



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
Curso de Engenharia Mecânica

ALEXANDRE FERNANDES GARCÊS SANTOS

**A MANUTENÇÃO COMO FERRAMENTA DE GESTÃO NO  
SETOR INDUSTRIAL**

SÃO LUIS/MA  
2021

ALEXANDRE FERNANDES GARCÊS SANTOS

## **A MANUTENÇÃO COMO FERRAMENTA DE GESTÃO NO SETOR INDUSTRIAL**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Profa. Me. Maria Amália de Castro Trindade

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO ALUNO ALEXANDRE FERNANDES GARCÊS SANTOS E ORIENTADO PELA PROFA. ME. MARIA AMÁLIA DE CASTRO TRINDADE.



.....  
ASSINATURA DA ORIENTADORA

**SÃO LUIS/MA  
2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Santos, Alexandre Fernandes Garcês.  
A manutenção como ferramenta de gestão no setor industrial / Alexandre  
Fernandes Garcês Santos. – São Luís, 2021.

49 f

Monografia (Graduação) – Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do  
Maranhão, 2021.

Orientadora: Profa. Me. Maria Andrade de Castro Trindade.

1.Manutenção. 2.Gestão. 3.Diferencial competitivo. 4.Setor  
industrial. I.Título.

CDU: 658.581:338.45

**Elaborado por Giselle Frazão Tavares- CRB 13/665**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO**

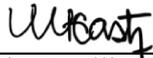
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**A MANUTENÇÃO COMO FERRAMENTA DE GESTÃO NO  
SETOR INDUSTRIAL**

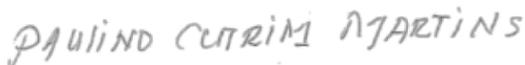
Autor: Alexandre Fernandes Garcês Santos

Orientador: Profa. Me. Maria Amália de Castro Trindade

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:



\_\_\_\_\_  
Profa. Me. Maria Amália Trindade de Castro  
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão



\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Paulino Cutrim Martins  
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão



\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira  
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA, 07 de dezembro de 2021.

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a Deus, minha fortaleza.  
Aos meus pais Raimundo Garcês e Ana Maria,  
razões da minha vida e luta e à minha irmã e  
amiga Adriana Fernandes.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por mais uma etapa vencida em minha vida. Agradeço aos meus pais, Raimundo Garcês pelo conselhos e demonstração de fé no meu potencial. A minha mãe, Ana Maria, inspiração na minha vida, sempre presente em todos os momentos com muito amor e orações. Agradeço a minha irmã, Adriana Fernandes pelo apoio e amizade.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Mecânica, pela significativa contribuição a minha formação profissional, especialmente a minha orientadora Profa. Me. Maria Amália de Castro Trindade pelo apoio e auxílio na construção da monografia.

## **Resumo**

A manutenção é um conjunto de técnicas e ações que buscam manter o equipamento em condições ideais de funcionamento. Este trabalho tem como objetivo apresentar conceitos, características e vantagens da Manutenção, para mostrar que esta, quando bem aplicadas, traz grandes benefícios para gestão do meio industrial, tanto em relação à produtividade, quanto à competitividade dos setores industriais. Através de pesquisa bibliográfica e exploratória expor as principais abordagens e diferentes metodologias de gestão de manutenção, que corroborem com identificação de modelos que aumentam a produtividade do setor industrial, além de mostrar que os benefícios dos planos de manutenção funcionam como diferencial competitivo e como estratégia de gestão para qualquer empresa. Foi possível verificar que a boa escolha de um método de manutenção, vai garantir a produtividade e, portanto, o diferencial competitivo das empresas, tendo em vista sempre os objetivos de otimização de custos, eficácia e disponibilidade de equipamentos. Assim, os objetivos desta pesquisa foram atingidos e, apesar de não existir uma única vertente ou método corretos e ideais para o gerenciamento estratégico do setor de manutenção, há práticas, conceitos e técnicas diversos que, se aplicados de maneira coerente, podem garantir resultados positivos para as empresas.

**Palavras-chave:** Manutenção; Gestão; Diferencial competitivo; Setor Industrial.

## **Abstract**

Maintenance is a set of techniques and actions that seek to keep the equipment in ideal working condition. This work aims to present concepts, characteristics and advantages of Maintenance, to show that it, when properly applied, brings great benefits to the management of the industrial environment, both in terms of productivity and in terms of the competitiveness of industrial sectors. Through bibliographical and exploratory research, expose the main approaches and different methodologies of maintenance management, which corroborate with the identification of models that increase the productivity of the industrial sector, in addition to showing that the benefits of maintenance plans work as a competitive differential and as a strategy for management for any company. It was possible to verify that the good choice of a maintenance method will guarantee productivity and, therefore, the competitive advantage of companies, always bearing in mind the objectives of cost optimization, efficiency and availability of equipment. Thus, the objectives of this research were achieved and, although there is no single correct and ideal strand or method for the strategic management of the maintenance sector, there are several practices, concepts and techniques that, if applied consistently, can guarantee positive results for companies.

**Keywords:** Maintenance; Management; Competitive edge; Industrial Sector.

## Lista de Ilustrações

Figura 2.1 - Etapas da evolução da manutenção .....	17
Figura 2.2 - Sistema de Indicadores de Manutenção .....	19
Figura 2.3 - Principais indicadores de desempenho de manutenção na literatura.....	20
Figura 3.1 - Tipos de manutenção e engenharia de manutenção .....	26
Figura 4.1 - Estrutura de Classificação de falhas .....	30
Figura 4.2 - Evolução da Manutenção Produtiva total.....	32
Figura 4.3 - Pilares da Manutenção Produtiva Total.....	33
Figura 5.1 - Custos versus nível de manutenção .....	36
Figura 5.2 - Lucro versus Disponibilidade.....	37
Figura 6.1 - Esquema de processo de seleção dos materiais-base desta pesquisa .....	39

## Lista de Tabelas

Tabela 7.1- Tabela sinóptico das pesquisas-base utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa .....	40
---	----

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**FMEA** – Failure Mode and Effect Analysis (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)

**FOT** – Forced Outage Time

**JIPE** – Japan Institute of Plant Engineers (Instituto Japonês de Engenheiros de Fábrica)

**MTBF** – Mean Time Between Failures (período médio entre falhas)

**MTTR** – Mean Time To Repair (tempo médio de reparação)

**RCM/MCC** – Reliability Centered Maintenance (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

**RPN** – Risk Priority Number

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

## Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	13
1.1	Objetivos .....	14
1.1.1	Objetivo Geral .....	14
1.1.2	Objetivos específicos .....	14
1.2	Justificativa .....	14
2	CONCEITOS E CONTEXTO HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	16
2.1	Indicadores de Manutenção .....	18
3	TIPOS DE MANUTENÇÃO .....	20
3.1	Manutenção corretiva.....	21
3.2	Manutenção preventiva.....	22
3.3	Manutenção preditiva.....	23
3.4	Manutenção detectiva .....	24
3.5	Engenharia de manutenção .....	25
4	MODELOS DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO.....	27
4.1	Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) .....	27
4.2	Análise de Modos de Falha e seus Efeitos .....	29
4.3	Manutenção Produtiva Total.....	31
4.3.1	Pilares da Manutenção Produtiva Total.....	33
5	MANUTENÇÃO COMO DIFERENCIAL COMPETITIVO .....	35
6	METODOLOGIA .....	38
7	DISCUSSÕES E RESULTADOS .....	40
7.1	Modelos de gestão de manutenção que aumentam a produtividade do setor industrial 40	
7.2	Manutenção como diferencial competitivo no setor industrial. ....	41
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
8.1	Estudos Futuros .....	44
	Referências Bibliográficas .....	45

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção pode ser compreendida como a garantia da disponibilidade das funções dos equipamentos e das instalações que possibilitem o atendimento de um processo de produção e, por conseguinte, de preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequados. Ademais, o termo manutenção reporta à ideia de um conjunto de técnicas, ações e recursos aplicados durante o ciclo de vida de um sistema ou produto, a fim de restaurá-lo e mantê-lo nos parâmetros funcionais de fábrica, de modo que sustente seu efetivo desempenho e, assim, garanta qualidade, disponibilidade, confiabilidade e cumprimento de prazos e de custos das atividades produtivas (KARDEC; NASCIF, 2009).

A gestão industrial passou a usar a ferramenta manutenção, que sofreu grandes transformações ao longo dos anos, e com elas novas e complexas técnicas surgiram. Barros (2016) afirma que à medida que as organizações aumentam, também se aumenta a necessidade de melhor desempenho da produção, e isso leva ao surgimento de novas práticas, processos e ferramentas em relação à manutenção.

Ainda consoante Barros (2016), deve-se entender a ferramenta da manutenção como meio de garantir a disponibilidade da função dos seus ativos, de forma que não se comprometa o processo de produção, a segurança dos envolvidos e do meio ambiente. Quando se relaciona manutenção e gestão, se obtém como resultado confiabilidade, segurança e custos adequados e, conseqüentemente, um processo produtivo com mais estabilidade e fluidez.

A ferramenta manutenção deve ser encarada de forma estratégica, uma vez que dá suporte ao setor de produção, mantendo a continuidade dos processos e retardando a deterioração dos recursos produtivos. Diante disso, uma manutenção eficiente contribui para o aumento da disponibilidade dos equipamentos, maior produtividade, nível de serviço entregue ao cliente mais satisfatório, o que leva a um melhor posicionamento competitivo diante do mercado (SILVA; SEVERINO, 2015).

Com este estudo, se espera contribuir para um melhor entendimento do que vem a ser a ferramenta Manutenção aplicada na gestão industrial. Verifica-se que existem diversas técnicas de manutenção que são classificados de acordo com a sua tipologia e devem ser geridas, de modo a garantir que os objetivos estratégicos da empresa sejam alcançados.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é apresentar conceitos, características e vantagens da Manutenção, para mostrar que esta, quando bem aplicadas, traz grandes benefícios para gestão do meio industrial, tanto em relação à produtividade, quanto à competitividade dos setores industriais.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- i. Realizar um estudo teórico dos conceitos, métodos e elementos do processo de manutenção;
- ii. Identificar modelos de gestão de manutenção que aumentam a produtividade do setor industrial;
- iii. Evidenciar que os planos de manutenção funcionam como diferencial competitivo e como estratégia de gestão para qualquer setor industrial.

## **1.2 Justificativa**

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a manutenção deve estar direcionada para os resultados de qualquer organização, assim, tem que estar associada a uma boa gestão para que se reduza ao máximo as chances de paradas de produção não planejadas, ou seja, a manutenção

quando alinhada a uma boa gestão ultrapassa sua função de somente de instalação e reparo de equipamentos.

Entretanto, a manutenção na maioria das empresas, principalmente nas pequenas, não segue as premissas destes autores, de modo que a falta de uso da ferramenta manutenção, como estratégia de gestão no setor industrial tem como consequências altas taxas de falha e baixa disponibilidade dos equipamentos, que acabam diminuindo a competitividade das empresas.

Nesse contexto, é indispensável que se destine investimentos na teoria e na disseminação dos métodos da manutenção como ferramenta de gestão para que se consiga promover a investigação de soluções para problemas enfrentados no processo produtivo, além ultrapassar o limite do uso de técnica e serviços de manutenção corretiva.

Portanto, é importante comprovar que a manutenção pode ser usada como ferramenta de gestão de modo mais eficiente possível para que se obtenha resultados em termos de produtividade e custos para as empresas que a adotam. Além disso, fica evidenciado que este tema, que está diretamente relacionado com uma das principais linhas de atuação do engenheiro mecânico no ambiente industrial, precisa ser estudado, renovado e disseminado.

## 2 CONCEITOS E CONTEXTO HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

O termo manutenção tem sua origem na palavra militar, cujo sentido era manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante. Voltando-se para a temática desde trabalho, unidades se referem a unidades de produção, e o combate é principalmente econômico. O surgimento do termo manutenção na indústria aconteceu por volta do ano 1950 nos Estados Unidos da América (MONCHY, 1989).

De acordo com Araújo e Santos (2002), se observa a prática de preservação de instrumentos, equipamentos e ferramentas desde as primeiras civilizações, porém somente no século XVI, depois que se inventou as primeiras máquinas têxteis e a vapor, que o termo manutenção foi associado a essa prática, em termos industriais. Wyrebsk (1987) ratifica que a partir da Revolução Industrial no século XVIII, que a manutenção foi associada ao grande avanço tecnológico da indústria, como forma de garantir a continuidade do trabalho, sendo o próprio operador da máquina, o responsável pela sua manutenção, sendo treinado para realizar reparos.

Filho (2008) ressalta que as duas linhas, manutenção e produção, continuaram sendo responsabilidade do operador até a Primeira Guerra Mundial, que foi quando as linhas de montagem de Henry Ford, deram início a procura por sistemas de manutenção mais ágeis e eficazes, predominantemente direcionados para o que hoje se denomina manutenção corretiva. ABRAMAN (2005) indica que até 1914, a ferramenta manutenção tinha uma importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo de operação.

Já segundo Mirshawka e Olmedo (1993, p.3) é comum definir a manutenção como “conjunto de ações que permitam manter ou restabelecer um bem dentro de um estado específico ou como medida para assegurar determinado serviço”. Estando dentro das principais funções da manutenção estão:

- Maximizar a produção (disponibilidade) com menor custo e a mais alta qualidade sem infringir normas de segurança e causar danos ao meio ambiente.
- Otimizar níveis de estoque de peças.
- Estabelecer a logística adequada para aquisição de matérias, peças e serviços.
- Manter registros de manutenção por equipamentos.

- Continuamente identificar e recomendar redução de custos, tais como racionalização de energia, modernização de equipamentos, diminuição de custos próprios.
- Conhecer a matriz de custos da manutenção, bem como custos gerais da empresa, principalmente custos da manutenção parada.

Pinto e Xavier (2002) indicam que a manutenção evoluiu nos últimos 30 anos, passando por três gerações: a primeira, a segunda, a terceira e, mais recentemente, a quarta geração, em que cada uma se destaca por suas características e contribuições. A Figura 1.1 apresenta uma representação esquemática das características dessas gerações.

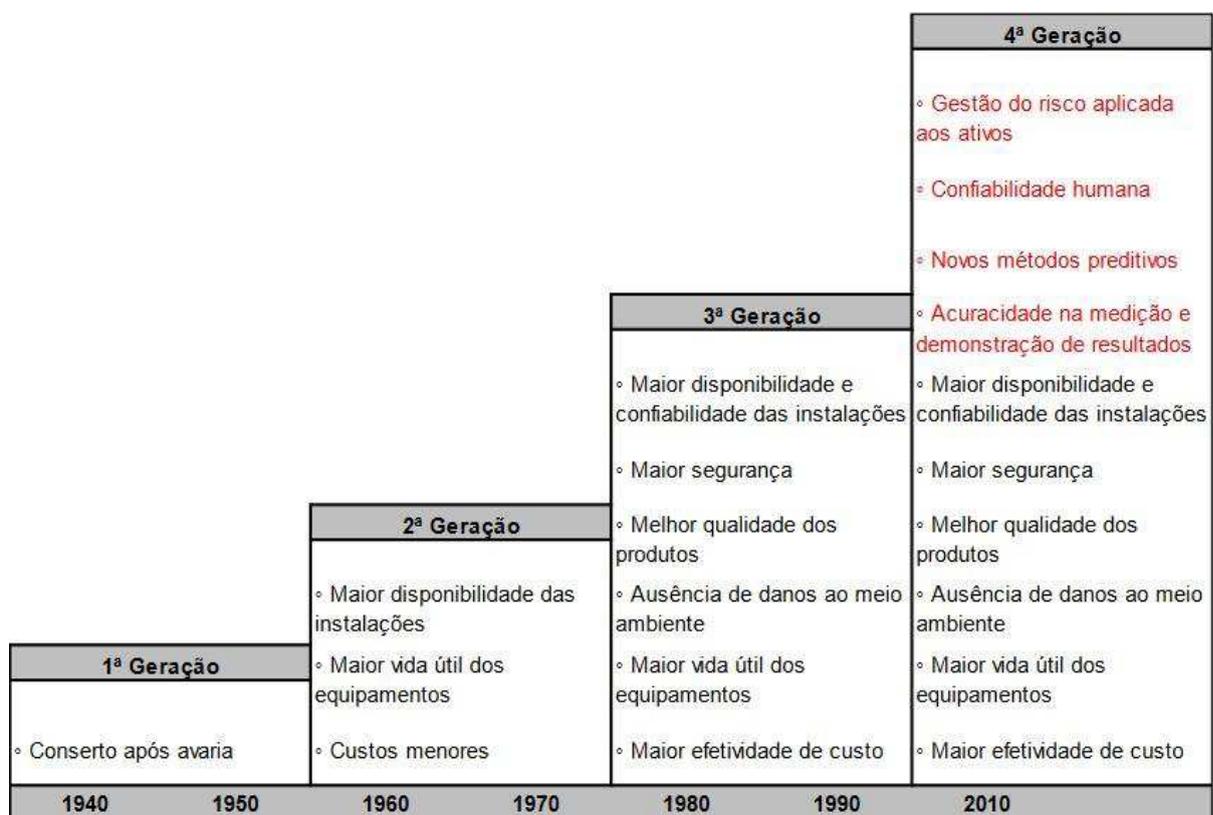


Figura 2.1 - Etapas da evolução da manutenção. (Adaptado de Mortelari, Siqueira e Pizzati, 2011)

A primeira geração engloba o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria ainda era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e superdimensionados. A manutenção era fundamentalmente corretiva não planejada. Enquanto que a segunda geração se deu entre os anos 1950 e 1970, nesse período pós Segunda Grande Guerra, houve grande aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais, além do surgimento do conceito de manutenção preventiva, que nessa época consistia em intervenções nos equipamentos feitas em intervalos fixos (KARDEC; NASCIF, 2009).

A terceira geração começou na década de 70, quando se acelerou o processo de mudança das indústrias. Houve um reforço do conceito e utilização da manutenção preditiva e o desenvolvimento de softwares que permitiram melhor planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. Entra em evidência o conceito de confiabilidade, no Brasil, por exemplo, o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC ou RCM em inglês) tem sua implantação na década de 90. Mas apesar dessa busca numa maior confiabilidade, a falta de interação nas áreas de engenharia, manutenção e operação impedia melhores resultados, logo as taxas de falhas prematuras eram elevadas (KARDEC; NASCIF, 2009). Mais recentemente, se identifica a quarta geração da manutenção, que segue os mesmos preceitos, porém com nuances de complexidade maiores.

## **2.1 Indicadores de Manutenção**

Os indicadores de manutenção são utilizados para que se administre a qualidade da manutenção, porquanto promovem comparação entre os dados da organização com a concorrência, buscando a superação de resultados, por meio de programas de melhoria contínua, e conseqüente aumento da competitividade (OLIVEIRA, 2014). Assim, em um sistema de gestão da manutenção, é imprescindível a disposição de indicadores capazes de guiar de modo estratégico as atividades desenvolvidas.

De acordo com Garcia (2013), os indicadores de manutenção objetivam realizar a avaliação dos níveis de desempenho de um maquinário, ou até mesmo de um processo todo, de modo que se apresente aos mantenedores qual a situação da ação de manutenção, e se caso for necessário, apresentar soluções para cumprimento de metas de funcionamento e disponibilidade de seus equipamentos.

A principal questão é o que mais se discute na medição de desempenho da manutenção é quais os indicadores que um profissional de manutenção deve utilizar para melhorar a eficiência da manutenção, visto que na escolha dos indicadores deve se considerar os objetivos da manutenção e a escolha incorreta dos indicadores pode prejudicar o trabalho final da área de manutenção. Assim, os indicadores devem estar adequados à estratégia organizacional e devem integrar um grupo equilibrado de indicadores adequados, além de simples de serem

compreendidos e utilizados. Na figura 2.2 pode se observar a estrutura esquemática de desenvolvimento dos indicadores de manutenção.

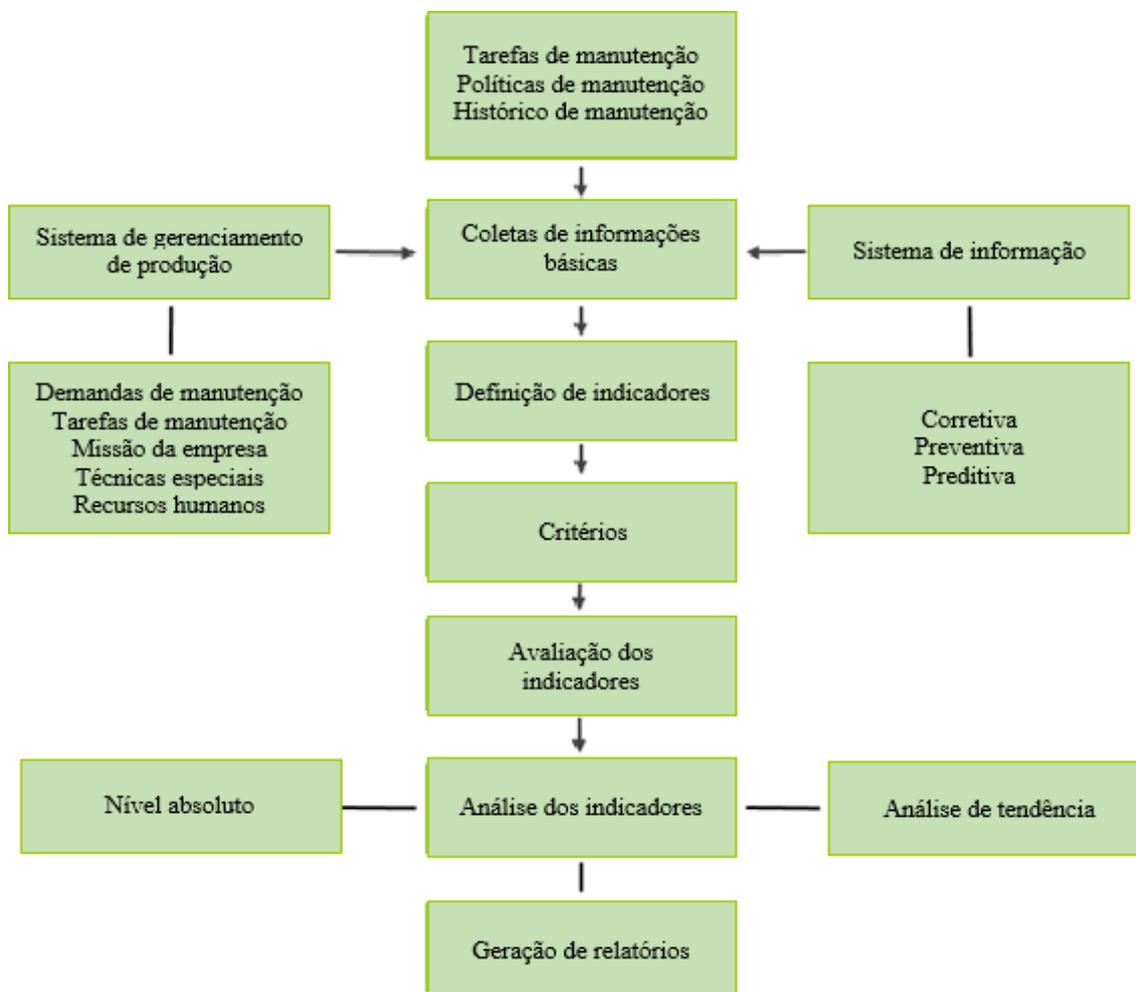


Figura 2.2 - Sistema de Indicadores de Manutenção (Souza Junior, 2020)

Figueiredo (2017) classifica os indicadores em três diferentes categorias: desempenho de máquinas, que inclui o *Mean Time Between Failures* (MTBF) ou período médio entre falhas, o *Mean Time To Repair* (MTTR) ou tempo médio de reparação e o *Downtime*, também conhecido como *Forced Outage Time* (FOT), que é o tempo total de uma paragem devido a uma falha; desempenho de mão de obra, que inclui o Turnover - Rotatividade da mão de obra e o Backlog consiste no tempo que a equipe de manutenção deverá trabalhar para executar os serviços pendentes.

Por outro lado, Kumar et al. (2013), classifica os indicadores em de condução (*leading indicator*) e de acompanhamento (*lagging indicators*). Os primeiros são indicadores de

processos de manutenção e monitoram as tarefas que, quando executadas, “conduzem” aos resultados, como por exemplo, ao fornecer informações sobre a realização do planejamento ou se o trabalho agendado foi concluído no prazo. Já os de acompanhamento monitoram os resultados ou consequências alcançadas, verificando, por exemplo, o número de falhas de equipamentos e o tempo de inatividade. A Figura 2.3 mostra os indicadores próprios de dessas categorias.

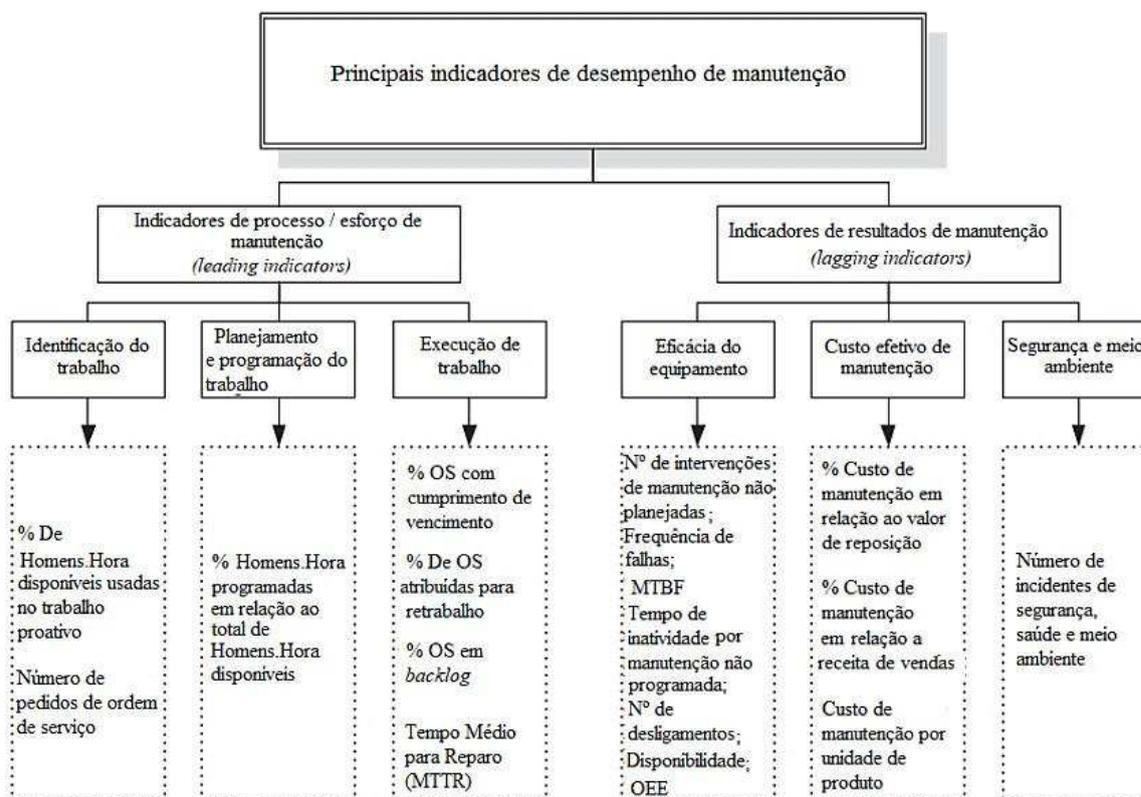


Figura 2.3 - Principais indicadores de desempenho de manutenção na literatura (Adaptado de Kumar et al., 2013)

### 3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção são também classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas, ou seja, são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações (SIQUEIRA, 2005).

Slack, Chambers e Johnston (2009) comentam que cada estratégia de manutenção é recomendada para determinada circunstância. Os autores argumentam que é comum a utilização

de combinações entre as políticas de manutenções em razão das diferentes particularidades dos equipamentos.

As funções básicas que o setor de manutenção deve estabelecer para que haja condições de atender aos seus objetivos são: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva. Entretanto, além dessas funções, mais recentemente são aderidas no departamento de manutenção as funções de manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

### **3.1 Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva é definida de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de 1994 como “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar a função requerida”. Este tipo de manutenção é uma conduta adotada em momento de emergência e por equipes de manutenção que trabalham com a filosofia de “apagar incêndios”.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 625) significa “deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido (...)”. Apesar de esta definição apontar para uma manutenção simplesmente entregue ao acaso, essa abordagem ainda se subdivide em duas categorias: planejada e não-planejada.

Para Almeida (2000, p. 2) “poucas plantas industriais usam uma filosofia verdadeira de gerência por manutenção corretiva. Em quase todos os casos, as plantas industriais realizam tarefas preventivas básicas, como lubrificação e ajustes da máquina, mesmo em um ambiente de manutenção corretiva”. Entretanto, o mais importante é que ao adotar esse tipo de filosofia, as máquinas e equipamentos da planta não são revisados e não passam por grandes reparos até a falha.

Xenos (1998) ressalva que mesmo que a manutenção corretiva tenha sido escolhida por decisão gerencial, não se pode simplesmente se conformar com a ocorrência de falhas como um evento já esperado e natural, é essencial o esforço para identificar precisamente as causas fundamentais das falhas e bloqueá-las, evitando sua reincidência. Sousa (2008) reforça que a opção

de ter a manutenção corretiva como a política de manutenção da empresa pode custar caro. Trocar uma peça apenas quando houver quebra pode causar danos em outros itens e assim aumentar o tempo de indisponibilidade do equipamento (SOUZA, 2008).

### **3.2 Manutenção preventiva**

A manutenção preventiva é realizada com intenção de reduzir ou evitar a quebra ou queda no desempenho do equipamento, de acordo com Souza e Lima (2003) a manutenção preventiva está subdividida em manutenções rotineiras, manutenções baseadas em inspeções de equipamentos (manutenção preditiva) e manutenção baseada em confiabilidade.

Esse método de inspeção é mais caro ao se comparar ao método corretivo, pois as peças têm que ser trocadas e os componentes tem que ser reparados antes de atingir o limite final de vida, porém se torna mais barato futuramente onde a frequência de ocorrências das falhas diminui, a disponibilidade dos maquinários aumenta e também reduz as paradas na linha de produção fazendo esse cenário se reverter positivamente para a empresa (KARDEC; NASCIF, 2009).

É a manutenção feita antes do acontecimento de falhas e quebras. Para Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 645) “(...) Visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de pré planejados”. E para Monchy (1989, p.39), “é a manutenção efetuada com intenção de reduzir probabilidade de falha de um bem ou a degradação e um serviço prestado”.

Ratificando este conceito, Wyrebski (1997), afirma que manutenção preventiva é uma filosofia, uma série de procedimentos, ações, atividades ou diretrizes que podem, ou não, ser adotados para se evitar ou minimizar a necessidade de manutenção corretiva. Adotar a manutenção preventiva significa introduzir o fator qualidade no serviço de manutenção.

Um programa de manutenção preventiva bem implementado traz, segundo Ramirez, Caldas e Santos Jr. (2002), os seguintes benefícios:

- Redução do tempo de inatividade dos equipamentos devido a falha;
- Redução dos custos operacionais;
- Aumento de produtividade;
- Correção de problemas operacionais antes que eles se agravem e se tornem mais difíceis de resolver.

Ainda conforme estes autores, são apontados, no entanto, alguns inconvenientes dos programas de manutenção preventiva:

- Investimento financeiro alto, em recursos materiais e humanos;
- Gerenciamento mais complicado em relação a manutenção corretiva;
- Os equipamentos ficam fora de uso, durante os procedimentos de manutenção.

Segundo Ahmadi e Fouladirad (2017), as manutenções preventivas precisam seguir ações sistêmicas que garantam a partida da máquina, e ainda influenciem no maior tempo de disponibilidade da máquina, evitando ao máximo possíveis intervenções no mesmo equipamento.

### **3.3 Manutenção preditiva**

Takahashi e Osada (1993) conceituam manutenção preditiva como sendo “uma filosofia que evita a tendência à supermanutenção (por exemplo, a manutenção e os reparos excessivos) a que estão propensos os enfoques convencionais de manutenção preditiva”. Também é uma filosofia de promoção de atividades econômicas de MP com base principalmente em uma pesquisa de engenharia sobre os ciclos de manutenção otimizados.

A manutenção preditiva é um programa de manutenção preventiva acionado por condições. Ao invés de se fundar em estatística de vida média na planta industrial, por exemplo, tempo médio para falhar, para programar atividades de manutenção, a manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições mecânicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada

máquina e sistema na planta industrial. Na melhor das hipóteses, os métodos tradicionais acionados por tempo garantem uma guia para intervalos normais de vida da máquina (ALMEIDA, 2000).

Kardec e Nasfic (2009), consideram que a manutenção preditiva, uma vez decidida, passa a ser uma manutenção corretiva planejada e que as condições básicas para as implementar são:

- Possibilidade de monitoramento e medição do equipamento ou sistema;
- Viabilidade de custos;
- Possibilidade de monitoramento de falhas e acompanhamento de sua progressão;
- Estabelecimento de programa sistematizado de acompanhamento, análise e diagnóstico.

Ainda segundo estes autores, a adoção da política de manutenção preventiva deve passar pela análise dos seguintes fatores:

- Segurança pessoal e operacional;
- Redução de custos, diminuindo as intervenções desnecessárias;
- Tempo máximo em que os equipamentos permanecem em operação, com segurança.

Outra condição considerada fundamental para a aplicação de manutenção preditiva é a qualificação da mão de obra responsável pela análise e diagnóstico, para que as ações de intervenção tenham qualidade equivalente aos dados registrados (KARDEC; NASFIC, 2009).

### **3.4 Manutenção detectiva**

O termo manutenção detectiva vem da palavra “detectar” e começou a ser referenciado a partir da década de 90. O objetivo da prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, haja vista, é caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas e não perceptíveis ao pessoal da operação (SOUZA, 2008).

FERREIRA (2009, p. 23) cita um exemplo de aplicação da manutenção detectiva, de maneira a aumentar a confiabilidade do processo:

Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade.

Logo, a manutenção detectiva é especialmente importante quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falhas (COSTA, 2013).

### **3.5 Engenharia de manutenção**

A engenharia de manutenção é uma nova concepção que constitui a quebra de paradigma na manutenção. Praticar engenharia de manutenção é deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao projeto, interferir tecnicamente nas compras. Ainda mais: aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção de primeiro mundo (ARAÚJO; SANTOS, 2002).

A aplicação da engenharia de manutenção implica na análise e proposta de melhorias utilizando os dados que o sistema de preditiva colhe e armazena, ou seja, a engenharia de manutenção utiliza dados adquiridos pela manutenção, com o objetivo de melhoria contínua. Para tanto, visa aumentar a confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar a capacitação pessoal e gerir materiais e sobressalentes; dar suporte à execução e fazer análise de falhas; elaborar planos de manutenção, acompanhar indicadores e zelar pela documentação técnica (KARDEC; NASCIF, 2009).

A Figura 3.1 apresenta as diferenças dos diversos tipos de manutenção, e como a engenharia de manutenção se posiciona nesse cenário.

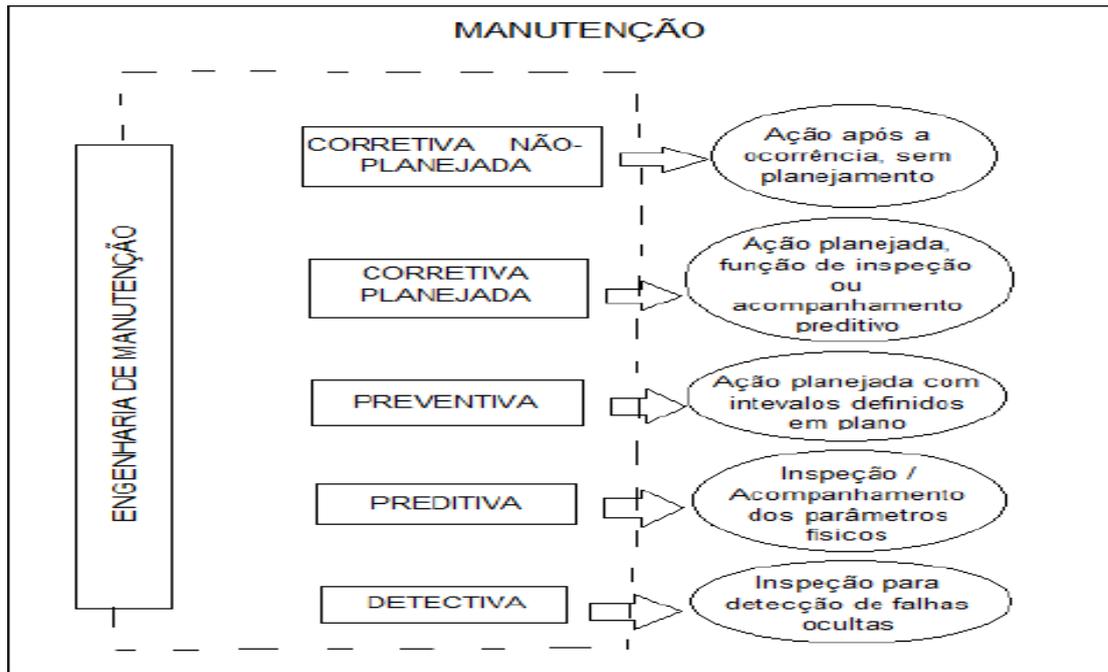


Figura 3.1 - Tipos de manutenção e engenharia de manutenção (Freitas, 2016).

A engenharia de manutenção possui uma grande importância, como fator de desenvolvimento técnico-organizacional da Manutenção Industrial. Esta área tem como objetivo o de promover o progresso tecnológico da Manutenção, através da aplicação de conhecimentos científicos e empíricos na solução de dificuldades encontradas nos processos e equipamentos, perseguindo a melhoria da manutenibilidade da maquinaria, maior produtividade, e a eliminação de riscos em segurança do trabalho e de danos ao meio ambiente (VIANA, 2012).

## 4 MODELOS DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO

Para auxiliar a administração da manutenção diversas metodologias são utilizadas visando a eficiência na sua gestão. Nesse âmbito, a seguir serão apresentadas algumas dessas principais metodologias que existem no ambiente industrial atual, tais como *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ou Manutenção Centrada na Confiabilidade e *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ou Análise de Modos de Falha e seus Efeitos, além do *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total. Segundo Lucatelli, 2002, “a MCC possui características de pertinência – determina o que deve ser feito e porque deve ser feito”, enquanto a TPM “tem características de logística – determinando como deve ser feito”.

### 4.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)

A MCC é um método utilizado para fazer o balanceamento entre a manutenção preventiva e a manutenção corretiva, através da escolha de atividades de manutenção preventiva adequadas para o equipamento certo e no tempo certo, visando a solução com o melhor custo-benefício. Segundo Al-Turki et al. (2014), os princípios primários no qual a MCC se baseia são os seguintes:

- Função orientada: procura preservar a função do equipamento ou sistema.
- Foco no grupo de dispositivos: busca a manutenção da funcionalidade geral de um grupo de dispositivos em vez de um dispositivo individual.
- Centrada na confiabilidade: utiliza estatísticas de falha de forma a relacionar as falhas com o tempo de uso do equipamento. O RCM não se preocupa muito com taxa de falhas simples; procura identificar as probabilidades de falha em idades específicas.
- Reconhece as limitações de design. O seu objetivo é manter a confiabilidade inerente do design do equipamento, reconhecendo que mudanças na confiabilidade são atividades de projeto ao invés da manutenção. A manutenção só pode alcançar e manter o nível previsto pelo design.
- Impulsionada pela segurança e economia: a segurança deve ser garantida a qualquer custo; depois disso, o custo-benefício torna-se o critério.
- Define o fracasso como qualquer condição insatisfatória: a falha pode ser tanto uma perda de função (operação cessa) ou uma perda de qualidade aceitável (operação contínua).
- Utiliza uma árvore lógica para mostrar as tarefas de manutenção: fornece uma abordagem consistente para a manutenção de todos os tipos de equipamentos.
- As tarefas devem ser aplicáveis: as tarefas devem identificar o modo de falha e considerar as características do modo de falha.

- As tarefas devem ser eficazes: as tarefas devem reduzir a probabilidade de falha e ser rentável.
- Reconhece dois tipos de tarefas de manutenção: tarefas proativas e reativas (funcionar até falhar). As tarefas proativas são baseadas em intervalos (tempo ou ciclo) ou baseadas na condição. Na RCM, “funcionar até falhar” é uma decisão consciente e é aceitável para alguns equipamentos.
- Um sistema vivo: reúne dados a partir dos resultados obtidos e alimenta esses dados de volta para melhorar a manutenção futura. Esse feedback é uma parte importante do elemento de manutenção proativa do programa RCM.

O principal objetivo da MCC é o de reduzir os custos de manutenção, focando nas mais importantes funções do sistema, e evitando ou removendo ações de manutenção desnecessárias. Se já existir um programa de manutenção, o resultado de uma análise MCC será de eliminar tarefas de manutenção preventiva ineficientes. Ainda segundo Al-Turki et al. (2014), a implementação com sucesso da MCC resulta nos seguintes benefícios:

- Aumento da confiabilidade levando a menos falhas de equipamentos e, portanto, maior disponibilidade e menores custos de manutenção.
- Redução no custo total de manutenção com a prevenção de falhas e a substituição de tarefas de manutenção preventiva por monitoramentos da condição do equipamento.
- Aumento da eficiência e produtividade como resultado da abordagem RCM para a manutenção que garante que o tipo adequado de manutenção é executado em equipamentos conforme o necessário.
- Reduz os custos de vida útil incluindo a fase de aquisição e a fase de operação com base na ideia de que as decisões tomadas com antecedência no ciclo de aquisição afetam profundamente o custo de ciclo de vida. Poupança de 30-50% nas operações manuais e os custos de manutenção são frequentemente obtidos através da implementação de um programa RCM equilibrado.
- Aprimora a manutenção sustentável através do planejamento da RCM que envolve decisões tomadas em todas as fases do ciclo de vida do equipamento.

A metodologia MCC, também conforme Siqueira (2005), adota uma sequência estruturada de implantação, composta de sete etapas, a saber:

- Seleção do Sistema e Coleta de Informações;
- Análise de Modos de Falha e Efeitos;
- Seleção de Funções Significantes;
- Seleção de Atividades Aplicáveis;
- Avaliação da Efetividade das Atividades;
- Seleção das atividades Aplicáveis e Efetivas;
- Definição da Periodicidade das Atividades.

Na etapa de Análise de Modos de Falha e Efeitos são identificadas e documentadas todas as funções e seus modos de falha, assim como os efeitos adversos produzidos por elas, utilizando a metodologia FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

Martín (2017) induz que as principais vantagens da MCC são a permissão para definir um programa de manutenção mais eficiente; baixo custo, pois elimina intervenções de manutenção ou revisões desnecessárias; a frequência mínima de revisões; probabilidade reduzida de falhas súbitas de equipamentos; capacidade de focar as atividades de manutenção nos componentes críticos; maior confiabilidade dos componentes; e a análise da causa raiz. Em contrapartida, pode ter custo inicial significativo, de treinamento, e de uso equipamento, etc, e, por conta disso, potencial de economia não facilmente visto pela administração.

#### **4.2 Análise de Modos de Falha e seus Efeitos**

A análise de modos de falha é um método de manutenção amplamente usado no setor industrial para identificar e tratar falhas potenciais, problemas, e erros de sistemas em fase de desenvolvimento antes de seu lançamento (KMENTA, ISHII, 2000). As causas das falhas são denominadas causas raízes, e são classificadas sob vários aspectos, conforme Figura 4.1.

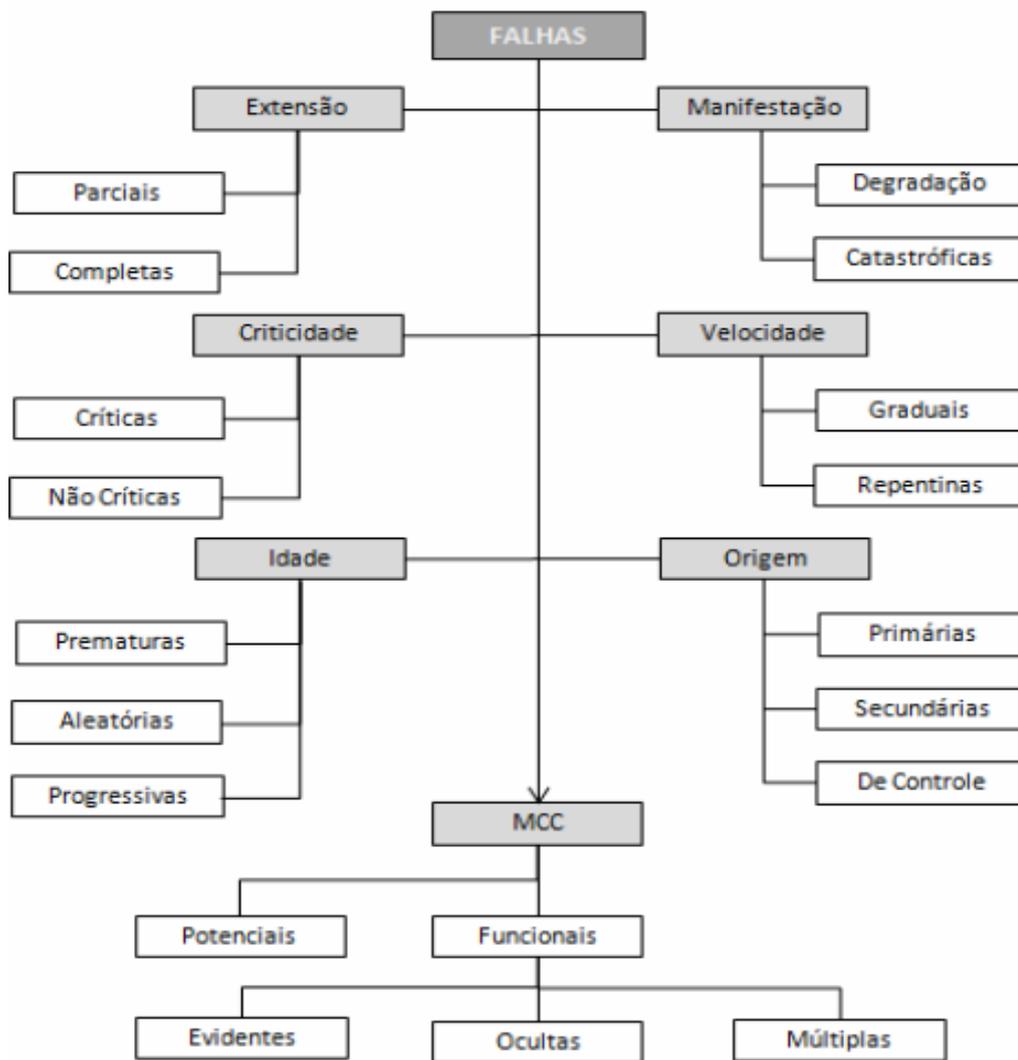


Figura 4.1 - Estrutura de Classificação de falhas (Siqueira, 2005)

A metodologia FMEA atribui um valor numérico a cada risco associado que causa uma falha usando Severidade, Ocorrência e Detecção como variáveis medidas. Então, conforme o risco aumenta, os valores crescem na classificação. Estes são combinados em um número de risco prioritário (*Risk Priority Number - RPN*), que pode ser utilizado para analisar o sistema.

Gravidade refere-se à magnitude do efeito causado por uma falha do sistema, quanto mais grave é a consequência, maior será o valor de severidade atribuído ao efeito. Ocorrência refere-se à frequência com que uma das causas acontece, descrita de forma qualitativa, não sendo na forma de um período de tempo, mas sim em termos tais como remoto ou casual. Detecção refere-se à probabilidade de detectar a causa raiz antes que uma falha possa ocorrer (ARABIAN-HOSEYNABADI, ORAEE, TAVNER, 2010). Este método ajuda a focar os

recursos nas falhas mais graves, através da identificação, avaliação e priorização. Assim, a equipe FMEA procura reduzir a frequência e a severidade dessas falhas.

### **4.3 Manutenção Produtiva Total**

A TPM é encarada, por muitos autores, como uma filosofia de gestão empresarial focada na disponibilidade total do equipamento para a produção. Conforme os apontamentos de Souza (2008), a Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial. As empresas Japonesas, até então famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição causada pela guerra, buscaram, na excelência da qualidade, uma alternativa para reverter o quadro na qual se encontravam. Com isso, os primeiros registros de implementação de TPM pertencem à empresa Nippon Denso, pertencente ao grupo Toyota. No Brasil, essa filosofia começou a ser praticada em 1986.

Para Maia Junior. (2002), a TPM significa participação dos operadores nos esforços de manutenção preventiva e corretiva, criando-se uma mentalidade de autogerenciamento do seu local de trabalho.

O Instituto Japonês de Engenheiros de Fábrica (JIPE – *Japan Institute of Plant Engineers*) definiu a TPM em três principais objetivos: (i) maximizar a eficiência dos equipamentos; (ii) o envolvimento e participação de todos na organização, desde os operários até os níveis mais altos; e (iii) promover a manutenção preventiva, motivando toda organização através de pequenos grupos autônomos (KODALI, CHANDRA, 2001).

Kardec e Nascif (2009) acreditam que a TPM deriva da manutenção preventiva, sendo resultado da sua evolução. Vários fatores econômicos sociais ocorridos na década de 1970 obrigaram as empresas, para se tornarem mais competitivas, a eliminar desperdícios, buscar o melhor desempenho dos equipamentos, reduzir interrupções e paradas dos equipamentos, redefinir o perfil de conhecimentos e habilidades dos empregados e mudar sistemáticas de trabalho. A Figura 4.2 apresenta um quadro esquemático da evolução da TPM.

<b>Evolução</b>				
<b>Década</b>	1970	1980	1990	2000
<b>Estratégia</b>	Máxima Eficiência dos Equipamentos		Produção TPM	Gestão TPM
<b>Foco</b>	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema Geral da Companhia
<b>Perdas</b>	Perda por Falha	6 Perdas Principais Assim Divididas nos Equipamentos	16 Perdas Assim Divididas: Equipamentos, Fatores Humanos, Recursos na Produção	20 Perdas Assim Divididas: Processos, Inventário, Distribuição, Compras

Figura 4.2 - Evolução da Manutenção Produtiva total (Souza, 2008)

A TPM, segundo Rodrigues (2004) é um programa com o objetivo de maximizar a eficiência com participação direta dos operários na manutenção dos equipamentos. A maximização da eficiência deve ser alcançada com o intuito de evitar as seis grandes perdas responsáveis pela redução do rendimento global dos equipamentos.

Nakajima (1989) *apud* Souza (2004, p. 35), explanou cada uma dessas perdas:

- Perda por parada acidental: divididas em perda total da capacidade, quando a máquina quebra e não opera mais, e perda parcial de capacidade, quando o desgaste das máquinas começa a reduzir as condições originais do equipamento.
- Perda por parada durante a mudança de linha: surge sempre que há uma mudança de produto na linha. São as perdas originadas quando um equipamento é utilizado para produzir vários produtos e, a cada mudança de produtos, necessitar de regulagens e ajustes.
- Perda por operação em vazio ou por pequenas paradas: são as paradas momentâneas resultantes de um problema qualquer que não constitui quebras. São as interrupções devido aos controles existentes nas máquinas e que bloqueiam seu funcionamento. Normalmente, com a intervenção do operador, basta dar início ao ciclo e o equipamento volta a operar normalmente.
- Perda por queda de velocidade: se dá quando ocorre a queda da velocidade normal de trabalho ocasionada por problemas mecânicos, problemas relativos à qualidade ou a outros fatores que obrigam a produzir com velocidade reduzida.
- Perda por defeito no processo: Compreende todas as operações relativas a retrabalhos ou mesmo à eliminação de produtos defeituosos gerados durante o processo de fabricação.
- Perda por defeito no início da produção: também denominada de perda para entrada em regime de produção. Pode ser considerado como o tempo gasto para que a produção inicie o processo normal e pode ser ocasionado pela instabilidade da própria operação, por ferramentas inadequadas, falta de manutenção, problemas de domínio técnico do operador ou falta de matérias-primas.

#### 4.3.1 Pilares da Manutenção Produtiva Total

Cada organização possui suas características individuais, porém, os pilares de sustentação são princípios que, quando respeitados, possibilitam o funcionamento pleno desta filosofia nos diversos ambientes. Dessa forma, conforme Lizzote (1999), a Manutenção Produtiva Total é dividida em 8 Pilares de sustentação, que serão apresentados na Figura 2.4.

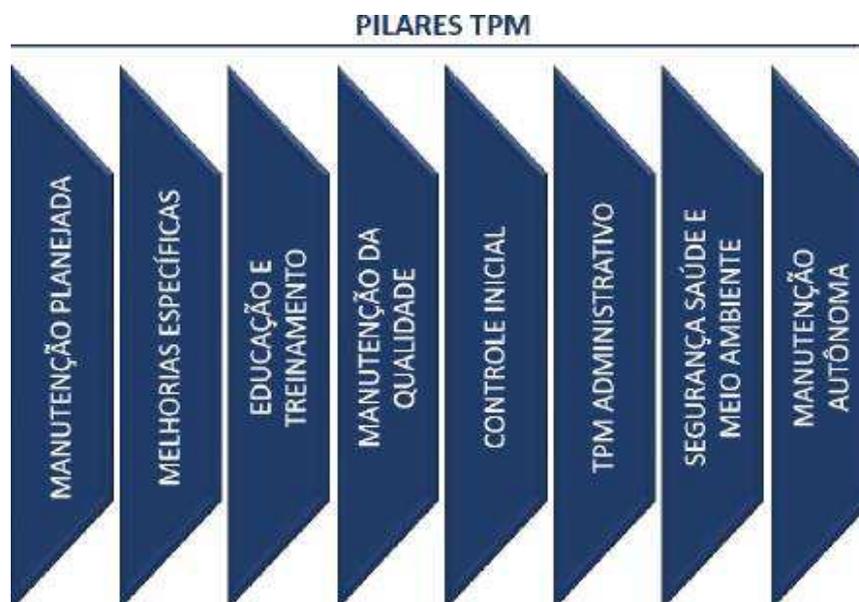


Figura 4.3 - Pilares da Manutenção Produtiva Total (Rodrigues, 2017)

Conforme Freitas (2002) e Moraes (2004), estes 8 pilares possuem objetivos próprios, segundo é mostrado a seguir:

- i. **Manutenção planejada:** Este pilar trata da gestão e das rotinas de manutenção preventiva planejadas. Tem por objetivo a melhoria contínua da disponibilidade, a confiabilidade e a redução de custos.
- ii. **Melhoras específicas:** Refere-se à Manutenção Corretiva de Melhorias para em perdas crônicas relacionadas às máquinas. Tem como objetivo conhecer e eliminar perdas de todo o processo produtivo através de técnicas analítica.

- iii. **Educação e treinamento:** Refere-se à aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para desenvolvimento das equipes, principalmente nos quesitos liderança, flexibilidade e autonomia.
- iv. **Manutenção da qualidade:** Refere-se à interação existente entre qualidade dos produtos e capacidade de atendimento à demanda e confiabilidade dos equipamentos e da manutenção, de modo a garantir zero defeito de qualidade, mantendo condições ideais de materiais, equipamentos, métodos e pessoas.
- v. **Controle inicial:** Todos os históricos anteriores de equipamentos e seus similares são analisados quando do projeto de um novo equipamento, a fim de que se construam equipamentos mais adequados aos índices de confiabilidade desejados.
- vi. **TPM administrativo:** Baseia-se em organizar e eliminar desperdícios nas rotinas administrativas, evitando que as mesmas interfiram na eficiência dentro do chão-de-fábrica.
- vii. **Segurança, saúde e meio ambiente:** Tem foco na melhoria contínua das condições citadas, reduzindo os riscos acerca de falhas, ou seja, busca de zero acidentes, com danos pessoais, materiais e ambientais, através de equipamentos confiáveis, prevenção do erro humano e processos e equipamentos que não agridam o meio ambiente.
- viii. **Manutenção autônoma:** Detectar e lidar prontamente com as anormalidades observadas nos equipamentos, de forma a manter condições ideais de funcionamento, baseadas na vontade do operador de cuidar e manter seus instrumentos de trabalho em boas condições de uso. Além de basear-se também no espírito de trabalho em equipe para melhoria contínua das rotinas de manutenção e produção;

O objetivo principal dessas ações é o aumento da eficiência dos equipamentos, com redução de custos operacionais. A atuação não se dá apenas no reparo, mas também junto ao operador e na gestão do equipamento, visando eliminar todas as perdas (LUCATELLI, 2002).

## 5 MANUTENÇÃO COMO DIFERENCIAL COMPETITIVO

O mercado cada vez mais competitivo impõe novas filosofias de gestão na busca da redução de seus custos de produção, com vistas na melhoria ou aumento da competitividade, pois somente produzir não é o bastante, se faz necessário garantir qualidade, preço competitivo e prazo de entrega. Uma das variáveis que mais reduz custos de produções está relacionada a métodos que minimizam perdas durante o processo de produção, ocasionadas pelas falhas/quebras das máquinas e equipamentos, ou seja, métodos de gestão de manutenção. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

A utilização da manutenção, como função diferencial competitivo e estratégico das organizações é considerada responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tendo importância capital nos resultados da empresa, sendo que seus resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão da manutenção (OTANI; MACHADO, 2008). No caso brasileiro, segundo dados estatísticos da Abramam (2003), o custo de manutenção por faturamento bruto é de 4,3% do PIB (Produto Interno Bruto) contra a média mundial de 4,1%. Logo esta realidade mostra que as organizações devem procurar os processos de melhorias contínua na gestão da manutenção, buscando conhecimentos inovadores e aplicação das melhores práticas da manutenção (OTANI; MACHADO, 2008).

Costa (2013) enfatiza que, mais importante do que restringir a política de manutenção a uma abordagem ou outra, é necessário utilizar uma metodologia adequada de gestão do sistema de manutenção, pois desta forma a manutenção deixará de ser um gasto adicional para a empresa e poderá ser encarada como diferencial competitivo e estratégico para redução dos custos totais de produção.

Chiu e Huang (1996) estudaram a relação existente entre custo de manutenção, custo da indisponibilidade e produtividade, que indicam que para que ocorra uma melhor relação custo-benefício, a manutenção é tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrole do processo produtivo pela falta de manutenção. Isto pode ser observada na Figura 5.1, que ilustra a relação entre o custo com manutenção preventiva e o custo de

falhas. Entre os custos decorrentes da falha estão basicamente, as peças e a mão de obra necessária à reparação e, principalmente, o custo da indisponibilidade do equipamento.

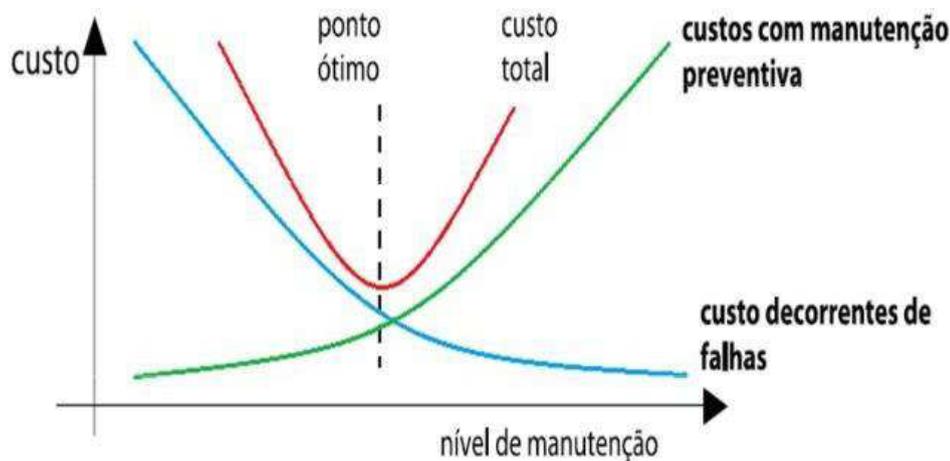


Figura 5.1 - Custos versus nível de manutenção (Adaptado de Mirshawa; Olmedo, 1993)

A partir da Figura 5.1 se pode observar que investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas e, em consequência, diminuem o custo total da manutenção, que corresponde à soma dos custos de manutenção preventiva com os custos de falha. O gráfico mostra também que, a partir do ponto ótimo, investimento sem manutenção preventiva trazem poucos benefícios para a redução dos custos da falha e acabam elevando o custo total. Para completar este fato, Murty & Naikan (1995) apresentam um modelo para o cálculo do ponto ótimo da disponibilidade em função do lucro e do custo da manutenção, que se mostra na Figura 5.2.

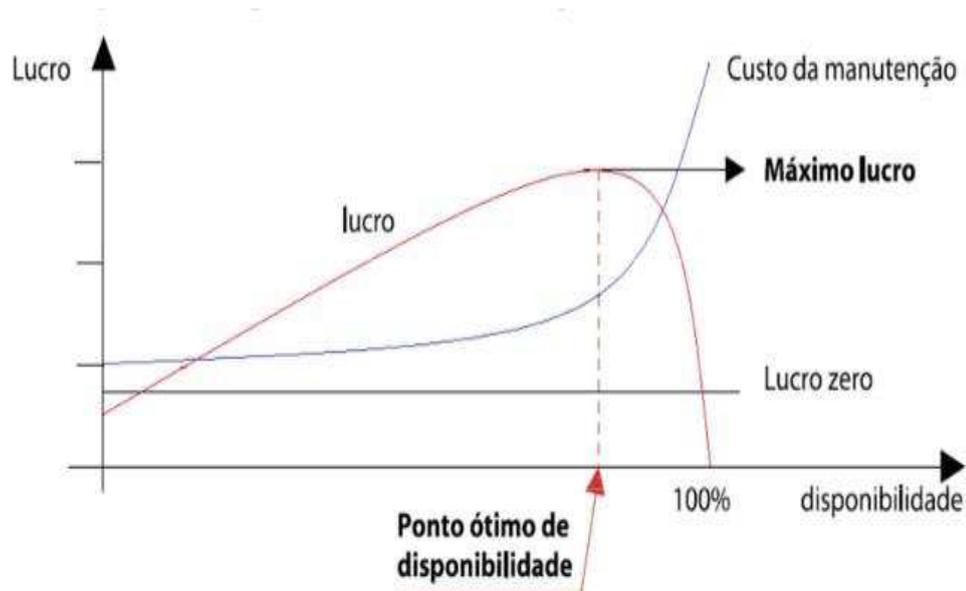


Figura 5.2 - Lucro versus Disponibilidade (Adaptado de Murty, Naikan,1995)

A Figura 5.2 mostra que a busca por falha zero, ou seja, disponibilidade total, requer gastos cada vez maiores em manutenção e que esses gastos podem diminuir o lucro nas operações, de forma que se faz necessário encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporcione um nível de disponibilidade capaz de gerar máximo lucro à operação. Para Cabrita (2002), a manutenção deve garantir a produtividade e proporcionar o lucro dos negócios da empresa com o menor custo possível, ou seja, deve ser operada em ponto ótimo de disponibilidade para que seja considerada um diferencial competitivo.

## 6 METODOLOGIA

Este trabalho é de natureza básica e utiliza uma abordagem de pesquisa exploratória, tendo em vista que, segundo VERGARA (2005), compõe-se pela busca de conhecimentos sobre a manutenção como ferramenta de gestão industrial através de pesquisa, observação, análise, classificação e interpretação de dados coletados. É ainda descritiva por buscar meios de prescrever uma abordagem através da junção de melhores práticas de manutenção. A pesquisa tem, ainda, caráter qualitativo por se tratar do estudo da gestão da manutenção industrial, sendo ainda bibliográfica e documental.

O estudo foi realizado através de uma revisão sistemática e integrativa da literatura para encontrar publicações que subsidiem a temática. Assim, a pesquisa busca responder às seguintes perguntas: quais principais elementos e métodos do processo de manutenção? Quais modelos de gestão de manutenção estão mais associados ao aumento de produtividade da indústria? De que forma a ferramenta manutenção atua como estratégia de gestão para qualquer setor industrial?

Inicialmente, os materiais incluídos nas referências bibliográficas foram aqueles publicados em artigos, periódicos, TCCs, dissertações e teses disponibilizados na íntegra nas bases de dados e em ferramentas de busca como o Google Acadêmico, o Scientific Electronic Library Online (Scielo), Science Direct e outros, sem delimitação de data de publicação.

O estudo foi desenvolvido através das seguintes etapas de seleção: delimitação do conteúdo a ser pesquisado, levantamento de dados, objetivos conforme a temática de pesquisa e aspectos metodológicos. Assim, a busca sobre a manutenção como ferramenta de gestão industrial, preliminarmente será feita com as seguintes palavras chaves: Manutenção industrial; Gestão industrial; Produtividade; e diferencial estratégico.

A princípio, foi realizada uma leitura seletiva para eleger os materiais correspondentes aos objetivos do trabalho e posteriormente uma leitura crítica, na qual foi feita uma análise aprofundada dos aspectos mais relevantes do levantamento literário anterior, com o fim de apresentar os principais conceitos relativos ao tema de manutenção, pertinentes ao estudo.

Posteriormente, foi feito o estudo da manutenção de maneira técnica, conhecendo as aplicações, vantagens e desvantagens, e como estruturar e gerir os tipos de manutenção no ambiente industrial.

A seleção do material bibliográfico foi executada conforme o tema proposto e por meio de busca eletrônica, de sorte que foram incluídos materiais publicados, principalmente, entre os anos de 2000 e 2021, disponíveis na íntegra, dentro de todas as áreas de interesse da engenharia, gestão industrial e todos os tipos de manutenção; publicados em português, inglês e espanhol. A Figura 6.1 mostra como se chegou à seleção final do material que foi lido crítica e integralmente para o fim de compor os resultados desta pesquisa.

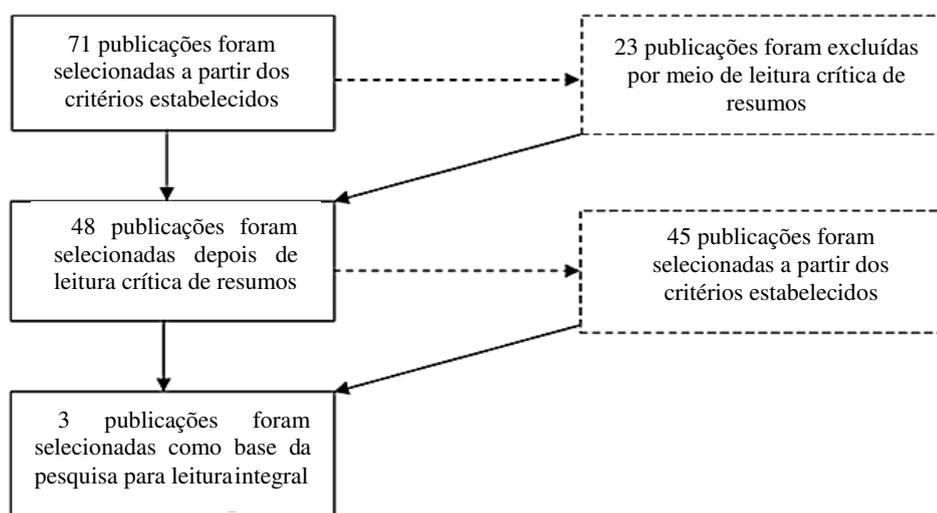


Figura 6.1 - Esquema de processo de seleção dos materiais-base desta pesquisa

A leitura de títulos e resumos foi feita a fim de fazer uma seleção sistematizada do material. Esta seleção foi processada por meio de categorização, de forma que foram excluídos os estudos que não correspondiam ao objetivo da presente pesquisa e excluindo-se publicações do tipo de editoriais, resumos de anais, publicações que não se enquadraram ou se aproximavam ao recorte temporal estabelecido e estudos que não respondiam as perguntas da pesquisa estabelecida inicialmente.

## 7 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Na Tabela 7.1 estão apresentadas as publicações-base deste trabalho, ou seja, as principais obras utilizadas para fundamentação, de forma que se pode visualizar um esquema sinóptico, com autor e data de publicação, título do estudo, que foram utilizadas para fundamentação para sintetização e comparação das informações das bibliografias selecionadas.

Tabela 7.1- Tabela sinóptica das pesquisas-base utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa

<b>PUBLICAÇÃO-BASE</b>	<b>AUTOR</b>	<b>ANO</b>
Manutenção: função estratégica	Kardec e Nasfic	2009
Análise da performance e controle da manutenção utilizando a metodologia TPM	Souza Junior	2020
Maintenance in Manufacturing Environment: An Overview	Al-Turki et al	2014

Fonte: O autor (2021)

Dá-se ênfase que todas as publicações foram devidamente referenciadas e que ao final da categorização foram selecionadas publicações-base, nas quais se realizou a leitura na íntegra para posterior discussão, mas que também foram utilizadas outras referências de apoio ao estudo e que não são consideradas menos importantes.

### 7.1 Modelos de gestão de manutenção que aumentam a produtividade do setor industrial

Com a evolução dos conceitos e métodos de manutenção, tornou-se mais eficiente compondo um diferencial para a competitividade das empresas ao buscar a continuidade do processo produtivo. Assim, ao realizar este estudo, não foi possível encontrar um único padrão de gerenciamento estratégico da função manutenção, mas diferentes e relacionados. Entretanto neste contexto, ficou claro na pesquisa um domínio das práticas preventivas de manutenção, principalmente, relacionada com as técnicas que envolvem Manutenção Preventiva e Engenharia de Manutenção.

Percebeu-se que os indicadores de manutenção são fontes e bases de dados para qualquer setor na indústria se nortear em relação a processos de manutenção. Além disso, os indicadores de manutenção são importantes para comparações do equipamento antes e depois da implantação do plano de manutenção preventiva, verificando se houve melhoras ou se continua da mesma maneira em relação a taxas de falhas, tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo e principalmente; a disponibilidade.

Entre as principais estratégias e plano de ação para melhoria da disponibilidade e dos demais indicadores estão a implementação de um sistema eficiente de planejamento e controle da manutenção, obter peças e sobressalentes de melhor qualidade ou produtos originais dos fornecedores, ter uma equipe de manutenção qualificada, treinada e com conhecimento nos maquinários e ter os principais sobressalentes disponíveis em estoques, a fim de realizar manutenções mais ágeis, ou seja, investir em estratégias de gestão de manutenção para ter retorno em termos de produtividade.

Vale destacar o método de implementação do TPM como uma importante ferramenta para o sistema produtivo. Seus objetivos indicam que uma eficiente gestão dos processos promove a queda significativa do número de quebras dos equipamentos e conseqüentemente o aumento na produtividade. Além do TPM, a ferramenta MCC contribui para o planejamento da gestão estratégica da manutenção de operações e auxilia no processo de tomada de decisão o que induz que a manutenção preditiva de maneira eficiente nos setores de produção juntamente com a manutenção detectiva e da engenharia de manutenção possibilita as empresas alcançarem seus objetivos estratégicos e melhor se prepararem para o mercado competitivo, servindo de alicerce para busca da excelência.

## **7.2 Manutenção como diferencial competitivo no setor industrial.**

O principal desafio no que se refere a manutenção no cenário industrial é como alinhar os objetivos da função manutenção à estratégia organizacional, de modo que se identifique principalmente os pontos fracos da gestão de manutenção de uma organização. Para solucionar essa questão, os mantenedores normalmente carecem de uma abordagem sistemática que auxiliem nos processos de tomada de decisão.

Nesse contexto, se faz necessário notar que na busca do ponto ótimo, a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e da sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo.

Pode-se afirmar que uma política inadequada de manutenção traz custos adicionais associados com a falta de produtividade desde as horas extras necessárias para cumprir a produção até perdas de contrato, todas mensuráveis, além de outras perdas não mensuráveis, como o desgaste da imagem da empresa.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho centrou-se na pesquisa de conceitos relevantes de métodos de implementação do sistema de gestão da manutenção e de metodologias que forneça à organização elementos para manter um sistema eficiente, que pode ser integrado aos requisitos do sistema de gestão da manutenção.

Esta pesquisa ratifica que a manutenção é considerada uma das áreas mais importantes e ativas da atividade industrial e exige novas formas de pensar para manter a empresa competitiva. Quando se fala da manutenção, os custos estão sempre associados. Estes dois fatores são questões importantes e o objetivo é manter a manutenção e custos equilibrados, levando sempre em consideração os padrões de produção, qualidade e a segurança, sendo que a resposta para manter um bom equilíbrio é uma boa organização da manutenção.

Nesse contexto, considerando a importância estratégica da manutenção, foi possível constatar que não existe uma única metodologia a ser aplicada, e que os métodos e parâmetros utilizados para viabilizar esta classificação de máquinas e equipamentos, variam para cada tipo de planta produtiva e métodos de gestão do negócio.

Quando existe um problema com um equipamento, os custos crescem exponencialmente. Não apenas os custos da manutenção, mas também os custos do tempo em que o equipamento não está em produção, por isso é muito importante evitar as paradas devido a falhas. Dessa forma, a disponibilidade destas máquinas deve ser elevada de forma a manter a máquina em produção.

Percebe-se que a boa escolha de um método de manutenção, vai garantir a produtividade e, portanto, o diferencial competitivo das empresas, tendo em vista sempre os objetivos de otimização de custos, eficácia e disponibilidade de equipamentos.

Os métodos mais completos e mais utilizados são o método a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) e a Manutenção Produtiva Total (TPM), que definem listas de verificação, manutenção preventiva / tempos para execução desta e o diagrama de procedimento a ser seguido, entre outras coisas. Estas metodologias, permitem sistematizar a política de

manutenção e obter um sistema de manutenção que inclua os operadores no processo, sendo parte integrante do sistema de gestão da manutenção.

Considera-se, portanto, que os objetivos desta pesquisa foram atingidos e, apesar de não existir uma única vertente ou método corretos e ideais para o gerenciamento estratégico do setor de manutenção, há práticas, conceitos e técnicas diversos que, se aplicados de maneira coerente, poderão garantir excelentes resultados para as empresas.

## **8.1 Estudos Futuros**

Recomenda-se estudos mais aprofundados, incluindo pesquisa de campo envolvendo empresas e focando em setores distintos, para avaliar o setor de manutenção como uma função que contribua estrategicamente para as empresas.

Recomenda-se fazer estudos de casos de empresas maranhenses do setor industrial, que utilizam as metodologias de gestão manutenção estudadas, para que se possa avaliar o desempenho dos processos e consolidar dados em termos de manutenção como diferencial competitivo.

Recomenda-se, ainda, a realização de estudo comparativo entre automóvel que faz uso somente de manutenção corretiva e automóvel que faz manutenção preventiva para respostas em termos de desgastes de peças e retorno financeiro.

## Referências Bibliográficas

ABRAMAN – Revista oficial da ABRAMAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Vinte anos da ABRAMAN n. 54, 2005.

AHMADI, R., FOULADIRAD, M. (2017). Maintenance planning for a deteriorating production process. *Reliability Engineering & System Safety*, V. 159, pp. 108-118, 2017.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 25 out. 2021.

AL-TURKI, U. M., AYAR, T., YILBAS, B. S., SAHIN, A. Z. (2014). Maintenance in Manufacturing Environment: An Overview. In *Integrated Maintenance Planning in Manufacturing Systems Springer International Publishing*. pp. 5-23, 2014.

ARAÚJO, I.M.; SANTOS, C.K.S. **O conceito atual de manutenção: tecnologia**. Projeto Apostila Virtual. Departamento de Engenharia Elétrica e Manutenção Industrial, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.

ARABIAN-HOSEYNABADI, H; ORAEE, H; TAVNER, P. J. (2010). Failure modes and effects analysis (FMEA) for wind turbines. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, V. 32, N° 7, pp. 817-824.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARROS, Breno Alvim. **A importância da manutenção industrial como ferramenta estratégica de competitividade**. FacRedentor. Miracema. 2016. 17p.

CABRITA, G. (2002). A manutenção na indústria automotiva. **Revista Manutenção - São Paulo**, pp. 20-26.

CHIU, H-N.; HUANG, B.S. The economic design of x control charts under a preventive maintenance policy. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Cambridge, V. 13 (1): pp. 61-71, 1996.

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

FERREIRA, L. L. **Implementação da Central de Ativos para melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais**. 2009. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Programa de Atualização Técnica 2008 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro [on-line]. Disponível em: <<http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2021.

FIGUEIREDO, Danielle L. **Indicadores de Performance: Um Enfoque na Gestão da Manutenção**. In: I Simpósio de Engenharia de Produção (SIENPRO). Catalão, 2017. Disponível em: <<https://sienpro.catalao.ufg.br/p/21450-anais-do-i-sienpro-2017-issn-2594-410x>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

FREITAS, Marco Antônio Scarela de. **Implementação da Filosofia TPM (Total Productive Maintenance): um estudo de caso**. 2002. Disponível em: <<http://www.epr.unifei.edu.br/TD/producao2002/PDF/Marco.PDF>>. Acesso em: 15 out. 2021.

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

GARCIA, T. C. **Aplicação dos conceitos de RCM e a ferramenta FMEA no aumento de confiabilidade em equipamentos de uma indústria química**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Graduação em Engenharia Mecânica) – Departamento Acadêmico em Engenharia de Mecânica, Universidade Estadual Paulista. Unesp, 2013.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

KMENTA, Steven; ISHII, Kosuke. Scenario-Based FMEA: a life cycle cost perspective. Volume 5: **14th Reliability, Stress Analysis, and Failure Prevention Conference; 7th Flexible Assembly Conference**, [S.L.], v. 5, p. 163-173, 10 set. 2000. American Society of Mechanical Engineers. <http://dx.doi.org/10.1115/detc2000/rsafp-14478>.

KODALI R.; CHANDRA S. **Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance**. Production Planning & Control. v. 12, n. 7, p. 695–705, 2001.

KUMAR, R.; GALAR, D.; PARIDA, A.; STENSTROM, C.; “Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 19, n. 3, pp. 233-277, 2013.

LUCATELLI, M.V. **Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Medico-Hospitalares**. 2002. 272 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MAIA JUNIOR., O. B. **Procedimentos de Manutenção Baseados na Técnica de Confiabilidade – RCM: Um caso prático em equipamentos de subestações**. 2003. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

MARTIN, Fernando Grijó San. **Implementação da metodologia TPM no processo de produção de placas de ar condicionado, numa empresa do Polo Industrial de Manaus**. 2017. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Industrial, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/46535>. Acesso em: 11 nov. 2021.

MIRSHAWKA, V., & OLMEDO, N. (1993). Manutenção - combate aos custos na não eficácia - a vez do Brasil. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., **Revista de Ciência & Tecnologia**. V. 11, Nº 22 - pp. 35-42.

MONCHY, F. **A Função Manutenção: Formação para a Gerência da Manutenção Industrial**. São Paulo: Durban/EBRAS, 1989.

MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté. Disponível em: <<http://migre.me/4FEPO>>. Acesso em 25 out. 2021.

MORTELARI, D.; SIQUEIRA, K.; PIZZATI, N.O. **RCM na quarta geração da manutenção de ativos**. São Paulo: RG Editores, 2011.

MURTY, A., & NAIKAN, V. (1995). Availability and maintenance cost optimization of a production plant. Management, Cambridge: **International Journal of Quality & Reliability**. V. 12, Nº 2: pp. 28-35.

RAMIREZ, E. F. F.; CALDAS, E. C.; SANTOS Jr. P. R. **Manual Hospitalar de Manutenção Preventiva**. Londrina: Editora UEL, 2002.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

RODRIGUES, T. A. **Recomendações para Implementação de Manutenção Autônoma.** Monografia (Graduação em Engenharia Naval). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Joinville. 2017.

SILVA, Lucas Rafaeli Tavares da; SEVERINO, Maico Roris. **Análise do papel estratégico da gestão da manutenção na indústria de mineração.** Fortaleza: Enegep, 2015. 16 p.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.** 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p.

SOUZA, Fábio Januário de. **Melhoria do pilar “Manutenção Planejada” da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de Manutenção.** 2004. 115f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

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

SOUZA JUNIOR, Valter Anzolin de. **Análise da performance e controle da manutenção utilizando a metodologia TPM.** 2020. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2020.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica.** In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de A. Nascif. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark: Abramam, 2002.

OLIVEIRA, Monique Miranda. **Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

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

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **Manutenção Produtiva Total.** São Paulo: Instituto Iman, 1993. 322 p.

VERGARA, S. C.; **Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração.** 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2005. 94 p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: **Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total. Um Modelo Adaptado.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy>>. Acesso em: 09 out. 2021.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.** 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p.