

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
CARLOS GUSTAVO MENDES**

**FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA  
MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

**Taubaté - SP  
2018**

**CARLOS GUSTAVO MENDES**

**FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA  
MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Graduação do  
curso de Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica  
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Me. Maria Regina  
Hidalgo de Oliveira Lindgren

Coorientador(a): Prof. Me. Paulo Cesar  
Corrêa Lindgren

**Taubaté – SP  
2018**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

M538f Mendes, Carlos Gustavo  
Ferramentas da qualidade aplicadas na manutenção de máquinas e  
equipamentos / Carlos Gustavo Mendes. -- 2018.  
40 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren,  
Departamento de Engenharia Mecânica.

Coorientação: Prof. Me. Paulo César Corrêa Lindgren, Departamento de  
Engenharia Mecânica.

1. Manutenção. 2. Organização. 3. Qualidade. I. Título. II. Graduação  
em Engenharia Mecânica.

CDD – 658.202

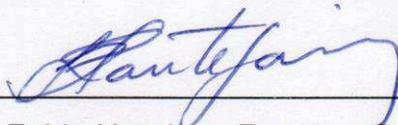
Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

**CARLOS GUSTAVO MENDES**

**FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA MANUTENÇÃO DE  
MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

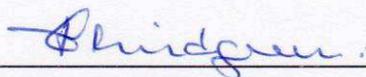
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Me. Fabio Henrique Fonseca Santejani  
Coordenador de Trabalho de Graduação

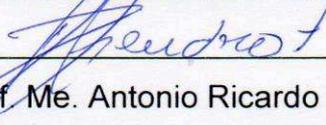
**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren (Orientadora)  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Antonio Ricardo Mendrot  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

30 de Novembro de 2018

## ***DEDICATÓRIA***

Dedico este trabalho aos meus pais Ivani Aparecida e Carlos  
Heleno e à minha esposa, Renata.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados

À minha orientadora, Profa. Msc. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren e ao Prof. Msc. Paulo Cesar Corrêa Lindgren por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

Aos meus pais Carlos e Ivani, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

À minha esposa Renata Capucho de Souza Mendes por estar ao meu lado e me incentivar em todos os momentos.

Ao Professor Msc. Antonio Ricardo Mendrot por aceitar compor a banca examinadora.

Às funcionárias da Secretaria pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar.

## ***EPÍGRAFE***

“Agradeço a Deus por ter me dado condições de lutar e alcançar os objetivos pretendidos. Não nasci rico, mas isso não me impediu de ver riqueza na capacidade de transformar vida em presente e conquistas.”

(RIVA ALMEIDA)

## RESUMO

A competitividade do mercado atual traz a necessidade da busca por melhores resultados em menor tempo e com menor custo, todos os setores da organização devem estar empenhados em buscar a eficiência em seus serviços, e o setor de manutenção não está de fora dessa visão competitiva atual. Contudo, ainda em muitas organizações, o setor de manutenção é visto como um “mal necessário”, este tipo de visão traz um grande atraso para estas organizações que perdem muito ao deixar de investir e de gerir com inteligência este setor em questão. Tendo em vista este cenário, este trabalho visa estudar as ferramentas de qualidade disponíveis e buscar maneiras de aplica-las nos trabalhos realizados dentro deste setor e demonstrar através de estudo que a manutenção é um setor tão importante quanto qualquer outro setor dentro da organização e deve ser visto como um setor capaz de potencializar os demais setores do processo. A metodologia escolhida para a realização dos estudos tem o perfil exploratório, utilizando-se de pesquisa bibliográfica para elaboração dos textos presentes nesta dissertação. Ao analisar-se os resultados obtidos pode concluir que a manutenção industrial pode potencializar os demais setores de manufatura dentro da organização, mas para que se alcance este resultado, faz-se necessário o uso adequado das ferramentas de qualidade e empenho por parte de todos os envolvidos no processo.

**Palavras-chave:** Manutenção. Qualidade. Organização.

## **ABSTRACT**

The competitiveness of the current market brings the needed to search for better results in less time and at a lower cost, all sectors of the organization must be committed to seek efficiency in their services, and the maintenance sector is not outside this current competitive vision. However, in many organizations, the maintenance sector is seen as a "necessary evil", this type of vision brings a great delay to these organizations that lose a lot by not investing and managing this sector with intelligence. In view of this scenario, this work aims to study the available quality tools and to find ways to apply them in the work carried out within this sector and to demonstrate through study that maintenance is as important an industry as any other sector within the organization. be seen as a sector capable of leveraging the other sectors of the process. The methodology chosen for the accomplishment of the studies has the exploratory profile, using bibliographical research to elaborate the texts present in this dissertation. By analyzing the results obtained, it can be concluded that industrial maintenance can potentiate other manufacturing sectors within the organization, but in order to achieve this result, it is necessary to use the quality tools and commitment on the part of all involved in the process

**KEYWORDS:** Maintenance. Quality. Organization.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXEMPLO DE FLUXOGRAMA .....	17
FIGURA 2 - EXEMPLO DE FOLHA DE VERIFICAÇÃO .....	17
FIGURA 3 - EXEMPLO DE HISTOGRAMA .....	18
FIGURA 4 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE DISPERSÃO .....	18
FIGURA 5 - EXEMPLO DE ANÁLISE DE PARETO .....	19
FIGURA 6 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	19
FIGURA 7 - EXEMPLO DE CEP .....	20
FIGURA 8 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE AFINIDADE .....	21
FIGURA 9 - EXEMPLO DE DIGRÁFICO DE INTER-RELAÇÃO .....	21
FIGURA 10 - EXEMPLO DE DIAGRAMA ÁRVORE .....	22
FIGURA 11 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE MATRIZ .....	22
FIGURA 12 - EXEMPLO DE PDCP .....	23
FIGURA 13 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE FLECHA .....	23
FIGURA 14 - FOLHA DE VERIFICAÇÃO .....	31
FIGURA 15 - ANÁLISE DE PARETO .....	31
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	32
FIGURA 17 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E TEMPO DE PARADA DE MÁQUINA.....	33
FIGURA 18 - COMPARAÇÃO DOS CUSTOS ANTES E APÓS UM ANO DO ESTUDO DE CASO .....	34
FIGURA 19 - COMPARAÇÃO DE INDICADORES .....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CEP</b>	Controle Estatístico de Processo.
<b>EMM</b>	<i>Enterprise Mobility Management</i> (Gerenciamento de Mobilidade Corporativa).
<b>FMEA</b>	<i>Failure Mode, Effect and Analysis</i> (Análise do Tipo e efeito de Falha).
<b>IPEA</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização).
<b>MTBF</b>	<i>Mean time Between Failures</i> (Tempo Médio entre Falhas)
<b>OEE</b>	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiência Geral de Equipamento).
<b>OTAN</b>	Organização do Tratado do Atlântico Norte.
<b>PDCP</b>	<i>Process Decision Programme Chart</i> (Gráfico de programa de decisão de processo).
<b>TPM</b>	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total).

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE QUALIDADE .....	13
2.2 AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE: TRADICIONAIS E NOVAS .....	16
2.3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: HISTÓRIA E EVOLUÇÃO.....	24
2.4 PROBLEMAS FREQUENTES NA MANUTENÇÃO.....	25
2.5 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E QUALIDADE.....	26
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>30</b>
4.1 CASO DO HOSPITAL.....	30
4.2 CASO DA USINA SIDERÚRGICA .....	33
4.3 CASO DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	34
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste momento nas indústrias, a busca por melhores resultados e diminuição de custos torna-se cada vez mais uma questão essencial para se manter no mercado. Com os conceitos de gerenciamento da qualidade total, todos os setores da empresa precisam trabalhar com mais eficiência, em menos tempo, e com menor custo, e a manutenção industrial não está fora deste preceito.

Um dos pilares da TPM (Manutenção Produtiva Total), ferramenta utilizada no gerenciamento e para melhoria da manutenção, é a qualidade da manutenção, além do que a ISO 9001, que é a certificação que garante que os sistemas de qualidade das organizações estão de acordo com os padrões internacionais, a qualidade da manutenção é um item necessário para obtenção desta certificação.

Dentro deste cenário, o uso de ferramentas da qualidade faz-se cada vez mais necessário, com o objetivo de coletar dados de maneira eficiente, organizar e apresentar estes dados de forma simples e objetiva para que se possa realizar as melhorias necessárias no processo, as ferramentas da qualidade são capazes de facilitar o trabalho da gerência de maneira extremamente eficaz.

Este trabalho tem por objetivo geral pesquisar sobre as aplicações das ferramentas da qualidade na área da manutenção em diferentes tipos de empresas através da análise de estudos de casos já realizados e tem por objetivos específicos analisar como as ferramentas da qualidade foram aplicadas no setor de manutenção das empresas e quais resultados foram obtidos graças ao uso destas ferramentas nestes mesmos estudos de caso.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 História e Evolução dos Conceitos de Qualidade**

Segundo Juran (1992, apud Fernandes, 2011), nos conceitos atuais, qualidade significa se adequar ao uso. É atender aos desejos do cliente e dos consumidores tanto aos aspectos econômicos quanto aos de segurança e desempenho, referindo-se ao mais apropriado e não ao mais caro.

Segundo Fernandes (2011), os conceitos de qualidade vêm sendo aplicados desde os tempos antigos, mesmo sem ter os conhecimentos sobre qualidade ou sobre ferramentas usadas dentro do processo, o ser humano usava de bom senso para escolher os materiais que viriam a se tornar as melhores ferramentas ou as melhores armas para suas caçadas ou guerras em tribos.

Longo (1994), em seu relatório interno para o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) relata que os sistemas de qualidade são, desde a década de 1930, preocupação nos Estados Unidos, e desde a década de 1940, preocupação no Japão e em vários outros países do mundo, e a partir da década de 1950 começou-se a ter uma preocupação com gestão de qualidade, o que trouxe uma nova maneira de se pensar para a gerencia de processos. Foi então que aconteceu o que Longo chamou de “revolução gerencial silenciosa” do Japão, uma mudança de postura que garantiu ao Japão seu lugar, hoje, como potência mundial.

Em seu livro, Fernandes (2011) define alguns pontos de mudança dentro da evolução dos sistemas de qualidade, sendo eles:

#### **2.1.1 Revolução Industrial: a Qualidade Controlada pelos Mestres e Supervisores**

Na época da revolução industrial (entre 1760 e 1840) com o grande aumento na demanda dos produtos e com os artesãos, que detinham o conhecimento, passando a ser empregados dos patrões, que detinham o capital, a matéria-prima, a tecnologia, etc., surgiram os supervisores que eram responsáveis por controlar as atividades dos artesãos e também responsáveis pela qualidade da matéria-prima e dos produtos.

### 2.1.2 Primeira Guerra Mundial: Qualidade Controlada pelos Inspetores – Ênfase na Detecção de Defeitos

Período de 1914 a 1918 em que houve um grande aumento de demanda de material bélico e para evitar que os produtos sem qualidade chegassem até o cliente inspetores inspecionavam 100% dos produtos o que gerava um grande custo e era um gargalo no processo.

### 2.1.3 A indústria Automobilística e a Produção em Massa

No ano de 1913, Henry Ford revolucionou o processo de produção criando o processo de produção em massa, onde ele trazia mão de obra do campo para realizar pequenas tarefas especializadas que não exigiam um grande conhecimento, apenas um pequeno treinamento, com essa nova maneira de se produzir viu-se a necessidade de especialistas como mecânicos, inspetores de qualidade, supervisores e engenheiros de produção, para supervisionar o trabalho e também a necessidade de se adotar técnicas sofisticadas de controle de qualidade, como as técnicas de amostragem.

### 2.1.4 Controle Estatístico da Qualidade – Ênfase no Processo

Na década de 1930, Walter Shewhart desenvolveu a carta de controle estatístico de processo e outras ferramentas que juntamente com as técnicas de amostragem de Dodge e de Roming, permitiram a inspeção por amostragem e tornou possível prever quando um processo sairia de controle, com todas essas mudanças surgiu o departamento de controle da qualidade.

### 2.1.5 Controle da Qualidade – A Prevenção de Defeitos

Em 1951 com a publicação do livro *Quality Control*, Armand V. Feigenbaum expôs a necessidade de se criar um departamento especializado no controle de qualidade e que pudesse auxiliar os outros departamentos nos assuntos relacionados a qualidade.

### 2.1.6 Confiabilidade – Qualidade de Projeto

Na década de 1950 surgiram vários problemas de projeto e de níveis de confiabilidade fazendo-se necessário o surgimento de setores especializados que fossem capazes de lidar com essas questões, surgiu assim a Engenharia de Confiabilidade que no decorrer da década de 1960 passou a ser amplamente implantada nas empresas fosse para fornecer produtos mais confiáveis ou para diminuir o número de acidentes.

### 2.1.7 Garantia da Qualidade

Foi no final da década de 1950, com o fim da Segunda Guerra Mundial e o surgimento da Guerra Fria, que a questão qualidade passou a receber uma atenção especial, as empresas não percebiam que os problemas de qualidade eram na maioria das vezes causados por falhas gerenciais. Os países da OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte) passaram a exigir a implementação de Programas de Garantia da Qualidade de seus fornecedores.

### 2.1.8 Controle Total da Qualidade

Em 1961, ao ser lançada a versão atualizada do livro de Feingebaum, intitulado *Total Quality Control Engineering and Management*, onde ele defendia o conceito do Controle Total da Qualidade, surge a necessidade do envolvimento de todos os setores da empresa para a qualidade de seus produtos, surge também com este livro uma nova maneira de se pensar, quem estabelece a qualidade do produto é o cliente.

### 2.1.9 Controle da Qualidade no Japão

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, em 1945, o Japão deixou de fornecer produtos baratos e de má qualidade para trabalhar com sistemas de qualidade. Os grandes responsáveis pela mudança na maneira de se pensar no Japão foram Willian Edwards Deming e Joseph M. Juran, ex-alunos de estatística de Shewhart, juntamente com o engenheiro japonês Kaoru Ishikawa. Apenas em 1969, na Conferência Internacional de Controle de Qualidade, em Tóquio, o mundo conheceu a maneira japonesa de lidar com os conceitos de qualidade, modelo que se mostrava mais eficiente do que o modelo americano.

### 2.1.10 Sistemas da Qualidade: Globalização e Normas ISO 9000

A partir do ano de 1973 houve a globalização econômica, que fez com que surgisse a necessidade de um padrão internacional nos termos de Garantia de Qualidade Total, foi então que a ISO (*International Organization for Standardization*), fundação privada e sem fins lucrativos criada em 1947, estabelecesse a certificação ISO 9000, que é uma série de normas que garantiam que o sistema de qualidade da empresa estava de acordo com o sistema internacional.

A evolução dos Sistemas de Qualidade é tão importante para os países que vêm sendo instituídas premiações para aquelas empresas que se destacam na Gestão da Qualidade, como por exemplo, o prêmio Deming do Japão, e o prêmio Malcom Baldrige dos Estados Unidos, que servem para incentivar cada vez mais o desenvolvimento dos Sistemas de Qualidade, no Brasil, temos o Prêmio Nacional da Qualidade, criado em 6 de maio de 1996 (FERNANDES, 2011).

## 2.2 As Ferramentas da Qualidade: Tradicionais e Novas

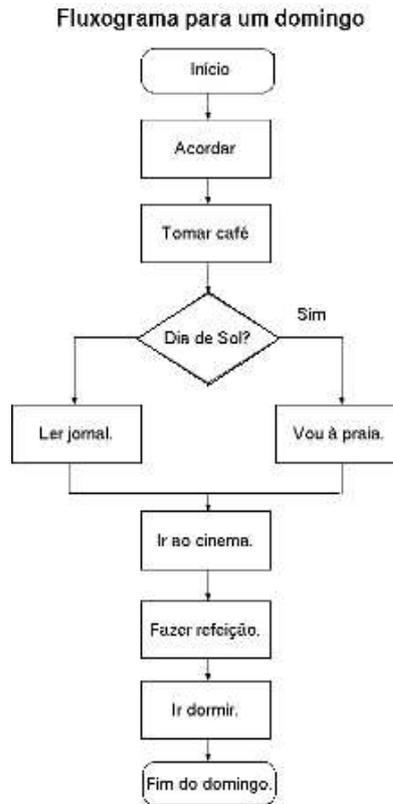
Segundo OAKLAND (1994), Ishikawa, a quem se dirigiu como o grande guru japonês da qualidade, chamou um conjunto de métodos de “as sete ferramentas básicas”, que nada mais são que as ferramentas utilizadas para coletar e analisar os dados dentro das organizações.

Ainda segundo OAKLAND (1994), essas sete ferramentas são:

Gráfico de Fluxo de Processo (Fluxograma): ferramenta que tem por objetivo facilitar a visualização dos passos de um processo através do uso de uma sequência de símbolos com significados bem definidos (TEXERA, FRANCINE, MUNIZ, 2013) (exemplo: Figura 1).

Folhas de Verificação ou Tabela de Contagem: ferramenta utilizada para coleta de dados simples através do uso de planilhas, tabelas ou quadros (COUTINHO, Thiago, 24 de Outubro de 2017) (exemplo: Figura 2).

**Figura 1 – Exemplo de fluxograma**



Fonte: TEXERA, FRANCINE, MUNIZ, 2013.

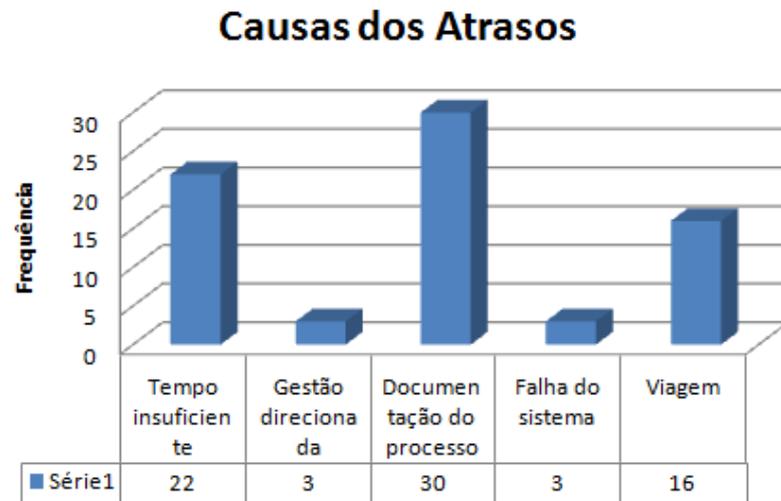
**Figura 2 - Exemplo de folha de verificação**

Lista de Verificação		
Problema:		
Estágio de Verificação:	Data:	
Produto:	Seção:	
Total Inspeccionado:	Inspetor:	
Lote:	Turno:	
Tipo de Defeito	Contagem	Subtotal
Arranhão	□□□	
Trinca	□□	
Revestimento inadequado	□□□□	
Mancha	□	
Acabamento inadequado	□	
Outros		
<b>TOTAL</b>		
<b>Total Rejeitado</b>		

Fonte: COUTINHO, Thiago, 24 de Outubro de 2017.

Histogramas: ferramentas que têm por objetivo expor através do uso de barras verticais ocorrências de um determinado estado de uma variável (KOLB, 09 de Agosto de 2018) (exemplo: Figura 3).

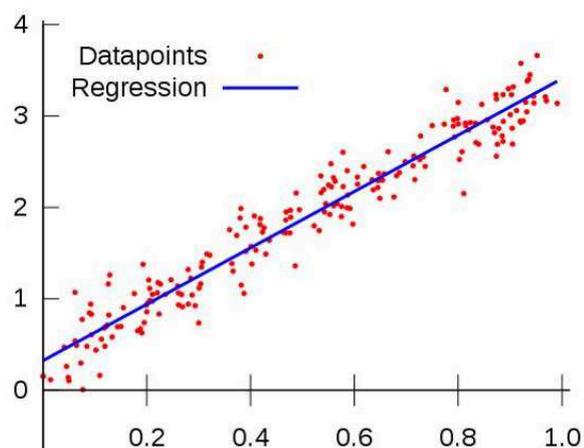
Figura 3 - Exemplo de histograma



Fonte: KOLB, 09 de Agosto de 2018.

Diagrama de dispersão: também é conhecido como gráfico de dispersão e é um gráfico de eixos verticais e horizontais que tem por objetivo expor se existe ou não correlação entre causas e efeito analisados (COUTINHO, 19 de Outubro de 2017) (exemplo: Figura 4).

Figura 4 - Exemplo de diagrama de dispersão

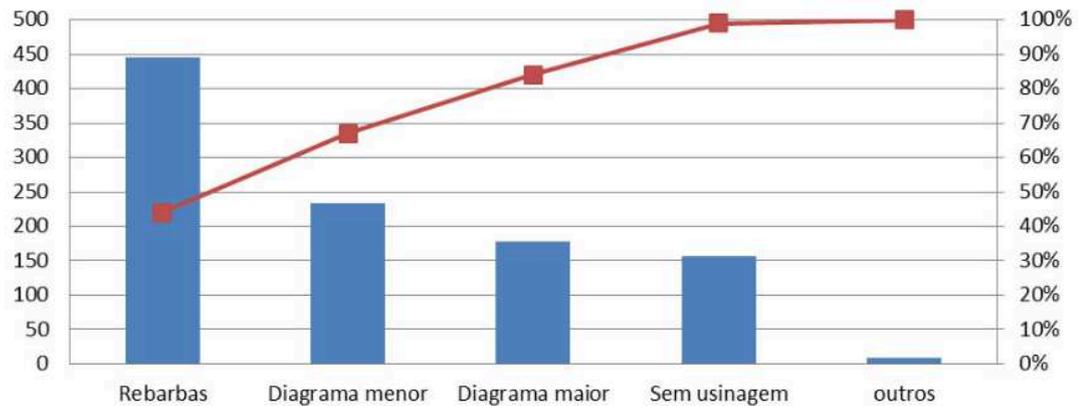


Fonte: COUTINHO, 19 de Outubro de 2017.

Análise de Pareto: cerca de 20% das causas são responsáveis por 80% dos problemas dentro de uma organização, a Análise de Pareto leva em consideração esta afirmação. A função desta ferramenta é identificar quais os pontos críticos

tornando possível o planejamento de soluções (OAKLAND, 1994) (exemplo: Figura 5).

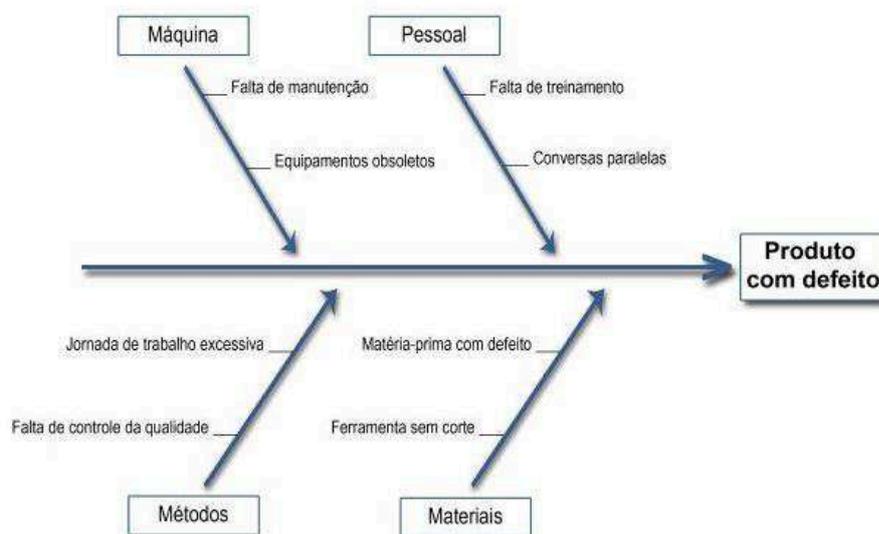
**Figura 5 - Exemplo de análise de Pareto**



**Fonte: SILVEIRA, 2014.**

Análise de causa e efeito (diagrama de Ishikawa) e *brainstorming*: também conhecida como diagrama de Espinha de Peixe, a Análise de causa e efeito organiza de forma simples fontes causas para um determinado problema e, após isso, identifica por meio do *brainstorming* (uma “tempestade” de ideias) as possíveis causas menores dentro dessas fontes. Após o *brainstorming* é possível se fazer uma Análise de Pareto e atacar os pontos críticos (OAKLAND, 1994) (exemplo: Figura 6).

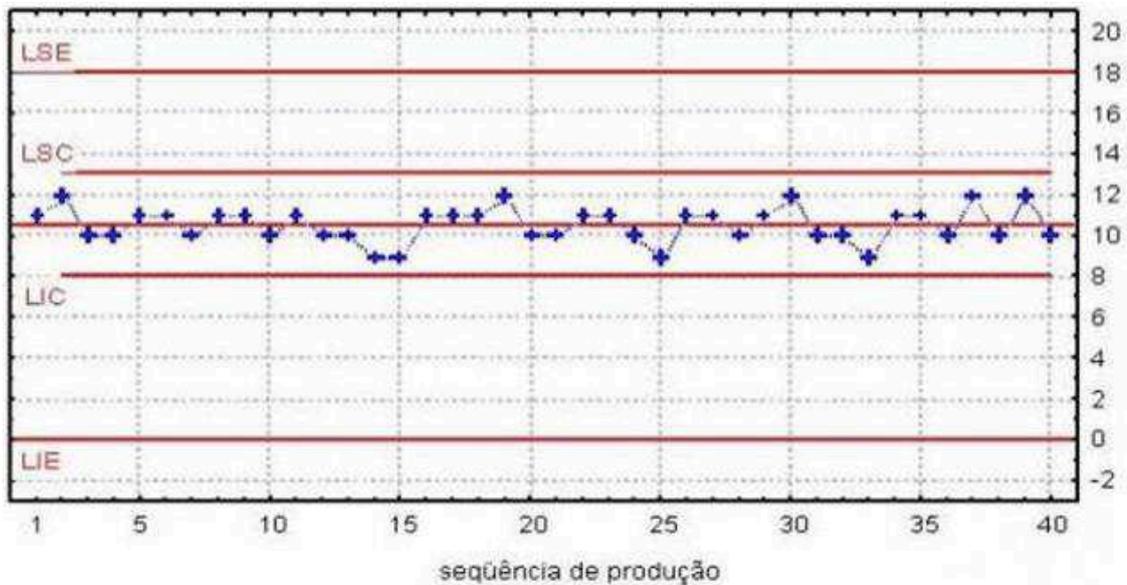
**Figura 6 - Exemplo de diagrama de Ishikawa**



**Fonte: BASTIANI, MARTINS, 13 de Julho de 2018.**

Controle Estatístico de Processo (CEP): ferramenta utilizada para reduzir a causa da maioria dos problemas através da análise da variabilidade dos resultados dentro do processo ( FREITAS, 28 de Março de 2011) (exemplo: Figura 7).

**Figura 7 - Exemplo de CEP**



**Fonte: FREITAS, 28 de Março de 2011**

OAKLAND (1994) também fala sobre as sete novas ferramentas da qualidade, que, segundo ele, são um grupo de ferramentas inter-relacionadas que têm por objetivo o sucesso do projeto por meio da identificação de objetivos e etapas intermediárias nos mínimos detalhes. Essas ferramentas são:

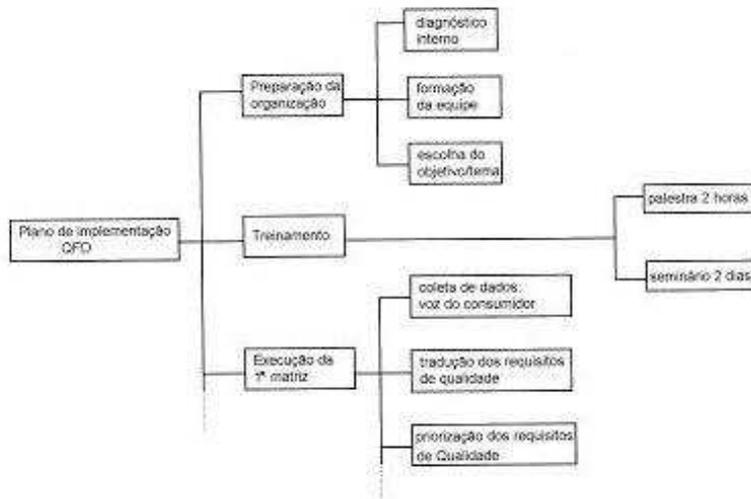
Diagrama de Afinidade: ferramenta utilizada para reunir ideias na fase de planejamento da qualidade, é uma espécie de *brainstorming* (PESSOA, 2013) (exemplo: Figura 8).

Digráfico de inter-relação: usado para organizar as ideias fazendo um fluxograma com essas ideias a fim de se encontrar uma inter-relação entre as mesmas (OAKLAND, 1994) (exemplo: Figura 9).

Diagrama de fluxo de sistemas/árvore: este diagrama permite mapear uma série de atividades que serão realizadas (OAKLAND, 1994) (exemplo: Figura 10).



Figura 10 - Exemplo de diagrama árvore



Fonte: CANTIDIO, 03 de Novembro de 2009.

Diagrama de matriz, ou tábua da qualidade: considerada como o coração das sete novas ferramentas da qualidade, sua função é mostrar as correlações entre as tarefas, funções ou características salientando suas importâncias (OAKLAND, 1994) (exemplo: Figura 11).

Figura 11 - Exemplo de Diagrama de matriz

DEPARTAMENTO DE R.H.														
GERENTES														
SUPERVISÃO/CHEFIA														
ESPECIALISTAS CEP														
CONSULTORES														
QUEM VAI TREINAR	CURSO	CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE	7 FERRAMENTAS BÁSICAS	7 NOVAS FERRAMENTAS	CONTABILIDADE	PADRONIZAÇÃO	METODOLOGIA P/ SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	HABILIDADES PARA COMUNICAÇÃO	DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS	JUST - IN - TIME	TOTAL QUALITY CONTROL	DESEMPENHO DA FUNÇÃO QUALIDADE	ENGENHARIA SIMULTÂNEA	COMAKERSHIP
QUEM SERÁ TREINADO														
ALTA ADMINISTRAÇÃO														
MÉDIA GERÊNCIA														
ENGENHEIROS														
PRODUÇÃO														
EQUIPES DE PROJETO														
PROFISSIONAIS DA QUALIDADE														
MARKETING														
COMPRAS														

Fonte: CANTIDIO, 03 de Novembro de 2009.

Análise de dados de matriz: é usada para analisar os dados obtidos a partir da matriz, organizá-los e apresentá-los de forma mais clara e simplificada, apesar de simples, porém de execução complexa (OAKLAND, 1994).

Gráfico de programa de decisão de processo (PDCP – *Process Decision Programme Chart*): planeja cada ocorrência que pode ocorrer na evolução do problema, desde de sua apresentação até seu fim (exemplo: Figura 12), é relacionado com FMEA (Análise de modo e efeito de falhas – *Failure Mode, Effect and Analysis*) (OAKLAND, 1994).

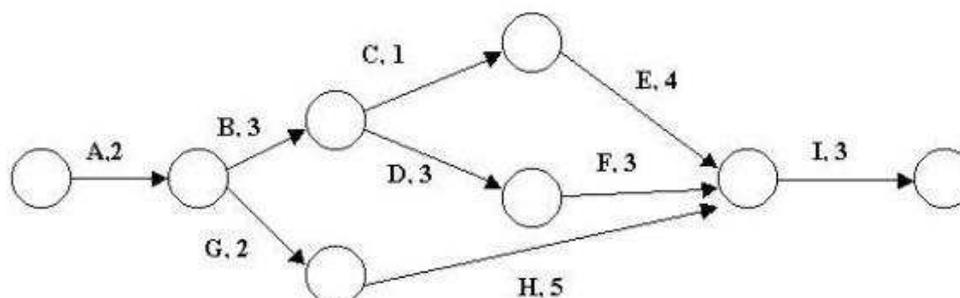
**Figura 12 - Exemplo de PDCP**



Fonte: CANTIDIO, 03 de Novembro de 2009.

Diagrama de flecha: tem por função organizar ou programar uma tarefa através do uso de flechas, sendo necessário o conhecimento sobre a sequência e a duração das tarefas (OAKLAND, 1994) (exemplo: Figura 13).

**Figura 13 - Exemplo de diagrama de flecha**



Fonte: CANTIDIO, 03 de Novembro de 2009.

## 2.3 Manutenção Industrial: História e Evolução

A Manutenção Industrial propriamente dita teve início com a revolução industrial no século XVI com as máquinas têxteis onde os próprios operadores eram treinados para realizar os reparos necessários em suas máquinas de trabalho, porém desde o início dos tempos tem-se indícios de que o homem trabalhava para manter suas ferramentas sempre úteis realizando pequenos atos que conservavam estas ferramentas (WIREBSK, 2007).

O termo manutenção está relacionado com manter, mas não só isso é função da manutenção, detectar falhas, solucionar problemas relacionados a falhas, propor contramedidas, tudo isso faz parte da manutenção, infelizmente ainda há organizações onde a manutenção é vista com maus olhos, como um mal necessário, mudar este modo de ver a manutenção é um passo importante dentro de todas as organizações (XENOS, 1998)

No livro de Kardec e Nascif (2009), os autores elencam a evolução da manutenção em quatro gerações, sendo elas:

### 2.3.1 A primeira geração:

Abrangendo o período da segunda guerra mundial, este período foi marcado por equipamentos simples e superdimensionados, sendo que a manutenção era apenas corretiva, esperava-se o equipamento quebrar para se realizar a manutenção, a única competência desejada era de se saber consertar o equipamento

### 2.3.2 A segunda geração:

Ocorreu entre os anos 1950 e 1970, após a Segunda Guerra, uma grande demanda de todo tipo de produto, começou-se então a falar em produtividade e a se manter os equipamentos em funcionamento, surgindo assim a manutenção preventiva que era feita em períodos fixos, começou-se também a se preocupar com os custos da manutenção

### 2.3.3 A terceira geração:

Período com início na década de 1970 onde o sistema *Just-in-Time* se tornava tendência mundial, a automação ocasionava cada vez mais falhas frequentes o que fazia com que confiabilidade e disponibilidade se tornassem cada vez mais importantes dentro das organizações, nesta época reforçou-se os conceitos de manutenção preventiva, começou-se a desenvolver softwares para planejamento, controle e acompanhamento da manutenção e confiabilidade começa a ser aplicada na manutenção.

### 2.3.4 A quarta geração:

Neste período os conceitos de disponibilidade e confiabilidade são cada vez mais presentes na manutenção, busca-se evitar ao máximo a parada de equipamentos, mesmo sendo planejadas, fazendo-se necessário cada vez mais o uso da manutenção preditiva, começa-se a interação entre as áreas de manutenção, operação e engenharia na busca pela melhoria contínua de todo o processo, uma outra grande mudança nessa fase é o aprimoramento da contratação ou da terceirização.

## 2.4 Problemas Frequentes na Manutenção

Segundo artigo de SOUSA publicado no site Normatec (2017), são seis os principais problemas em máquinas e equipamentos industriais causados por falta de manutenção:

### 2.4.1 - Redução da vida útil dos equipamentos industriais

Sem uma manutenção periódica adequada as máquinas e equipamentos acabam tendo sua vida útil reduzida pois quando derem sinal de que algo está errado poderá já ser tarde demais tornando a troca de todo o equipamento a opção mais viável.

### 2.4.2 - Queda na qualidade dos produtos fabricados

Uma máquina que não funciona direito esta sujeita a causar falhas em seus produtos, o que gera um grande transtorno para a empresa

#### 2.4.3 – Reduz a competitividade da empresa no mercado

Os problemas na manutenção podem acarretar em atrasos na entrega e problemas na qualidade dos produtos, o que gera falta de credibilidade da empresa com seus clientes e até mesmo com seus fornecedores, o que pode os levar a procurar a concorrência.

#### 2.4.4 - Risco à segurança dos funcionários

Máquinas que não passam por manutenções regulares podem estar sujeitas a explosões, sobrecargas elétricas, soltar peças sendo um risco a saúde dos funcionários que trabalham ali.

#### 2.4.5 - Maior demanda de trabalho

Se uma máquina quebra e precisa passar por manutenção, a empresa acaba sofrendo um atraso de produção, o que obriga a empresa a atrasar a entrega de seus produtos ou a ter que pagar hora extra para os funcionários ou até mesmo contratar novos funcionários para poder cumprir o prazo.

#### 2.4.6 - Aumento de custos

Tudo o que foi falado nos problemas anteriores gera um custo extra para a empresa, uma máquina que precisa ser trocada antes do tempo, produtos com qualidade inferior, equipes paradas por causa de equipamento em manutenção, horas extras, contratar novos funcionários, tudo isso faz com que a empresa perca competitividade, o que pode levar a empresa até mesmo a falir.

### **2.5 Manutenção Industrial e Qualidade**

Dentro da manutenção a aplicação da qualidade tem por objetivo diminuir os custos da manutenção, contribuir para o aumento da confiabilidade e facilitar para que a manutenção consiga atingir um grau maior de disponibilidade dos equipamentos. Segundo o autor a manutenção precisa apresentar quatro condições para que se possa realizar a qualidade dentro da mesma, quais sejam: economia, rapidez, precisão e honestidade (XENOS, 1998).

Ainda segundo XENOS, 1998, com o uso de ferramentas, a qualidade organiza os dados relativos às ações tomadas dentro da manutenção e os exibe de forma

clara e objetiva tornando fácil o gerenciamento e as melhorias no processo. Estes dados são apresentados na forma de número de falhas, tempo de manutenção e custo de manutenção, todas estas mostradas através de período de tempo, além também de ser possível monitorar outras dimensões da qualidade relacionadas aos seres humanos, tal como moral, saúde e segurança.

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa visa estudar as ferramentas disponíveis usadas num sistema de qualidade e apresentar formas para que possam ser usadas na gerência da manutenção industrial, tendo em vista esta situação, o trabalho se enquadra no perfil exploratório e nas pesquisas bibliográficas.

Segundo GIL (1996), a pesquisa exploratória possibilita tornar o problema mais claro, facilitando sua compreensão e trazendo uma maior familiaridade com o mesmo, o planejamento deste tipo de pesquisa é bastante flexível o que possibilita levar-se em conta vários aspectos relativos ao problema estudado.

Ainda segundo GIL (1996), pesquisa bibliográfica é desenvolvida seguindo-se uma série de etapas, que são:

- 1 - Escolha do tema;
- 2 - Levantamento bibliográfico preliminar;
- 3 - Formulação do problema;
- 4 - Elaboração do plano provisório de assunto;
- 5 - Busca das fontes;
- 6 - Leitura do material;
- 7 - Fichamento;
- 8 - Organização lógica do assunto; e
- 9 - Redação do texto.

Estas etapas não devem ser vistas como uma regra rigorosa a ser seguida, mas como um simples roteiro que foi elaborado não só por GIL (1996), mas, também, por outros autores estudiosos da área.

A pesquisa em questão seguiu, em linhas gerais, os princípios apresentados anteriormente, onde se fez um estudo bibliográfico buscando autores conhecidos e

trabalhos importantes realizados na área, após o estudo levantaram-se os assuntos mais relevantes e, assim, foi possível elaborar os textos presentes neste trabalho.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 Caso do Hospital

Na dissertação “Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso” (GERÔNIMO, LEITE, OLIVEIRA, 2017), os autores fazem um estudo de caso no setor de manutenção de um hospital privado da cidade de São Luiz, do estado do Maranhão, o hospital em questão vinha sofrendo com um elevado número de quebras apresentados por suas máquinas, a média era de 11 quebras por mês e um custo de R\$ 5.000,00 o que trazia grandes problemas para o hospital.

Utilizaram-se das Ordens de Serviço (OS) para analisar as falhas dos equipamentos e fazer um levantamento das principais causas de falhas dos equipamentos, o período utilizado para analisar foram os quatro primeiros meses do ano de 2016, as causas mais relevantes encontradas foram:

- 1- Falha do Equipamento: Falhas por não cumprimento de manutenção preventiva;
- 2- Desgaste da peça: Desgaste elevado de peça ou componente do equipamento;
- 3- Abuso na utilização: Sobrecarga nos equipamentos durante o uso;
- 4- Erros de Operação: Falhas causadas por utilização errada do equipamento, geralmente causado por falta de instrução do operador;
- 5- Mau contato: Falhas causadas por instalação errada ou espaço inadequado para as máquinas
- 6- Outras causas: Falhas com baixa frequência de acontecimento como vazamentos, falta de calibragem, entre outros.

A partir deste levantamento, os autores começaram a utilizar-se de ferramentas da qualidade para organizar os resultados obtidos anteriormente e poder ter uma melhor visão sobre os mesmos.

A primeira ferramenta utilizada pelos autores (GERÔNIMO, LEITE, OLIVEIRA, 2017), foi a folha de verificação (Figura 14).

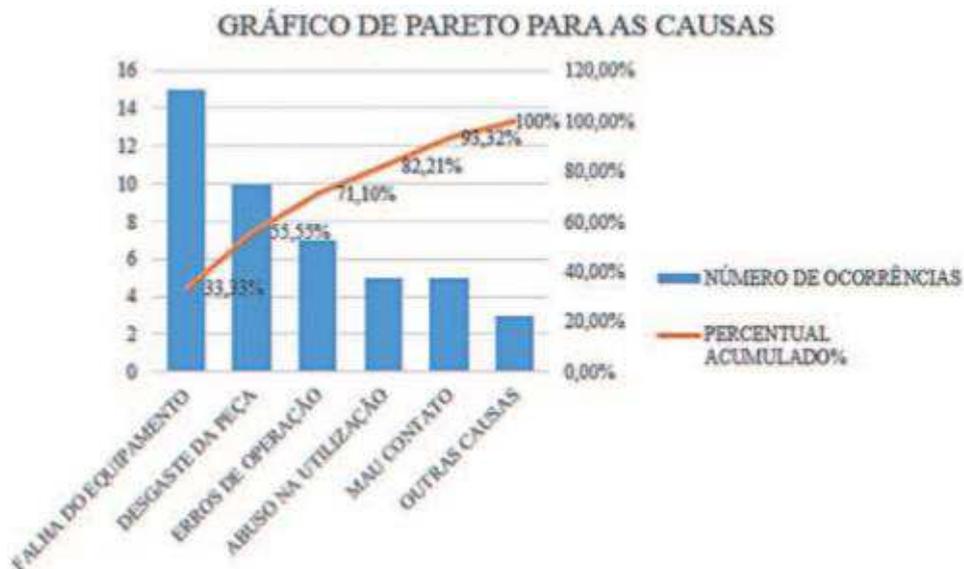
**Figura 14 - Folha de verificação**

RAZÕES	NUMERO DE OCORRÊNCIAS	CASOS ACUMULADOS	PERCENTUAL UNITÁRIO%	PERCENTUAL ACUMULADO%
FALHAS DO EQUIPAMENTO	15	15	33,33	33,33
DESGASTE DA PEÇA	10	25	22,22	55,55
ERROS DE OPERAÇÃO	7	32	15,55	71,10
ABUSO NA UTILIZAÇÃO	5	37	11,11	82,21
MAU CONTATO	5	42	11,11	93,32
OUTRAS CAUSAS	3	45	6,68	100
TOTAL	45		100	

Fonte: GERÔNIMO, LEITE, OLIVEIRA, 2017

Com a folha de verificação foi possível de se traçar o gráfico da análise de Pareto (Figura 15).

**Figura 15 - Análise de Pareto**



Fonte: GERÔNIMO, LEITE, OLIVEIRA, 2017

Através do gráfico de análise de Pareto, os autores (GERÔNIMO, LEITE, OLIVEIRA, 2017) puderam concluir que as duas principais causas de falhas foram as falhas de equipamento e o desgaste das peças, com estes dados foi elaborado

um Diagrama de Ishikawa (Figura 16), a fim de se encontrar as causas raízes das falhas apresentadas.

Figura 16 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: GERÔNIMO, LEITE, OLIVEIRA, 2017

Com as causas raízes devidamente identificadas os autores (GERÔNIMO, LEITE, OLIVEIRA, 2017) foram capazes de propor 6 medidas para que se pudesse diminuir o elevado número de paradas das máquinas, são eles:

- 1- Qualificação da mão-de-obra e aumento dos funcionários;
- 2- Elaboração dos procedimentos de manutenção;
- 3- Desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva;
- 4- Construção de uma área para realização dos trabalhos de manutenção;
- 5- Implantação de um sistema de controle das manutenções;
- 6- Fazer parcerias com fornecedores de peças dos equipamentos.

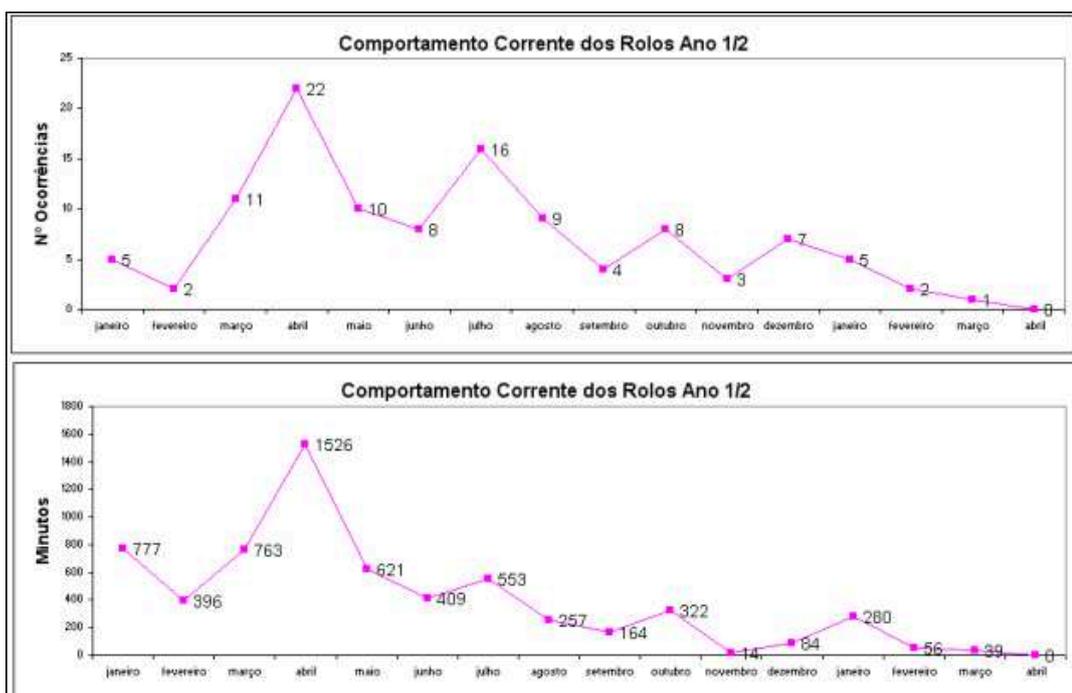
Estas medidas podem reduzir a quantidade de paradas de máquinas e agilizar os trabalhos do setor de manutenção da empresa.

## 4.2 Caso da Usina Siderúrgica

Este segundo estudo de caso analisado foi realizado por Thiago Alan Dutra dos Santos (2012), tendo como título “Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Aciaria de Usina Siderúrgica”, onde o autor realizou o estudo no setor de aciaria de uma usina siderúrgica localizada no estado do Rio de Janeiro, e através do uso de ferramentas como Histograma e FMEA, o autor pode analisar os problemas de manutenção do setor, identificar o maior causador de problemas da empresa e propor soluções para os problemas identificados como críticos.

Após um ano da realização do estudo e implementação das melhorias propostas, o autor expôs os resultados obtidos com relação a quantidade de paradas de máquina e da quantidade de minutos de máquina parada por mês (Figura 17).

**Figura 17 - Número de ocorrências e tempo de parada de máquina**



Fonte: SANTOS, 2012.

O autor também expôs os resultados econômicos obtidos antes e após o estudo e implementação das melhorias através da análise dos custos envolvidos no processo (Figura 18).

**Figura 18 - Comparação dos custos antes e após um ano do estudo de caso**

<b>Antes das Melhorias</b>						
	Minutos	Horas	Quantidade	Custo Unit.	Valor / Ano	Valor / Mês
Minutos de Parada	5886	98,1	112	R\$ 4.351,21	R\$ 487.336,08	R\$ 40.611,34
HH	5886	98,1	2	R\$ 5,22	R\$ 1.025,15	R\$ 85,43
Materiais						
Correntes			20	R\$ 3.250,00	R\$ 65.000,00	R\$ 5.416,67
Elos	5886	98,1	24	R\$ 31,23	R\$ 749,52	R\$ 62,46
Engrenagens			4	R\$ 40.098,54	R\$ 160.394,16	R\$ 13.366,18
					<b>R\$ 714.504,90</b>	<b>R\$ 59.542,08</b>
<b>Depois das Melhorias</b>						
	Minutos	Horas	Quantidade	Custo Unit.	Valor / Ano	Valor / Mês
Minutos de Parada	468	7,8	12	R\$ 3.229,04	R\$ 38.748,43	R\$ 3.229,04
HH	468	7,8	2	R\$ 5,22	R\$ 81,51	R\$ 6,79
Materiais						
Correntes			2,6	R\$ 3.250,00	R\$ 8.450,00	R\$ 704,17
Elos	468	7,8	2,472	R\$ 31,23	R\$ 77,20	R\$ 6,43
Engrenagens			0,412	R\$ 40.098,54	R\$ 16.520,60	R\$ 1.376,72
					<b>R\$ 63.877,74</b>	<b>R\$ 5.323,15</b>

Fonte: SANTOS, 2012.

### 4.3 Caso da Indústria de Alimentos

Neste estudo de caso que aconteceu em uma indústria de alimentos localizada no estado de Goiás com o título de “Utilização de ferramentas da qualidade na busca de melhoria contínua em indústria de alimentos” (MATIAS 2014), o autor utilizou-se de ferramentas da qualidade como folha de verificação, análise de Pareto e diagrama de Ishikawa, para identificação dos problemas da empresa e para propor soluções aos mesmos.

Após a implementação das melhorias sugeridas, o autor expôs os resultados através da análise de cinco indicadores diferentes que são: a eficiência global do equipamento (OEE), o tempo médio entre falhas do equipamento (MTBF), as perdas de embalagens, a eficiência mecânica (EMM) e as paradas totais (Figura 19)

**Figura 19 - Comparação de indicadores**

Indicador	Média dos índices do período anterior	Índices do mês de maio de 2014	META
OEE (%)	58,3	69,6	75,0
EMM (%)	79,7	84,5	90,0
MTBF (hr)	1,3	2,1	3,0
Perdas (%)	2,6	0,9	1,0
Paradas	239	114	-

Fonte: MATIAS, 2014.

Analisando os indicadores apresentados pode-se observar que houve um resultado positivo em todos os indicadores, mas um dos mais importantes foi a diminuição das perdas de embalagens que significa uma economia de cerca de R\$15.000,00 por ano, sendo que com a implementação deste projeto foi gasto menos da metade deste valor segundo o autor do mesmo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado deste trabalho tem-se que as ferramentas da qualidade são capazes de trazer uma grande diferença para o processo de manutenção dentro das organizações, não só na parte organizacional, mas também nas atividades diárias e no planejamento de trabalhos futuros.

Analisando o primeiro estudo de caso, observa-se que as ferramentas da qualidade fizeram uma grande diferença na análise dos problemas de manutenção das máquinas do hospital, com a aplicação das melhorias sugeridas, o hospital deve conseguir um resultado positivo com suas máquinas e melhorar o atendimento a seus clientes tendo em vista a diminuição dos transtornos causados pela manutenção ineficaz aplicada anteriormente.

Já com os resultados obtidos no segundo estudo de caso, pode-se observar uma diminuição de 22 para 0 no número de paradas de abril do ano 1 para abril do ano 2 e uma diminuição de 1526 para 0 no número de minutos de máquina parada no mesmo período, além de uma diminuição de R\$714.504,90 por ano para R\$63.877,74 nos custos de manutenção do problema analisado dentro da Aciaria da empresa.

Ao se levar em consideração os resultados da análise dos indicadores do terceiro estudo de caso apresentado, podemos observar que após a implementação das melhorias propostas, a maior parte dos resultados da empresa de alimentos ainda estão abaixo da meta estabelecida, porém, mesmo neste caso, pode-se observar uma melhora significativa nos indicadores e a redução de custo por perda de embalagem com o processo.

## 6 CONCLUSÃO

Através da análise dos dados apresentados e dos resultados adquiridos, conclui-se que as ferramentas da qualidade, quando aplicadas corretamente, têm o potencial de melhorar o processo de manutenção de máquinas e equipamentos e facilitar o dia a dia das pessoas envolvidas no processo.

Os textos apresentados sobre a Qualidade Total e sobre a ISO:9001 também demonstram que a busca pela qualidade dentro das organizações deve ser sempre uma meta a ser batida e todos os setores devem estar envolvidos neste trabalho buscando crescimento, desenvolvimento, competitividade e o mais importante para manter-se a empresa, o lucro.

É possível também concluir-se que para se utilizar de ferramentas da qualidade no processo de manutenção de máquinas e equipamentos não são necessários grandes investimentos, como nos estudos de caso, as ferramentas utilizadas foram gráficos e diagramas com custo zero, necessita-se apenas de conhecimento por parte das pessoas que as estão utilizando.

O mais importante a se concluir com este trabalho é que as ferramentas da qualidade podem ser aplicadas em diferentes tipos de situações e diferentes tipos de empresas, sejam elas de porte pequeno, médio ou grande, ou de qualquer tipo de segmento, não importa se já é uma empresa sólida no mercado ou iniciante, as ferramentas trazem resultados positivos auxiliando estas empresas na solução de seus problemas diários com a manutenção de máquinas e equipamentos.

## REFERÊNCIAS

BASTIANI, Jeison Arenhart de, MARTINS, Rosemary. **Diagrama de Ishikawa, 13 de Julho de 2018**. Disponível em: <http://www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 15 nov. 2018

CANTIDIO, Sandro. **Solução de Problemas com o uso do PDCA e das Ferramentas da Qualidade, 03 de Novembro de 2009**. Disponível em: <https://sandrocan.wordpress.com/tag/diagrama-de-arvore/>. Acesso em: 15 nov. 2018

COUTINHO, Thiago. **Diagrama de Dispersão: o que é, quando usar e como montar, 19 de Outubro de 2017**. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-dispersao>. Acesso em: 15 nov. 2018

COUTINHO, Thiago. **Folha de verificação como ferramenta da qualidade, 24 de Outubro de 2017**. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/folha-de-verificacao>. Acesso em: 15 nov. 2018

FERNANDES, Waldir A. **O movimento da qualidade no Brasil**. 1ª edição. São Paulo: Essencial Idea, 2011

FREITAS, Alvaro. **CEP – Controle estatístico de Processo, 28 de Março de 2011**. Disponível em: <http://academiaplatonica.com.br/2011/gestao/cep-controle-estatistico-de-processo/>. Acesso em: 15 nov. 2018

Gerônimo, M. S., Leite, B. C. C., & Oliveira, R. D. **Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso**. Exacta – EP, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 167-183, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

KOLB, Juliana Jenny. **Histograma, 09 de Agosto de 2018**. Disponível em: <http://jkolb.com.br/histograma/>. Acesso em: 15 nov. 2018

LONGO, Rose M. J. **A revolução da qualidade total: histórico e modelo gerencial**. Ipea, 1998.

MATIAS, Giácomo Cipriano. **Utilização de ferramentas da qualidade na busca de melhoria contínua em indústria de alimentos**. Revista On-line IPOG Especialize, Goiás, maio de 2014. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=utilizacao-de-ferramentas-da-qualidade-na-busca-de-melhoria-continua-em-industria-de-alimentos-14166185.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2018.

OAKLAND, John S. **Gerenciamento da qualidade total**. 1ª edição. São Paulo: Nobel, 1994.

PESSOA, Gerisval. **Ferramentas de Gestão da Qualidade - Diagrama de Afinidades**, 2013. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAABg2wAH/ferramentas-gestao-qualidade-diagrama-afinidades>. Acesso em: 15 nov. 2018

SANTOS, Thiago Alan Dutra dos. **Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Aciaria de Usina Siderúrgica**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Manutenção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/0B3QBoXGH\\_qGGSU5sVnFQRzduN0E/view](https://drive.google.com/file/d/0B3QBoXGH_qGGSU5sVnFQRzduN0E/view). Acesso em: 05 dez. 2018.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Diagrama de Pareto**, 2014. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/diagrama-de-pareto/>. Acesso em: 15 nov. 2018

Sousa, Oscar Neves de. **6 Problemas gerados pela falta de manutenção de equipamentos industriais**. Disponível em <https://normatec.eng.br/blog/6-problemas-gerados-pela-falta-de-manutencao-de-equipamentos-industriais/>, acesso em 21 nov. 2018.

TEXERA, G. G., FRANCINE, P., MUNIZ, J. **Fluxogramas, diagrama de blocos e de Chapin no desenvolvimento de algoritmos**, 2013. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/fluxogramas-diagrama-de-blocos-e-de-chapin-no-desenvolvimento-de-algoritmos/28550>. Acesso em: 15 nov. 2018

WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total. Um Modelo Adaptado.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/158161/108695.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 abr. 2018.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 1998.