definição da prioridade de cada ordem de serviço, permitindo que as atividades mais críticas sejam atendidas com maior rapidez, a atribuição das ordens de serviço a técnicos específicos, com acompanhamento em tempo real do progresso das atividades, o gerenciamento de peças, solicitação e acompanhamento da liberação de peças de reposição para a execução das ordens de serviço, e o fechamento das ordens de serviço após a conclusão das atividades e geração de relatórios detalhados sobre o tempo de execução, custos e causas das falhas, são algumas das funcionalidades oferecidas.

Ele permite controlar o estoque de peças de reposição, garantindo a disponibilidade dos itens necessários para a execução das manutenções. O cadastro detalhado de cada item, incluindo descrição, fabricante, fornecedor e quantidade em estoque, o gerenciamento de níveis de estoque, definição de níveis mínimos e máximos de estoque, gerando alertas automáticos quando os estoques estiverem baixos, a geração automática de requisições de compra para reposição de estoque, e o registro do recebimento de materiais e atualização do estoque são algumas das funcionalidades relacionadas ao controle de estoque.

O CHAMPS oferece uma variedade de relatórios personalizados para auxiliar na tomada de decisão. Relatórios de desempenho, análise do desempenho dos equipamentos, identificando os ativos com maior taxa de falhas e os que mais demandam manutenção, relatórios de custos, análise dos custos de manutenção, identificando as principais causas de gastos e oportunidades de redução de custos, relatórios de disponibilidade, análise da disponibilidade dos equipamentos, avaliando o tempo de parada não planejado e o impacto na

produção, e relatórios de indicadores de desempenho, cálculo de indicadores chave de desempenho (KPIs), como MTBF (*Mean Time Between Failures*) e MTTR (*Mean Time To Repair*) são alguns exemplos.

Além das funcionalidades básicas, o CHAMPS oferece módulos adicionais para atender a necessidades específicas, como gestão de contratos, gerenciamento de contratos de manutenção com terceiros, gestão de riscos, identificação e avaliação de riscos associados aos ativos, e gestão de ativos móveis, gestão da manutenção de equipamentos móveis, como veículos.

Embora o CHAMPS CMMS seja um *software* robusto e com uma longa trajetória no mercado, como qualquer ferramenta, ele apresenta algumas áreas que podem ser aprimoradas para melhor atender às necessidades dos usuários e acompanhar as tendências do mercado.

A interface do CHAMPS é considerada menos intuitiva, principalmente, quando comparada a *softwares* mais modernos. Isso pode se tornar um agravante, pois os CMMS´s são utilizados por pessoas de diferentes cargos da manutenção, consequentemente, diferentes níveis de escolaridade, sendo passivo de gerar barreiras no dia a dia do time e perda de adesão à plataforma.

A versão mobile do CHAMPS apresenta funcionalidades limitadas em comparação com a versão desktop, dificultando a realização de tarefas no campo ou fora do escritório. Uma maior integração com dispositivos móveis, como smartphones e tablets, permitiria um acesso mais fácil e rápido às informações do sistema.

O ciclo de desenvolvimento de novas funcionalidades pode ser mais lento em comparação com *softwares* mais ágeis, dificultando a implementação de novas tecnologias e tendências do mercado. A frequência de atualizações do sistema pode ser considerada baixa, o que pode limitar a incorporação de novas funcionalidades e melhorias.

A integração com outros sistemas, como ERP e MES, pode ser complexa e exigir um esforço adicional de configuração, principalmente quando os sistemas utilizam padrões diferentes. A conectividade com dispositivos IoT (Internet das Coisas) pode ser limitada, dificultando a coleta de dados em tempo real e a realização de análises preditivas.

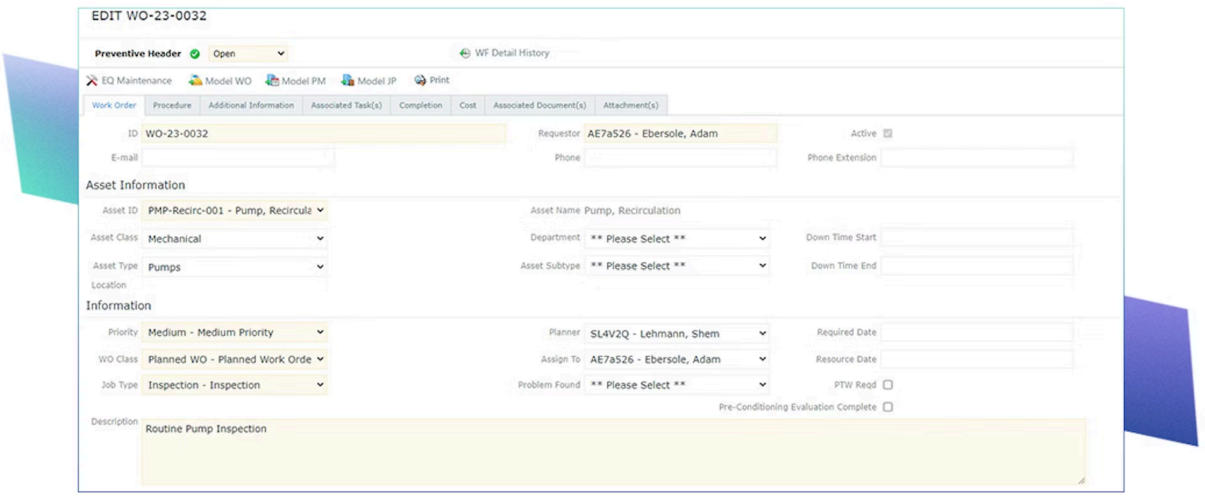


Figura 9 - Criação de Plano de Preventiva - CHAMPS CMMS
Fonte: Disponível em: https://www.champsinc.com. Acesso em: 17 fev. 2025.

A figura 9, representa um exemplo de ordem de serviço que é utilizada no CHAMPS CMMS, a qual permite ao usuário configurar uma série de informações como: equipamentos, materiais, qual o plano de preventiva a ordem pertence, número da OS, entre outras informações relevantes.

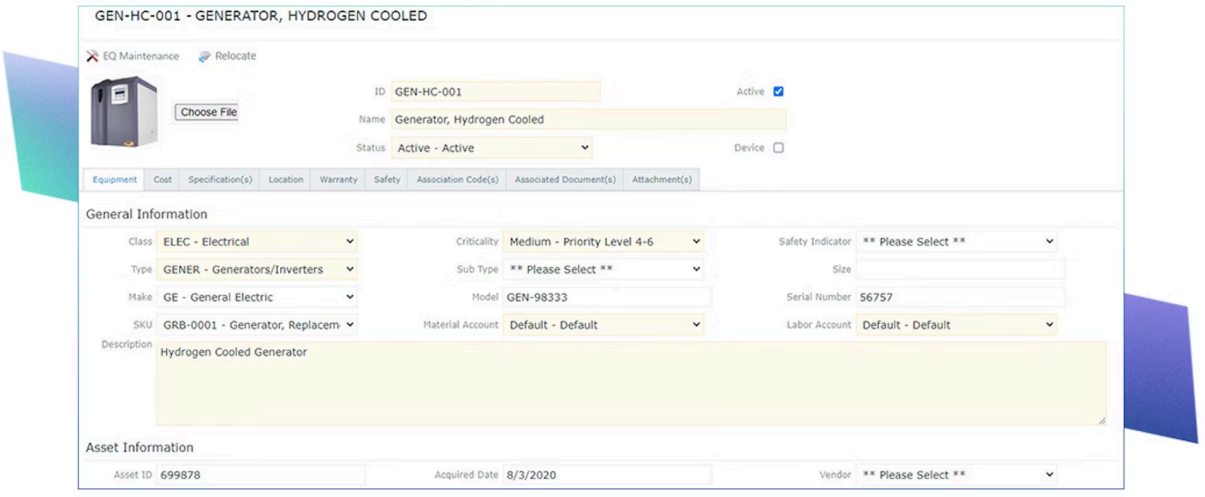


Figura 10 - Criação de Ativo na Árvore de Ativos - CHAMPS CMMS
Fonte: Disponível em: https://www.champsinc.com. Acesso em: 17 fev. 2025.

Conforme ilustrado na fig 10 é possível demonstrar como é realizado o controle de itens de almoxarifado que são utilizados pela manutenção. O *software* permite imputar uma série de informações relevantes para realização do controle como classe, criticidade,

fabricante, modelo, quantidade em estoque e mais outras informações relevantes para o processo.

4.3 Mainsaver

O Mainsaver CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) é uma solução projetada para gerenciar de forma eficiente as operações de manutenção em organizações que dependem de equipamentos e infraestrutura para suas atividades. Ele oferece uma ampla gama de funcionalidades que resolvem problemas comuns na gestão de manutenção, ao mesmo tempo em que apresenta alguns desafios que devem ser considerados antes da implementação.

Uma das principais funcionalidades do Mainsaver é a gestão de ordens de serviço. Ele centraliza a criação, a atribuição e o monitoramento dessas ordens, permitindo que as equipes acompanhem as tarefas em tempo real, priorizem atividades críticas e mantenham um histórico detalhado de intervenções. Isso resolve problemas relacionados à falta de organização e rastreabilidade, que frequentemente levam a atrasos e duplicidade de esforços. Além disso, o sistema é altamente eficaz na manutenção preventiva e preditiva, substituindo a dependência de intervenções corretivas por um planejamento estruturado. O *software* cria cronogramas de manutenção e emite alertas automáticos com base no tempo, no uso ou nas condições dos equipamentos, reduzindo falhas inesperadas e otimizando o desempenho dos ativos.

Outra funcionalidade importante é o controle de inventário de peças e materiais. O Mainsaver rastreia os níveis de estoque em tempo real, resolvendo problemas como falta de peças críticas ou excesso de itens armazenados, que podem gerar custos adicionais. A integração com fornecedores facilita o reabastecimento e garante que as operações de manutenção não sofram interrupções. Além disso, o sistema se destaca na análise de dados e geração de relatórios personalizados, coletando informações sobre desempenho de ativos, custos de manutenção, taxas de falha e eficiência das equipes. Esses relatórios oferecem insights valiosos para a tomada de decisões estratégicas, como o momento ideal para substituir equipamentos ou redistribuir recursos.

O Mainsaver também oferece uma gestão robusta de ativos, armazenando informações detalhadas sobre o ciclo de vida de cada equipamento, incluindo histórico de manutenção e custos acumulados. Isso ajuda as empresas a otimizar a utilização de seus ativos, resolvendo problemas de subutilização ou manutenção ineficaz. Além disso, ele é projetado para

integrar-se a outros sistemas corporativos, como ERPs, promovendo uma comunicação eficiente entre departamentos como manutenção, compras e finanças. A mobilidade também é uma funcionalidade relevante, permitindo que técnicos em campo acessem informações diretamente de dispositivos móveis, atualizem ordens de serviço e registrem atividades em tempo real, o que melhora a eficiência operacional, especialmente em operações descentralizadas. Para empresas que precisam atender a normas regulatórias, o Mainsaver facilita a conformidade ao manter registros detalhados e consistentes, garantindo auditorias mais simples e precisas.

Apesar de seus benefícios, o Mainsaver apresenta algumas desvantagens. O custo inicial de implementação é um dos principais desafios, considerando despesas com licenças, personalização e treinamento. Pequenas empresas podem achar esse investimento difícil de justificar. Além disso, o sistema é complexo e pode exigir um tempo significativo para configuração, o que demanda uma equipe de TI capacitada. A curva de aprendizado para os usuários também é íngreme, necessitando de treinamento contínuo para garantir o uso eficiente. A dependência de infraestrutura tecnológica é outro fator crítico, já que falhas em servidores ou conectividade de rede podem interromper a operação do sistema. Ainda, o processo de adaptação cultural dentro da organização pode ser desafiador, especialmente em empresas acostumadas a práticas informais de gestão de manutenção.

O Mainsaver é uma boa ferramenta para empresas que buscam profissionalizar suas operações de manutenção, reduzindo custos, otimizando processos e aumentando a confiabilidade de seus ativos. No entanto, sua adoção exige um planejamento cuidadoso e investimentos iniciais consideráveis. Empresas que superam esses desafios podem colher benefícios significativos em eficiência, economia e confiabilidade operacional, tornando o Mainsaver uma escolha estratégica para organizações que enfrentam desafios complexos na gestão de manutenção.

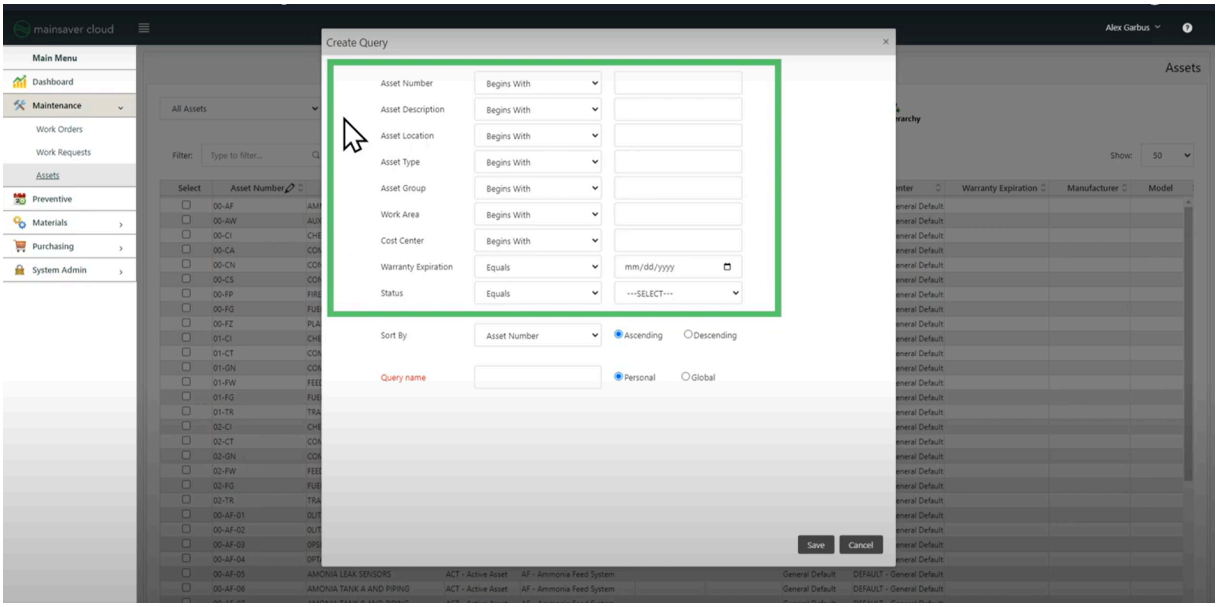


Figura 11 - Criação de Ativos - Mainsaver

Fonte: Disponível em: https://www.mainsaver.com. Acesso em: 17 fev. 2025.

A figura 11 representa a criação de um ativo dentro da árvore organizacional da empresa. Muitas informações são importantes nesse processo que o *software* abrange, como: número de identificação do equipamento, qual o local ele está alocado, tipo do equipamento, centro de custo ao qual ele pertence e seu status.

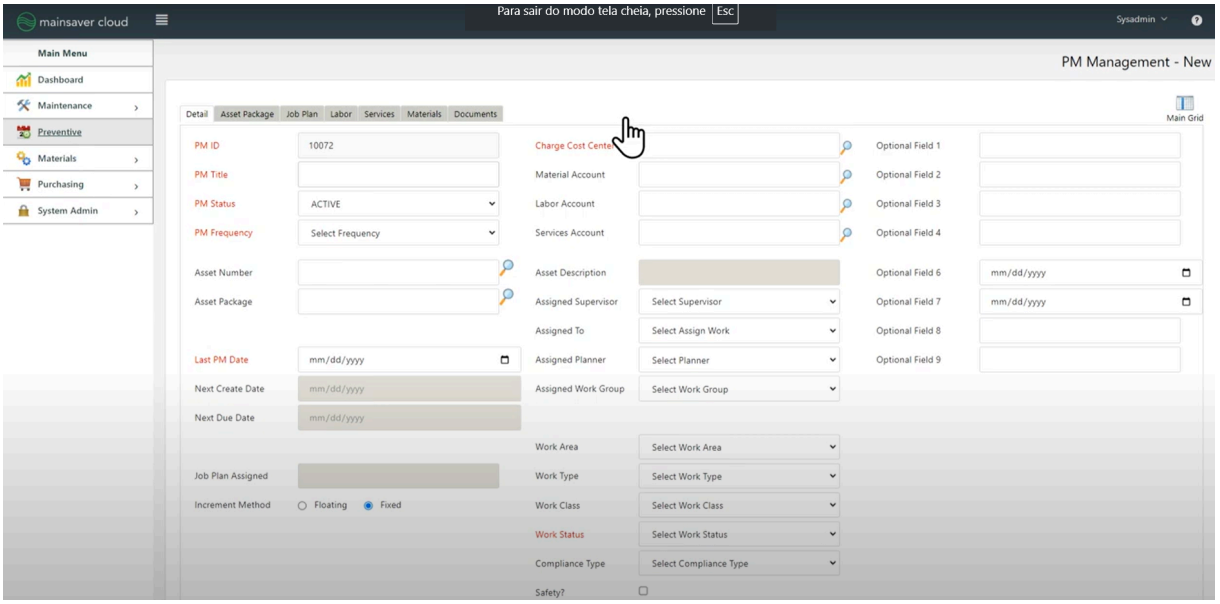


Figura 12 - Criação de Plano de Manutenção - Mainsaver
Fonte: Disponível em: https://www.mainsaver.com. Acesso em: 17 fev. 2025.

A figura 12 representa a criação de um plano de manutenção preventiva no *software* Mainsaver. O plano de manutenção é de grande importância para manutenção, por isso é necessário uma quantidade relevante de informações. Na tela é possível observar alguns campos de informações importantes, como status do plano, qual o equipamento ele pertence, quem são os responsáveis por gerenciar o plano, o que deve ser excetuado e qual a periodicidade ele deverá ser executado.

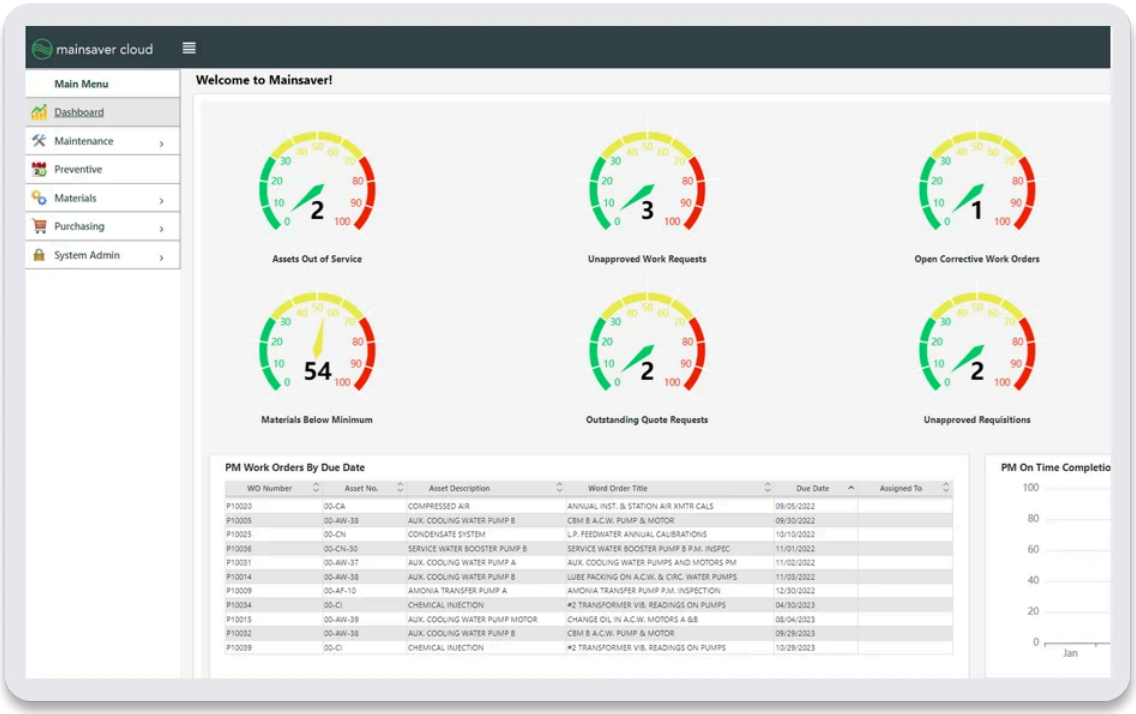


Figura 13 - Indicadores de Manutenção - Mainsaver
Fonte: Disponível em: https://www.mainsaver.com. Acesso em: 17 fev. 2025.

A figura 13 representa os indicadores de manutenção que o *software* oferece. Como é possível observar, ele traz a quantidade de solicitações de ordens de serviços aprovadas e reprovadas, quantidade de ordens de serviços de corretivas abertas, ativos sem ordens de serviços, entre outros. O interessante é que ele representa as informações com formatação de cores, para sinalizar o que está bom, aceitável e ruim.

4.4 EZO CMMS

O Ezo CMMS se destaca como uma solução robusta para a gestão da manutenção, oferecendo um conjunto abrangente de funcionalidades que visam otimizar os processos e aumentar a eficiência operacional. A plataforma permite criar um cadastro completo de todos os ativos, incluindo informações como modelo, fabricante, número de série, data de fabricação, localização e histórico de manutenção. Além disso, oferece ferramentas para organizar os ativos em uma estrutura hierárquica e vincular documentos relevantes a cada equipamento.

O sistema também possibilita criar planos de manutenção preventiva personalizados, definir intervalos de tempo, tipos de manutenção e checklists. Além disso, gera

automaticamente ordens de trabalho e permite acompanhar o progresso das tarefas. Para a gestão de estoque, o Ezo oferece ferramentas para controlar o estoque de peças de reposição, definir níveis mínimos e máximos e gerar alertas de reposição. O sistema também facilita a criação de requisições de compra e o gerenciamento de fornecedores.

Na gestão de ordens de serviço, o Ezo permite abrir ordens de serviço, atribuí-las a técnicos e acompanhar o progresso em tempo real. Além disso, oferece recursos para priorizar as ordens de serviço e gerar relatórios detalhados sobre o tempo de execução, custos e causas das falhas. A plataforma também oferece módulos adicionais, como gestão de contratos, gestão de riscos e análise preditiva, que podem ser adquiridos de acordo com as necessidades específicas de cada empresa.

O Ezo gera uma variedade de relatórios personalizados, permitindo que os usuários gerem análises detalhadas sobre o desempenho dos equipamentos, os custos de manutenção e a disponibilidade dos ativos. Indicadores como tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio para reparo (MTTR), custo total de propriedade (TCO) e eficiência da equipe de manutenção são alguns exemplos do que pode ser monitorado.

Uma das grandes vantagens do Ezo é a sua interface intuitiva, que facilita o uso e o aprendizado da ferramenta. Além disso, a plataforma oferece um aplicativo completo, permitindo que os técnicos acessem as informações do sistema e registrem as atividades de manutenção diretamente no campo. Outra característica importante é a possibilidade de integração com outros *softwares*, como ERPs e sistemas de gestão de estoque, facilitando a troca de informações e a automatização de processos.

Além das funcionalidades já mencionadas, o Ezo CMMS oferece outras ferramentas que podem ser cruciais para uma gestão de manutenção eficiente. O sistema permite acompanhar e gerenciar contratos de manutenção com terceiros, garantindo que os serviços sejam prestados conforme o acordado. Auxilia na identificação e avaliação de riscos associados aos equipamentos, permitindo a implementação de medidas preventivas para minimizar possíveis problemas. Utilizando técnicas de inteligência artificial, permite prever falhas em equipamentos, possibilitando a realização de manutenções preventivas antes que ocorram falhas inesperadas. O aplicativo móvel não se limita ao registro de atividades, mas oferece funcionalidades completas para gestão de ordens de serviço, consulta a histórico de equipamentos e até mesmo captura de imagens e vídeos para documentar o estado dos ativos. Permite a conexão com dispositivos IoT para coletar dados em tempo real sobre o desempenho dos equipamentos, possibilitando uma monitoração mais precisa e a detecção precoce de anomalias. Permite criar dashboards personalizados para visualizar os indicadores

mais relevantes para cada usuário ou departamento, facilitando a tomada de decisões. Facilita a comunicação entre os diferentes membros da equipe, através de ferramentas como chat, comentários e notificações, agilizando a resolução de problemas.

O Ezo CMMS oferece uma solução completa e robusta para a gestão da manutenção, abrangendo desde o planejamento e agendamento de tarefas até a análise de dados e a tomada de decisões estratégicas. Com suas funcionalidades avançadas e interface intuitiva, o Ezo se posiciona como uma ferramenta poderosa para otimizar os processos de manutenção e aumentar a eficiência operacional.

No entanto, como qualquer *software*, o Ezo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas antes da sua implementação. A escalabilidade pode ser um desafio para empresas de grande porte com um número muito elevado de ativos e usuários. Além disso, a flexibilidade para customizar o sistema pode ser limitada em algumas áreas. Comparado a outros sistemas mais robustos, o Ezo pode apresentar algumas limitações em relação a funcionalidades avançadas, como análise preditiva e otimização complexa de roteiros de manutenção. O custo de aquisição e implementação também pode variar significativamente dependendo do tamanho da empresa e do número de módulos adquiridos.

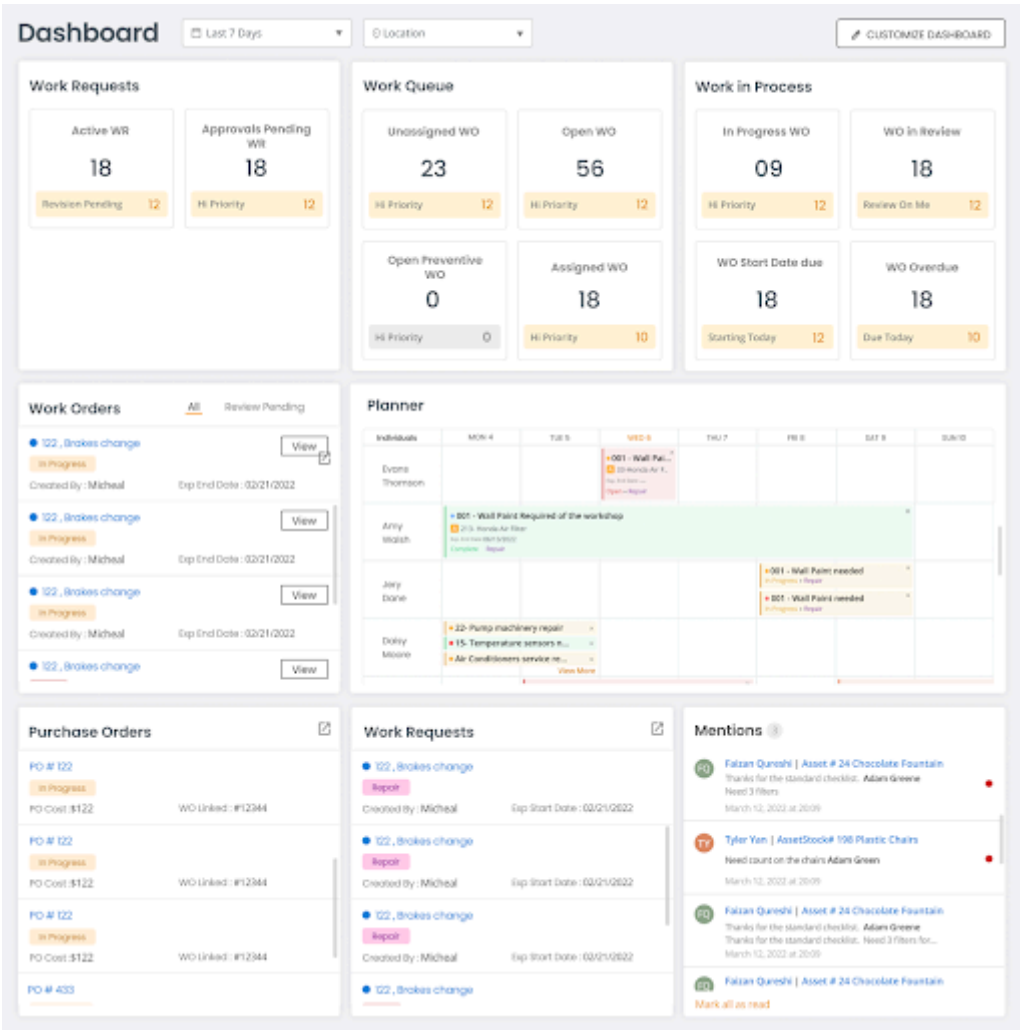


Figura 14 - Visão Geral - Ezo CMMS

Fonte: Disponível em: https://ezo.io/ezo-cmms/ Acesso em: 17 fev. 2025.

A figura 14 do *software* EZO chama bastante atenção, pois ela apresenta um resumo geral de algumas das funcionalidades presentes no *software*. Através dela é possível ter uma panorama geral das principais frentes de atuação da manutenção e o que deve ganhar atenção especial.

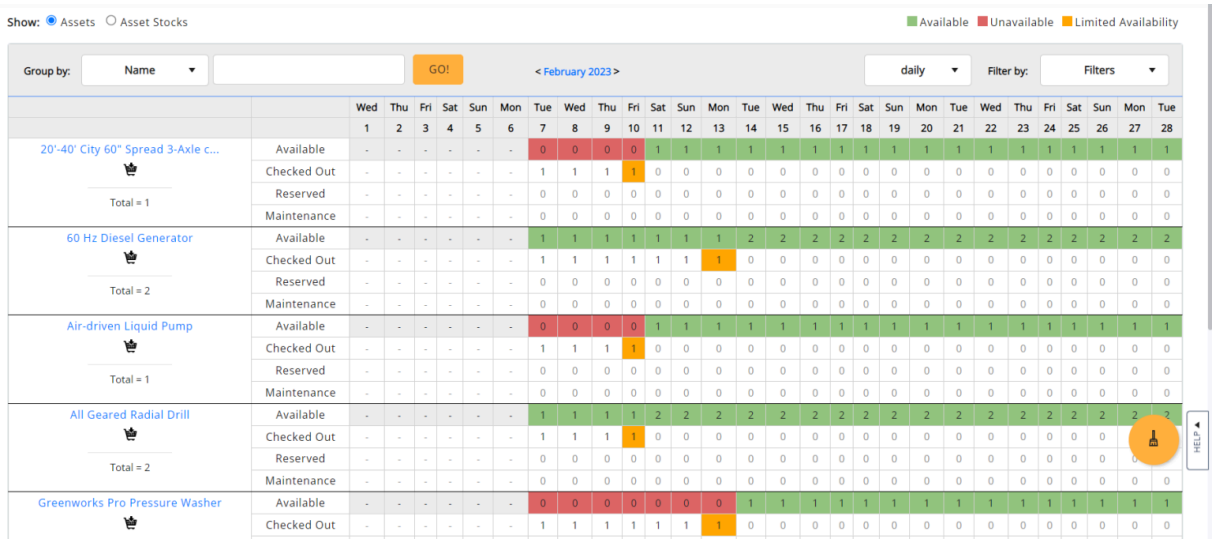


Figura 15 - Visão Gerencial das Ordens de Serviços Preventivas

Fonte: Disponível em: https://ezo.io/ezo-cmms/ Acesso em: 17 fev. 2025.

Na figura 15 pode ser observado a visão de 52 semanas (anual) de todas as atividades de planos de preditiva e preventiva a serem realizados. Ter essa visualização macro é de grande importância, pois como boa parte das atividades de manutenção em contexto industrial, requer um planejamento de quando o equipamento poderá ser disponibilizado para manutenção, planejamento de materiais e pessoas.

4.5 Análise comparativa entre os *softwares*

Com o auxílio da ferramenta *GetApp,* foi possível analisar as principais funcionalidades dos 4 *softwares* apresentados. Com a ferramenta foi possível coletar relatos de usuários de todas as plataformas e realizar uma análise sobre algumas funcionalidades principais. O *GetApp* possui mais de 10 anos de atuação no mercado brasileiro, sendo a principal ferramenta de comparação de *softwares* no país.

A partir das principais funcionalidades para um CMMS, foram analisados os relatos dos usuários de cada um dos *softwares* e com auxílio do *GetApp*, foi realizada uma matriz comparativa entre as soluções mencionadas. Em cada uma das funcionalidades foi atribuído um peso e uma nota, de acordo com a relevância, impacto e qualidade de cada uma das empresas no quesito. Foram feitas observações para elucidar o motivo de destaque de cada um dos CMMS entre os critérios analisados. Critérios que têm o peso marcado como “alto”,

multiplica-se a nota por 2, já os critérios de peso “médio” multiplica-se a nota por 1.5 e os critérios marcados com peso “baixo” multiplica-se a nota por 1.

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 2 abaixo:

Critério	Peso	TracOS	Champs CMMS	Mainsaver	Ezo CMMS	Observações
Integração com SAP	Alto	4	3	2	3	TracOS possui integrações nativas e mais robustas, sendo inclusive homologados pela empresa SAP
Planejamento e programação visual	Alto	4	4	3	3	Todos oferecem ferramentas visuais, mas com diferentes níveis de personalização
Visão em calendário	Alto	4	4	3	3	TracOS e Champs CMMS possuem calendários mais detalhados, que permitem uma melhor visualização das atividades
Cronômetro para apontamento	Médio	3	4	3	3	Champs CMMS se destaca com funcionalidades mais avançadas
Indicadores de performance	Alto	4	4	3	3	TracOS e Champs CMMS oferecem uma variedade maior de indicadores
Módulo de gestão de ativos	Alto	4	4	3	3	Todos possuem módulos completos, mas com diferentes níveis de detalhamento
Módulo de gestão de estoque	Médio	3	3	3	3	A maioria dos *softwares* oferece integração com a gestão de estoque
Módulo de gestão de contratos	Médio	3	4	3	3	Champs CMMS se destaca na gestão de contratos
Módulos de manutenção preditiva	Médio	5	3	3	3	TracOS se destaca pois hoje a empresa possui um dos sistemas de preditiva mais avançados do mercado, integrado com Inteligência Artificial. Permitindo a abertura de solicitações de serviços de forma automática a partir do sistema de preditiva
Mobilidade	Médio	4	4	3	3	Todos possuem aplicativos móveis, mas com diferentes níveis de funcionalidades
Customização	Médio	4	4	3	3	TracOS e Champs CMMS oferecem maior flexibilidade de configuração
Suporte técnico	Alto	3	4	3	3	A qualidade do suporte técnico pode variar de acordo com o fornecedor

Facilidade de uso	Alto	4	4	3	3	TracOS e Champs CMMS possuem interfaces mais intuitivas
Possui Inteligência Artificial em seus recursos	Médio	5	3	2	0	O TracOS permite que com a ajuda da IA seja possível a criação de procedimentos de para execução de atividades, instruções de trabalho ou checklist de inspeção.
Análise de Causa Raiz	Alto	4	2	2	2	TracOS possui uma ferramenta robusto para análise de falhas, com ele o usuário consegue utilizar a metodologia FMEA dentro da ordem de serviço
Geololização e GPS	Médio	4	0	0	0	O TracOS é o único que possui GPS para rastreamento das atividades e sugestão de rotas para os técnicos
Notal Final		108,5	95,5	74	73	

Tabela 2 - Matriz de Classificação por Funcionalidade

Fonte: pesquisa direta

A partir da análise comparativa apresentada na tabela 2, foi possível inferir que o *software* TracOS é o mais completo em termos de funcionalidades e tecnologia, sendo o mais indicado para operações industriais mais complexas. O Champz CMMS se mostra ser uma boa opção para os casos de maior complexidade. Entretanto, o Mainsaver e o Ezo CMMS já são mais adequados para operações de menor complexidade e equipes menores, principalmente, devido a questões de funcionalidades.

5.1 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como foco mostrar os benefícios e desafios da utilização de um *software* para gerenciamento da manutenção. A partir da pesquisa realizada, constatou-se que o uso de tais *softwares* pode trazer benefícios significativos para a gestão da manutenção, mas também apresenta desafios que precisam ser considerados.

Dentre as principais vantagens identificadas, destacam-se a melhoria na organização e controle das atividades de manutenção, a redução de custos operacionais, a otimização da alocação de recursos e o aumento da vida útil dos equipamentos. Além disso, a automação dos processos reduz falhas humanas e permite um acompanhamento mais preciso dos indicadores de desempenho.

Por outro lado, algumas desvantagens também foram observadas ,a implementação de um *software* de gerenciamento da manutenção pode demandar um alto investimento inicial, incluindo custos de aquisição, treinamento de equipe e adaptação dos processos internos. Além disso, a resistência à mudança por parte dos colaboradores pode dificultar a adoção plena da ferramenta, impactando sua eficácia.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Conclui-se, portanto, que o uso de *softwares* voltados para gerenciamento da manutenção pode trazer melhorias significativas para as organizações, desde que sejam implementados de forma planejada e acompanhados de boas práticas de gestão e capacitação dos usuários. Estudos futuros podem aprofundar a análise realizando estudo de caso para analisar um caso prático das mudanças em um cenário industrial.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5462 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Confiabilidade e Mantenabilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT NBR ISO 55000 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão de Ativos: Visão geral, princípios e terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **A situação da manutenção no Brasil**. Rio de Janeiro, 2019

AGUDELO, M. L. **Modelo multicritério para priorização de modos de falha em plantas industriais usando manutenção centrada em confiabilidade**. Dissertação, UFPE, 2017.

ALAMRI, T. O.; MO, J. **Optimization of preventive maintenance regime based on failure mode system modeling considering reliability**. Arabian Journal for Science and Engineering, Springer, 2022.

ALEXIA, F. **Manutenção Preditiva: o que é e como usar essa técnica industrial?** 2018.

ALMEIDA, P. S. D. **Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Saraiva Educação SA, 2018.

AMARAL, F. D. **Gestão da Manutenção na Indústria**. 1ª ed. Lisboa: Lidel, 401p. 2016.

ARATO, A. **Manutenção Preditiva: Usando Análise de Vibrações**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2004.

BOCCASIUS, P. D. P. **Manufatura Produtiva Total. – Montenegro: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial**. AEP SENAI DE MONTENEGRO, 2008.

CABRAL, J. P. S. **Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática**. (6th ed.). Lidel, 2006.

CHIOCHETTA, J. C. **Sistema de Gestão da Manutenção para a Pequena e Média Empresa**. Artigo publicado no XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção–ENEGEP, 2004

CHOPRA, A.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. **Productivity enhancement using reliability centred maintenance in process industry**. International Journal of Industrial and Systems Engineering, 23(2), 155, 2016.

CHUNG, P. **Estudo de caso de implantação da manutenção produtiva total na linha de biscoitos recheados da Vitarella**. Dissertação (Mestrado em Eng. de Produção) – Programa

de Pós-Graduação em Eng. de Produção, UFPE, 2012.

COELHO, R**. Aplicação do conceito de Gestão de Ativos Físicos numa Estação Elevatória de Águas**. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2015.

CORDEIRO, E. **RCM: função estratégica na manutenção**. 2022.

DAMAS, L. F. Q.; NASCIMENTO, L. V.; COSTA, E. M. L.; SILVA, E. S. **Implantação de PCM em máquinas industriais: um estudo de caso em uma indústria de autopeças no polo industrial de Manaus sob a perspectiva de gestão de projetos em manutenção**. Singep. 2018.

DAVIS, R. **An Introduction to Asset Management, IAM**. EA Technology Ltd Parque Tecnológico de Capenhurst. Capenhurst Chester, 2015.

DHILLON B.S. **Engineering Maintenance A Modern Approach**, CRC PRESS Boca Raton. London New York Washington. 2002.

EN 13306. European committee for standardization. **Maintenance – Maintenance terminology**, 2017.

Equipamentos, v. I (nº 162), 1-108. 2012.

GAJDZIK, B. **Introduction of total productive maintenance in steelworks plants**. Metalurgija, 48,137–140, 2009.

GONÇALVES, G.; GONÇALVES, L. W. N.; CARVALHO, C. P. **Gestão da manutenção de forma estratégica em uma empresa metal-mecânica**. XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 2017.

GREGÓRIO, G. F. P.; SILVEIRA, A. M. **Manutenção Industrial**. Grupo A,

GREGÓRIO, G.; SANTOS, D.; PRATA, A**. Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

IBIFURO, I.; BAGLEE, D. **ISO 55000 Standard as a Driver for Effective Maintenance Budgeting**. Proceedings of 2nd International Conference on Maintenance Engineering, IncoMEII 2017, The University of Manchester, UK, 2017.

JAIN, A.; BHATTI, R.; SINGH, H. **Total productive maintenance (TPM) implementation practice**. International Journal of Lean Six Sigma, 5(3), 293–323. 2014.

JUNIOR, J.; RIBEIRO, M. V.; FRANCO, B. C. **Custo de manutenção de ativos numa óptica operacional e estratégica no ambiente industrial**. XII SEGET, 2015.

KARDEC, A; NASCIF. J. **Manutenção Preditiva: fator de sucesso na gestão empresarial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

KARDEC, A; NASCIF. J. **Manutenção: função estratégica. 3. ed**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

KUMAR, U.; PARLIKAD, A. K. **Predictive Maintenance: Tools and Techniques**. Springer, 2018.

LAFRAIA, J. **Manual de confiabilidade, mantenabilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LEDET, W. **Proactive Maintenance for Mechanical Systems**. CRC Press, 2017.

LIMA, W. C.; ARANTES, J. A. S. **Manutenção Preditiva: Caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva**. XIII, SIMPEP, Bauru, SP, Brasil, v. 6, 2008.

M&T (Revista). **Gestão de Ativos - Tecnologia Avançada para Controle de**

MOUBRAY, J. **Reliability-centered Maintenance (First)**. Butterworth-Heinemann. 1991.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. (11th ed.). Productivity Press. 1988.

NASCIF, J.; DORIGO, L.C. **Manutenção orientada para resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

NETLAND, T.; TERJESEN, E. **Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions**. International Journal of Production Research, 2019.

NIGAI, F. H.; BATISTA, G. B.; DAGNONI, V. **Estudo de caso da aplicação do planejamento e controle da manutenção em uma planta de envase Arla 32**. 2015.

OKWUOBI, S. **A reliability-centered maintenance study for an individual section-forming machine**. Machines, MDPI, v. 6, n. 4, 2018.

OLIVEIRA, G. B. **Proposta de gerenciamento de manutenção preventiva para instalações de águas pluviais utilizando o FMEA**. Boletim do Gerenciamento, v. 10, n. 10, p. 54–61, 2019.

OLIVEIRA, P. M.; SANTOS, A. R. **Adoção de softwares de monitoramento na manutenção preventiva: Impactos e benefícios**. Journal of Maintenance Engineering, v. 15, n. 2, p. 320-333, 2022.

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

Grossa, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

PANCHAL, D.; SRIVASTAVA, P. **Qualitative analysis of CNG dispensing system using fuzzy FMEA–GRA integrated approach**. International Journal of System Assurance Engineering and Management, Springer, v. 10, n. 1, 2019.

PAS 55-1. **Asset Management - Part 1: Specification for the optimized management of physical assets**. London: British Standards Institution, 2008.

PAS 55-2**. Asset Management - Part 2: Guidelines for the application of PAS 55-**

PASCHOAL, D. R. S. **Disponibilidade e confiabilidade: aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade**. Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA nº, v. 3, p. 1, 2009.

PATIL, R.; KOTHAVALE, B. **Failure modes and effects analysis (FMEA) of computerized numerical control (CNC) turning center**. Int. Rev. Mech. Eng, v. 12, 2018.

PATTON, J. D. **Maintainability and Maintenance Management**. New York: Instrument society of America, 1995.

PELLICCIONE, A.; SMITH, J.; PARKER, K. **The maintenance function, like manufacturing itself, is a rapidly changing environment: Facilities on average outsource more than 20% of maintenance operations**. Plant Engineering, CFE Media LLC, v. 75, n. 5, 2021.

PINTELON L.; MUCHIRI P. N. **Safety and maintenance**. In: Handbook of maintenance management and engineering, pp 613–648. 2009.

RAMERE, M. D.; LASEINDE, O. T. **Optimization of condition-based maintenance strategy prediction for aging automotive industrial equipment using FMEA**. Procedia Computer Science, Elsevier, v. 180, 2021.

RIIS, J. O.; LUXHOJ, J. T.; THORSTEINSSON, U. **A situational maintenance mode**l. International Journal of Quality & Reliability Management, 14(4), 349–366, 1997.

RODRIGUES, M.; HATAKEYAMA, K. **Analysis of the fall of TPM in companies**. Journal of Materials Processing Technology, 179(1–3), 276–279. 2006.

SALAH, M.; OSMAN, H.; HOSNY, O. **Performance-based reliability-centered maintenance planning for hospital facilities**. Journal of Performance of Constructed Facilities, American Society of Civil Engineers, v. 32, n. 1, 2018.

SANTOS, C. J. M. **A interferência da disponibilidade de máquinas de linha industrial na demanda da cadeia de suprimentos: um estudo de caso**. Anais do VI Simprod, 2014.

SANTOS, E. **5 Principais indicadores de manutenção com MTBF e MTTR**. Field Control, 2018.

SANTOS, L. M. A. **A Importância da Manutenção Industrial e seus Indicadores**. 2019.

SILVA, G. A.; ANHESINE, M. W.; FLORIAN, F. **A Importância do Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) para o Alcance da Competitividade no Segmento Industrial**. 2023.

SILVA, H. **PCM: o que é, como funciona e como fazer o controle**. 2024.

SILVA, M. A.; OLIVEIRA, J. F.; SANTOS, R. C. **Tecnologias emergentes e sua aplicação na manutenção centrada na confiabilidade: Um estudo de caso**. Revista Brasileira de Engenharia de Produção, v. 29, n. 3, p. 450-465, 2023.

SINGH, R.; GOHIL, A. M.; SHAH, D. B; DESAI, S. **Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study**. Procedia Engineering, 51, 592–599, 2013.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2008.

SOEIRO, M. V. A.; OLIVIO, A.; LUCATO, A. V. R. **Gestão da Manutenção**. Editora Distribuidora Educacional. S.A. 2017.

TELES, J. **Planejamento e Controle de Manutenção Descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM**. Brasília: Engeteles, 2019.

VIANA, H. R. G. **Fatores de Sucesso na Gestão da Manutenção de Ativos**. Bookstart, 2016.

VIANA, H. R. G. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2022.

VIEIRA, R. C. C. **Aplicação da ferramenta FMEA no processo de manutenção**. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 6, 2022.

WAEYENBERGH, G; PINTELON, L. **A Framework for Maintenance Concept Development**. International Journal Production Economics, v. 77, p. 299-313, 2002.

WILLICH, J. **O que é a curva da banheira na manutenção e como calcular?** . 2023.

YEPEZ, P.; ALSAYYED, B.; AHMAD, R. **Intelligent assisted maintenance plan**

generation for corrective maintenance. Manufacturing Letters, Elsevier, v. 21, 2019.

ZAIONS, D. R. **Manutenção Industrial com Enfoque na Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Dissertação (Mestrado em Eng. de Produção), Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS. Porto Alegre, 2003.

ZANINI, E. A. **Implantação do planejamento e controle da manutenção em uma empresa fabricante de embalagens metálicas**. Univates, 2020.

ZEN, M. **Indicadores de Manutenção**. Info Magzen, Consultoria, Desenvolvimento e Educação, 2003.

ZLATIC, M. **TPM - Total Productive Maintenance**. Proceedings on Engineering Sciences, 1(2), 581–590, 2019.

SILVA, João. **Gestão da Manutenção Industrial**. São Paulo: Editora Técnica, 2020.

SOUZA, Carlos. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada.** São Paulo: Editora Técnica, 2018.

FERREIRA, Carlos. **Gestão da Manutenção: Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: Editora ManutenTech, 2017.

REIS, José Carlos dos. **Gestão da Manutenção Industrial. 2.** ed. São Paulo: Editora Blucher, 2013.

FRANCO, Luciano José Vieira; COLABORADORES. **Gestão da Manutenção Industrial e Mineração - Volume 1.** São Paulo: Poisson Editora, 2016.

SILVA, A.; OLIVEIRA, B.; SANTOS, C. **Manutenção Preventiva: Uma Revisão Sistemática da Literatura.** Revista Brasileira de Engenharia de Manutenção, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2022.

SANTOS, Carlos; ALMEIDA, João. **A importância da manutenção corretiva na indústria: uma análise crítica.** Revista Brasileira de Engenharia de Manutenção, v. 15, n. 3, p. 30-40, 2021.

SILVA, J. F.; PEREIRA, M. L. **Custos associados à manutenção corretiva não planejada: um estudo de caso na indústria automobilística**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 12, n. 3, p. 123-130, 2020.

ALMEIDA, A. T. et al. **Análise de Modelos de Manutenção Preventiva em Sistemas Industriais.** Revista Produção Online, v. 20, n. 1, p. 123-145, 2020.

SILVA, M. A.; PEREIRA, L. F. **Manutenção Preventiva: Uma Abordagem para Otimização da Eficiência Produtiva.** Revista de Engenharia Industrial, v. 15, n. 2, p. 78-92,

2021.

SANTOS, L. et al. **A importância da manutenção preventiva na segurança do trabalho.** Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 45, p. 1-12, 2020.

MOBLEY, R. Keith. ***An Introduction to Predictive Maintenance***. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002.

WANG, L.; LI, X.; WANG, Y. **A Review of Predictive Maintenance for Industrial Equipment: Challenges and Opportunities.** Future Generation Computer Systems, v. 101, p. 709-721, 2019.

CARVALHO, R.; FERREIRA, J. **Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC): Uma Revisão Sistemática e Análise de Casos de Estudo.** Produção, v. 31, p. e20200069, 2021.

SMITH, Anthony M. **RCM—Gateway to World Class Maintenance.** Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

JAIN, A.; CHAKRABORTY, A. R. **Total Productive Maintenance (TPM) Implementation: A Review and Analysis of Recent Literature.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 31, n. 7, p. 1475-1502, 2020.

HIGGINS, Lindley R. **Maintenance Engineering Handbook.** 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

MOBLEY, R. Keith. **Plant Reliability Reference Guide.** 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003.

SMITH, Anthony M.; HINCHCLIFFE, Glenn R. RCM—**Gateway to World Class Maintenance**. 2nd ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

BLANCHARD, Benjamin S. **Logistics Engineering and Management.** 6th ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2004.

KELLY, Anthony. **Maintenance planning, control, and documentation**. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.

OLIVEIRA, L. et al. **Integração de Tecnologias Digitais para Otimização do Planejamento e Controle da Manutenção.** Revista Produção Online, v. 23, n. 4, p. 1250-1268, 2023.

SILVA, R. et al. **Desenvolvimento e Aplicação de Matriz de Priorização para Gestão da Manutenção Centrada em Confiabilidade.** Revista Produção Online, v. 24, n. 2, p. 450-468, 2024.

SANTOS, A. et al. **Desenvolvimento de Interface Gráfica para Monitoramento de Paradas em Manutenção Industrial.** Revista de Sistemas de Informação & Gestão Tecnológica, v. 18, n. 3, p. 320-338, 2023.

PEREIRA, R. et al. **Desenvolvimento e Aplicação de Indicadores de Desempenho para Avaliação da Manutenção Industrial.** Revista Produção Online, v. 22, n. 3, p. 890-908, 2022.

EBELING, Charles E. **An introduction to reliability and maintainability engineering.** 2nd ed. Long Grove: Waveland Press, 2010.

CHRONISTER, William. **Maintenance Management: A Guide to Success.** 2nd ed. New York: Industrial Press, 2011.

MOBLEY, R. Keith. **Maintenance planning and scheduling handbook.** 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012.

MAINSAIVER. Mainsaver. Disponível em: https://www.mainsaver.com/. Acesso em: 17 de fevereiro de 2025.

EZO. EZO CMMS. Disponível em: https://ezo.io/ezo-cmms/. Acesso em: 17 de fevereiro de 2025.

TRACTIAN. Tractian. Disponível em: https://tractian.com/. Acesso em: 15 de fevereiro de 2025.

CHAMPSINC. Champsinc. Disponível em: https://www.champsinc.com/. Acesso em: 17 de fevereiro de 2025.

MANUSIS4. Manusis4. Disponível em: https://manusis4.com.br/. Acesso em: 03 de janeiro de 2025.

ENGEMAN. Engeman. Disponível em: https://engeman.com.br/pt-br/. Acesso em: 05 de janeiro de 2025.

IBM. IBM Maximo. Disponível em: https://www.ibm.com/br-pt/products/maximo. Acesso em: 11 de janeiro de 2025.

TOTVS. Totvs. Disponível em: https://www.totvs.com/prestadores-de-servicos/. Acesso em: 11 de janeiro de 2025.