

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE BEBIDAS COM BASE NOS CONCEITOS DA  
MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Por:

Michel Gomes Coutinho de Souza

Rodrigo Brandão da Silva

Wallace Pereira Freitas

Volta Redonda-RJ  
2018

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE BEBIDAS COM BASE NOS CONCEITOS DA  
MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Alunos:

Michel Gomes Coutinho de Souza

Rodrigo Brandão da Silva

Wallace Pereira Freitas

Orientadores:

Alexandre Alvarenga Palmeira

Alexandre Fernandes Habibe

Volta Redonda – RJ

2018

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:

Michel Gomes Coutinho de Souza

Rodrigo Brandão da Silva

Wallace Pereira Freitas

### **ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BEBIDAS COM BASE NOS CONCEITOS DA MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, defendido e aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018 pela banca examinadora constituída por:

---

Prof. Doutor Alexandre Alvarenga Palmeira  
Orientador

---

Prof. Doutor Alexandre Fernandes Habibe  
Orientador

---

Prof. Esp. Antônio Pádua Sobreira Leal

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente agradecemos a Deus por nos ter dado saúde, paciência e força para superar nossas dificuldades, a instituição e todo o corpo docente do curso de Engenharia Mecânica pelo ambiente agradável e de aprendizagem que nos proporcionou. Por último, dizemos muito obrigado aos familiares e amigos que nos acompanharam durante toda essa jornada.

## RESUMO

Visto que no mundo a competição está cada vez maior entre as indústrias, as mesmas têm se preocupado mais com assuntos estratégicos na produção, uma delas é a área de manutenção. O gerenciamento estratégico da manutenção envolve o conhecimento integrado da empresa, de cada setor e cada instrumento, decidindo onde, quando e por que aplicar cada tipo de manutenção.

A grande complexidade e a diversidade de ativos físicos dentro de uma organização crescem ainda mais a procura por sistemas de manutenção eficazes e economicamente viáveis. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo expor uma proposta para um roteiro de planejamento e gestão da manutenção e sua implantação em uma linha de produção de bebidas.

A carência de reformular o setor de manutenção apareceu como consequência das dificuldades que a empresa mostra em seu setor de manutenção relacionado as grandes taxas de falha e pequena disponibilidade de instrumentos críticos devido a repetição de intervenções corretivas, que acabam limitando a competitividade. Depois de um diagnóstico inicial mediante seu processo atual, foi definido, em conjunto com a gestão da empresa, trabalhar na melhoria da disponibilidade dos instrumentos críticos, trabalhando de forma preventiva e preditiva, procurando mitigar o número de problemas que resultam em paradas não planejadas e, conseqüentemente, em perdas para a empresa, o que vem ocorrendo devido a manutenção corretiva antigamente empregada.

Para tanto, foi desenvolvido um método de implantação de planejamento e controle da manutenção que melhor se encaixasse a realidade da empresa. Foi descrita a implementação de cada etapa desenvolvida pela metodologia, assim como os rendimentos alcançados com sua implantação.

Conclui-se então por dados que a estruturação de um controle e planejamento de manutenção é de grande importância para a empresa e gera rendimentos significativos para a organização e deve ter maior aplicabilidade com o passar do tempo e maiores estudos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção. Gestão da Manutenção. Planejamento e Controle da Manutenção. Gestão Estratégica.

## **ABSTRACT**

In an increasingly competitive world, industries have been preoccupied with strategic production issues, including the maintenance area. Strategic management of maintenance involves the integrated knowledge of the company, of each sector and each equipment, deciding where, when and why to apply each type of maintenance.

Increasing the complexity and diversity of physical assets within an organization further increases the demand for efficient and economically viable maintenance systems. In this context, this work aims to present a proposal for a program of planning and control of maintenance and its implementation in a beverage production line.

The need to reformulate the maintenance sector arose as a consequence of the difficulties that the company presents in its maintenance sector related to the high failure rates and the low availability of critical equipment due to the frequency of corrective interventions, which reduce competitiveness. After an initial diagnosis about its current process, it was decided together with the company's management to act to improve the availability of critical equipment, acting in a preventive and predictive way, seeking to reduce the number of failures that lead to unplanned downtime and its consequent losses to the organization, which has been happening due to the purely corrective character formerly employed.

For that, a methodology was developed for the implementation of a maintenance planning and control that best suited the reality of the company. It was described the implementation of each step developed by the methodology, as well as the results obtained with its implementation.

It is concluded from data that the structuring of a control and maintenance planning is of great importance for the company and generates significant income for the organization and should have greater applicability with the passage of time and greater studies.

**KEY WORDS:** Maintenance. Maintenance management. Planning and Control of Maintenance. Strategic management.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo total da Manutenção/ Faturamento Bruto.....	16
Tabela 2 - Tipo de Manutenção utilizada por setor no Brasil .....	29 <b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 3 - Aplicação dos Recursos (Hh) por tipo de Manutenção .....	32
Tabela 4 - Atividades de Engenharia de Manutenção nas indústrias Brasileiras.....	34
Tabela 5 – Nível Hierárquico da Manutenção nas Empresas Brasileiras .....	43
Tabela 6 – Tipos de Programas de Controle da Manutenção usados no Brasil .....	44
Tabela 7 – Principais Indicadores de Desempenho utilizados .....	47
Tabela 8 – Ferramentas Utilizadas para Promover a Qualidade da Manutenção .....	51
Tabela 9 – Filosofia Básica do Sistema de Qualidade Utilizada na Manutenção .....	52
Tabela 10 – Distribuição das Estruturas Organizacionais da Manutenção .....	54
Tabela 11 – Tendência de Contratação de Serviços de Manutenção .....	56
Tabela 12 – Conceito dos Serviços de Manutenção Contratadas .....	57
Tabela 13 – Critérios Utilizados na Contratação de Serviços de Manutenção pelas empresas .....	57
Tabela 14 – Investimento Inicial em Equipamentos Para Análise Preditiva.....	71
Tabela 15 – Cálculo de Renda da Linha.....	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Analogia entre saúde humana x máquina .....	19
Figura 2 - Tipos de Manutenção .....	28
Figura 3 – Seleção dos Tipos de Manutenção a serem aplicados .....	32
Figura 4 – Cenário favorável para a melhoria dos resultados no Brasil .....	34
Figura 5 – Etapas do Ciclo do PDCA.....	49
Figura 6 – Estrutura Organizacional da Manutenção.....	53
Figura 7 – Estrutura Organizacional Descentralizada da Manutenção.....	53
Figura 8 – Estrutura Organizacional Mista da Manutenção.....	54
Figura 9 – Codificação dos Equipamentos.....	62
Figura 10 – Exemplo de uma Ordem de Serviço de Manutenção.....	64
Figura 11 – Eficiência da Máquina de Envasamento.....	67
Figura 12 – Taxa de Falha da Máquina de Envasamento.....	67
Figura 13 – Eficiência da Linha de Envasamento.....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas da Implementação da TPM.....	39
Quadro 2 – Comparação Entre Sistemas de Controle de Manutenção Manual X Informatizado.....	44

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Indicador MTBF.....	69
Equação 2 – Indicador MTTR.....	69
Equação 3 – Indicador disponibilidade operacional.....	69
Equação 4 – Indicador índice de retrabalho.....	70
Equação 5 – Indicador custo de manutenção por faturamento.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

**ABRAMAN** – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

**CCQ** – Círculo de Controle de Qualidade

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

**GTQ** – Gestão da Qualidade Total

**Hh** – Homem-hora

**JIPM** – *Japan Institute Productive Management*

**MTBF (TMPF)** – *Mean time between failures* (Tempo Médio para Falhar)

**MTTR (TMPR)** – *Mean time to repair* (Tempo Médio Para Reparo)

**PCDA** – *Plan-Do-Check-Action* (Planejamento-Execução-Verificação-Atuação)

**PCM** – Planejamento e controle da Manutenção

**PNQ** – Programa Nacional de Qualidade

**RCFA** – *Root Cause and Failure Analysis* (Falha Fundamental ou Causa Raiz)

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

**SGQ** – Sistema de Gestão da Qualidade

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

**TQM (GQT)** – *Total Quality Management* (Gestão pela Qualidade Total)

**5S** – *Seiri* (Classificação), *Seiton* (Ordem), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (higiene), *Shitsuke* (Disciplina)

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Considerações Iniciais .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Justificativa.....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Manutenção .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Histórico da Manutenção.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1 Evolução da manutenção .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2 Manutenção no Brasil .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Tipos de Manutenção .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.1 Manutenção corretiva .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 Manutenção preventiva.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.3 Manutenção preditiva .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.4 Manutenção detectiva .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.5 Engenharia de manutenção .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 Práticas da Manutenção: Diferenças e Tendências .....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Gestão da Manutenção.....</b>	<b>34</b>
<b>2.5.1 TPM (Total productive maintenance) ou Manutenção produtiva total .....</b>	<b>35</b>

2.5.2 RCM (Reliability-centered maintenance) ou MCC (Manutenção centrada na confiabilidade) .....	40
2.6 Planejamento e Controle Na Manutenção (PCM).....	42
2.7 Indicadores da Manutenção .....	45
2.8 Qualidade na Manutenção.....	48
2.9 Estrutura Organizacional da Manutenção .....	52
2.10 Terceirização da Manutenção .....	55
3. METODOLOGIA .....	58
3.1 Estudo da Realidade da Empresa .....	59
3.2 Definição das Etapas da Metodologia.....	60
3.3 Descrição Detalhada das Etapas .....	60
4. ESTUDO DE CASO .....	62
4.1 Cadastro e Codificação dos Equipamentos.....	62
4.2 Criação de Ordens de Serviço de Manutenção Preditiva .....	63
4.3 Desenvolvimento de um Sistema de Banco de Dados.....	65
4.4 Concepção de um Planejamento para Manutenção Preditiva .....	66
4.5 Indicadores de Desempenho da Manutenção da Fábrica .....	69
5. ANÁLISE DE GANHOS ECONÔMICOS.....	71
6. CONCLUSÃO .....	73

**7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA ..... 75**

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Considerações Iniciais**

Em um contexto geral pelo mundo, a manutenção tem tido papel cada vez mais importante como ponto estratégico das organizações. Têm como objetivo garantir a disponibilidade das máquinas, instalações e equipamentos. De acordo com Monchy (1987, p. 5) um propósito óbvio de qualquer empresa é a produção, e a manutenção é o recurso que auxilia a produção.

Sendo assim, a manutenção se obriga a ser competitiva, do mesmo modo que as instituições também precisam ser para se manterem. Conforme Pereira (2010, p. 31), a manutenção precisa atuar de maneira conjunta com as demais áreas, assim sendo, a organização garante os seus processos com sincronismo e se faz competitiva.

Os serviços de manutenção têm como objetivo minimizar o desgaste das instalações e equipamentos que o mau uso e o desgaste natural provocam. As degradações podem se revelar com paradas de linha de produção, fabricação de produtos de baixa qualidade, perdas de desempenho, contaminação ambiental, dentre outros. Essas ocorrências tendem a ter grande intervenção negativa na produtividade e qualidade, ameaçando a sobrevivência da empresa. Em vista disso, vemos a importância que o gerenciamento da manutenção tem para se ter uma produtividade elevada, possibilitando assim ganhos potenciais (Xenos, 1998).

Segundo Xenos (1998, p. 21), a finalidade da manutenção não é apenas o de preservar ou recuperar o estado físico do equipamento, bem como o de assegurar suas capacidades funcionais. De fato, a preservação da condição física das máquinas tem por objetivo a manutenção da sua eficiência funcional, a segurança dos equipamentos e dos colaboradores, a qualidade do produto acabado e integridade do meio ambiente.

Dados cedidos pela Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) do ano de 2013 realçam uma aplicação anual com manutenção pelas indústrias que correspondeu a 4,69% de todo PIB do Brasil, como exibido na tabela 1. Esse dado revela uma importância considerável da área, evidenciando que a manutenção não pode ser meramente tratada como uma usual ação de correção. Reis et al.(2010) salientam

que a manutenção é um setor não somente operacional, mas sim estratégica da empresa, auxiliando de modo efetivo para a excelência empresarial.

*Tabela 1: Custo total da Manutenção/ Faturamento Bruto*

<b>Ano</b>	<b>Custo Total da Manutenção/Faturamento Bruto</b>
<b>2013</b>	4,69%
<b>2011</b>	3,95%
<b>2009</b>	4,14%
<b>2007</b>	3,89%
<b>2005</b>	4,10%
<b>2003</b>	4,27%
<b>2001</b>	4,47%
<b>1999</b>	3,56%
<b>1997</b>	4,39%
<b>1995</b>	4,26%

*Fonte: Abramam (Associação Brasileira de Manutenção), 2013*

Kardec e Nascif (2009, p. 17) menciona os três alicerces da manutenção relativamente ao tempo:

1) Alicerce do passado: o responsável pela manutenção se sente realizado quando realiza um bom reparo;

2) Alicerce do presente: o responsável pela manutenção se sente realizado quando evita a falha e a necessidade de intervenção nos equipamentos.

3) Alicerce do futuro: o responsável pela manutenção se sente realizado quando consegue conter por completo as falhas não planejadas.

É preciso planejar a manutenção, de modo a gerenciar corretamente as numerosas variáveis abrangidas em sua gestão: a começar do planejamento de compras e controle de materiais no estoque até a intervenção na produtividade, com planos de paradas. Não havendo estudo aprofundado de cada ativo físico e cada setor em separado, evidenciando os pontos mais críticos para o processo e as consequências de uma possível falha, duvidosamente será estabelecido um projeto de manutenção que beneficie largamente a empresa, mantendo os equipamentos em funcionamento,

umentando sua vida útil, reduzindo custos e oferecendo uma maior segurança ao ambiente de trabalho.

## **1.2. Justificativa**

Em consequência do progressivo aumento da competitividade, há um foco ainda maior nos setores estratégicos da produção, tal como a manutenção. Essa, necessita estar inclinada para as soluções empresariais da organização, seu propósito não pode ser unicamente consertar o equipamento e instalação, mas também mantê-los disponíveis para operação, restringindo ao máximo a hipótese de uma perda por parada de linha não programada (Kardec e Nascif, 2009).

O crescimento dos níveis das concorrências teve como resultado mais expressivo uma maior importância dada ao gerenciamento da produção. Simultaneamente, os avanços da tecnologia e a inserção dos mesmos dentro das indústrias acarretam a uma reconsideração de diversos conceitos e práticas previamente tidas como verdades únicas e absolutas. Sendo assim, inovações, novos sistemas e práticas despontam com foco no setor de manutenção, agregando a isso, uma transformação considerada brusca nos padrões desta atividade, como explicitado nas considerações iniciais.

A proposta deste trabalho é fundamentada pelo vasto campo de oportunidades que envolvem o setor de manutenção, tendo em vista que o controle estratégico do mesmo até então é pouco explorado no Brasil, tendo muitas empresas que nem mesmo dispõem de controle de suas atividades neste ramo, limitando suas práticas em atividades corretivas, sem analisar se de fato essas práticas potencializam seus ganhos. Há vasta procura por sistemas de manutenção eficazes e viáveis economicamente, porém pouca informação.

Além de que, há grande inventivo por parte dos envolvidos no trabalho desenvolvido em se aprofundar no tema, tendo em conta que foi um assunto bastante discutido no decorrer de sua graduação e os mesmos reconhecem relevante importância em destrinchar este setor.

## **1.3. Escopo do Trabalho**

O trabalho aborda a manutenção em uma fábrica de envasamento de bebidas. Tendo em vista que este trabalho obteve como referência pesquisa bibliográfica e também análise da realidade da empresa, de maneira que a elaboração de um plano e gerência da manutenção obtivesse uma aplicação de qualidade. O trabalho será gerido, com ênfase nas melhores práticas, buscas, estudos, informações e parâmetros de manutenção, abordando de maneira vasta os conhecimentos técnicos, objetivando conduzir uma constância na gestão de manutenção que seja relevante e adequada ao ambiente da empresa.

A consequência do trabalho deve ser adotada como um momento para as instituições, que buscam a superioridade funcional e operacional, refletirem seu controle de manutenção e aprimorem sua performance operacional.

A linha de envase de bebidas foi destacada pelos gestores da fábrica como o setor a ser priorizado pois, conforme passado, é o setor que apresenta maiores problemas quanto à manutenção, devido a constantes falhas e reparos não programados, tendo assim menor disponibilidade e eficiência.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Manutenção**

Segundo relatos de Monchy (1987, p. 3), a palavra manutenção é originada de termo militar, do qual seu sentido era o de preservar nos setores de combate todos os utensílios e o efetivo num bom nível de aprovação. Já Kardec e Nascif (2009) interpretam a prática de preservar e a manutenção industrial como assegurar a funcionalidade das instalações e equipamentos de maneira a satisfazer um método de produção e a integridade do meio ambiente, com viabilidade econômica, confiabilidade e segurança.

Monchy (1987) também faz uma analogia entre a saúde das pessoas e a saúde das máquinas, citando que a manutenção pode ser considerada a “medicina das máquinas”, como vemos na Figura 1:

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

Figura 1 – Analogia entre saúde humana x máquina.

Fonte: Adaptado de Monchy, 1987.

Xenos (1998) afirma que, em um sentido limitado, as ações de manutenção estão restritas ao regresso de um equipamento às suas originais circunstâncias. Entretanto, num sentido mais abrangente, as ações de manutenção ainda precisam envolver a alteração das circunstâncias originais por meio de inserção de melhorias para impedir o acontecimento ou incidência de falhas, aumentando assim a produtividade e levando a redução de custos.

É sempre significativo ter os equipamentos sempre disponíveis, diante disso, ter uma boa gestão de manutenção se torna crucial. O rendimento insuficiente das máquinas, tempo gasto com manutenção corretiva excessivo e manutenção ineficaz elevam bastante as perdas de produção, levam a diminuição de mercado, reduzem os lucros, dentre outros impactos indesejáveis (Marques e Ribeiro, 2012 apud Capetti, 2005).

## **2.2 Histórico da Manutenção**

### **2.2.1 Evolução da manutenção**

Desde as formas mais básicas de manutenção, como preservação de utensílios e instrumentos de trabalho, expandindo-se a breves práticas de reparo, podem ser constatadas desde as civilizações mais antigas. Ainda assim, apenas com a Revolução Industrial ocorrida no século XVIII, associada a um enorme crescimento tecnológico, que a ocupação manutenção surgiu nas indústrias, de maneira a assegurar o seguimento do trabalho. Neste contexto, o operador da máquina era o encarregado pelos reparos da mesma, sendo preparado para tal (Wirebsk, 2007).

Esse quadro, com produção e manutenção executadas pelo próprio operador, prevaleceu até a I Guerra Mundial, no qual as linhas de montagem inseridas por Henry Ford deram início a busca por métodos de manutenção mais eficientes e ágeis, predominantemente conduzidos para o que hoje se intitula manutenção corretiva (Filho, 2008).

Ainda que existissem encarregados pela manutenção nas indústrias, os mesmos ainda acumulavam o papel da operação e realizavam manutenção corretiva emergencial, o que acarretava em reparos posteriores a falha e imprevistas paradas de máquina. Somente com a vinda da II Guerra Mundial, perto do fim da década de 30, e com a crescente obrigação de produções gradativamente superiores, é que se iniciou a prática de acompanhamento de instalações e mecanismos baseado no tempo, tornando típico o que hoje se entende por manutenção preventiva. Deste modo, a atividade manutenção, preventiva e corretiva, chegaria a apresentar no meio da indústria condição hierárquica idêntica à função produção (Filho, 2008).

A crescente nos registros de casos de manutenção, assim como os elevados custos com itens de reposição, que se tornaram cada vez mais evidentes com a aplicação da manutenção preventiva, incentivaram as empresas a aprimorarem o setor, em meio as décadas de 40 e 50, melhorando a gestão e formação da manutenção, com o surgimento do setor de engenharia de manutenção a nível departamental, auxiliada por um gerenciamento de manutenção (Campos Júnior, 2006).

A ênfase na administração e antecipação de falhas veio a figurar na rotina das equipes de manutenção e apresentou resultados satisfatórios em relação a uma maior disponibilidade e confiabilidade de mecanismos e instalações, menores riscos à integridade dos trabalhadores, dentre outros. Apesar disso, os gastos devidos a manutenções preventivas e as interrupções constantes geraram resultados abaixo do esperado no rendimento, influenciando o custo dos produtos. Associado a tal ocorrência, a evolução tecnológica, com propagação dos computadores a contar do meio da década de 60, apresentou novidades para aferição, controle e estudo de falhas, tanto em condições de análise de materiais quanto em condições de tipos equipamentos novos e instrumentos disponíveis. Dessa forma, foram apresentados parâmetros de antecipação de falhas, com setores concentrados na melhor exploração dos recursos à disposição, por meio de gestão estatística, análise das avarias e emprego de procedimentos informatizados. Neste cenário, desponta a Manutenção Preditiva e o setor de Controle e Planejamento da Manutenção - PCM (Filho, 2008).

Com o progresso dos microcomputadores a preços reduzidos e controles mais básicos, principalmente a partir de 1980, as equipes de manutenção obtiveram maior autonomia para gerar e empregar seus programas, sem obrigação de recorrer à analista externo ao setor. Isso proporcionou importante avanço na condução de informações e estudo de dados que abrangiam manutenção e produção. Ocorreu ampla aproximação desses setores, que perseguiram trabalhar com esforço coletivo para potencializar qualidade e produção (Tavares, 2000). Constatou-se uma melhora na confiabilidade dos métodos industriais e da disponibilidade de instalações e maquinários, procedimentos mais curtos, precisos e conscientes com análises dos perigos envolvidos, evolução na área ambiental e de segurança, sistematização dos projetos de manutenção, promovendo a união com o setor de produção (Netto, 2008).

Mais um lado considerável da evolução na manutenção foi a relação de dependência gradativamente maior das empresas na eficiência de elaboração e resultados desta área, visto que as últimas condições do mercado deixaram notórios os limites dos princípios de administração (Moubray, 1996). Em diversas ocorrências, a demanda por renovação e melhorias requeria elaboração de grupos multidisciplinares para diálogos durante as etapas de planejamento, produção e reparo de dispositivos e maquinários, apresentando soluções superiores em condições de efetividade de valores e disponibilidade da linha de produção. Além do mais, com a progressiva necessidade por

produtos de qualidade superiores por parte dos compradores, o setor de manutenção se viu na necessidade de assumir suas atividades, maior rigidez e credibilidade, reduzindo retrabalhos e panes na produção. Diante disso, o setor de manutenção demonstrou importância, e uma função estratégica dentro das indústrias (Filho, 2008).

### **2.2.2 Manutenção no Brasil**

A ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) elabora a cada dois anos, a começar do ano de 1995, o Documento Nacional da Manutenção, onde revela o cenário da manutenção no Brasil. Tem como propósito elaborar uma verificação de dados, a nível nacional, para formação de índices, da mesma maneira a estabelecer padrões que consigam relacionar o controle, progresso e definição do comportamento da manutenção no país (Oliveira, 2013).

O Documento Nacional: O Quadro da Manutenção no Brasil, nas suas publicações de 1995 até 2017, refletem de maneira explícita um estudo do contexto da manutenção nacional, compreendendo os setores mais relevantes de serviços e produtos que mobilizam a economia, se enquadrando como parâmetro para estudo da condição da manutenção no país.

Desse jeito, no decorrer deste trabalho, conforme revisão da literatura em relação a princípios referentes a manutenção, vão ser empregadas referências do Documento Nacional da Manutenção para projetar observações em relação ao cenário da manutenção no Brasil, conforme exibição dos capítulos.

### **2.3 Tipos de Manutenção**

Os procedimentos hoje presentes de manutenção são definidos pelo modo como é realizada a ação nos sistemas, instalações e equipamentos. Encontra-se uma série bem vasta de qualificações para relacionar esses tipos de manutenção. Serão apresentados seis tipos neste trabalho, avaliados como mais importantes por muitos autores, e são: manutenção corretiva planejada e não-planejada, manutenção preventiva, manutenção detectiva, manutenção preditiva e engenharia de manutenção.

### **2.3.1 Manutenção corretiva**

O método mais antigo de manutenção sem dúvidas é a manutenção corretiva, como abordado previamente no item 2.2.1 Evolução da Manutenção. Ela se fundamenta meramente no reparo de um menor rendimento do que o previsto ou de uma falha, isto é, é um ato emergencial. É decomposta em: não-planejada e planejada.

A manutenção corretiva não-planejada repara a falha de modo eventual, uma quebra inusitada, invariavelmente depois da ocorrência já acontecida, sem assistência ou programação precedente. A modo que Kardec e Nascif (2009) apresentam muito bem, ela age em uma ocorrência já passada, sem tempo para organização do reparo e, lamentavelmente, até hoje é mais efetuado do que deveria. Provoca custos elevados, já que a quebra inusitada provoca déficit na produção, queda de qualidade, valores sinuosos de manutenção, e acarreta a resultados incomuns para as máquinas, visto que a ampliação dos estragos chega a ser muito superior.

Sempre que uma elevada porção da manutenção da empresa é fundamentada na ação corretiva não-planejada, o setor se torna submisso aos equipamentos, é dominado pelos mesmos, e não o oposto, como se deve ocorrer, levando a performance empresarial da entidade a cair muito em competitividade (Kardec e Nascif, 2009).

Já a manutenção corretiva planejada se distingue por se tratar de uma resolução gerencial. Segundo (Kardec e Nascif, 2009), da mesma forma é um reparo de uma falha ou de um rendimento abaixo do aguardado, contudo se apoia na transformação dos padrões de estado considerados pela manutenção preditiva. Do jeito que seu respectivo nome propõe, é planejado, e o programado geralmente tem menor custo em relação ao não-planejado.

Xenos (1998) retifica que embora a manutenção corretiva seja estabelecida por determinação da gerência, não se deve meramente acomodar-se com o acontecimento de avarias como sendo um caso já aguardado e espontâneo, é de suma importância o empenho para apontar com precisão as origens principais das falhas e impedi-las, não permitindo novas incidências.

### **2.3.2 Manutenção preventiva**

É o tipo de manutenção mais direcionada a impedir o acontecimento de baixos rendimentos ou falhas, por meio de ação em períodos de tempo definidos previamente, seguindo sempre um programa pré-estabelecido. Distintamente da ação corretiva, a preventiva, tal como o título já revela, busca prevenção, reprimir o acontecimento de avarias e falhas. Quando se impõe o fator segurança, se torna ainda mais indispensável.

A superioridade da utilização da ação preventiva em frente a ação corretiva é citada por Xenos (1998, p. 24) dizendo que a ocorrência de falhas cai gradativamente, há um aumento no tempo de equipamentos disponíveis e as paradas inusitadas da linha de produção diminuem. Isto é, se avaliarmos o custo completo, em muitas ocasiões a ação preventiva se torna menos custosa que a corretiva, a valer que se tem controle de paradas das máquinas, evitando-se assim se manter passível às panes inusitadas por imperfeições das instalações.

Entretanto, Kardec e Nascif (2009) evidenciam que, do mesmo modo que a manutenção preventiva possibilita uma melhor gestão das ações, nivelar os recursos disponíveis e maior previsão do gasto de insumos e controle de estoque, de outro modo propicia a remoção do mecanismo ou instalação para se aplicar os serviços planejados anteriormente. Desta forma, é preciso considerar as condições a fim de que a utilização desse sistema se faça propício à real condição das máquinas, instalações ou plantas.

Além disso, Kardec e Nascif (2009) também evidenciam que muitas vezes os fornecedores não oferecem dados com precisão para se utilizar nos projetos de manutenção preventiva, além do mais, exigências ambientais e da operação atenuam bastante na deterioração das máquinas, por isso, a determinação de frequência e troca é aconselhável ser adotada e programada para cada equipamento.

Do mesmo modo que Xenos (1998) aborda, em diversas ocasiões é ignorado pelas instituições a realização dos pontos de ação preventiva, e a duração de tempo usado para a preventiva, se torna usado para agir em falhas que ocorrem no cotidiano da linha de produção. Se leva a isso pois não havendo manutenção preventiva adequada, as falhas aumentam gradativamente, envolvendo toda a jornada de trabalho da equipe de manutenção.

### **2.3.3 Manutenção preditiva**

A manutenção preditiva efetua supervisão de diversas condições e fatores de rendimento de mecanismos e sistemas, na finalidade de estabelecer o momento mais adequado para o reparo, com o melhor rendimento do efetivo (Otani e Machado, 2008 apud Costa, 2013).

Kardec e Nascif (2009, p. 45) apresentam os objetivos da manutenção preditiva como prevenir avarias nas máquinas e instalações por meio de supervisão de diferentes padrões, levando a operação constante do sistema por maior duração de tempo. Em verdade, a forma relacionada à Manutenção Preditiva é de dizer a real situação das máquinas. Isto é, favorece a disponibilidade na mesma forma que não estimula a ação das atividades nas máquinas e instalações, já que as aferições e investigações são realizadas sem que o equipamento precise parar de produzir.

Também são apontadas por Kardec e Nascif (2009) as situações mais simples para se utilizar dessas ações preditivas: a máquina, instalação ou sistema necessita conceder aferição/monitoramento e requerer essa espécie de atividade, as avarias precisam ser provenientes de razões que permitam ser inspecionadas e manter todo seu desenvolvimento acompanhado.

As vantagens da utilização de ações preditivas abrangem diminuição dos prazos e gastos com manutenção, prognóstico de erros com mais precedência, superiores situações de utilização das máquinas, dentre outros (Mirshawka, 1991 apud Reis et al.2010).

Segundo (Garg e Deshmukh, 2006, apud Toazza e Sellito, 2015), as atividades preditivas se fundamentam na análise de condições críticas em que as medidas são estabelecidas anteriormente, no momento que as análises e projeções se aproximam destas medidas limites, uma atividade de manutenção precisa ser programada, de forma a limitar a falha pendente. Desta forma, processos instrumentados de alcance e supervisão dessas variáveis em tempo real geralmente se fazem indispensáveis (Bevilacqua e Braglia, 2006, apud Toazza e Sellito, 2015). A identificação prévia desses desequilíbrios possibilita uma análise antecipada do erro, permitindo a aplicação de uma estratégia de atividades de correção, na hora e na intensidade necessária a forma de falha. Do mesmo modo, o acompanhamento constante de algumas análises possibilita

planejar e seguir um retrato no decorrer do tempo do estado de utilização ou de decomposição do maquinário (Toazza e Sellito, 2015).

Entre os métodos mais utilizados em procedimentos com atividade preditiva são a ferrografia, inspeção sensitiva, o estudo de vibração e a análise térmica (Toazza e Sellito, 2015).

Os métodos fundamentados em procedimentos de ação preventiva se estabeleciam no início na reposição ou restauro planejado de subsistemas e mecanismos. Estes métodos se desenvolveram para o modelo atual de ações denominado manutenção preditiva, de maneira que danos nos mecanismos são acompanhados previamente a se transformar em quebras, sendo capaz então de se controlar por meio de atividades programadas (Sola et al., 2006, apud Toazza e Sellito, 2015).

Com a atividade preditiva se intercede minimamente na planta, promovendo assim soluções superiores.

#### **2.3.4 Manutenção detectiva**

É um tipo de atividade que se mantém relacionada a constatação de falhas camufladas, que não estão nítidas à equipe de manutenção nem de operação, em controles de segurança, sistemas e instalações. Veio a ser mais utilizada e comentada após o início da década de 90 e baseia-se em investigações no sistema, efetuadas por peritos, sem nem mesmo retirá-lo de funcionamento, são eficientes na detecção de avarias encobertas e possuem aptidão para solucionar essas situações, conservando o conjunto em operação (Kardec e Nascif, 2009, p. 49).

Uma amostra de utilização da manutenção detectiva é quando se têm um sistema que coordena a função de um gerador de emergência num hospital, caso o sistema possuir alguma imperfeição e se esgotar a energia elétrica, não teria acionamento do gerador, diante disso o sistema ao todo é verificado e acionado com periodicidade de tempo, para apurar seu funcionalismo e ter uma confiabilidade maior.

Portanto, as atividades detectivas são particularmente interessantes quando se tem um maior grau de automatização incorporado nas empresas ou o procedimento é crítico e não permite erros.

### **2.3.5 Engenharia de manutenção**

Muita parte da engenharia de manutenção se encontra com ligação a uma transformação cultural, com novos paradigmas, bastante focados na implementação de evoluções constantes no hábito de ações tomadas pelo setor de manutenção.

A utilização da mesma consiste no estudo e oferta de avanços empregando as análises que o controle por preditiva recolhe e arquiva, isto quer dizer, o setor de engenharia manuseia informações obtidas pela manutenção com a finalidade de aperfeiçoamento constante. Com isso, tende-se a ter maior confiabilidade, equipamentos disponíveis e segurança, além de resolver problemas críticos e tecnológicos, aumentar a qualificação pessoal, oferecer assistência ao setor de execução, elaborar estudo de avarias, desenvolver projetos de manutenção, conduzir indicadores e administrar toda documentação específica (Kardec e Nascif, 2009).

As indústrias onde se aplica a engenharia de manutenção se mantém regularmente alimentando sua reserva de informações, não somente executando preditivas, recolhendo dados para serem utilizados para melhorias contínuas de todo o processo e ações de manutenção. Apresenta-se na Figura 2 um esquema com as principais distinções encontradas nos modelos de manutenção, apresentados anteriormente no Tópico 2.3, e o modo como o setor de engenharia de manutenção se situa nesse contexto.

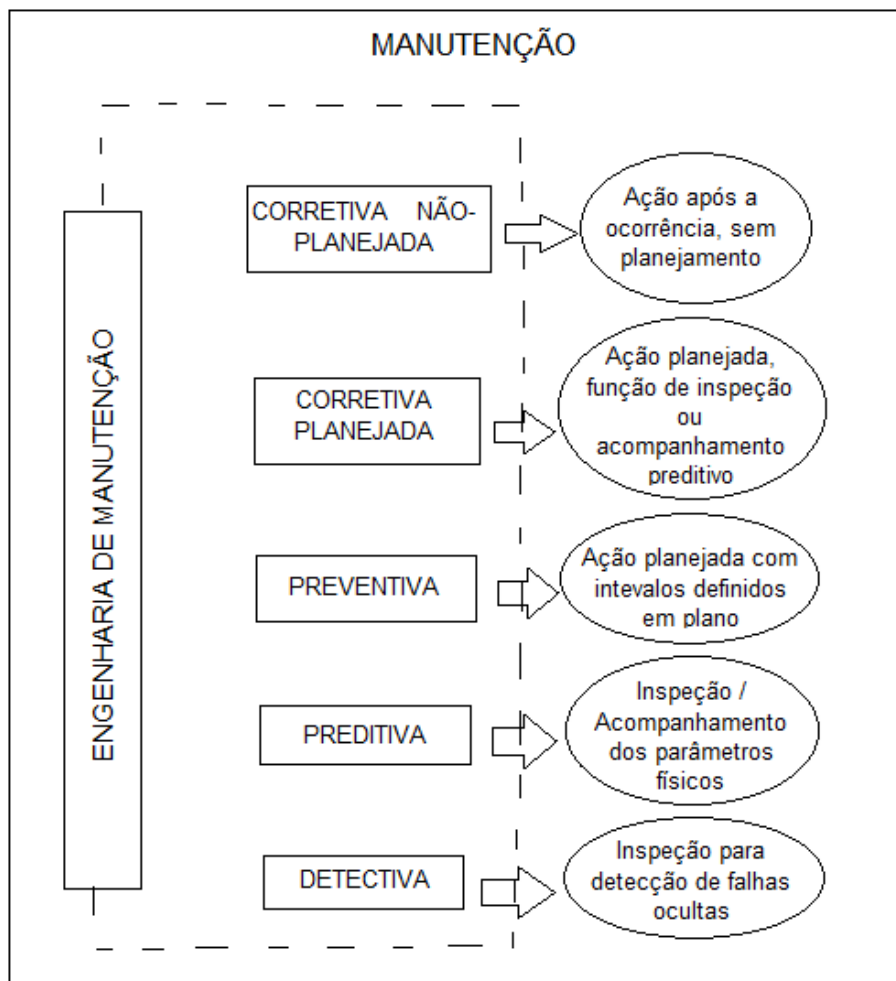


Figura 2 – Tipos de Manutenção.

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2009.

A seguir, a Tabela 2 apresenta quais os tipos de atividades são mais utilizadas por cada setor no Brasil.

Tabela 2 – Tipo de Manutenção utilizada por setor no Brasil.

Setores	Trabalho em Manutenção Corretiva (%)	Trabalho em Manutenção Preventiva Baseado no Tempo (%)	Trabalho em Manutenção Preventiva Baseado no Estado (Preditiva) (%)	Outras Atividades de Manutenção (%)
Açúcar e Álcool, Alimentos e Bebidas	42%	40%	18%	0%
Aeronáutico e Automotivo	42%	48%	4%	5%
Eletroeletrônicos - Energia Elétrica	28%	44%	12%	16%
Químico e Saneamento	25%	50%	20%	5%
Mineração e Siderúrgico	60%	23%	13%	5%
Petróleo e Petroquímico	47%	39%	14%	0%
Papel e Celulose e Plástico	24%	31%	31%	14%
Predial e Prestação de Serviços (EQ e MQ)	45%	44%	5%	6%
Máquinas e Equipamentos - Metalúrgico	25%	48%	7%	20%
<b>Média Geral</b>	<b>25%</b>	<b>41%</b>	<b>14%</b>	<b>8%</b>

Fonte: Adaptado de Documento Nacional ABRAMAN, 2017.

## 2.4 Práticas da Manutenção: Diferenças e Tendências

A necessidade de utilização do gerenciamento da manutenção depende de um parecer gerencial, precisa ser agregada aos objetivos da fabricação, deixando assim os equipamentos mais tempo disponíveis e confiáveis, promove diminuição de gastos, elevando receitas e rendimentos, há melhoria na área de segurança dos colaboradores e ambiental, dentre outras vantagens.

Para saber o modelo de manutenção melhor a ser utilizado, são admitidas algumas condições para ter uma definição de qual modelo a ser utilizado em cada situação, segundo Kardec e Nascif (2009):

- A relevância do equipamento tendo perspectiva da operação, a segurança da equipe, a proteção do sistema e do meio ambiente;
- Todo o custo abrangido no processo, troca/reparo e nas implicações de uma possível falha;
- A circunstância encontrada;

- A capacidade da máquina ou instalação se adaptar para possibilitar a utilização de um ou outro modelo de manutenção.

Prosseguindo com esse pensamento, é inteiramente admissível utilizar diversos modelos de manutenção para diversos mecanismos, sistemas e setores. Já Xenos (1998, p.27) destaca que a atividade mais adequada será uma fusão dos diversos procedimentos, variando conforme a característica e relevância da instalação para a produção.

Para Costa (2013), a aplicação de uma administração majoritariamente de correção não-planejada, resulta em elevados gastos e leva a empresa a ficar exposta a imprevistos, sabendo-se das consequências da avaria somente depois do acontecido.

Uma atividade programada é de fato mais econômica, ágil e com maior segurança a uma não-programada, sendo predominantemente de qualidade superior, segundo Kardec e Nascif (2009). Portanto, a utilização de ações corretivas programadas é mais relevante do que as não-programadas. Kardec e Nascif (2009) também relatam que a utilização de um método de Atividade Corretiva Programada provém de algumas condições: conciliar a urgência de interferência com a necessidade da produção, questões relativas à segurança, programação mais adequada das atividades, assegurar que tenha peças de reposição, materiais e ferramentas, presença de mão de obra suficiente e qualificada com equipamentos necessários para realização das atividades.

Kardec e Nascif (2009) indicam condições a serem ponderadas para eleger uma Atividade Preventiva como mais indicada a ser utilizada: em momentos que a utilização da Atividade Preditiva não é viável, onde questões referentes a segurança da equipe e do equipamento a faz mais adequada, quando se há brecha em instalações e sistemas críticos e de liberação complicada por parte da produção, por ameaças de possível degradação ambiental, também em procedimentos relevantes ou em constante operação.

Ainda com base em Kardec e Nascif (2009), para utilização de alguma ação preditiva se deve fazer levantamento de outras condições como: estudo para redução de gastos por supervisão contínua das reais condições das instalações, cessando assim execuções sem muita relevância; preservar as máquinas por mais tempo em operação, de forma segura para o pessoal envolvido e instalações. Também apresentam que se torna imprescindível que toda a equipe encarregada pela manutenção, estudo e

diagnóstico seja formada por mão-de-obra qualificada, já que só a medição não é suficiente, se faz necessário estudar as soluções e elaborar análises técnicas.

Já a Manutenção Detectiva é voltada para descoberta de erros encobertos nos meios, promovendo elevada confiabilidade e funcionalismo. Nesse modelo, peritos são responsáveis por fazerem investigações no conjunto, sem ao menos tirá-los de execução, são habilitados para constatar erros e, na maioria das vezes, são capazes de reparar o cenário encontrado, com as máquinas em operação, segundo Kardec e Nascif (2009).

Consideramos a Engenharia de Manutenção uma transformação cultural nas indústrias, ela é responsável pela solidificação de novas práticas e especialmente por buscar melhorias contínuas. É evidenciado, por Kardec e Nascif (2009), que a segunda ruptura do padrão adotado pela manutenção é de total autoria desta Engenharia. A ruptura inicial veio quando se passou a usar a Preditiva ao invés da Preventiva, isto é, parou-se de atuar só em relação ao tempo, mantendo equipamentos em execução e tomando como base metas pré-determinadas por análises supervisionadas (ruído, temperatura, vibração etc.), conciliando a carência por intervenção sem perder produtividade. Veio outra ruptura, a segunda, e se dá no início da utilização da Engenharia de Manutenção, quer dizer, em todo caso não é suficiente possuir apenas manutenção eficaz das instalações, mas, também, possuir máquinas que entreguem a disponibilidade que as indústrias requerem para satisfazer comprador, manutenção e, assim, a própria organização.

A Figura 3 oferece uma representação para se escolher qual modelo de execução mais adequado a ser utilizado:

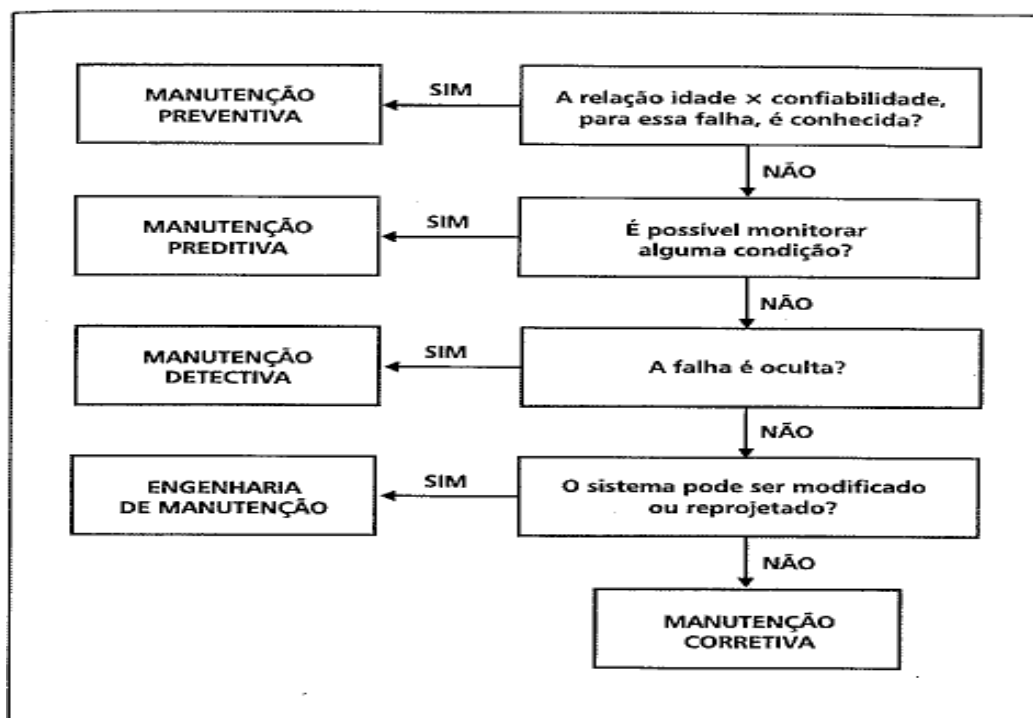


Figura 3 – Seleção dos Tipos de Manutenção a serem aplicados.

Fonte: Kardec e Nascif, 2009.

Tabela 3 – Aplicação dos Recursos (H.h) por tipo de Manutenção.

Aplicação dos Recursos na Manutenção (%)				
Ano	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2013	30,86	36,55	18,82	13,77
2011	27,4	37,17	18,51	16,92
2009	26,69	40,41	17,81	15,09
2007	25,91	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,8	35	18,64	13,56
<b>Hh (serviços de manutenção) / Hh (total de trabalho)</b>				

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013

É constatado, de acordo com a Tabela 3 acima, que o modelo de execução mais adotado é o de ação Preventiva, que requer menor custo inicial e planejamento das

empresas, existe uma inclinação para consolidação de seu uso. Em compensação, a ação Preditiva representa o mais baixo ponto da ordem, se deve a um superior gasto inicial com investimentos e pela transformação cultural, não muito considerado pelas instituições que esse gasto é amortizado a médio e longo prazo, sua utilização seria capaz de aumentar, mas não é o ocorrido. Com referência às atividades Corretivas, sua utilização até então continua alta, situação não indicada.

Conforme Kardec e Nascif (2009, p. 58), estima-se que em um cenário aproximado é aguardado forte progresso da atividade Preditiva, baixo declínio das ações Preventivas e queda nas Corretivas Não-programadas. A Figura 4 em seguida evidencia muito bem essa situação:

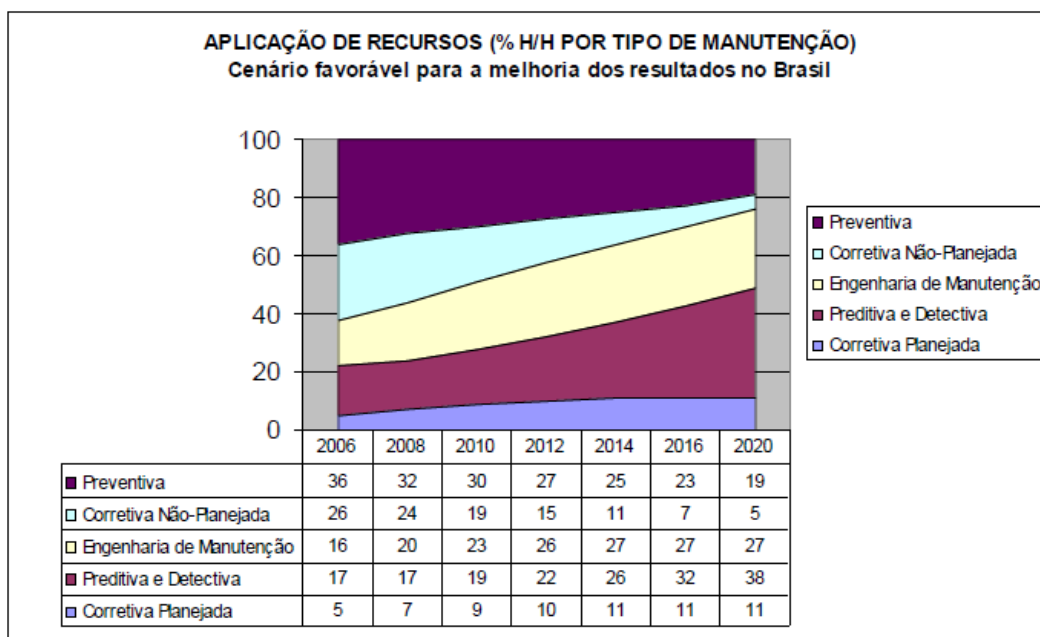


Figura 4 – Cenário Favorável para a melhoria dos resultados no Brasil.

Fonte: Costa, 2013 adaptado de Kardec e Nascif, 2009.

Ainda assim, esse contexto de utilização de muitos modelos de execução, é possível analisar na Tabela 4 em seguida, a porcentagem de indústrias onde não se faz utilização desses métodos:

Tabela 4 – Atividades de Engenharia de Manutenção nas indústrias Brasileiras.

Ano	Sim (%)	Não (%)
2011	69,29	30,71
2009	75,81	24,19
2007	80	20
2005	59,83	41,17
2003	78,86	21,14
2001	73,24	26,76
1999	70,8	29,2
1997	80,37	19,63
1995	73,1	26,9

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2011.

Verifica-se a variação na utilização de práticas de Engenharia de Manutenção, grande parte disso em razão de pontos distintos, de acordo com Oliveira (2013): primeiro pelo desenvolvimento da concepção de emprego da engenharia com o decorrer do tempo, antigamente muito o que era visto como uma função da engenharia, atualmente é classificado somente como uma técnica; e o outro ponto se releva pelo gasto empregue nesses procedimentos, não muito levado em avaliação pelas instituições o resgate futuro desses investimentos, e o relativo lucro que esses métodos apresentam para a instituição.

## 2.5 Gestão da Manutenção

Conforme os gestores das corporações indústrias têm constatados o quantos as paradas de equipamentos causam transtornos para os custos, a segurança e a qualidade da produção, o posto de manutenção tem se modificado e tem se modernizado (Sellito, 2007). De acordo com Moubray (1996) apud Sellito (2007), administradores de manutenção têm empregado novas maneiras de conceito, tanto na função de técnicos quanto na função de estrategistas, coincidentemente em que as deficiências dos sistemas de gestão atuais se tornam mais transparentes.

Xenos (1998) garante que as práticas de manutenção ocasionam de ações tomadas na rotina diária para corrigir ou prevenir eventuais defeitos ou falhas encontradas nos equipamentos pelos operadores da linha de produção ou pelos grupos

de manutenção. E ainda justifica que as tarefas de manutenção compreendem técnicas de manutenção e obrigações gerenciais, tal qual podem ser chamadas de cargos de apoio ou cargos gerenciais da manutenção.

Uma alteração nos sistemas de gerenciamento da manutenção industrial existentes é a concepção de um método formal de manutenção, da qual as ideias subjacentes sejam estabelecidas na teoria da manutenibilidade e da confiabilidade (Sellito, 2007).

Kardec e Nascif (2009) confirmam que a nova função da manutenção é um grande desafio e comprometimento gerencial, a visão sistêmica do negócio e a transformação de paradigmas e de ideias levarão a notáveis inovações.

Costa (2013) finda que “mais notável do que limitar a política de manutenção a um questionamento, é fundamental utilizar um método conveniente de gerenciamento do sistema de manutenção. Com isso, a função manutenção irá deixar de ser um gasto extra para a companhia e poderá ser vista como ponto estratégico para diminuição dos custos finais de produção”.

Dentro dessa circunstância, serão expostas duas metodologias/filosofias de manutenção: a Manutenção Produtiva Total ou TPM (*Total Productive Maintenance*), e o MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) ou RCM (*Reliability-Centered Maintenance*).

### **2.5.1 TPM (Total productive maintenance) ou Manutenção produtiva total**

A TPM foi criada no Japão na década de 70, é um método criado com foco na confiabilidade e qualidade, eliminando e evitando perdas, diminuindo paradas e reduzindo custos. No Brasil, foi divulgada pela primeira vez em 1986.

Não é somente um projeto da manutenção ou um conjunto de desenvolvimentos, no entanto uma filosofia operacional planejada e que demanda o envolvimento de toda a instituição, desde os operadores até a camada hierárquica mais alta (Souza, 2004). Souza (2004) ainda menciona que a TPM conduziu sua concentração para a diminuição de custos do equipamento no seu período de vida, alinhando manutenção preventiva e técnicas de manutenção preditiva.

A TPM tem sua essência de atuação naquilo que ela estima ser as seis grandes perdas causadoras de redução do rendimento dos equipamentos: (1) perda por paralisação acidental, (2) perda por paralisação durante transferência de linha, (3) perda por pequenas paralisações ou por operação em vazio, (4) perda por diminuição de velocidade, (5) perda por falha no processo, e (6) perda por falha no início da produção (Kardec e Nascif, 2009).

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

**(1) Perda por paralisação acidental:**

As perdas devido a falhas acidentais podem ser separadas em dois tipos: devido à quebra do equipamento e a mesma não volta a funcionar, temos perda total da capacidade do equipamento, e perda parcial de capacidade do equipamento, no qual o desgaste dos equipamentos começa a diminuir as condições originais do equipamento.

**(2) Perda por paralisação durante transferência de linha:**

São perdas em que sempre há uma troca de produto na linha de produção. Tais perdas aparecem quando uma máquina é utilizada para produzir diversos produtos e, a cada troca de produtos, são necessários ajustes e regulagens.

**(3) Perda por pequenas paralisações ou por operação em vazio:**

São as falhas breves resultantes de um defeito qualquer que não representa quebras. São as paradas devidas aos controles existentes nos equipamentos e que impedem seu funcionamento. Geralmente, com a intervenção do operador, coloca-se o equipamento em produção e volta o processo corretamente.

**(4) Perda por diminuição de velocidade:**

Essa perda ocorre quando a velocidade normal de trabalho baixa e é causada por defeitos mecânicos, defeitos respectivos à qualidade ou a fatores diversos que obrigam a baixar a velocidade de produção.

**(5) Perda por falha no processo:**

Envolve todas as operações referentes a retrabalhos ou mesmo à exclusão de produtos que apresentam defeitos ocorridos durante a fabricação.

**(6) Perda por falha no início da produção:**

Neste caso, a perda é considerada como o tempo perdido para que a produção entre em regime de processo normal e pode ser causado pela insegurança da própria operação, por ferramentas improprias, devido manutenções não realizadas, técnico do operador que apresentam falta de conhecimento ou carência de matérias-primas.

Segundo o JIPM (*Japan Institute of Productive Management*) apud Freitas (2002), a organização do TPM é estabelecida em 8 pontos, onde a implementação de todos direcionará a companhia a um resultado de perfeição. Estes dispõem, objetivos característicos, conforme apresentado a seguir:

- Manutenção da Qualidade: assegurar que haja nenhum defeito de qualidade, segurando as condições corretas de métodos, materiais, equipamentos e pessoas;

- Melhoria Específica: através de habilidades analíticas deve-se identificar e eliminar perdas do processo produtivo;

- Saúde, Meio Ambiente e Segurança: o mesmo busca a meta de zero acidentes, com danos ambientais, pessoais e materiais, com o uso de equipamentos confiáveis, precaução da falha humana e processos e máquinas que não prejudiquem o meio ambiente;

- Manutenção Programada: o mesmo busca diminuir custos de manutenção, segurando boas condições de processos e máquinas, por meio de atividades de melhoria e administração da manutenção. Suportar com eficiência o Pilar de Manutenção Autônoma;

- *Office TPM*: perceber e tratar perdas administrativas; especificamente baixa o tempo e aumenta a precisão/qualidade das informações levantadas;

- Controle Inicial: utilizar todo o conhecimento aprendido com as melhorias e empregar novos projetos sem nenhum tipo de perda (tempo, velocidade, quebras qualidade, custo, etc.);

- Educação e Treinamento: aperfeiçoar o conhecimento e técnicas suportando os outros pilares na execução das atividades de TPM;

- Manutenção Autônoma: analisar e tratar prontamente as falhas observadas nas máquinas, de maneira a conservar as condições necessárias de funcionamento.

Esses oito pontos constituem e indicam o caminho para a filosofia da TPM, no qual a meta é a “Falha Zero”. Kardec e Nascif (2009) delimitam as ações que são necessárias para a obtenção definitiva da falha zero:

- Organização das condições primárias para a operação: limpeza das áreas, conservação, ordem e lubrificação;

- Respeito às condições de uso: trabalhar com os equipamentos dentro das condições estabelecidas;

- Regeneração do envelhecimento: recuperar e melhorar a máquina de defeitos por envelhecimento e impedir falhas futuras; retirar as causas de envelhecimento das máquinas; recuperar os equipamentos, eventualmente, retornando-os às condições em que foram fabricados; ter o domínio das falhas que provocam o desgaste dos componentes internos por meio dos cinco sentidos das pessoas e dos instrumentos e técnicas que mantêm a condição das máquinas (temperatura, vibração...);

- Eliminar os pontos falhos consequentes de projeto: consertar eventuais deficiências do projeto original; determinar a vida média por meio de métodos de diagnóstico;

- Promover capacidade técnica: capacitação e desenvolvimento das pessoas que executam as atividades, de maneira que possam perceber, observar e agir convenientemente.

Kardec e Nascif (2009) também demonstram um sistema de implementação da TPM, de acordo com o quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Etapas da Implementação da TPM.

Fase	Nº	Etapa	Ações
	1	Comprometimento da alta administração	. Divulgação da TPM em todas as áreas da empresa . Divulgação através de jornais internos
	2	Divulgação e treinamento inicial	. Seminário interno dirigido a gerentes de níveis superior e intermediário . Treinamento de operadores
	3	Definição do órgão ou Comitê responsável pela implantação	. Estruturação e definição das pessoas do Comitê de implantação
	4	Definição da Política e Metas	. Escolha das metas e objetivos a serem alcançados
	5	Elaboração do Plano Diretor de implantação	. Detalhamento do plano de implantação em todos os níveis
Introdução	6	Outras atividades relacionadas com a introdução	. Convite a fornecedores, clientes e empresas contratadas
	7	Melhorias em máquinas e equipamentos	. Definição de área e/ou equipamentos e estruturação das equipes de trabalho
	8	Estrutura da Manutenção Autônoma	. Implementação da manutenção Autônoma, por etapas, de acordo com programa . Auditoria em cada etapa
	9	Estruturação do Setor de Manutenção e condução da Manutenção Preditiva	. Condução da Manutenção Preditiva . Sobressalentes, Ferramentas e Desenhos...
	10	Desenvolvimento e capacitação pessoal	. Treinamento de pessoal de operação para desenvolvimento de novas habilidades relativas a manutenção . Treinamento de pessoal de manutenção para análise, diagnóstico, etc. . Formação de líderes . Educação de todo o pessoal
	11	Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase inicial	. Gestão de fluxo inicial . LCC ( <i>Life Cycle Cost</i> )
Consolidação	12	Realização da TPM e seu aperfeiçoamento	. Candidatura ao Prêmio PM . Busca de objetivos mais ambiciosos

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2009.

Costa (2013) reitera que o objetivo da metodologia da TPM é desenvolver e capacitar os operadores para que possam conduzir a manutenção de forma natural e trabalhem pro ativamente para o aperfeiçoamento das condições das máquinas, aliando a isso, a realização de treinamentos com a equipe de manutenção a fim de que seja

polivalente, agindo no desejo de busca permanente de economias, ora através de reprojatos, ora através do tratamento dos obstáculos à produção.

### **2.5.2 RCM (Reliability-centered maintenance) ou MCC (Manutenção centrada na confiabilidade)**

A compreensão de confiabilidade se apresentou na manutenção a partir de um exercício, nos Estados Unidos, sobre erros em dispositivos eletrônicos militares, década de 50. A atividade foi elaborada por estudantes da *Federal Aviation Administration* para o setor aeronáutico, onde os resultados redirecionaram os métodos de manutenção da época: (i) um elemento não obtém modo dominante e representativo de avaria, correções planejadas pouco atingem o grau de confiabilidade deste elemento; (ii) em diversos elementos o ato de atividade preventiva não é eficiente (Moubray, 1996 apud Sellito, 2007).

Um elemento que o conserto não é possível, a exemplo de satélites artificiais, a credibilidade é a resistência prevista de rendimento sem avarias, sob requisitos de projeto. Para os reparáveis, como mecanismos industriais em geral, a credibilidade é a perspectiva de rendimento sem avarias no decorrer de um espaço de tempo, sob requisitos de projeto (Elsayed, 1996 apud Sellito, 2007).

RCM é um método que analisa um sistema ou máquina detalhadamente, estuda possíveis erros e estabelece a maneira mais adequada de manutenção de maneira a precaver os erros ou reduzir danos resultantes dos erros, segundo Kardec e Nascif (2009). Sendo assim, é um instrumento de apoio à ordem gerencial.

Já de acordo com Souza e Lima (2003) apud Costa (2013), de modo diferente a outros métodos, a RCM procura guiar e planejar a manutenção de um setor em particular ou de toda a instituição, e a própria instituição vai estabelecer o grau de reparo que almeja ou julga conveniente para suas instalações, conforme parâmetros de planejamento, custo x benefício, consequências de avarias, dentre outros.

Kardec e Nascif (2009) estabelecem algumas etapas para o estabelecimento da RCM:

- Escolha do sistema;
- Seleção das tarefas e metas de rendimento;
- Definição de erros operacionais e padrões de rendimento;
- Estudo dos comportamentos e impactos das avarias;
- Histórico de atividades e verificação dos documentos técnicos;
- Definição de planos de execução: função, política e periodicidade.

Os mesmos aconselham a prática de sete questões a seguir para acrescentar um dispositivo, equipamento ou série no método de RCM:

1. Quais as obrigações e os referências de rendimento do elemento no cenário produtivo hoje?
2. De quais maneiras ele não cumpre com suas obrigações esperadas?
3. Qual razão de cada erro operacional?
4. O que se verifica assim que acontece cada erro?
5. Qual a importância de cada erro?
6. Quais as maneiras de prevenção para cada erro?
7. Qual o procedimento se não for identificada uma ação preventiva adequada?

De maneira a solucionar cada assunto, a RCM adota métodos e mecanismos de um vasto grupo de resultados, de acordo com uma sequência desenvolvida.

Segundo Kardec e Nascif (2009), as soluções relevantes provocadas pela inserção de estudos pela RCM:

- Maior entendimento do desempenho das máquinas e instalações, permitindo aumento de capacidade aos componentes de diferentes especialidades;

- Aumento das atividades como time, com resultados satisfatórios no estudo, resolução de falhas e instauração de sistemas de trabalho;

- Determinação das falhas dos elementos e seus fatores fundamentais, apresentando procedimentos para impedir que as mesmas sejam capazes de acontecer involuntariamente ou provocadas por ações pessoais;

- Estruturação dos projetos que assegurem o funcionamento do elemento em um ponto de rendimento esperado. Esses projetos compreendem: projetos de manutenção; estratégias da operação; plano de alterações e melhorias, geralmente tarefa da Engenharia, que saem do propósito de função da manutenção e operacional, e são essenciais para que o elemento alcance e se mantenha no estágio de rendimento pretendido.

## **2.6 Planejamento e Controle Da Manutenção (PCM)**

Em um trabalho de manutenção, a atividade planejamento é particularmente árdua e delicada, os seus serviços são variados e a consciência de urgência é mais recorrente e com grandes consequências que na elaboração (Monchy, 1987). Monchy (1987) do mesmo modo cita os problemas a serem solucionados pela organização da manutenção: subordinação da fabricação (paradas de produção); segurança (período das limitações); assistência dos trabalhos subcontratados, geralmente abundantes na manutenção; suprimento dos objetos de reposição; meios de manutenção diferentes a tornar disponíveis; triagem das necessidades de intervenções corretivas.

A Produção contém a Manutenção e a Operação, encontrando-se que estas ocupam um próprio nível hierárquico adentro de uma administração produtiva (Viana, 2006). Esta representa tendência comprovada pela Tabela 5 abaixo, onde em 2013, em 44,30% das empresas estudadas, a manutenção depende da Diretoria e Superintendência, quando em 1995 esse valor foi de 86,08% e, em 1997, foi de 80,00%.

Tabela 5 – Nível Hierárquico da Manutenção nas Empresas Brasileiras.

Níveis Hierárquicos da Manutenção	Percentual de Empresas (%)									
	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013
<b>Diretoria</b>	44,34	37,5	39,13	33,8	30,71	28,21	25	20,77	24,83	29,53
<b>Superintendência</b>	41,74	42,5	30,43	26,76	29,13	20,51	21,25	26,92	11,03	14,77
<b>Gerencial</b>	-	-	27,83	37,32	37,01	50,43	52,5	52,31	62,07	54,36
<b>Outros</b>	13,92	20	2,61	2,12	3,15	0,85	1,25	0	2,07	1,34

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013.

Logo, o caminho é que a Manutenção empregue um grau de gerência departamental, da equivalente forma que a operação. Já o PCM é uma parte de suporte à manutenção, estando diretamente ligado à gerência de setor (Viana, 2006).

Viana (2006, p. 53) esclarece que o reporte dos conhecimentos concernentes aos serviços de manutenção apresenta uma grande importância no comando de um processo produtivo, visto que com um banco de dados elaborado é possível acompanhar todo o percurso de um equipamento, e os dilemas que o acompanham; assim, é realizado o estudo com precisão de dados que servem de base para planejamentos de engenharia, estudo de câmbio de fornecedores, aperfeiçoamento da manutenibilidade e tomada de medidas baseadas em referências mensuráveis.

Para que o PCM consiga ser implantado é importante a formação de um Sistema de Controle e Planejamento, que consiga ser manual ou informatizado. De acordo com Reis et al. (2010) apud Tavares (1987).

O Quadro 2 demonstra resumidamente os benefícios e desvantagens no uso de sistemas de controle de atividade manual versus informatizado:

Quadro 2 – Comparação entre sistemas de controle de manutenção manual versus informatizado.

	<b>Controle Manual</b>	<b>Controle Informatizado</b>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. É de fácil e rápida implantação e execução</li> <li>. Custo baixíssimo</li> <li>. Permite uma visão global da manutenção</li> <li>. Aceita menor envolvimento do pessoal para implantação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Processamento de grandes volumes de informações, o que torna mais fácil a apresentação de relatórios</li> <li>. É mais confiável</li> <li>. Torna mais rápida a pesquisa de dados históricos dos equipamentos</li> <li>. Os programas permitem um levantamento atualizado do que está acontecendo e quanto está custando</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Dispersão dos dados</li> <li>. Necessidade de um grande número de pessoas para fornecer os dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Os custos e prazos para implantação são maiores</li> <li>. Maiores cuidados no treinamento dos responsáveis pelos dados</li> <li>. Perda da noção de conjunto do plano de manutenção</li> <li>. Eventuais rejeições por parte dos colaboradores, por não gostarem de fazer "trabalhos de mesa"</li> </ul>

Fonte: Reis et al., 2010

Com isso, foi retirada a Tabela 6 do Documento Nacional da Manutenção realizado pela ABRAMAN, observamos os tipos de programas de controle de manutenção e sua porcentagem de utilização no Brasil:

Tabela 6 – Tipos de Programas de Controle da Manutenção usados no Brasil.

<b>Tipos de Programas (Soft) utilizados na Manutenção (% de Respostas)</b>						
<b>Ano</b>	<b>Próprio</b>	<b>Externos Adaptados</b>	<b>Externos Pacotes</b>	<b>Próprio e Externos</b>	<b>Só Planilhas Eletrônicas</b>	<b>Não utiliza Software</b>
<b>2009</b>	11,36	18,18	35,8	14,2	18,75	1,7
<b>2007</b>	12,63	16,32	35,79	20,53	13,16	1,58
<b>2005</b>	17,6	19,2	24,8	20,8	13,6	4
<b>2003</b>	20,14	11,51	34,53	18,71	11,51	3,6
<b>2001</b>	18,59	17,31	19,87	33,33	5,77	5,13
<b>1999</b>	23,85	13,85	26,15	24,62	8,45	3,08
<b>1997</b>	25,19	20,74	11,85	28,15	8,15	5,92
<b>1995</b>	46,89	12,43	16,95	23,73	-	-

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2009.

Pela Tabela 6 fica visível o valor de um sistema de comando da manutenção, percebe-se o investimento notável das empresas com programas (*softwares*) na área de PCM. Entretanto, apesar do alto índice de emprego de pacotes de programas externos, ampla parte das empresas ainda usam de planilhas eletrônicas (18,95%), no qual mostra numerosas oportunidades de melhoria e aumento do setor.

Viana (2006, p. 163) relata os propósitos de um gerenciamento de controle de manutenção:

- Preparar e padronizar os métodos ligados as atividades de manutenção, tais como: agenciar serviços, planejamento de serviços e informações oriundos do banco de dados;

- Simplificar o ganho de conhecimentos da manutenção, por exemplo, preço do equipamento, desempenho, características técnicas, etc;

- Gerenciar o método de manutenção através dos planejamentos preventivos, de forma a assegurar que as tarefas programadas sejam emitidas em modelos de Ordem de Manutenção;

- Ampliar a produtividade da manutenção pelo meio de referências, melhoria de mão-de-obra e/ou priorização dos trabalhos;

- Verificar o estado dos equipamentos;

- Conceber relatórios de histórico dos equipamentos, como das regras de manutenção.

Viana (2006) ainda esclarece que devesse estudar a efetiva realidade da manutenção da empresa, realizando um paralelo com suas carências, assim planejando o perfil do sistema de comando de manutenção mais apropriado para o PCM de que se trata.

## **2.7 Indicadores da Manutenção**

Os indicadores da manutenção ou sinalizadores de manutenção são medidas ou parâmetros numéricos estabelecidos sobre os métodos que queremos controlar,

autorizam a supervisão e quantificação dos métodos, sendo informações chave para a resolução.

Conforme Viana (2006, p. 139), os parâmetros de manutenção não só conduzem os desafios da manutenção, mas do mesmo modo sua rotina diária. Ainda esclarece que devem retratar aspectos respeitáveis no método da planta, e o PCM tem a obrigação de avaliar a mais melhor forma de acompanhamento do processo, com isso dar prosseguimento a aquilo que acrescenta valor.

Viana (2006) mostra alguns indicadores que são parâmetros no que tange à manutenção, eles são:

- MTBF (*Mean Time Between Failures*) também conhecido como TMPF (Tempo Médio para Falhar): é a divisão da adição das horas disponíveis do instrumento para produção, pelo número de operações corretivas neste equipamento no tempo estabelecido. Se o valor de MTBF crescer com o tempo, é uma indicação positiva para a manutenção, pois é sinal que o número de ações corretivas vem diminuindo, e assim sendo o total de horas livres para a operação, crescendo.

- MTTR (*Mean Time To Repair*) também conhecido como TMPR (Tempo Médio para Reparo): é a separação entre a adição das horas que a operação está indisponível devido à manutenção, pelo fato do número de intervenções de manutenção corretivas no período. Caso o MTTR reduzir com o tempo, é uma indicação positiva para a manutenção, visto que significa reparos corretivos na produção são cada vez menos impactantes;

- Disponibilidade operacional: é a competência de um item estar em forma de executar uma distinta função em um dado momento ou durante um certo período de tempo. Matematicamente pode-se afirmar que é a ligação entre as horas totais no período e horas trabalhadas;

- Custo de manutenção por lucro: é a relação entre os gastos totais com manutenção e o faturamento da companhia;

- Custo de manutenção por reposição de valor: é a relação entre valor de compra de um equipamento e o custo total de manutenção;

- *Backlog*: é a ligação entre a demanda de tarefas e a capacidade de abrangê-las, ou seja, é a adição de todas as horas calculadas de Hh em carteira, separadas pela competência técnica da equipe de executantes;

- Índice de retrabalho: apresenta o percentual de tempo trabalhado em ordens de manutenção finalizadas, e reabertas por algum motivo, pelo total trabalhado no período. Tem o intuito de verificar a qualidade das tarefas de manutenção, se as interferências são definitivas, ou paliativas causando um constante retorno ao equipamento. Já se o valor fosse zero, seria ideal;

- Índice de corretiva: determina o percentual de tempo de manutenção que foram aplicadas em corretivas. Sua meta é fornecer a situação real da ação, planejamento e programação;

- Índice de preventiva: determina o percentual de tempo de manutenção que foram aplicadas em preventivas, sendo o contrário do índice de corretiva;

- Taxa de frequência de acidentes: mede a eficiência das ações na procura de um lugar seguro para o trabalho. É o número de acidentes em milhão de Hh trabalhado.

A Tabela 7 abaixo, retirada do Documento Nacional da Manutenção no Brasil, realizado pelo ABRAMAN, revela os indicadores de manutenção mais utilizados no Brasil:

*Tabela 7 – Principais Indicadores de Desempenho utilizados.*

Principais Indicadores de Desempenho utilizados (Grau de Importância - G1)										G1 2011
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	
<b>Custos</b>	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	21,56	1
<b>Frequência de Falhas</b>	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,27	9,75	9,81	10,47	5
<b>Satisfação do Cliente</b>	13,90	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	6,37	7
<b>Disponibilidade Operacional</b>	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	20,74	2
<b>Retrabalho</b>	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	4,72	8
<b>Backlog</b>	8,07	6,55	8,98	10,41	6,92	6,92	11,57	10,02	9,86	6
<b>Não utilizam</b>	-	2,09	2,79	1,22	0,72	0,72	0,33	1,07	0,82	9
<b>MTBF</b>	-	-	-	-	11,69	11,69	14,21	12,79	13,35	3

<b>MTTR</b>	-	-	-	-	11,46	11,46	11,74	11,94	12,11	4
<b>Outros Indicadores</b>	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	0,00	10

*Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2011.*

De acordo com a Tabela 7, o padrão Disponibilidade Operacional está representando uma inversa variável, ou seja, a Indisponibilidade Operacional. Já um dos maiores propósitos das empresas é somar a disponibilidade dos recursos de equipamentos e máquinas, tais valores hoje estão por volta de 80% e apresentam uma evolução. No indicador custos, observa-se uma inclinação de queda anual de custo em relação a quantia dos ativos, essa inclinação corrobora para a força que tem sido feita pelas empresas brasileiras para a diminuição dos custos na gestão de ativos e de manutenção. O sinalizador TMPF ou MTBF (Tempo Médio para Falhar) tem uma tendência de aumento, cada vez mais a manutenção passa a cumprir papel estratégico e deixa de ser função de suporte para os processos produtivos, assegurando Disponibilidade e Confiabilidade, melhorando assim o TMPF. Entretanto ainda é preciso diminuir o TMPR ou MTTR (Tempo Médio para Reparo) que representa uma inclinação de aumento, envolvendo a Disponibilidade Operacional (Oliveira, 2013).

Entretanto, como também se pode ver pela tabela, ainda são pouco empregados no Brasil parâmetros ligados à preservação ambiental e do mesmo modo os ligados à satisfação e moral dos trabalhadores; é um alto indicativo de que grande parte das empresas nacionais até o momento devem passar por um progresso caso aspirem se transformar em empresas de classe mundial (Costa, 2013).

## **2.8 Qualidade na Manutenção**

Na Gestão pela Qualidade Total (GQT) também conhecido como Total Quality Management (TQM) é um gerenciamento de processos que tem origem no Japão nos anos 50, transformando-se popular nos anos 80 no Ocidente. De acordo com Kardec e Nascif (2009), hoje em dia a TQM é faz parte do processo de gerenciamento em um amplo ramo de atividade: comércio, indústria, governo, educação, etc. Afirmam do mesmo modo que a TQM é um instrumento eficaz para se alcançar a satisfação do cliente e obter a competitividade empresarial.

Kardec e Nascif (2009) identificam as seguintes razões como implementadoras do processo:

- Grande confiabilidade e disponibilidade operacional;
- Grande competitividade;
- Grande produtividade;
- Diminuição dos custos de manutenção e globais;
- Extinção de desperdícios;
- Diminuição de retrabalhos;
- Grande motivação e espírito de equipe.

Para obter sucesso, de acordo com Xenos (1998), a TQM necessita ser realizada por todas as pessoas, por meio do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Action* também conhecido como Planejamento-Execução-Verificação-Atuação).

Como bem explica Kardec e Nascif (2009) o PDCA, se trata de gerenciar processos: acompanhando a execução, planejamento, verificando se há desvios e, se necessário, corrigindo-as. As etapas do ciclo PDCA são mostradas na figura 5:

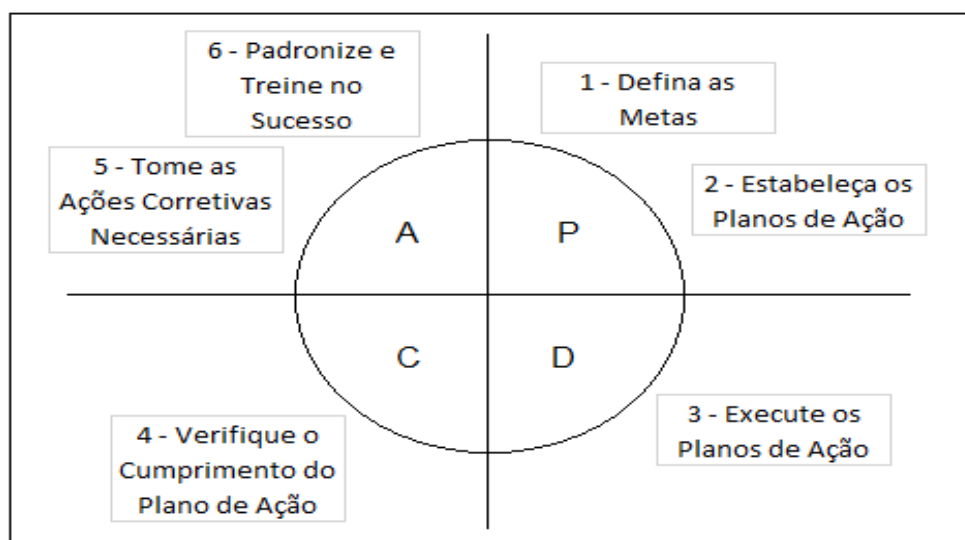


Figura 5 – Etapas do ciclo PCDA.

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

Xenos (1998) relata os princípios para o desenvolvimento em qualquer organização utilizando TQM:

- As ações devem ser direcionadas para a satisfação das carências e expectativas dos clientes;
- Deve ser conhecida a situação atual da empresa;
- Os pontos fracos do ambiente de trabalho devem ser reconhecidos;
- Decisões devem ter preferências, deixando o menos importante de lado e atacando primeiro o mais crítico;
- O processo é tem mais importância que os resultados;
- Pesquisa de dados por meio dos fatos observados;
- A atuação deve ser preventiva, logo, a qualidade é feita ao longo do processo produtivo;
- Estabelecimento de um programa para não ter reincidência dos mesmos problemas.

Kardec e Nascif (2009) citam princípios básicos que se utilizam na TQM e na manutenção:

- Agrado total dos clientes;
- Gerência comunicativa;
- Progresso humano (aprendizado constante);
- Seguimento de propósitos (olhar para o futuro e ações coerentes com esse olhar);
- Progresso contínuo;
- Coordenação dos processos (aplicação correta e plena do ciclo PDCA);

- Delegação;
- Propagação das informações;
- Qualidade com garantia – gerenciamento da rotina;
- Não aceitar erros (repetitivos e por falta de comprometimento).

A Tabela 8, retirada do Documento Nacional da Manutenção, feito pela ABRAMAN, apresenta as principais ferramentas usadas para proporcionar a qualidade nas empresas brasileiras:

*Tabela 8 – Ferramentas Utilizadas para Promover a Qualidade da Manutenção.*

<b>Ferramentas Utilizadas para Promover a Qualidade (% de Respostas)</b>								
<b>Ano</b>	<b>MCC</b>	<b>5S</b>	<b>FMEA</b>	<b>RCFA</b>	<b>CCQ</b>	<b>TPM</b>	<b>6 SIGMA</b>	<b>OUTROS</b>
<b>2013</b>	19,25	23,26	16,31	17,91	-	12,93	10,43	0,00
<b>2011</b>	17,03	27,86	17,34	15,79	-	12,69	9,29	0,00
<b>2009</b>	16,48	28,74	14,94	16,09	-	13,03	10,73	0,00
<b>2007</b>	18,65	27,22	22,02	17,13	-	10,09	0,92	3,98
<b>2005</b>	15,2	41,18	-	-	10,78	15,69	7,35	9,80
<b>2003</b>	20,31	37,5	-	-	8,33	16,15	5,73	11,98
<b>2001</b>	17,35	37,9	-	-	11,42	14,61	-	18,72
<b>1999</b>	5,62	40,45	-	-	16,29	20,79	-	16,85
<b>1997</b>	2,89	46,24	-	-	12,14	18,5	-	20,23
<b>1995</b>	-	39,83	-	-	17,37	21,61	-	21,19

*Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013.*

A Tabela 8 apresenta que a ferramenta mais usada para proporcionar a qualidade é o 5's, pela alta facilidade de introdução do que pela eficácia, distante de ser uma ferramenta específica utilizada a Manutenção. O RCM (MCC) ou TPM são relativamente bem usados, bem como as ferramentas de verificação de falha (RCFA e FMEA). Existe uma inclinação de que as ferramentas 6 Sigma e MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) sejam mais usadas, ao passo que a 5's diminui.

De acordo com a Tabela 09, também vista no Documento Nacional da Manutenção, feito pela ABRAMAN, é possível do mesmo modo verificar a qualidade da manutenção no Brasil, desta vez por meio da utilização básica do sistema de qualidade de manutenção utilizada nas empresas brasileiras:

Tabela 09 – Filosofia básica do sistema de qualidade utilizada na manutenção.

Ano	Normas: ISO 9000, 1400 OU 15949	SGQ	PNQ	GTQ (Gestão da Qualidade Total)	ISSO/GTQ	OUTROS
2011	59,24	31,52	9,24	-	-	0,00
2009	56,25	31,25	12,5	-	-	0,00
2007	52,24	21,89	14,43	-	-	11,44
2005	52,17	26,09	10,44	-	-	11,30
2003	61,12	24,60	13,49	-	-	0,79
2001	56,87	-	-	25,63	-	17,50
1999	54,46	-	-	29,47	-	16,07
1997	43,14	-	-	29,41	17,65	9,80
1995	43,45	-	-	44,05	-	12,50

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2011.

De acordo com a Tabela 09, fica visível que a gestão da Manutenção sobre as indústrias brasileiras ainda está altamente ligada no Sistema de Gestão da Qualidade, este cenário não é o melhor, e é provável que essa inclinação continue para os demais períodos, ou seja, levará um certo tempo para que no Brasil as indústrias tratem a função de uma maneira mais estratégica, sem depender da normatização ou do sistema de gestão (Oliveira, 2013).

## 2.9 Estrutura Organizacional da Manutenção

A atuação da manutenção é vista em todos os lugares e circunstâncias, por isso a sua elaboração e sua subordinação na empresa suportam ter variações em virtude da variedade de atividades e porte das empresas, com tudo a filosofia básica é equivalente (Kardec e Nascif, 2009).

A maneira de comportamento da manutenção pode ser mista, centralizada e descentralizada.

A manutenção centralizada, como podemos verificar na Figura 6, é composta por um único conjunto de manutenção, com e nível igual dos conjuntos operativos, atendendo seja qual for o tipo de necessidade de tratamento, em qualquer setor requisitado (Souza, 2008 apud Costa, 2013). Conforme Kardec e Nascif (2009), na manutenção centralizada é usada pela maioria das médias e pequenas empresas, e também por boa parte das indústrias de processamento com características do layout que possibilita uma grande concentração de equipamentos em uma área parcialmente pequena, como por exemplo, refinarias e plantas petroquímicas, fábricas de cimento.

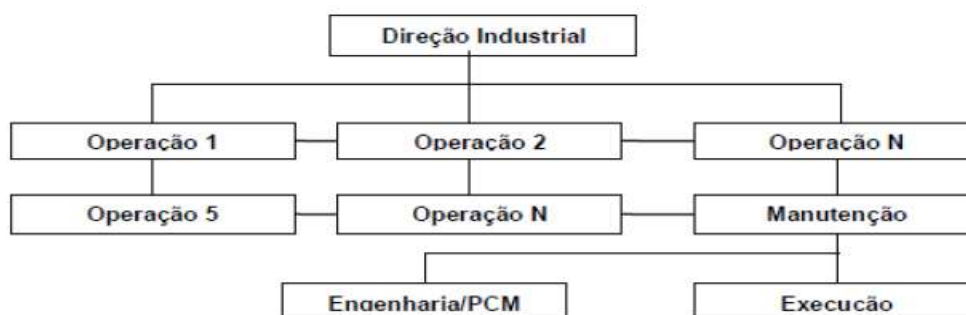


Figura 6 – Estrutura organizacional centralizada da manutenção.

Fonte: Souza, 2008 apud Costa, 2013.

A manutenção descentralizada, como podemos observar na Figura 7, é definida separando uma equipe de manutenção para cada etapa de processo, sendo essa encarregada tanto pela execução quanto pelo controle e planejamento (Souza, 2008 apud Costa, 2013). Já como Kardec e Nascif (2009) apresentam, a grande distância entre as diferentes características do processo e linhas de produção em indústrias de grande porte proporcionam uma inclinação pela manutenção descentralizada, pode se usar como exemplo, em grandes usinas siderúrgicas.



Figura 7 – Estrutura organizacional descentralizada da manutenção.

Fonte: Souza, 2008 apud Costa, 2013.

A manutenção mista, ilustrada na Figura 8, combina as duas anteriores, pois concede autonomia a cada parte do processo para realizações rotineiras e, ao mesmo tempo, é gerenciada por uma única parte onde são disponibilizados as técnicas e processos de controle normatizado (Souza, 2008 apud Costa, 2013). De acordo com Kardec e Nascif (2009) ela é bastante aplicada em plantas muito grandes e grandes, pois favorece as vantagens da estrutura descentralizada e da centralizada.

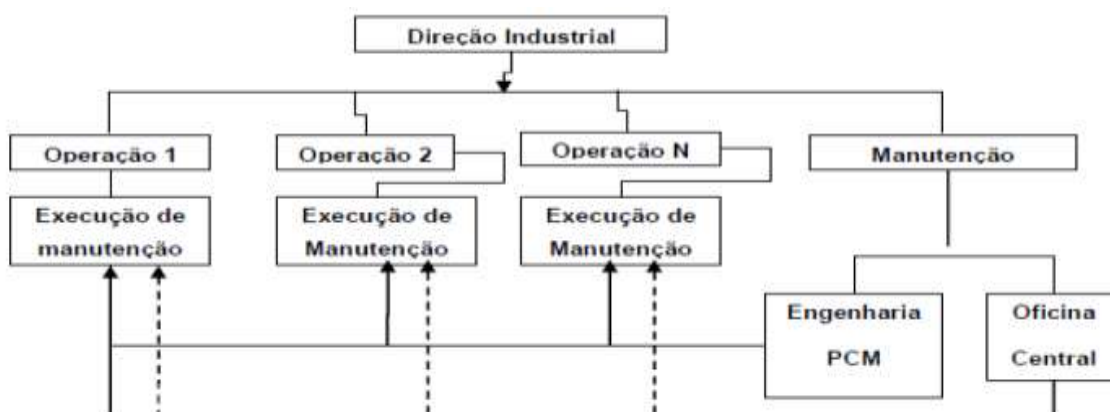


Figura 8 – Estrutura organizacional mista da manutenção.

Fonte: Souza, 2008 apud Costa, 2013.

Na Tabela 10, encontrada no Documento Nacional da Manutenção feito pela ABRAMAN, podemos observar a manutenção no Brasil através da distribuição das estruturas organizacionais:

Tabela 10 – Distribuição das estruturas organizacionais da manutenção.

Forma de	%
----------	---

<b>Atuação da Manutenção</b>	<b>1995</b>	<b>1997</b>	<b>1999</b>	<b>2001</b>	<b>2003</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
<b>Centralizada</b>	46,2	42,5	40,52	36,62	42,52	36,14	26,28	32,59	31,72	47,3
<b>Descentralizada</b>	13,7	15,83	21,55	21,13	21,26	27,2	33,97	36,67	27,59	23,65
<b>Mista</b>	33,5	41,67	42,25	42,25	36,22	35,96	39,75	40,74	40,69	29,05
<b>Unid. de Negócio</b>	6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013.*

A tabela demonstra que até 2013 existia uma inclinação de mudança das estruturas centralizadas pelas estruturas organizacionais mistas, certamente significa um desenvolvimento das indústrias, no qual um sistema organizacional misto na manutenção é melhor para grandes indústrias.

## **2.10 Terceirização da Manutenção**

Terceirizar deve ser uma ligação de parceria, trazendo vantagens competitivas para a empresa contratante, por meio de uma economia de escalas, e para a empresa contratada por meio de uma maior especialização, autonomia gerencial e engajamento com resultados (Kardec e Nascif, 2009).

É um instrumento estratégico e deve ser utilizada de modo adequado pois envolve segurança, qualidade, aspectos legais e custo e, portanto, seu uso incorreto ou inadequado pode trazer danos para a empresa.

A terceirizar a manutenção é adequado, principalmente, em fábricas do qual o setor de manutenção não demonstra um nível de serviço adequado com suas metas e, nesse caso, a terceirizada seria capaz de suprir essa insuficiência, pois essa é sua especialidade (Costa, 2013).

Kardec e Nascif (2009) sugerem condições para terceirizar:

- Determinar as tarefas que podem ser terceirizadas em parte ou no todo, tendo especial cuidado com as tarefas-fim e estratégicas, onde se integra parte da manutenção;
- Averiguar a presença no mercado de empresas que prestam serviço;

- Objetivar efeitos de médio e também de longo prazo e não, simplesmente, diminuição de custos em curto prazo;
- Estabelecer um tipo de parceria;
- Procurar a melhoria constante de resultados, com ganhos separados entre as partes;
- Estabelecer parâmetros de resultados nas áreas de atendimento, qualidade, segurança moral, custo e meio ambiente;
- Ter como objetivo principal o progresso tecnológico do prestador de serviços.

Kardec e Nascif (2009), também definem desvantagens e vantagens da terceirização:

- Desvantagens: crescimento da dependência de terceiros; crescimento de custos quando, simplesmente, se contrata uma terceirizada; crescimento do risco empresarial pela chance de queda na qualidade; diminuição de especialização própria; crescimento do risco de acidentes pessoais; crescimento do risco de passivo trabalhista, conforme a qualidade da contratação.

- Vantagens: crescimento da qualidade; diminuição de custos; diminuição de estoques, quando se fecha contrato com abastecimento de material; flexibilidade organizacional; maior administração do tempo para fazer a gestão do negócio; redução do desperdício; diminuição das áreas ocupadas.

Pode-se avaliar, de acordo com os propósitos e estratégias definidas, se de fato a terceirização é o melhor rumo a ser adotado para o setor ou a empresa. E se o caminho for terceirizar, pode-se traçar indicadores para conduzir e avaliar seu progresso na empresa.

As Tabelas 11, 12 e 13, vistas no Documento Nacional da Manutenção feito pela ABRAMAN, demonstram a contratação de terceirizadas no Brasil:

*Tabela 11 – Tendência de Contratação de Serviços de Manutenção.*

<b>Ano</b>	<b>Tendência de Contratação de Serviços (%)</b>
------------	---

	Aumentar	Manter Mesmo Nível	Diminuir
<b>2013</b>	39,60	46,98	13,42
<b>2011</b>	36,43	45,71	17,86
<b>2009</b>	41,46	37,40	21,14
<b>2007</b>	34,81	50,63	14,56
<b>2005</b>	42,37	45,77	11,86
<b>2003</b>	44,44	49,21	6,35
<b>2001</b>	51,77	41,14	7,09
<b>1999</b>	46,43	45,53	8,04
<b>1997</b>	64,10	28,21	7,69
<b>1995</b>	66,49	27,32	6,19

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013.

Tabela 12 – Conceito dos Serviços de Manutenção Contratados.

Conceito dos Serviços Contratados (% de Empresas)						
Ano	Excelente	Muito Bom	Bom	Regular	Deficiente	Insuficiente
<b>2013</b>	0,68	16,33	42,86	31,29	8,84	0,00
<b>2011</b>	2,84	19,86	52,48	20,57	4,26	0,00
<b>2009</b>	1,63	18,70	55,28	21,14	3,25	0,00
<b>2007</b>	0,63	13,21	61,01	22,64	2,51	0,00
<b>2005</b>	0,86	18,10	56,04	22,41	1,73	0,00
<b>2003</b>	0,79	15,75	59,69	24,41	2,36	0,00
<b>2001</b>	0,70	12,68	57,75	25,35	3,52	0,00
<b>1999</b>	0,00	14,16	58,41	23,89	3,54	0,00
<b>1997</b>	0,87	8,70	42,22	40,87	4,35	0,00
<b>1995</b>	3,13	8,33	48,44	33,85	5,21	1,04

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013.

Tabela 13 – Critérios Utilizados na Contratação de Serviços de Manutenção Pelas Empresas.

Critérios Utilizados na Contratação de Serviços Pelas Empresas					
Ano	Preço	Tecnologia	Prazo	Qualidade	Experiência
<b>2013</b>	I	V	III	II	IV
<b>2011</b>	I	V	III	II	IV

<b>2009</b>	II	V	IV	I	III
<b>2007</b>	II	V	IV	I	III
<b>2005</b>	II	V	IV	I	III
<b>2003</b>	III	IV	V	I	II
<b>2001</b>	II	IV	V	I	III
<b>1999</b>	II	III	V	I	IV
<b>1997</b>	I	V	III	II	IV

*Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013.*

De acordo com Tabela 11, a terceirização para a manutenção está em crescimento no Brasil. Pela Tabela 12 pode-se observar que os conceitos “muito bom” e “bom” nas tarefas de manutenção contratadas contêm aproximadamente 72% em 2011 e 60% em 2013 de opiniões de empresas contratantes. Já a Tabela 13 demonstra que “Preço e Qualidade” continuam sendo os fatores de maior importância para as empresas na contratação de serviços, isso demonstra que as empresas brasileiras se preocupam não só com o preço na busca pela terceirização da manutenção, mas do mesmo modo com a qualidade do serviço apresentado, o que é apropriado já que a manutenção é encargo estratégica da empresa.

### **3. METODOLOGIA**

Conforme explicado na seção 1.4, este projeto tem o propósito, com conhecimento no estudo e entendimento da realidade da empresa em estudo, elaborar um controle e planejamento da manutenção preditiva que apresente características e se adeque da melhor maneira à realidade da empresa, de maneira que o planejamento e controle da manutenção preditiva tenha boa funcionalidade. À vista disso, foi estabelecida uma metodologia de inserção adequada à realidade empresa, e determinada também uma área crítica de aplicação, conforme evidenciado anteriormente, a linha de envasamento de bebidas.

Os gestores da empresa destacaram a linha de envasamento de bebidas como a setor a ser priorizado, já que segundo eles, é o setor “que aponta maiores oportunidades de melhoria” com relação à manutenção, devido as suas constantes falhas e quebras, ocasionando uma alta indisponibilidade. Assim sendo, foi concordado desenvolver o presente trabalho nessa linha de produção.

Para compreender melhor o cenário da manutenção na fábrica, e com isso o planejamento da manutenção com o melhor desempenho possível, foi elaborado um estudo da realidade da empresa.

### **3.1 Estudo da Realidade da Empresa**

Para um bom entendimento do cenário atual da empresa e elaborar um procedimento para o modelo de manutenção, foram desenvolvidas e seguidas as etapas de estudo abaixo:

- Coleta de informações com envolvidos na manutenção da empresa: operadores, mecânicos e gestores. Com as informações coletadas foi possível entender como o setor está estruturado e por quais motivos não há um tipo de controle de manutenção preditiva eficaz em uso;

- Estudo do processo produtivo: foram analisadas informações importantes do processo produtivo, e com essa análise foi possível determinar os pontos críticos;

- Análise e registro das informações: análise e registro de todos os dados levantados no processo produtivo pelas etapas anteriores objetivando a montagem de uma proposta de controle da manutenção preditiva.

Com o término das etapas de estudo e registro de dados, notou-se os problemas enfrentados no dia a dia da empresa, devido à necessidade de implementar um controle da manutenção preditiva e dessa maneira um melhor planejamento da mesma devidamente eficaz, estruturado e aplicado.

Dentre as dificuldades identificadas, é possível mencionar:

- Produtividade baixa devido as falhas constantes;
- Grandes tempos de parada para manutenção;
- Falta de documentação operacional e técnica dos equipamentos;
- Inexistência de um controle em campo dos pontos de análise preditiva;
- Falta de conhecimento dos técnicos em execução de ordens preditivas;

- Falta de equipamentos para realizar as análises preditivas nos equipamentos;
- Inexistência de relatórios com base na manutenção preditiva.

Identificados todos esses pontos, fica claro o cenário da manutenção preditiva da linha de envase de bebidas: com o baixo histórico de informações e eficiência, há necessidade em se desenvolver e aplicar um método de manutenção preditiva, com uma programação e controle com acompanhamento eficaz da manutenção.

### **3.2 Definição das Etapas da Metodologia**

A partir do levantamento e estudo da manutenção na fábrica, e analisada a necessidade de adequação de um planejamento e controle eficiente da manutenção, foi criada uma metodologia, dividida em 5 etapas, a compreender:

- Etapa 1: Codificação e cadastro dos equipamentos;
- Etapa 2: Criação e definição de ordens de serviço de manutenção preditiva;
- Etapa 3: Elaboração de um sistema de armazenamento de dados, que tenha dados de custos, histórico e materiais necessários para manutenção preditiva de cada máquina;
- Etapa 4: Idealização de um planejamento para manutenção preditiva;
- Etapa 5: Levantamento e definição dos indicadores pré-estabelecidos pela gerência para controle de performance da manutenção.

Com isso, buscou-se elaborar algo que estivesse enquadrado no cenário atual da empresa e que fosse fácil sua aplicação.

### **3.3 Descrição Detalhada das Etapas**

#### **Cadastro e codificação dos equipamentos**

A primeira etapa foi o levantamento e cadastro de cada equipamento e seus subconjuntos, que tem o objetivo de coletar dos equipamentos a maior quantidade de dados possíveis, possibilitando o registro desses dados coletados e conferindo acesso rápido a qualquer informação.

Com a codificação dos equipamentos consegue-se facilidade para organização e melhora o acompanhamento de sua vida útil, custos, histórico de quebras, etc. Tem a finalidade de mapear cada equipamento da fábrica e individualizar os mesmos garantindo melhor controle pelos gestores.

### **Criação de ordens de serviço de manutenção preditiva**

A segunda etapa foi a criação de ordem de serviço de manutenção preditiva. Por meio dela é possível criar e ter um procedimento de execução eficaz e elaborar um histórico dos equipamentos e seus subconjuntos, sendo muito importante para a estruturação e organização do sistema de manutenção da empresa.

As informações descritas na ordem de serviço, analisadas e organizadas em histórico, serão analisadas e utilizadas como ponto de partida para tomada de decisão dos supervisores responsáveis e para o funcionamento correto das rotinas de manutenção.

### **Elaboração de um sistema de banco de dados**

A terceira etapa foi a elaboração de um banco de dados, onde o mesmo tem o objetivo de guardar todos os dados informados pelos responsáveis de execução das manutenções através das ordens de serviço. Dessa maneira, consegue-se manter um histórico de todas as manutenções realizadas em cada equipamento e subconjunto, os motivos de intervenções da equipe de manutenção, qual o custo, tempos de paradas e ajuda nos cálculos dos índices de desempenhos da manutenção preditiva.

Permite ao responsável, avaliação constante dos dados deste controle. Serve de parâmetro para decisões dos responsáveis pelo setor, caso sejam acertadas, podem proporcionar evolução e aumento na rentabilidade, utilização mais eficaz dos insumos, melhoria na confiabilidade dos equipamentos e melhor utilização da mão de obra da empresa.

### **Concepção de um planejamento para manutenção preditiva**

A quarta etapa baseou-se no planejamento da manutenção, que estabelece um controle e uma periodicidade de execução da manutenção, ajudando a conservar o bom

funcionamento dos equipamentos disponíveis na fábrica, com isso assegurando uma produção com boa qualidade sem perdas de eficiência ou até de produtos.

Desta maneira, os equipamentos devem estar em bom estado de conservação para operar adequadamente atendendo as demandas exigidas pela programação da empresa.

### **Escolha dos indicadores de desempenho da manutenção**

A última etapa, foi determinado os indicadores de desempenho da manutenção, onde estabelecem métodos de avaliação da performance da área de manutenção, tendo como objetivo medir e apontar se o método que está sendo utilizado é eficaz e se precisa desenvolver melhor algum resultado, agregando valor à empresa.

## **4. ESTUDO DE CASO**

### **4.1 Cadastro e Codificação dos Equipamentos**

Foi desenvolvido o trabalho em estudo no setor de envasamento da empresa de bebidas, composto por 7 maquinários.

A linha funciona de maneira que uma máquina fornece as garrafas vazias para a máquina de envase e arrolhamento, em seguida as garrafas seguem para as máquinas de rotulagem e na sequência embalagem e no fim do processo se encontram duas máquinas para fazer o empilhamento e formação do produto final do processo da linha.

A codificação foi implementada com a finalidade de identificar o equipamento e seus subconjuntos, facilitando o estudo e observação da sua vida útil, custos, o seu histórico de quebras, dentre outros. Com isso, realizou-se a identificação das 7 máquinas, gerando 7 códigos diferentes e em cada código consegue-se identificar os subconjuntos de acordo com o tipo de componente.

Para a facilidade de leitura, utilizou-se códigos que formam um conjunto de caracteres numéricos e alfabéticos, e com isso facilitar sua incorporação, memorização e por possuírem maiores recursos. Com isso, o código possui o tipo de equipamento e subconjunto do equipamento e por último a sequência numérica, no caso de alguma máquina ou componente esteja duplicado.

Está representado na Figura 09, um exemplo de código gerado de um equipamento que foi criado para a fábrica de bebidas em estudo:

CODIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS			
LINHA	EQUIPAMENTO	SUBCONJUNTO	SEQUÊNCIA
EXEMPLO:			
XXX-MÁQUINA DE ENVASE-MR-01			

Figura 09 – Codificação dos equipamentos.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

#### 4.2 Criação de Ordens de Serviço de Manutenção Preditiva

A ordem de serviço é muito importante para a gestão do banco de dados e sistema de manutenção, através dela consegue-se montar um relatório com o histórico de cada equipamento e seus componentes.

Na fábrica em estudo, as atividades de manutenção são realizadas e acompanhadas através de ordens corretivas, emergenciais e preventivas: quando acontece alguma intervenção em um equipamento, mediante atividade corretiva, emergencial ou preventiva os responsáveis da linha realizam a comunicação com a equipe de manutenção, e com isso ambos cientes da ocorrência a ser realizada, a equipe de manutenção dirige-se até o equipamento e realiza o reparo. Porém não havia um sistema de manutenção preditiva para evitar as corretivas e emergenciais; com o tempo acontecia uma quebra em um equipamento para assim haver a intervenção. Ocorrendo perdas de produtividade e eficiência da linha e causando uma insatisfação no ambiente produtivo e de manutenção.

A mudança de cultura foi considerada como sendo parte significativa da estruturação do planejamento e possibilitando a implantação da manutenção preditiva e a criação de um histórico, e como segunda etapa da proposta, foi criada uma ordem de serviço da manutenção preditiva.

A ordem de serviço criada contém as seguintes informações:

- Numeração;
- Setor;
- Nome do equipamento;
- Código do equipamento;
- Descrição e procedimento de inspeção preditiva;
- Nome e assinatura do solicitante do serviço;
- Data e hora da execução;
- Descrição do serviço executado;
- Ferramentas necessárias para inspeção;
- Tempo de execução e quantidade de Hh;
- Observações adicionais (caso houver);
- Nome e assinatura do executante do serviço;
- Hora do início e do término do serviço;
- Data de início e término da atividade.

A Figura 10 mostra a ordem de serviço criada:

LOGO DA EMPRESA	<b>ORDEM DE SERVIÇO DE MANUTENÇÃO</b>	Nº DA ORDEM
CODIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	TEXTO BREVE DA ORDEM	
DESCRIÇÃO DA ORDEM		
QUANTIDADE DE Hh	TEMPO DE EXECUÇÃO	
NOME DO EXECUTANTE	DATA DE INÍCIO DA EXECUÇÃO: / /	HORA DE INÍCIO:
	DATA DE TÉRMINO DA EXECUÇÃO: / /	HORA DE TÉRMINO:
MATERIAIS NECESSÁRIOS:		

OBSERVAÇÕES
MÉTODO DE BLOQUEIO DE ENERGIA
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL DA ATIVIDADE:

*Figura 10 – Exemplo de uma ordem de serviço de manutenção.*

*Fonte: Elaborado pelos Autores.*

Definida a ordem de serviço preditiva a ser cumprida, fica salva em um sistema de dados da empresa, o qual possui todas as informações para executar a ordem. Com início em determinados períodos serão executadas as análises de preditivas correspondentes, geralmente definidas mensalmente: Análise de vibração e Termografia mecânica, bimestralmente: Termografia elétrica e Análise de circuito de motores e trimestralmente: Análise de óleo. As ordens são programadas para execução com o equipamento em produção ou parado. O responsável pela manutenção obtém as ordens de manutenção e realiza a inspeção do equipamento, preenche com as observações encontradas os campos do executante e solicita o aceite técnico da ordem com o gestor da linha. Em caso de anomalias encontradas, o responsável pela ordem de serviço deve gerar notas de manutenção corretiva programadas, informando que as mesmas serão executadas nas paradas programadas de manutenção da linha.

Após execução da manutenção, as ordens de manutenção são registradas em um banco de dados, que salva e armazena os dados dos equipamentos e possibilita levantar o histórico dos mesmos.

#### **4.3 Desenvolvimento de um Sistema de Banco de Dados**

Para que os gestores com responsabilidade em tomada de decisão no setor de manutenção tenham informações confiáveis, é preciso que dados sejam pesquisados e gerados adequadamente no mais rápido espaço de tempo possível, gerando assim, tabelas, relatórios e gráficos com conteúdo claro.

Indústrias de maior relevância e que já tenham uma manutenção bem estruturada, geralmente tendem a utilizar sistemas informatizados, buscando encontrar uma gestão melhor de seus ativos. Contudo, ainda se consegue encontrar um grande número de indústrias, possivelmente indústrias de menor porte, que ainda necessitam

utilizar ferramentas simples de controle e planejamento de manutenção por meio de sistemas como, Excel e Word.

Assim sendo, a empresa de bebidas em estudo neste trabalho se encaixa como uma grande empresa, sendo interessante para a mesma que se trabalhe com ambos os métodos de controle da manutenção, pois além de serem mais simples de utilizar, não geram custo adicional para a empresa, e com base nos dados salvos nesses programas conseguimos elaborar um banco de dados em sistemas informatizados.

Criou-se em Excel, uma planilha para poder salvar todos os dados que são notificados pela equipe de manutenção através das ordens de serviço. Com isso, é possível manter um banco de dados e histórico do que foi realizado na linha de produção ou em um equipamento, as anomalias encontradas, quando foi realizado, os procedimentos de análise, ações para tratar as anomalias encontradas, entre outros.

Com o levantamento destas informações, torna-se possível gerar e calcular os índices de performance da manutenção no setor em estudo, essenciais para o acompanhamento do desempenho da equipe de manutenção, indicando e medindo se o caminho que está percorrendo é o mais claro e se precisa aprimorar algum resultado e que agreguem importância de alguma forma à empresa.

A avaliação continua desse controle de manutenção por parte do responsável da manutenção serve de ponto de partida para a tomada de decisões dos gestores que podem proporcionar melhoria na eficiência e confiabilidade dos equipamentos, melhora na rentabilidade, mais eficiência na utilização dos técnicos e operadores e boa utilização dos materiais.

Portanto, o sistema elaborado permite o arquivamento de quase todas as informações da manutenção preditiva desenvolvida na empresa, possibilitando um histórico confiável e que propicia a criação de tabelas, relatórios e gráficos com conteúdo claro.

#### **4.4 Concepção de um Planejamento para Manutenção Preditiva**

Pode ser considerada uma etapa importante para a evolução do conceito de manutenção da empresa, já que busca associar as manutenções preventiva e preditiva no

contexto atual da fábrica, que só executa manutenções corretivas programadas e inspeções preventivas.

Portanto, foi escolhido a máquina mais crítica da linha para serem elaboradas atividades de rotina de manutenção preditiva. O pensamento é que depois da validação desses planos de manutenção neste equipamento e seu bom funcionamento, sejam elaborados planos de manutenção e aplica-los a outros setores da empresa.

Para escolha do equipamento mais crítico, foram realizadas análises com os dados arquivados no banco de dados criado, descrito na etapa anterior. Com isso, utilizou-se o software GEPACK da empresa para tal análise.

Com os dados do banco de dados, foi possível analisar um equipamento, que possibilitou gerar uma quantidade de informação significativa, e devido à maior incidência de falha, escolhemos: máquina de envasamento de garrafas (ECH-01).

Foram gerados no *software* gráficos de eficiência e taxa de falha para cada máquina, que possibilitou a identificação da mais crítica e abaixo foram incluídos os gráficos 11 e 12 da máquina de envasamento, que apresentaram valores de maior impacto na linha de envasamento de bebidas. Nos gráficos, as colunas azuis indicam curvas geradas com os dados reais, e as colunas laranjas indicam as curvas de meta do equipamento:

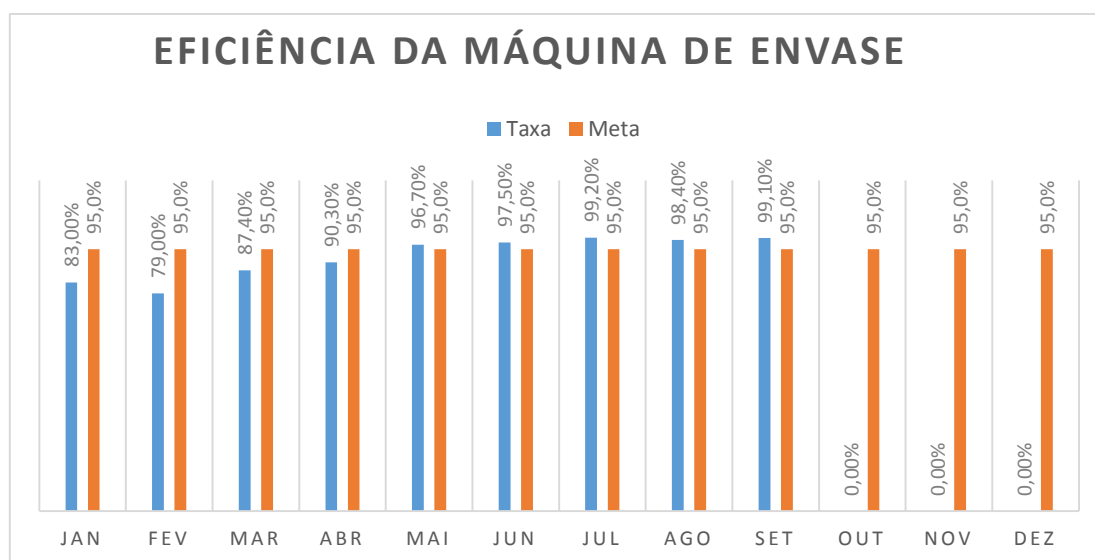


Figura 11 – Eficiência da máquina de envasamento

Fonte: Resultado gerado pelo software GEPACK.

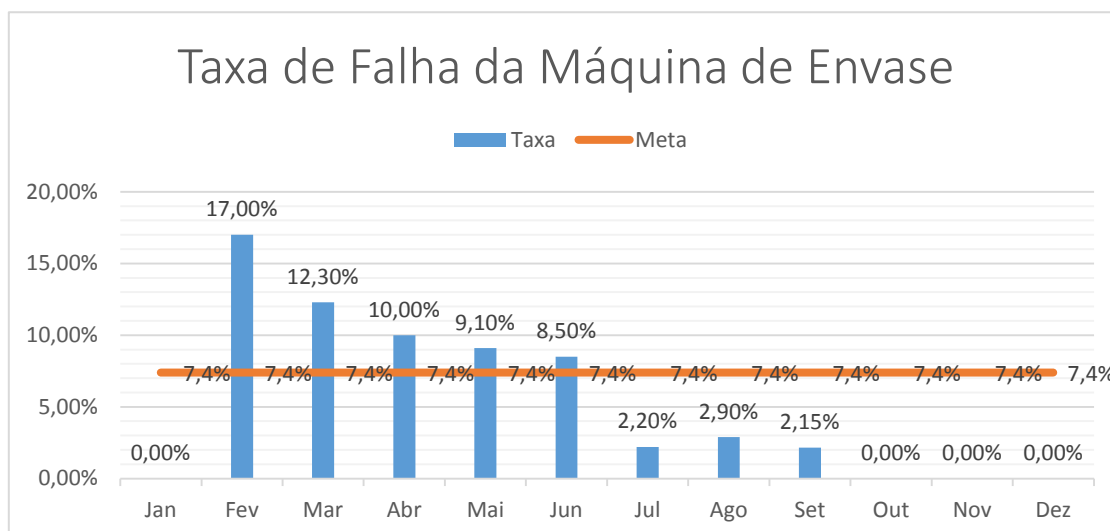


Figura 12 – Taxa de Falha da máquina de envasamento

Fonte: Resultado gerado pelo software GEPACK.

Com a análise dos gráficos (Figuras 12 e 13), fica visível que a taxa de falha diminui conforme a eficiência melhora. Isso se dá pela diminuição da taxa de falha em função do tempo e conforme é empregada a manutenção preditiva no equipamento mais crítico da linha. Com a análise dos gráficos da eficiência e da taxa de falha gerados pelo *software*, percebe-se que a máquina mais crítica do setor é a máquina de envasamento de líquido (ECH-01). Essa seleção está conforme a visão da empresa, que também havia declarado a máquina de envasamento, na etapa de consulta na área com os envolvidos, essa máquina como a mais crítica. Logo, a seleção feita neste trabalho foi alinhada com o plano estratégico adotado pela a empresa.

As atividades de manutenção foram elaboradas através da análise do histórico de manutenção que foi construído, entrevistas com os colaboradores da equipe de manutenção e pesquisa em literatura.

Dessa maneira, o modelo de manutenção preditivo proposto tem por objetivo estabelecer uma periodicidade e controle da manutenção no setor proposto, assim como preservar o correto funcionamento dos equipamentos utilizados na fábrica, proporcionando assim, uma produção com bons exemplos de qualidade, sem perdas de produto acabado e eficiência. Com isso, as instalações e equipamentos devem ser

mantidos em condições para uma boa operação e mantendo as exigências da programação da produção elaborados pela fábrica.

#### 4.5 Indicadores de Desempenho da Manutenção da Fábrica

Nessa etapa, ficou definido os indicadores de desempenho para o processo de produção. Como explicado anteriormente, os indicadores, deverão demonstrar de fato o desempenho da manutenção empregada, de maneira que se possa avaliar a eficiência de ações de melhoria com base na comparação dos resultados, e possa também ajudar a identificar pontos em que são necessárias melhorias. Os indicadores estudados estão diretamente associados com o cálculo de rendimento da linha produção, onde quanto mais houver produção melhor será os valores obtidos pela linha de envasamento de bebidas e conseqüentemente os equipamentos do setor.

Com isso, os indicadores devem refletir o desempenho das etapas desenvolvidas, sua aplicabilidade, efetividade e identificação dos pontos em que boas práticas de melhorias ainda serão necessárias para incluir no plano de ação da equipe de manutenção.

Todos indicadores de desempenho da manutenção, na fábrica, escolhidos, foram ditos na Revisão Bibliográfica.

O primeiro indicador abordado é o MTBF (*Mean Time Between Failures*), é a média de tempo decorrido entre uma falha e a próxima e quanto maior seu índice melhor sua meta, demonstrando que o número de falhas do equipamento diminuiu, de maneira que o tempo de horas total disponíveis para produção aumentou. É calculado pela divisão da soma do tempo entre falhas de um equipamento da produção, pelo número de paradas nesse equipamento, conforme evidenciado na Equação 1:

$$MTBF = \frac{\sum \text{tempo entre falhas de um componente}}{\text{número de falhas de um componente}}$$

Equação 1 – Indicador MTBF.

O segundo indicador definido é o MTTR (*Mean Time To Repair*), é a média de tempo para executar um reparo no equipamento e quanto menores seus índices, melhor sua meta, demonstrando que os reparos corretivos são cada vez menos prejudiciais para

a produção. É calculado pela divisão da soma do tempo de indisponibilidade de um equipamento para a operação, pelo número de reparos corretivos no equipamento, como mostra a Equação 2:

$$MTTR = \frac{\sum \text{tempo para reparos de um componente}}{\text{número de reparos ocorridos}}$$

*Equação 2 – Indicador MTTR.*

O terceiro indicador definido é a disponibilidade operacional, conforme o aumento de seus índices sua meta será melhor, demonstrando o aumento da capacidade de produção do equipamento estar em funcionamento em um intervalo de tempo estabelecido. É determinado pela relação entre as horas disponíveis para produção e a soma total de horas disponíveis no período de produção, como é possível observar na Equação 3:

$$\text{Disponibilidade operacional} = \frac{\sum \text{horas disponíveis para produção}}{\sum \text{horas totais}}$$

*Equação 3 – Indicador disponibilidade operacional.*

O quarto indicador determinado é o índice de retrabalho; o ideal é que seu valor seja zero (realidade pouco distante na empresa em estudo), indicando intervenções bem definidas, e não paliativas que podem gerar novas intervenções no equipamento, qualidade dos serviços de manutenção. Demonstra o tempo total de horas trabalhadas conforme as ordens de manutenção encerradas, e/ou reabertas por qualquer motivo, isso de acordo com o total de horas trabalhadas no período. A Equação 4 demonstra como deverá ser feito o cálculo:

$$\text{Índice de retrabalho} = \frac{\sum \text{serviços executados com o mesmo fim no mesmo equipamento}}{\sum \text{serviços executados}}$$

*Equação 4 – Indicador índice de retrabalho.*

O quinto e último indicador definido é o custo de manutenção por receita ou faturamento, a empresa em estudo tem como sua meta estar buscando a constante diminuição de seus índices. Seu cálculo é baseado de acordo com os custos totais com

manutenção no setor, e o faturamento da empresa, como pode ser observado na Equação 5:

$$\text{Custo de manutenção por faturamento} = \frac{\sum \text{custos de manutenção}}{\sum \text{faturamento}}$$

Equação 5 – Índice do custo de manutenção por faturamento.

A frequência de análise de cada indicador deve ser mensal. Onde será estabelecida metas numéricas para eles, com isso alimentar os sistemas de gerenciamento da fábrica.

## 5. ANÁLISE DE GANHOS ECONÔMICOS

Conforme dito anteriormente o estudo do projeto foi realizado em uma linha crítica da fábrica e a mesma causava um grande impacto no orçamento final da organização estudada. Para implementação da manutenção preditiva na empresa foi necessário a compra de alguns equipamentos específicos para realizar os procedimentos de manutenção preditiva. Na tabela 14, abaixo estão listados os equipamentos utilizados e ambos com seus valores, de mercado, aproximados.

Tabela 14 - Investimento inicial em equipamentos para análises preditivas

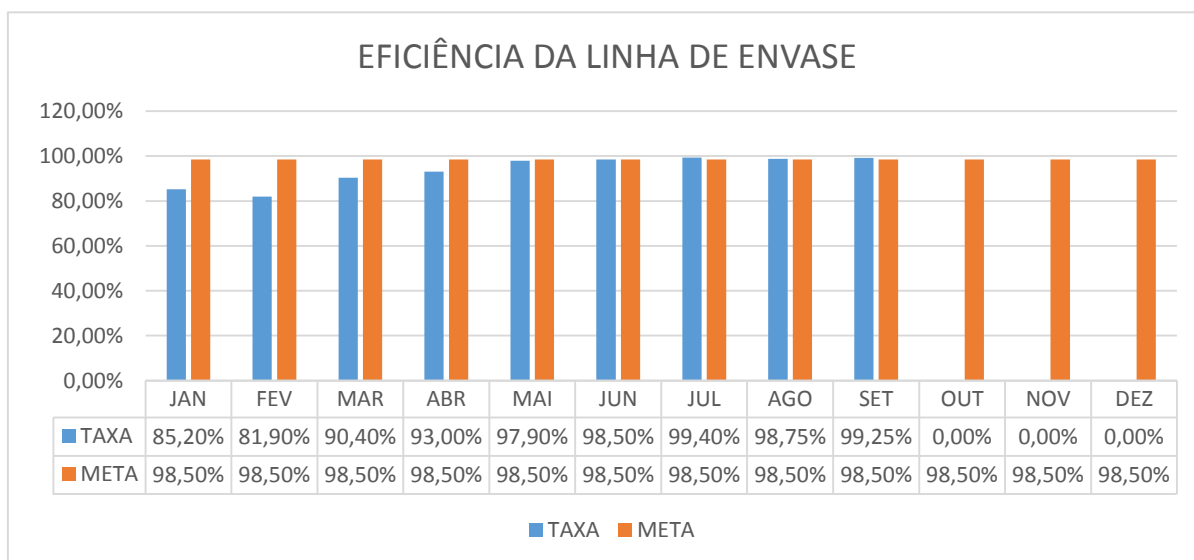
INSTRUMENTO	TIPO DE ANÁLISE	VALOR
Estetoscópio Eletrônico SKF	Análise de Vibração	R\$ 3.892,00
Câmera Termográfica Digital	Análise Termográfica	R\$ 1.615,00
Medidor de Espessura	Análise Ultrassom	R\$ 1.739,00
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 7.246,00</b>

Fonte: [Autores]

Com o investimento realizado, foi possível a capacitação dos técnicos para utilizar tais componentes, e com isso, realizar os procedimentos de inspeção e análises preditivas com eficiência e revertendo esses métodos em resultados consistentes para a empresa. Com tais procedimentos empregados no equipamento estudado, houve um aumento na eficiência da linha e com isso aumentou-se sua produtividade. E quanto

maior as eficiências das máquinas, maior a eficiência da linha e melhor a sua produtividade e aumento da renda para a empresa.

Foi gerado um gráfico pelo software GEPACK, onde consta a eficiência da linha (Figura 13) e com base nesse gráfico foi elaborado uma tabela pelos autores (Tabela 15), com o aumento da renda da linha e tais valores baseado em valores de mercado externo.



*Figura 13 – Eficiência da Linha de Envasamento*

*Fonte: Resultado gerado pelo software GEPACK.*

*Tabela 15 – Cálculo de Renda da Linha*

MÊS	RENDA	PERDA
JAN	R\$ 34.080,00	R\$ 5.920,00
FEV	R\$ 32.760,00	R\$ 7.240,00
MAR	R\$ 36.160,00	R\$ 3.840,00
ABR	R\$ 37.200,00	R\$ 2.800,00
MAI	R\$ 39.160,00	R\$ 840,00
JUN	R\$ 39.400,00	R\$ 600,00
JUL	R\$ 39.760,00	R\$ 240,00
AGO	R\$ 39.500,00	R\$ 500,00
SET	R\$ 39.700,00	R\$ 300,00
OUT	R\$ 0,00	R\$ 0,00
NOV	R\$ 0,00	R\$ 0,00
DEZ	R\$ 0,00	R\$ 0,00

*Fonte: [Autores]*

A tabela de eficiência de linha(Figura 13), demonstra o crescimento da eficiência da linha após a aplicação dos métodos de manutenção propostos no trabalho em estudo, com isso, foi elaborado uma tabela de renda e perda da linha (Tabela 15), onde os valores utilizados foram de uma bebida no valor de R\$2,00 reais e a produção da linha de 20000grfs/h. Com base nos dados em análise, podemos concluir o benefício da implementação da manutenção preditiva com o rápido crescimento da renda e eficiência da linha.

## **6. CONCLUSÃO**

Através do trabalho, pode-se concluir que foi elaborado com o propósito de estruturar um controle e planejamento da manutenção que se combinasse melhor à realidade da entidade estudada, bem como dar criação ao processo de implantação por meio da metodologia desenvolvida. Os propósitos almejados foram atingidos.

A codificação de cadastro dos equipamentos e seus subconjuntos, individualizou cada máquina do setor, gerando agilidade e disciplina no acompanhamento de seu rendimento, custo, histórico de quebra, etc.

A introdução de ordens de serviço de manutenção preditiva, gerou a criação de um histórico para cada máquina, de suma importância para o sistema da equipe de manutenção, já que as informações descritas na ordem de serviço, guardadas em histórico, tornam-se base para tomar uma decisão gerencial. E com o sistema

informatizado, pode-se observar a facilidade em fiscalizar as evidências das manutenções.

Desenvolvendo um sistema de banco de dados, permitiu a criação de um histórico mostrando a eficiência do equipamento, taxas de falhas, tempos de paradas e custos, que foi uma das bases usadas para identificar o instrumento mais problemático e as de manutenções designadas a ele, que fazem parte da próxima etapa (criação de uma elaboração para manutenção preditiva). Por meio de análises das informações incluídas no histórico, foi capaz de identificar o instrumento mais crítico do setor, esse dado está alinhado com o conhecimento estratégico da empresa, revelando que o método usado é eficiente.

Espera-se que com o estabelecimento do planejamento, para manutenção preditiva, criado, consiga-se: evitar trabalho desnecessário; aumentar o cronograma de manutenção, abrangendo aos demais setores da fábrica; incentivar e motivar o senso de compromisso dos colaboradores; obter maior envolvimento dos operadores nos serviços de manutenção; garantir que o maquinário esteja disponível e confiável; e monitorar o comportamento do setor de manutenção.

Avaliando continuamente o comportamento dessa gestão da manutenção através de seus indicadores, espera-se que sempre sejam elaborados e implantados melhoramentos, gerando um ciclo de melhoramento contínuo para obter resultados cada vez superiores no desempenho da organização.

Em relação à gestão de manutenção, entende-se que a sugestão aqui criada é aplicável e apresenta bons resultados. Como recomendações para próximos trabalhos, para que tenha aplicação em uma determinada organização, aconselha-se modificações para se adaptar ao contexto e circunstância em que a empresa esteja estabelecida.

Como sugestão futura para a empresa, é indicado uma continuidade nos estudos dos processos utilizados pela mesma, mapeando outras linhas críticas a serem implementados esse controle e planejamento da manutenção, aumentando cada vez mais a lucratividade da organização e segurança de seu efetivo.

## **7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

1. ABRAMAN. Página eletrônica: <<http://www.abraman.org.br/>>. Acesso em 10 out. 2018.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil. Curitiba, 2011.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil. Salvador, 2013.
4. 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.

5. KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.
6. MACHADO, Leila Camara. Gerenciamento diário e controle analítico do processo de pintura “Coil Coating”. 2006. 43f. Relatório de Estágio Curricular (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.
7. MARQUES, Ramiro Queirolo; RIBEIRO, José Luis Duarte. Criação de um Plano de Manutenção para o Equipamento Torno Descascadeira Utilizando Conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT). 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65664/000858032.pdf?sequence=1>> Acesso em 6 set. 2018.
8. MONCHY, François. A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.
9. OLIVEIRA, José Carlos Souza. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. Revista GEPROS (Gestão da Produção, Operações e Sistemas). Ano 8, n.3, 2013. Disponível em: <<http://www.revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/download/1021/501>> Acesso em 15 out. 2018.
10. PEREIRA, Mário Jorge. Técnicas Avançadas de Manutenção. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2010. 80 p.
11. PEREIRA, Pedro Miguel de Sá. Planos de Manutenção Preventiva: Manutenção de Equipamentos Variáveis na BA Vidro, SA. 2009. 89f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

12. SANTOS, Mário José Marques Ferreira dos. Gestão de Manutenção do Equipamento. 2009. 72f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

13. SCHEIBE, Gilberto Martins. Gestão da Manutenção de uma unidade de estampagem de componentes para a indústria automóvel na Inapal Metal S.A., empresa cliente da Iberogestão Lda. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.

14. SELLITO, Miguel Afonso. Análise estratégica da manutenção de uma linha de fabricação metal-mecânica baseada em cálculos de confiabilidade de equipamentos. Revista GEPROS (Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Ano 2, vol.3, 2007. Disponível em: < <http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/157/142> > Acesso em 03 nov. 2018.

15. 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.

16. TOAZZA, Guilherme Francez; SELLITO, Miguel Afonso. Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro. Revista Produção Online. V.15, n.3, 2015. Disponível em: < <http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1623/1298> > Acesso em 12 out. 2018.

17. VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e Relatórios de Pesquisa Científica em Administração. 2. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1998. 90 p.

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

19. 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.