

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTONIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

LUANA SANTOS DE OLIVEIRA
VANDERLEI HENRIQUE DOS SANTOS PEDREIRA

MANUTENÇÃO E EFICIÊNCIA PRODUTIVA: UM ESTUDO DE CASO
SOBRE MANUTENÇÃO CORRETIVA, PREVENTIVA E PREDITIVA

LINS/SP
1º SEMESTRE/2025

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTONIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

LUANA SANTOS DE OLIVEIRA
VANDERLEI HENRIQUE DOS SANTOS PEDREIRA

MANUTENÇÃO E EFICIÊNCIA PRODUTIVA: UM ESTUDO DE CASO
SOBRE MANUTENÇÃO CORRETIVA, PREVENTIVA E PREDITIVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio
Seabra, para obtenção do Título de Tecnólogos em
Gestão da Produção Industrial.

Orientador: Prof. Me. Silvio Ribeiro

LINS/SP
1º SEMESTRE/2025

Oliveira, Luana Santos de

O48m Manutenção e eficiência produtiva: um estudo de caso sobre manutenção corretiva, preventiva e preditiva / Luana Santos de Oliveira, Vanderlei Henrique dos Santos Pedreira. — Lins, 2025.

20f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão da Produção Industrial) — Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra: Lins, 2025.

Orientador(a): Me. Silvio Ribeiro

1. Manutenção Corretiva. 2. Manutenção Preventiva. 3. Manutenção Preditiva. 4. Eficiência Produtiva. 5. Indústria 4.0. I. Pedreira, Vanderlei Henrique dos Santos. II. Ribeiro, Silvio. III. Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra. IV. Título.

CDD 658.5

**LUANA SANTOS DE OLIVEIRA
VANDERLEI HENRIQUE DOS SANTOS PEDREIRA**

**MANUTENÇÃO E EFICIÊNCIA PRODUTIVA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE
MANUTENÇÃO CORRETIVA, PREVENTIVA E PREDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Tecnólogos em Gestão da Produção Industrial sob orientação do Prof. Me. Silvio Ribeiro

Data de aprovação: 30/06/2025

Prof. Me. Silvio Ribeiro

Profa Ma. Egiane Carla Camillo Alexandre

Prof. Dr. Eduardo Teraoka Tofoli

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO	5
1.1 CONCEITO E EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO	5
1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO	6
1.3 TECNOLOGIAS APLICADAS À PRODUÇÃO	7
1.4 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	7
1.5 INDÚSTRIA 4.0 E DIGITALIZAÇÃO	8
1.6 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	8
1.7 MONITORAMENTO DA PRODUTIVIDADE	8
2 CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO	9
2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO	9
2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	9
2.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA	10
2.4 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA E NÃO PLANEJADA.....	11
2.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA	11
2.6 TÉCNICAS UTILIZADAS NA MANUTENÇÃO PREDITIVA	12
2.7 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM).....	12
2.8 INDICADORES DE DESEMPENHO NA MANUTENÇÃO.....	13
2.9 INDICADORES ESTRATÉGICOS	13
2.10 INDICADORES TÁTICOS	13
2.11 INDICADORES OPERACIONAIS.....	14
3 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS	14
3.1 IMPACTO DA MANUTENÇÃO NA EFICIÊNCIA PRODUTIVA	14
3.2 REDUÇÃO DE CUSTOS E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE.....	14
3.3 CONFIABILIDADE E DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS	14
4 METODOLOGIA.....	15
5 ESTUDO DE CASO	15
6 CONCLUSÃO	17
REFERENCIAS	18
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	20

MANUTENÇÃO E EFICIÊNCIA PRODUTIVA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE MANUTENÇÃO CORRETIVA, PREVENTIVA E PREDITIVA

Luana Santos de Oliveira ¹, Vanderlei Henrique dos Santos Pedreira ²
Silvio Ribeiro ³

^{1, 2} Acadêmicos do Curso de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra - Fatec, Lins-SP, Brasil
³ Docente do Curso de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra - Fatec, Lins-SP, Brasil

RESUMO

A produção industrial é um conjunto de processos organizados que têm como intuito transformar insumos em bens ou serviços de forma contínua, eficiente e com qualidade. A manutenção industrial exerce um papel estratégico nesse contexto, sendo responsável por garantir a disponibilidade e o bom desempenho dos equipamentos. Este trabalho tem como objetivo analisar como os diferentes tipos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva, contribuem para a eficiência e continuidade do processo produtivo. O estudo apresenta os fundamentos teóricos da produção e da manutenção, com ênfase na Indústria 4.0 e na Manutenção 4.0, que incorporam tecnologias como sensores inteligentes, Internet das Coisas (IoT) e sistemas informatizados para otimizar processos. A pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso único com abordagem qualitativa e caráter exploratório, por meio da aplicação de um questionário semiestruturado a um analista de manutenção de uma empresa do setor de higiene e beleza, localizada no interior do estado de São Paulo. As respostas permitiram compreender como a empresa aplica as estratégias de manutenção e os impactos percebidos na operação. A integração das práticas corretiva, preventiva e preditiva, quando aplicadas de forma estratégica, contribui significativamente para a melhoria da confiabilidade dos ativos, redução de falhas e aumento na produtividade.

Palavras-chave: Manutenção Corretiva. Manutenção Preventiva. Manutenção Preditiva. Eficiência Produtiva. Indústria 4.0.

ABSTRACT

Industrial production consists of a set of organized processes aimed at transforming inputs into goods or services in a continuous, efficient, and high-quality manner. In this context, industrial maintenance plays a strategic role, being responsible for ensuring equipment availability and optimal performance. This study aims to analyze how different types of maintenance—corrective, preventive, and predictive—contribute to the efficiency and continuity of the production process. The research presents the theoretical foundations of production and maintenance, with emphasis on Industry 4.0 and Maintenance 4.0, which integrate technologies such as smart sensors, the Internet of Things (IoT), and computerized systems to optimize operations. A qualitative, exploratory case study was conducted through a semi-structured questionnaire applied to a maintenance analyst at a hygiene and beauty company located in the interior of São Paulo state, Brazil. The responses helped to understand how the company applies maintenance strategies and the perceived operational impacts. The strategic

integration of corrective, preventive, and predictive practices significantly contributes to improving asset reliability, reducing failures, and increasing productivity.

Keywords: Corrective Maintenance. Preventive Maintenance. Predictive Maintenance. Production Efficiency. Industry 4.0.

1 INTRODUÇÃO

A produção industrial é formada por um conjunto de etapas que transformam matéria-prima em bens ou serviços com valor agregado. A evolução dos sistemas produtivos, desde a manufatura artesanal até os modelos avançados da Indústria 4.0, revela uma constante busca por eficiência, qualidade e agilidade. Nesse cenário de competitividade e inovação, a manutenção dos ativos industriais deixou de ser apenas uma atividade corretiva e passou a ser uma estratégia essencial para garantir a disponibilidade dos equipamentos, reduzir custos e assegurar a continuidade operacional.

A manutenção pode ser classificada, principalmente, em três tipos: corretiva, que ocorre após a falha; preventiva, realizada de forma programada para evitar falhas; e preditiva, baseada em dados e monitoramento contínuo para antecipar problemas. A correta aplicação dessas modalidades permite às empresas mitigar riscos, evitar paradas não programadas e aumentar a confiabilidade de seus sistemas produtivos.

Com o avanço da Indústria 4.0, a manutenção também evoluiu para a chamada Manutenção 4.0, caracterizada pela integração de tecnologias digitais, sensores inteligentes, inteligência artificial e sistemas informatizados de gestão (CMMS). Estudar como essas práticas são aplicadas no ambiente real de uma empresa é essencial para compreender os desafios, benefícios e resultados práticos da gestão de manutenção moderna.

A relevância deste trabalho está em demonstrar que a manutenção, quando bem planejada e adaptada às necessidades do processo, é um fator determinante para a eficiência produtiva e a competitividade da indústria. Além disso, a aplicação de novas tecnologias, como IoT e análise de dados, amplia as possibilidades de monitoramento e controle dos ativos industriais.

O objetivo deste trabalho é analisar como os diferentes tipos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva contribuem para a eficiência e continuidade do processo produtivo. Para isso, foi realizada uma pesquisa com abordagem qualitativa e caráter exploratório, utilizando como instrumento metodológico um questionário semiestruturado, elaborado com base nos fundamentos apresentados no referencial teórico. O questionário foi aplicado a um analista de manutenção da área de PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) de uma empresa do setor de higiene e beleza, localizada no interior de São Paulo. Este questionário encontra-se no Apêndice A deste trabalho. A análise das respostas permitiu identificar como a empresa estrutura seu setor de manutenção, os critérios utilizados para definir o tipo de intervenção.

1.1 CONCEITO E EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO

De acordo com Adam Smith (1776) ao longo da história, a produção passou por diversas transformações impulsionadas por avanços tecnológicos e mudanças nos modelos de gestão. No período pré-industrial, a manufatura artesanal

predominava, com produtos sendo feitos manualmente por artesãos altamente especializados.

Com a Revolução Industrial, no século XVIII, a introdução de máquinas e a mecanização do trabalho aumentaram significativamente a produtividade, dando origem à produção em larga escala. No início do século XX, Henry Ford revolucionou a produção ao introduzir a linha de montagem, tornando o processo produtivo mais rápido e padronizado. Esse modelo, conhecido como produção em massa, reduziu custos e popularizou produtos antes inacessíveis à maioria da população. Já na segunda metade do século XX, o Japão inovou com o Sistema Toyota de Produção, que trouxe conceitos como a produção enxuta (*lean manufacturing*), focada na eliminação de desperdícios e na melhoria contínua (Ohno, 1997).

Atualmente, a produção está cada vez mais integrada a tecnologias digitais, com a chamada Indústria 4.0, que envolve automação, inteligência artificial e internet das coisas (IoT) para otimizar processos produtivos. Esse avanço permite maior flexibilidade, personalização e eficiência na produção, atendendo às demandas de um mercado dinâmico e globalizado.

1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os sistemas de produção são fundamentais na gestão empresarial, influenciando diretamente a eficiência, a qualidade e a competitividade de uma organização. Compreender os diferentes tipos de sistemas de produção permite às empresas escolher o modelo mais adequado às suas necessidades, otimizando recursos e garantindo um melhor atendimento ao mercado.

A escolha do sistema de produção adequado depende de diversos fatores, como o tipo de produto, a demanda do mercado, os recursos disponíveis e o nível de personalização desejado. Empresas que buscam eficiência devem analisar os prós e contras de cada modelo para otimizar sua produção e garantir competitividade no mercado. Cada sistema de produção apresenta vantagens e desvantagens, sendo necessário analisar fatores como custo, flexibilidade e nível de personalização desejado, que distingue os sistemas de produção com base no tipo de fluxo do produto e no atendimento ao consumidor, categorizando-os em sistemas orientados para estoque e sistemas orientados para encomendas (Schroeder, 1992).

a) Produção contínua é caracterizada por processos altamente automatizados, destinados à fabricação em grande escala e sem interrupções. É utilizada em indústrias como siderurgia, petroquímica e alimentícia, onde a demanda é constante (Slack; Chambers; Johnston, 2002, p. 45);

b) Na produção intermitente, os produtos são fabricados em lotes, que podem variar em tamanho conforme a demanda. Esse modelo é comum em indústrias que produzem diferentes itens, como confecções, móveis e alimentos (Corrêa; Corrêa, 2005);

c) A produção sob encomenda, também conhecida como “*Make to Order*” (MTO), é um sistema produtivo direcionado para o atendimento das necessidades específicas dos clientes, caracterizando-se por uma demanda baixa, frequentemente unitária, com data determinada e negociada para a entrega. Neste modelo, a produção é iniciada somente após o recebimento de um pedido específico, permitindo um alto grau de personalização e flexibilidade no mix de produtos (Gabriel, 2009)

d) Produção em massa é a expressão utilizada para denominar uma estratégia de produção para estoque, também conhecida pela expressão inglesa *make-to-stock*. A ideia é a empresa produzir o suficiente para ter sempre o produto em estoque e,

dessa forma, diminuir o prazo de entrega aos clientes. Essa estratégia é mais viável para produtos padronizados com grandes volumes e previsões razoavelmente precisas, como ocorre nas montadoras de veículos.

As empresas que adotam essa estratégia em geral, apresentam um ambiente estável e previsível. Por conta disso, costumam ter uma organização mais burocrática. Os trabalhadores geralmente executam tarefas bem definidas e repetitivas (especialização de tarefas). Quando uma empresa adota a produção em massa, é usualmente porque sua estratégia competitiva está focada na qualidade consistente e baixo custo, no entanto, a Produção em Massa é na verdade uma das possibilidades de produção do processo em linha, que implica na existência de fluxos de linha em que tanto os produtos quanto os serviços oferecidos seguem uma padronização (Paranhos Filho, 2012).

1.3 TECNOLOGIAS APLICADAS À PRODUÇÃO

A evolução tecnológica tem desempenhado um papel fundamental na transformação dos sistemas de produção ao longo das últimas décadas. Com o advento da Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, novas tecnologias emergiram, integrando o mundo físico ao digital e promovendo mudanças significativas nos processos produtivos (Schwab, 2016):

a) Os Sistemas Ciber-Físicos representam a integração entre processos físicos e computacionais, permitindo a comunicação e coordenação em tempo real entre máquinas e sistemas. Essa sinergia possibilita a automação avançada e a otimização dos processos produtivos (Lee et al., 2015, p. 12);

b) A Internet das Coisas refere-se à interconexão de dispositivos e máquinas através da internet, permitindo a coleta e troca de dados em tempo real. No contexto industrial, a IoT facilita a monitorização contínua de equipamentos e processos, contribuindo para a eficiência operacional (Atzori et al, 2010);

c) O Big Data envolve o processamento e análise de grandes volumes de dados gerados pelas operações industriais. A análise desses dados permite insights valiosos para a tomada de decisões estratégicas e operacionais, melhorando a produtividade e a qualidade (Manyika et al., 2011);

d) Sensores Inteligentes são dispositivos que, além de coletar dados do ambiente, possuem capacidade de processamento e comunicação, permitindo uma resposta adaptativa aos estímulos recebidos. Eles são essenciais para a automação e monitoramento em tempo real dos processos produtivos (Gardner, 2010).

1.4 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial refere-se ao uso de tecnologias e sistemas de controle, como computadores e robôs, para operar equipamentos e processos industriais com mínima intervenção humana. Seu objetivo principal é aumentar a eficiência, qualidade e segurança na produção, reduzindo custos operacionais e erros humanos. A evolução da automação industrial está intimamente ligada às revoluções industriais. No século XVIII, a introdução de máquinas a vapor e equipamentos mecanizados iniciou a transição de processos manuais para mecanizados. No final do século XIX e início do século XX, a eletrificação das fábricas e a introdução de linhas de montagem aumentaram significativamente a produtividade. A partir da década de 1970, a incorporação de eletrônica avançada e tecnologias de informação permitiu a automação de processos complexos.

Atualmente, a integração de tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial, está transformando os sistemas de produção em ambientes inteligentes e interconectados. Existem componentes essenciais na automação industriais, alguns dispositivos detectam mudanças físicas ou químicas no ambiente, convertendo-as em sinais elétricos para monitoramento e controle. Por exemplo, sensores de temperatura, pressão e proximidade são amplamente utilizados na indústria,

Diversos equipamentos processam informações recebidas dos sensores e enviam comandos aos atuadores. Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são comuns na automação industrial devido à sua flexibilidade e robustez (Groover, 2010).

1.5 INDÚSTRIA 4.0 E DIGITALIZAÇÃO

A Indústria 4.0, também conhecida como a Quarta Revolução Industrial, representa uma transformação significativa nos processos industriais, caracterizada pela integração de tecnologias digitais avançadas, como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e *big data*, visando à criação de fábricas inteligentes e processos produtivos mais eficientes (Schwab, 2016). A digitalização, nesse contexto, refere-se à incorporação dessas tecnologias digitais nos processos industriais, permitindo a automação, monitoramento e análise em tempo real, resultando em maior eficiência operacional e inovação (Devezas et al., 2017).

Marcada pela fusão do mundo físico com o digital através de tecnologias avançadas (Kagermann et al., 2013, p. 8). Essa nova fase é caracterizada por sistemas ciber-físicos, que permitem a comunicação e cooperação autônoma entre máquinas e sistemas, resultando em processos de produção mais flexíveis e eficientes. As fábricas inteligentes são equipadas com sensores avançados, software integrado e robótica, que coletam e analisam dados e permitem uma melhor tomada de decisões. Um valor ainda maior é criado quando os dados das operações de produção são combinados com dados operacionais de ERP, essas tecnologias digitais levam a uma maior automação, manutenção preditiva, auto-otimização de melhorias de processos e, acima de tudo, um novo nível de eficiência e capacidade de resposta aos clientes que não eram possíveis anteriormente.

1.6 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

PCP (Planejamento e Controle de Produção) é um processo para auxiliar o gerenciamento da produção de uma indústria. Entre os principais benefícios que essa ferramenta proporciona, podem ser destacados: planejamento e controle efetivos da produção; controle e organização do fluxo de produção na cadeia produtiva; organização das matérias-primas e insumos necessários à produção; contribuição para a tomada de decisões, especialmente as de última hora; redução dos gastos com erros de processos e retrabalhos; aceleração da produção e a assertividade da operação; fornecimento de métricas e índices sobre a produtividade; e otimização dos processos de gestão de forma geral (SEBRAE, 2022, p. 10)

1.7 MONITORAMENTO DA PRODUTIVIDADE

As medidas de produtividade são usadas como ferramenta gerencial: de certa maneira, esta utilidade potencial englobe todas as outras. Pode-se medir a

produtividade ao mesmo tempo que conservam outros indicadores de eficácia, um conjunto de medidas complementando o outro. Mede-se a produtividade tanto para detectar problemas como para se verificar o acerto de decisões tomadas no passado sobre mudanças na organização, nos processos de produção, e no arranjo físico mede-se a produtividade tanto para se atestar a utilidade de programas de treinamento em setores ou atividades específicas, o acerto na introdução de novos produtos, de políticas de investimentos, e assim por diante.

Em suma, as medidas de produtividade podem e devem funcionar como um termômetro, tanto para auxiliar no diagnóstico de uma situação atual como para acompanhar os efeitos de mudanças nas práticas gerenciais e na rotina de trabalho. Desta forma, o monitoramento de produtividade envolve diversos fatores primordiais para uma indústria. Acompanhar o desempenho de um maquinário ajuda a prevenir problemas futuros. Por isso, podemos dizer que é de tamanha importância ter disponível a total atenção do setor de manutenção, garantindo eficiência, continuidade e qualidade em uma produção (Moreira, 2015).

2 CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

A manutenção é essencial para garantir a qualidade dos produtos e serviços fornecidos por uma empresa. Além de prevenir falhas e problemas operacionais, ela contribui para prolongar a vida útil dos equipamentos e diminuir custos.

A Lei nº 13.874/2019, conhecida como Lei da Liberdade Econômica, destaca a importância da manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e ativos de uma empresa. A lei estabelece que as atividades de manutenção devem ser realizadas de forma planejada, documentada e registrada, com o objetivo de garantir a segurança do trabalhador e do usuário, bem como a eficiência e qualidade do serviço prestado (Ricce, 2024).

A ausência de manutenção adequada pode resultar em problemas, como queda na produtividade, aumento dos custos operacionais, comprometimento da qualidade dos produtos e serviços, além de riscos de acidentes e danos à saúde dos trabalhadores e usuários. Portanto, é fundamental que as empresas adotem um sistema de gestão de manutenção eficiente, que possibilite a execução das atividades de maneira.

2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Segundo a ABNT (1994), por meio da NBR 5462, existem três tipos de manutenção mais comuns: manutenção corretiva, preventiva e preditiva. Também existem outras modalidades, e a manutenção mais adequada vai depender de diversos fatores:

2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

É uma ação planejada e sistemática de revisão, controle e monitoramento dos equipamentos. Ela é feita periodicamente, com o objetivo de reduzir ou impedir falhas do instrumento (Leão, 2022). Também é conhecida como manutenção programada ou planejada, com a manutenção preventiva, é possível evitar o desenvolvimento de problemas, impedindo a necessidade de uma manutenção corretiva:

a) Manutenção preventiva é um tipo de manutenção que consiste em prevenir o aparecimento de falhas. Ela é feita com frequência pré-definida, realizando

inspeções recorrentes mesmo que o equipamento não esteja apresentando defeito. Dessa forma, a manutenção preventiva pode identificar problemas em desenvolvimento que poderiam levar a falhas no futuro, corrigindo-as antes que prejudiquem o funcionamento do ativo (Willich, 2025, p. 5);

b) O principal objetivo dessa estratégia é exatamente atuar na prevenção para evitar problemas maiores, como paradas não programadas ou acidentes. Além de garantir a segurança de todos os profissionais, a revisão periódica também contribui para manter os níveis de produtividade da empresa (Equipe Totvs, 2024);

c) A manutenção preventiva tem a característica de ser planejada e programada com antecedência. Tem foco em eliminar problemas que possam interromper o processo produtivo da empresa. A principal característica da manutenção preventiva é evitar a quebra e a parada do equipamento, ela é programada e planejada e deve ser realizada periodicamente. Esse planejamento é realizado pelo time de PCM (Planejamento e controle da manutenção) de uma empresa (Abecom, 2021);

d) A manutenção preventiva tem mais vantagens do que desvantagens para as empresas, pois ajuda a evitar que equipamentos quebrem, envelheçam ou se degradem. as principais vantagens são: Reduz o envelhecimento ou depreciação das máquinas; age antes de intervenções corretivas que resultam em custos altos; reduz os riscos de quebras nos equipamentos; promove reparos que melhoram as condições dos equipamentos para o trabalho;

e) Desvantagens: Pode provocar erros na provisão ou na gestão de estoques; há o risco de danificar peças na execução de manutenção desnecessária; pode ocasionar dificuldade em determinar os intervalos de tempo para a manutenção; só se pode mensurar a economia gerada em médio e longo prazo (Politan, 2024).

2.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção Corretiva pode ser definida como o reparo de um equipamento após alguma inconsistência ou falha total. Ou seja, visa corrigir os problemas que podem prejudicar o desempenho das máquinas. Por exemplo: falhas nos maquinários, acidentes, quedas, quebras, erros na operação, entre outros fatores.

Diferente da preventiva, a corretiva ocorre quando um equipamento já apresenta falha no seu funcionamento, e é necessário corrigir por meio de uma manutenção levando a parada das operações (Abecom, 2021).

a) A manutenção corretiva é um tipo de conserto que visa corrigir falhas ou defeitos em equipamentos ou sistemas. O objetivo é restaurar o funcionamento normal do equipamento o mais rápido possível. Como o próprio nome sugere, a manutenção corretiva visa corrigir eventuais problemas e falhas dos maquinários, em decorrência de acidentes, quedas, quebras, erros no manuseio, entre outros fatores que podem prejudicar o desempenho das máquinas. Sendo assim, a manutenção corretiva tem caráter emergencial, tendo como principal objetivo resolver os danos de equipamentos o quanto antes para evitar paradas de produção (TDGI, 2024);

b) Sua principal característica da manutenção corretiva é que é reativa, ou seja, só é acionada após a identificação de uma falha ou avaria, é de caráter emergencial o que gera um custo mais elevado, demandando um tempo maior o que pode gerar um grande impacto no processo produtivo de uma empresa. A manutenção corretiva é assim chamada porque ela faz exatamente isso: corrige os problemas conforme as falhas surgem. Toda vez que uma máquina ou equipamento apresenta um problema de funcionamento, quebra ou queda de desempenho, a manutenção corretiva é

utilizada para fazer o funcionamento retornar ao normal (Engeman, 2024).

2.4 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA E NÃO PLANEJADA

A manutenção corretiva planejada ou programada é aquela que é realizada no início de uma falha. A sua principal função é a de solucionar problemas antes que eles cheguem à fase de falha funcional. Com esse tipo de manutenção, é possível prever quando o funcionamento de um equipamento será comprometido e, dessa forma, consertar o equipamento no momento correto. A manutenção não planejada ou não programada, por sua vez, consiste em problemas que resultam em uma parada forçada. Ou seja, trata-se de um tipo de manutenção que ocorre quando o funcionamento dos equipamentos é comprometido (Equipe Totvs, 2024)

A manutenção corretiva não apresenta muitas vantagens. Apenas em casos de equipamentos de baixa criticidade, o reparo pode ser feito posteriormente à falha. Em termos gerais, no entanto, esse tipo de manutenção é o que traz mais despesas. As paradas causam atrasos e podem gerar um efeito bola de neve na cadeia produtiva e muitas vezes é necessário convocar equipes ou adquirir peças de reposição em caráter emergencial, o que pode elevar os custos. Além disso, existe a possibilidade de o defeito se agravar e acabar comprometendo outras partes do equipamento. Apesar das desvantagens, esse tipo de manutenção também tem um papel fundamental. Ela é essencial para restabelecer a operação sempre que ocorre um problema, garantindo a continuidade do funcionamento. Além disso, a manutenção corretiva contribui para aumentar a segurança e a confiabilidade dos veículos, permitindo o acesso a informações importantes, como os intervalos adequados para a substituição de determinadas peças (Engeman, 2024);

a) A manutenção corretiva até pode ser aplicada em equipamentos de menor importância ou que possuam vários sobressalentes. Ou seja, em ferramentas ou máquinas pequenas que possam rapidamente ser substituídas quando falharem.

Ela também pode ser empregada em itens cuja manutenção corretiva é extremamente barata e rápida. Nesses casos, que costumam ser raros, fazer outros tipos de manutenção, como a preditiva, pode sair mais caro.

2.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva está associada às práticas de manutenção com caráter preventivo e antecipado de todo o aparato físico utilizado nas operações. Na prática, a manutenção preditiva é uma metodologia de manutenção que tem um maior apelo para a prevenção de danos e previsibilidade de falhas conhecida como "condicionada", "não-sistemática" ou "preventiva por estado", essa abordagem adota uma metodologia única, a manutenção preditiva foca no monitoramento contínuo do desempenho dos sistemas, coletando dados para analisar seu funcionamento e, com base nisso, desenvolver estratégias que evitem sua parada. (Equipe Totvs, 2024)

a) A manutenção preditiva está atrelada ao planejamento desenvolvido pelo gestor da manutenção na empresa. Essa metodologia se preocupa com o acompanhamento das ações e seus resultados para então explorar esses dados. Sua finalidade é estabelecer quais são os parâmetros que devem ser esperados em cada máquina ou equipamento, com base nas informações e alterações que os ativos sofrem com o passar do tempo de vida útil. A manutenção preditiva é uma estratégia de monitoramento de máquinas e sistemas para prevenir falhas e reduzir custos. Análise de dados: Os dados coletados são analisados para identificar padrões e

tendências que possam indicar problemas. Com base na análise dos dados, é possível intervir no equipamento de forma automatizada ou manual (Willich, 2023);

b) Uma das desvantagens da manutenção preditiva é que ela envolve um alto investimento na compra de equipamentos e treinamentos, que nem sempre é possível em determinado momento da empresa. Porém, investindo corretamente, a manutenção pode acarretar várias vantagens, como o aumento da vida útil dos equipamentos, o conhecimento sobre o funcionamento dos ativos facilita a definição de boas práticas de manutenção e cuidados que prolongam sua vida útil. Além disso, a manutenção preditiva otimiza a produtividade da empresa, pois ajuda a identificar o melhor momento para realizar reparos, evitando a paralisação das atividades. Também permite prever possíveis falhas, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade operacional (Abraman, 2018);

c) Na manutenção preditiva industrial, são implementadas algumas técnicas de acompanhamento do maquinário que mostram como seu funcionamento está indo, tais como a Termografia: técnica que registra variações na temperatura dos componentes para identificar possíveis falhas.

2.6 TÉCNICAS UTILIZADAS NA MANUTENÇÃO PREDITIVA

As técnicas de manutenção preditiva são métodos de teste não destrutivos que permitem monitorar equipamentos sem precisar abri-los. Elas são usadas para antecipar falhas e identificar vulnerabilidades.

a) A análise de vibração é um processo capaz de identificar potenciais falhas nos componentes rotativos de um equipamento. Certamente, é um dos métodos de diagnóstico mais importantes em preditiva. Ajuda identificar e evitar que um equipamento tenha uma parada por quebra de um eixo ou rolamento, por exemplo.

b) De maneira geral, os equipamentos emitem uma frequência de vibração quando estão em funcionamento. São enviados para os aparelhos registradores ou software de análise de vibração, (analisadores de vibrações) que são interpretados por especialistas. Se as frequências emitidas estiverem fora do padrão, pode-se então determinar se há algo errado (Abecom, 2021);

c) Outra maneira de identificar irregularidades e potenciais falhas nos componentes de uma máquina é através do nível de ruídos que eles emitem. Sendo assim, sons irregulares indicam que algo está errado no desempenho do rolamento. A ampla variedade de sons produzidos pelas máquinas inclui também componentes ultrassônicos de ondas curtas. São, por sua natureza, extremamente direcionais. Instrumentos, tais como sondas ultrassônicas, isolam esses ultrassons dos ruídos do ambiente da fábrica e das máquinas e identificam a fonte.

2.7 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

A TPM (Manutenção produtiva total) é uma filosofia gerencial para aumentar a produtividade de um processo produtivo ao reduzir perdas, paradas e falhas integrando os setores de manutenção e operação (Leão, 2025).

Seu objetivo principal é eliminar perdas e maximizar a eficácia dos ativos produtivos. Em resumo, há três princípios que guiam as ações da TPM na indústria:

- a) Quebra zero: Busca pela melhoria e confiabilidade de todos os equipamentos.
- b) Defeito zero: Busca pela qualidade total do produto.
- c) Acidente zero: Busca pela segurança das pessoas e meio ambiente.

Para isso, são utilizadas práticas de manutenção preventiva, participação ativa

dos funcionários, melhoria contínua e eliminação de falhas (Tractian, 2025).

2.8 INDICADORES DE DESEMPENHO NA MANUTENÇÃO

Os indicadores de manutenção fornecem dados significativos, como: distribuição das atividades por tipo de manutenção corretiva, preventiva ou preditiva; estoques de materiais e política dos sobressalentes; planejamento da manutenção; treinamento e capacitação de funcionários; resultados operacionais; paradas de manutenção (Engeman, 2024);

a) O MTBF, ou *Mean Time Between Failures*, pode ser traduzido como tempo médio entre falhas. Ou seja, aqui medimos o tempo de bom funcionamento do equipamento entre a manutenção e o aparecimento de uma nova falha. O MTBF considera três intervalos: a primeira falha, o retorno à operação após a manutenção, e uma nova falha. A partir dele, é possível prever quando uma nova falha irá aparecer e se planejar com antecedência (Mobley, 2002, p. 112);

b) Já o MTTR, ou *Mean Time to Repair*, representa o tempo médio de reparo. É o tempo entre a falha e o momento em que o sistema volta a operar após a manutenção, indicando a eficiência da equipe para efetuar o reparo do equipamento (quanto menor o MTTR, maior a eficiência do time) (Pinheiro, 2009);

c) A confiabilidade, ou *Reliability*, é semelhante à disponibilidade. Regulamentada pela NBR 5462 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ela pode ser definida como a capacidade do equipamento de desempenhar uma função sob determinadas condições e dentro de um intervalo de tempo. Ou seja, a confiabilidade mede se o ativo é confiável considerando a probabilidade de ele desempenhar bem suas funções. Tanto a confiabilidade quanto a disponibilidade são essenciais para elaborar o PCM (ABNT, 1994);

d) A disponibilidade (também chamada de *Availability*) do equipamento está relacionada à sua capacidade de operar conforme o programado. Ou seja, mede a proporção do tempo em que um equipamento está disponível para uso. Assim como o MTBF, a disponibilidade inerente deve estar constantemente crescendo, pois mostra que o equipamento está cada vez mais disponível para ser utilizado (Paladini, 2008);

e) O CMF (Custo de Manutenção sobre Faturamento) indica se o custo de manutenção, que envolve gastos como mão de obra, peças e ferramentas, entre outros, está dentro do esperado em relação ao faturamento da empresa. Ainda, o CMF pode indicar que o custo de manutenção está muito alto e será necessário reavaliar as estratégias de manutenção (Abraman, 2018).

2.9 INDICADORES ESTRATÉGICOS

Indicadores estratégicos são utilizados pela alta gestão e estão relacionados aos objetivos de longo prazo da organização. Esses indicadores avaliam o desempenho global da manutenção e sua contribuição para os resultados da empresa, como produtividade, rentabilidade e competitividade no mercado (Marques, 2014)

2.10 INDICADORES TÁTICOS

A análise e o controle dos indicadores táticos são feitos pelo engenheiro responsável ou pelo coordenador da equipe. Envolvem as metas gerenciais, de médio prazo, que mostram os resultados dos processos internos. Vale pensar que esses

indicadores devem contribuir para o alcance dos objetivos estratégicos gerais da empresa (Willich, 2023).

2.11 INDICADORES OPERACIONAIS

Os indicadores operacionais envolvem os colaboradores de forma plena, pois eles têm um papel fundamental e contribuem ativamente para os objetivos estratégicos da organização. Os resultados desses indicadores são utilizados e controlados por supervisores e técnicos (Willich, 2023)

3 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS

O planejamento de manutenção é o processo de definir e organizar atividades de manutenção para garantir que os equipamentos e sistemas funcionem de maneira eficiente e confiável. Esse processo envolve a previsão de necessidades futuras de manutenção, a alocação correta de recursos (como peças de reposição e mão de obra), a definição de cronogramas e a implementação de ações corretivas e preventivas (Engeman, 2024).

Segundo Equipe Totvs, (2024), a gestão de ativos é um conjunto de práticas utilizadas pelas empresas no controle dos bens que possui, ou seja, o processo visa otimizar o desempenho, uso e o valor dos ativos de uma empresa. Existem dois tipos de ativos, sendo ele tangíveis como máquinas, equipamentos, instalações, veículos etc., ou intangíveis como patente, marca, reputação, conhecimento.

3.1 IMPACTO DA MANUTENÇÃO NA EFICIÊNCIA PRODUTIVA

A falta de manutenção adequada pode causar diversos problemas, como a redução da produtividade, aumento dos custos operacionais, perda de qualidade nos produtos e serviços e até mesmo acidentes e danos à saúde do trabalhador e do usuário. Por isso, é essencial que as empresas invistam em um sistema de gestão de manutenção eficiente, que permita a realização das atividades de forma organizada, planejada e registrada (Ricca, 2024).

3.2 REDUÇÃO DE CUSTOS E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

A Indústria 4.0 é uma revolução que está transformando a maneira como as empresas produzem, criam valor e se relacionam com seus clientes.

A aceleração do aumento de produtividade e a redução de custos com a indústria 4.0 é impulsionada por avanços tecnológicos em áreas como automação, robótica, inteligência artificial, análise de dados, Internet das Coisas (IoT), entre outras (Weg, 2024).

Ou seja, se adequar ao novo mercado de produção é essencial para manter uma boa produção com o custo menor, além de que, ao incluir essas ferramentas na sua empresa tem um processo produtivo maior que utiliza menos matéria-prima e recursos de produção mantendo o custo baixo.

3.3 CONFIABILIDADE E DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS

A disponibilidade é a probabilidade de um sistema, equipamento ou componente realizar a função prevista quando for necessário. É expressa em

percentagem e leva em conta tanto a confiabilidade quanto a manutenibilidade do sistema.

A confiabilidade é concebida em relação à missão específica atribuída a um ativo. Em vez de se concentrar meramente na prevenção de falhas, é um indicador que se concentra em garantir que o equipamento possa cumprir consistentemente sua função designada, durante um período estabelecido e sob condições predeterminadas (Rosales, 2023).

4 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa e caráter exploratório, desenvolvida por meio de um estudo de caso único. A abordagem qualitativa permite compreender em profundidade os fenômenos relacionados à manutenção industrial, conforme defendido por Denzin e Lincoln (2006). A opção pela pesquisa exploratória justifica-se pela busca de novas perspectivas, como apontado por Gil (2019).

A metodologia fundamenta-se no estudo de caso descrito por Yin (2015), aplicado a uma empresa do setor de higiene e beleza localizada no interior de São Paulo, que adota práticas de manutenção corretiva, preventiva e preditiva. Stake (1995) reforça a validade do estudo de caso quando o objeto analisado é representativo e fornece subsídios relevantes para a análise.

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário com perguntas abertas e semiestruturadas, aplicado a um profissional da área de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). Segundo Marconi e Lakatos (2017), esse tipo de instrumento é adequado para captar percepções detalhadas. A análise dos dados foi feita com base na interpretação das respostas obtidas.

Para garantir a confiabilidade dos resultados, adotou-se a triangulação de dados, conforme proposto por Triviños (1987), integrando evidências documentais, percepções dos colaboradores e observações das rotinas operacionais. O objetivo geral do estudo é analisar como os diferentes tipos de manutenção contribuem para a eficiência e continuidade do processo produtivo.

5 ESTUDO DE CASO

O presente estudo possui caráter exploratório-descritivo, com abordagem qualitativa. O instrumento metodológico utilizado foi um questionário estruturado, aplicado a um colaborador da área de manutenção da empresa, visando identificar as práticas aplicadas e os impactos percebidos dos tipos de manutenção, corretiva, preventiva e preditiva, sobre a eficiência e continuidade do processo produtivo.

A empresa analisada é do ramo de higiene e beleza, localizada no interior do estado de São Paulo. Sua estrutura de manutenção é dividida em equipes com atribuições específicas, sendo elas: Linhas, Processo, Civil, Automação, Utilidades e PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). A priorização das atividades de manutenção é feita com base na criticidade dos equipamentos e no índice de priorização da atividade. Foi aplicado um questionário ao colaborador cuja sua função se baseia no cargo de analista no setor PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). O questionário se encontra no apêndice A. A partir das respostas obtidas, foi possível analisar o que é mais importante para a produção e qual a forma mais eficiente a ser realizada em determinados momentos.

Quando ocorre uma falha inesperada que exige um tipo de manutenção

corretiva, os impactos podem ser significativos. Entre os principais efeitos estão a interrupção da produção, o aumento dos custos operacionais, atrasos nas entregas e a insatisfação dos clientes. Dependendo do setor afetado, essas falhas podem comprometer a reputação da empresa e gerar perdas financeiras consideráveis.

A implementação da manutenção preventiva enfrenta alguns desafios. Os principais são os custos iniciais elevados, a resistência dos funcionários à mudança, a falta de dados históricos para prever falhas e a dificuldade de se estabelecer um cronograma eficiente. A cultura organizacional também pode influenciar na aceitação e adesão a esse tipo de manutenção.

No que se refere à tecnologia, a empresa utiliza sistemas CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) e sensores inteligentes para monitorar os equipamentos. Esses recursos auxiliam na previsão de falhas, na otimização do uso de recursos e na redução de desperdícios, tornando a gestão de ativos mais eficiente e orientada por dados.

A manutenção preditiva é aplicada principalmente em máquinas industriais, turbinas, equipamentos elétricos e sistemas considerados críticos. Por meio de sensores e inteligência artificial, são analisados dados em tempo real com o objetivo de identificar padrões e evitar falhas antes que ocorram.

Em relação aos custos, foi observado que a manutenção corretiva tende a ser mais cara no longo prazo, principalmente por envolver reparos emergenciais, tempo de máquina parada e possíveis danos adicionais. Já as manutenções preventiva e preditiva contribuem para a redução de despesas, pois ajudam a evitar falhas graves e aumentam a vida útil dos equipamentos.

A empresa utiliza indicadores de desempenho (KPIs) (*Key Performance Indicators*) para acompanhar a eficácia das práticas de manutenção, entre eles: MTBF (*Mean Time Between Failures*), MTTR (*Mean Time to Repair*), taxa de disponibilidade dos equipamentos e o custo de manutenção como percentual do faturamento. Esses indicadores permitem avaliar a eficiência das estratégias adotadas.

A falta de manutenção preventiva planejada pode causar paradas inesperadas, redução da produtividade, maior desgaste dos equipamentos, aumento dos custos operacionais e até mesmo riscos à segurança. Por isso, o treinamento periódico da equipe de manutenção é considerado essencial. Ele contribui para melhorar a qualidade dos serviços, garantir a execução correta dos procedimentos e aumentar a eficiência na resolução de problemas, além de reduzir falhas humanas e aumentar a segurança dos colaboradores.

Por fim, a empresa realiza o controle e o registro de todas as manutenções executadas. Esse histórico documentado é fundamental para tomadas de decisão baseadas em dados reais, para otimização de estratégias futuras e para a previsão de possíveis falhas. Os principais benefícios da manutenção preventiva e preditiva observados na empresa são: redução de custos, aumento da vida útil dos equipamentos, maior eficiência operacional, diminuição de paradas inesperadas e melhoria na segurança dos colaboradores.

A análise realizada por meio das questões aplicadas à empresa permitiu comprovar que o objetivo principal deste Trabalho foi plenamente alcançado. O objetivo proposto era analisar como os diferentes tipos de manutenção – corretiva, preventiva e preditiva – contribuem para a eficiência e continuidade do processo produtivo.

Ao analisar as respostas obtidas, verificou-se que a empresa estudada possui um setor de manutenção bem estruturado, dividido por especialidades, o que demonstra um nível avançado de organização e gestão de ativos. Além disso, os

critérios adotados para a escolha do tipo de manutenção são baseados na criticidade dos equipamentos e na priorização das atividades, o que reforça a maturidade do sistema de gestão da manutenção.

A aplicação de tecnologias, como sistemas informatizados (CMMS - Gestão de Manutenção Computadorizado) e sensores inteligentes, juntamente com a utilização de indicadores de desempenho como (MTBF Tempo Médio Entre Falhas) (MTTR - Tempo Médio para Reparo) e disponibilidade, confirma a integração de práticas modernas e sistemáticas que caracterizam a Manutenção 4.0, conforme descrito na fundamentação teórica do trabalho.

Foi possível observar também que a empresa tem consciência dos altos custos e dos impactos negativos da manutenção corretiva não planejada, reforçando a importância das ações preventivas e preditivas para minimizar riscos, otimizar recursos e garantir a continuidade operacional. Os desafios enfrentados como resistência à mudança e investimentos iniciais estão de acordo com os apontamentos teóricos apresentados.

Por fim, os benefícios destacados, como redução de custos, aumento da vida útil dos equipamentos, melhoria na produtividade e maior confiabilidade operacional, confirmam a relevância de um plano de manutenção bem estruturado. Portanto, conclui-se que a adoção de práticas de manutenção corretiva, preventiva e preditiva, de maneira planejada e alinhada às necessidades operacionais, contribui significativamente para a eficiência produtiva, validando o objetivo geral desta pesquisa.

As respostas obtidas por meio do questionário aplicado confirmam a relevância da manutenção corretiva, preventiva e preditiva para a eficiência produtiva, conforme discutido ao longo deste trabalho. Observa-se uma coerência entre a prática relatada pelos profissionais da empresa e os conceitos abordados na fundamentação teórica, demonstrando que a aplicação adequada das estratégias de manutenção contribui diretamente para a continuidade das operações e a redução de falhas.

6 CONCLUSÃO

Com a conclusão deste trabalho, foi possível perceber que o objetivo proposto analisar como os diferentes tipos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva contribuem para a eficiência e continuidade do processo produtivo foi plenamente alcançado, tanto sob a perspectiva teórica quanto prática.

A fundamentação teórica apresentou a evolução dos sistemas de produção e a importância crescente da manutenção como pilar estratégico nas organizações industriais. Foi possível compreender como a manutenção corretiva deve ser utilizada com cautela, dada sua natureza reativa e seus custos elevados. Em contrapartida, a manutenção preventiva, ao atuar com planejamento, reduz paradas não programadas. Já a manutenção preditiva, com base em tecnologias como sensores, IoT e inteligência artificial, permite antecipar falhas, reduzindo custos e otimizando a gestão de ativos.

Na prática, o estudo de caso demonstrou que a empresa analisada possui uma estrutura organizada no setor de manutenção, com equipes específicas e decisões fundamentadas na criticidade dos equipamentos e no índice de priorização das atividades. A empresa adota indicadores como MTBF, MTTR e disponibilidade, além de utilizar sistemas informatizados (CMMS) para registrar e analisar as intervenções. Isso demonstra um grau de maturidade compatível com os conceitos abordados na literatura e indica que a empresa está alinhada às práticas modernas da Manutenção

4.0.

O trabalho proporcionou aprendizados relevantes sobre gestão de manutenção, planejamento estratégico, uso de tecnologias digitais e indicadores de desempenho. Constatou-se que a eficiência produtiva está diretamente ligada à escolha adequada do tipo de manutenção e à aplicação de práticas integradas e sistemáticas.

Como proposta para estudos futuros, sugere-se investigar a adoção de manutenção autônoma com participação direta dos operadores, além da análise do impacto da inteligência artificial e machine learning em sistemas de manutenção preditiva. Também seria interessante expandir a pesquisa para empresas de outros setores industriais a fim de comparar diferentes modelos de gestão da manutenção

REFERENCIAS

ABECOM. O que é Manutenção Corretiva? 2021. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/manutencao-corretiva>.

ABRAMAN, C. Indicadores de Manutenção Industrial: Métricas e KPIs. São Paulo: Editora Técnica, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. Computer Networks, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração da Produção e Operações. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DEVEZAS, T. et al. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. São Paulo: Editora Inovação, 2017.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Org.). The Sage Handbook of Qualitative Research. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2005.

ENGEMAN. Indicadores de Manutenção. 2024. Disponível em: <https://blog.engeman.com.br/indicadores-de-manutencao/>. Acesso em: 05 abr. 2025.

GABRIEL, M. Produção Sob Encomenda (MTO): Estratégias e Aplicações. São Paulo: Atlas, 2009.

GARDNER, J. W. Sensores Inteligentes: Princípios e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Técnica, 2010.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GROOVER, M. P. Automação Industrial e Sistemas de Manufatura. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Frankfurt: acatech, 2013.

LEÃO, T. TPM: Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Editora Nomus, 2025.

LEE, J. et al. Sistemas Ciber-Físicos: Fundamentos e Aplicações. Cambridge: MIT Press, 2015.

MANYIKA, J. et al. Big Data: The Next Frontier for Innovation. McKinsey Global Institute, 2011.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

- MARQUES, C. A. Indicadores Estratégicos: Como Medir o Desempenho Organizacional. São Paulo: Atlas, 2014.
- MOBLEY, R. K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2. ed. Nova York: Butterworth-Heinemann, 2002.
- MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PALADINI, E. P. Gestão da Qualidade: Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- PARANHOS FILHO, A. Produção em Massa: Estratégias e Desafios. São Paulo: Editora ABC, 2012.
- PINHEIRO, J. M. Gestão de Manutenção: Indicadores e Métricas. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Quality, 2009.
- RICCE, R. Gestão da Manutenção Industrial: Teoria e Casos Práticos. São Paulo: Editora XYZ, 2024.
- ROSALES, M. Confiabilidade de Ativos Industriais. Belo Horizonte: Editora Industrial, 2023.
- SCHROEDER, R. G. Administração da Produção: Decisões Estratégicas. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 1992.
- SCHWAB, K. A Quarta Revolução Industrial. São Paulo: Edipro, 2016.
- SEBRAE. Planejamento e Controle da Produção (PCP): Guia Prático. Brasília: SEBRAE, 2022.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SMITH, A. Uma Investigação sobre a Natureza e as Causas da Riqueza das Nações. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981 [1776].
- STAKE, R. E. The Art of Case Study Research. Thousand Oaks: Sage, 1995.
- TOTVS. Manutenção Preditiva: O que é e Como Implementar. 2021. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/manutencao-preditiva>. Acesso em: 03 mar. 2025.
- TRACTIAN. Manutenção Produtiva Total (TPM): Guia Completo. 2025. Disponível em: <https://www.tractian.com/blog/tpm>. Acesso em: 03 mar. 2025.
- TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.
- WEG. Indústria 4.0 e Redução de Custos. 2024. Disponível em: <https://www.weg.net>. Acesso em: 08 mar. 2025.
- WILLICH, M. Manutenção Preventiva: Estratégias e Benefícios. 2025.
- YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

1. Como é estruturado o setor de manutenção da empresa e quais são as principais responsabilidades atribuídas a essa equipe?
2. Quais critérios a empresa utiliza para decidir entre realizar uma manutenção corretiva, preventiva ou preditiva em seus equipamentos?
3. Quando ocorre uma falha inesperada, que exige manutenção corretiva, qual o impacto dessa falha nas operações da empresa?
4. Quais são os principais desafios enfrentados na implementação de um plano de manutenção preventiva eficaz em sua empresa?
5. A empresa utiliza algum tipo de tecnologia ou sistema informatizado para monitorar os equipamentos e planejar manutenções? Como isso contribui para a gestão?
6. De que forma a manutenção preditiva é aplicada na empresa? Quais equipamentos ou sistemas se beneficiam mais dessa abordagem?
7. Como os custos de manutenção corretiva se comparam aos custos de manutenção preventiva ou preditiva ao longo do tempo na empresa?
8. Existe algum indicador de desempenho (KPI) utilizado para avaliar a eficiência das atividades de manutenção? Se sim, quais são eles e como são analisados?
9. Quais são as principais consequências para a empresa se a manutenção preventiva não for realizada conforme o planejado?
10. A equipe de manutenção recebe treinamentos periódicos? Como isso impacta a qualidade e a agilidade dos serviços prestados?
11. Como é feito o controle e o registro das manutenções realizadas? Existe algum histórico documentado que ajude na tomada de decisões futuras?
12. Na sua opinião, quais são os maiores benefícios observados pela empresa ao adotar práticas mais planejadas e sistemáticas de manutenção, como a preventiva e a preditiva?