

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - SP**

JAIRO JOSÉ MODESTO GONÇALVES JUNIOR

**Redução de Custo na Manutenção de Ativos no Ambiente  
Industrial.**



GUARATINGUETÁ – S.P.

2016

JAIRO JOSÉ MODESTO GONÇALVES JUNIOR

## **Redução de Custo na Manutenção de Ativos no Ambiente Industrial.**

Dissertação de Mestrado Profissional, apresentado ao Conselho de Pós Graduação em Mestrado Profissional da Faculdade Engenharia do Campus de Guaratinguetá – Unesp, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Exemplar apresentado para defesa final.

**Linha de pesquisa: Gestão da Produção**

**Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro.**

**Co-orientador: Prof. Dr. Bruno Chaves Franco.**

GUARATINGUETÁ – S.P.

2016

Gonçalves Junior, Jairo José Modesto  
G6 Redução de Custo na Manutenção de Ativos no Ambiente Industrial/ Jairo  
35 José Modesto Gonçalves Junior – Guaratinguetá, 2016.  
r 67 f. : il.  
Bibliografia: f. 65-67

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Chaves Franco

1. Manutenção produtiva total 2. Administração de empresas 3. Seis sigma  
(Padrão de controle de qualidade) 4. Pesquisa-ação I. Título

CDU 658.581(043)

**JAIRO JOSÉ MODESTO GONÇALVES JUNIOR**

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
“MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO”

PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO: MESTRADO PROFISSIONAL

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

  
Prof. Dr. Jorge Muniz Junior  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. MARCOS VALÉRIO RIBEIRO  
Orientador / UNESP-FEG

  
Prof. Dr. JOSÉ VITOR CÂNDIDO DE SOUZA  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. HENRIQUE MARTINS ROCHA  
UERJ

Março de 2016

## **DADOS CURRICULARES**

### **Jairo José Modesto Gonçalves Junior**

<b>NASCIMENTO</b>	27.07.1982 – Cruzeiro / SP
<b>FILIAÇÃO</b>	Jairo José Modesto Gonçalves Rosangela Maria Alves Carneiro
<b>2005/2008</b>	Curso de Graduação. Tecnologia Mecânica–Faculdades Integradas de Cruzeiro.
<b>2008/2009</b>	Curso de Pós Graduação Gestão Estratégica de Pessoas, nível de MBA, na Faculdades Integradas de Cruzeiro.
<b>2009/2013</b>	Curso de Graduação em Engenharia de Produção – Faculdade de Ciências Humanas de Cruzeiro.

De modo especial, agradeço aos meus filhos: Maria Eduarda Pazini Modesto Gonçalves e Pedro Pazini Modesto Gonçalves, que com seus gestos e olhares me deram força e foi o grande fator incentivador para que eu ingressasse e continuasse no curso, e à minha esposa Lidiane Araujo Pazini Modesto Gonçalves que com toda paciência e perseverança sempre ao lado me guiou até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos, aos meus orientadores *Prof. Dr. Marcos Valério e Prof. Dr. Bruno Chaves Franco*, que não deixaram de me incentivar e motivar a fazer o melhor. Sem as suas orientações, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível, à minha mãe *Rosangela Maria Alves Carneiro*, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivou os meus estudos, à minha esposa *Lidiane Pazini Modesto Gonçalves* junto aos meus filhos *Maria Eduarda Pazini Modesto Gonçalves e Pedro Pazini Modesto Gonçalves* que foram o meu alicerce para chegar até aqui, ao amigo Engenheiro *João Carlos Gonçalves* que com toda sabedoria me mostrou o caminho certo em momentos difíceis, aos *profissionais* da empresa em que desenvolvi este trabalho, pela aceitação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar, à empresa apoiadora, em particular na pessoa do *Sr. Paulo Becker*, por acreditar neste trabalho e deixar de forma aberta a utilização de qualquer setor e ou informação para o desenvolvimento.

*“Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco;  
à medida que vamos adquirindo conhecimento,  
instala-se a dúvida.”*

Goethe



## RESUMO

Neste trabalho apresentam-se os elementos que demonstram a utilização do conceito de Gestão dos Custos de Manutenção de ativos, bem como a estrutura e formas adotadas na implantação de melhorias no modelo de gestão de custos em uma empresa de autopeças, o trabalho traz a contribuição para comunidade industrial com uso da ferramenta Seis-Sigma para atingir os objetivos e resultados (R\$1.002.864,00) financeiros pré-definidos, utilizando a metodologia de pesquisa-ação, descrevendo todas as atenuantes que envolvem a utilização deste modelo para o refinamento da teoria. Tem-se como objetivo ressaltar a importância na gestão dos custos de manutenção em ativos de uma forma estratégica e operacional, para que seja possível entender melhor e/ou confrontar modelos atuais de avaliação destes custos. Além disto, isto propiciará as empresas uma melhor previsão nos custos envolvidos através de um modelo para tal, com grande resultados financeiros e conhecimentos adquiridos, podendo assim se valer da garantia de indicadores balanceados e alinhados a real situação dos equipamentos do parque de máquinas.

**Palavras – chave:** Custo de Manutenção de ativos, Gestão da Manutenção, Disponibilidade e Eficiência.

## **ABSTRACT**

In this work we present the elements that demonstrate the use of the concept of management of maintenance of assets and costs, as well as the structure and forms adopted in the implementation of improvements in cost management model in an auto parts company, the work brings the contribution industrial community with use of Six Sigma tool to achieve the objectives and results (R\$1.002,864.00) pre-defined financial, using the methodology of action research, describing all the mitigating involving the use of this model for refinement theory. It has been aimed to highlight the importance in the management of maintenance costs in assets from a strategic and operational manner, so that you can better understand and / or confront current models these costs. In addition, it will provide companies a better forecast of the costs involved through a model for this, with great financial results and acquired knowledge, so it may be worth ensuring balanced and aligned indicators the actual situation of the machine park equipment.

**KEYWORDS:** Upkeep of assets, Maintenance Management, Availability and Efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do processo de produção.....	19
Figura 2: Método de Pesquisa .....	21
Figura 3: Gráfico de porcentagem gasto débito direto por centro de custo conta 592.....	30
Figura 4: Gráfico de porcentagem gasto estoque por centro de custo conta 592.....	31
Figura 5: Custo Total de Manutenção Realizado versus Previsto .....	32
Figura 6: Erro de Previsão .....	33
Figura 7: Custo Total de Manutenção Realizado versus Relativo (2,8% do faturamento líquido).....	34
Figura 8: Gráfico de dispersão Custo Total de Manutenção vs. Faturamento Líquido. ....	35
Figura 9: Gráfico de dispersão Custo de Manutenção Corretiva + Preditiva vs. Faturamento Líquido. ....	36
Figura 10: Gráfico do Ponto Ótimo de Disponibilidade.....	37
Figura 11: SIPOC do custo de manutenção de ativos.....	38
Figura 12: Contrato de Equipe – Projeto 6 Sigma .....	40
Figura 13: Gráfico Indicador do projeto – Janeiro/13 a Junho/15 .....	41
Figura 14: MOP – Mapa Organizacional do Projeto .....	42
Figura 15: Custo total por operação Jan-13 a Jul-14. ....	43
Figura 16: Custo na operação de Repuxamento Jan-13 a Jul-14.....	44
Figura 17: Taxa de porcentagem redução versus espessuras dos discos. ....	45
Figura 18: Planilha de atendimento dos equipamentos versus produto. ....	46
Figura 19: Custo total com manutenção em Robôs Jan-13 a Jul-14.....	47
Figura 20: Ciclo PDSA do processo de manutenção dos Robôs. ....	48
Figura 21: Gráfico Boxplot Capacidade das Prensas Processo de F.F x Produto .....	49
Figura 22: Gráfico de Pareto Total de gasto na operação do furo de fixação de jan-13 a jul-14.....	50
Figura 23: Matriz de polivalência da equipe de manutenção .....	52
Figura 24: Valores gastos via estoque e debito direto Jan.13 a Jul.14.....	54
Figura 25: Custo total por debito direto Jan-13 a Jul-14 .....	54
Figura 26: Ciclo PDSA Custos com Mão de Obra de Terceiros .....	55
Figura 27: Gráfico de controle do custo em M.O de Terceiros de Jan-13 a Jun-15. ....	56
Figura 28: Indicador de indisponibilidade por manutenção. ....	57
Figura 29: Indicador de Retrabalho por manutenção.....	58
Figura 30: Gráfico indicador do projeto – Jan-13 a Jun-15.....	59
Figura 31: Modelo de gestão dos custos de manutenção.....	61

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Valores dos Custos de Manutenção por Atividade.....	32
---------------------------------------------------------------	----

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 INTRODUÇÃO AO TEMA .....	14
1.2 OBJETIVO E RESULTADOS ESPERADOS .....	16
1.3 JUSTIFICATIVAS E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	16
1.3.1 Justificativas no âmbito acadêmico .....	16
1.3.2 Justificativas no âmbito empresarial.....	18
1.3.3 Delimitação da pesquisa .....	18
1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	22
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
2.1 SURGIMENTO DA MANUTENÇÃO .....	23
<b>3. PESQUISA-AÇÃO .....</b>	<b>30</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....	30
3.2 ANÁLISE DO MODELO ATUAL DE GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO .....	31
3.2.1 Alocação de recursos financeiros .....	31
3.2.2 Custos de Manutenção do Setor de Fabricação de Rodas .....	38
3.2.3 Considerações sobre a gestão de custos de manutenção atual.....	39
3.3 PROPOSTA DE SISTEMA DE GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....	39
3.3.1 Subprojeto: Adequação do produto a ser produzido <i>versus</i> máquina .....	43
3.3.2 Subprojeto: Capacitação da Equipe de Manutenção .....	50
3.3.3 Subprojeto: Melhoria de custos em peças e serviços .....	53
3.3.4 Subprojeto: Eficiência da manutenção .....	56
3.3.5 Considerações sobre a proposta.....	58
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>64</b>
4.1 ATENDIMENTOS AOS OBJETIVOS.....	64
4.2 CONCLUSÕES .....	65
4.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....	66
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 INTRODUÇÃO AO TEMA

No contexto dos negócios ser rentável é um fator primordial para manter-se competitivo, e para isso as indústrias operam com definições estratégicas que remetam em melhores posições no futuro. Este é o ponto em que o custo de manutenção entra como fator estratégico no ambiente industrial, pois quando o alinhamento entre o custo de manutenção de em ativos e às necessidades operacionais não é concreto ou real, os resultados não serão satisfatórios, devido aos gastos inesperados que o departamento de manutenção pode realizar em um curto espaço de tempo.

A manutenção é um fator estratégico para garantir alta produtividade em sistemas industriais, porém com a crise econômica global, as empresas estão em busca da redução de despesas trazendo consequências de grande impacto à manutenibilidade e confiabilidade de seus ativos (FACCIO, 2011). Este papel importante nas formulações de diversos sistemas administrativos de manutenção deve ser responsabilidade da engenharia de manutenção, mas ainda padece de direcionamentos corporativos estabelecidos um tanto a esmo, de forma bastante desordenada e pulverizada. Assim é fundamental aplicar os esforços dentro de uma proposta de modelagem que permita o controle de custos de manutenção, garantindo à engenharia da manutenção a função responsável pelo gerenciamento de indicadores e resultados esperados no plano estratégico corporativo (PERES e LIMA, 2005).

O setor de manutenção de ativos é um dos pilares mais importante da estratégia de uma empresa que visa lucratividade e competitividade no mercado, sendo assim, o refinamento dos custos em ativos e o custeio do ciclo de vida de um equipamento se tornam peças-chave para um futuro de boa produtividade e lucratividade dentro das empresas (KARDEC e NASCIF 2009).

A manutenção de ativos refere-se a serviços de manutenção preventivo e corretivo com troca de peças, tais como, revisão sistemática proporcionando uma administração de todo o processo de engenharia de manutenção, passando pela gestão de custos de materiais, peças, serviços, mão-de-obra e insumos necessários para execução da operação de equipamentos. Normalmente este tipo de manutenção não está vinculado ao aumento da vida útil do equipamento, assim sendo, este modelo é um instrumento para manter o funcionamento normal dentro dos padrões técnicos do equipamento (FERREIRA, 2007).

Paradoxalmente, durante muitos anos a manutenção foi adotada como uma disciplina de gestão industrial e teve o seu desenvolvimento devido aos esforços de gestores e engenheiros para desenvolvimento e aplicação de novas técnicas. Alguns motivos contribuíram para este desenvolvimento como a complexidade e variedades de ativos que se incorporaram aos ambientes produtivos e o grande desenvolvimento eletrônico que foi inserido em máquinas e equipamentos através da automação e controle industrial (TAVARES, 1999).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção de ativos deve ser entendida como uma função estratégica na obtenção de resultados da organização, além de estar alinhado ao suporte do gerenciamento e à solução de problemas apresentados na produção, lançando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade. Portanto, deve-se ter em conta os objetivos da empresa a ser gerida para proporcionar um grau de funcionalidade com um custo global otimizado. A política de manutenção deve ser definida pela empresa segundo os seus objetivos organizacionais, apresentando-se como fator determinante do sucesso do planejamento da produção e, portanto, da produtividade do processo.

Segundo Kardec e Nascif (2009) os custos diretos são aqueles necessários para manter os equipamentos (ativos) em operação. Incluem-se: Manutenção Preventiva, Preventiva, Corretiva e Inspeções. Estes custos são entendidos como direto, ou seja, ao funcionamento de um determinado ativo, porém devem ser analisados de forma separada, devido as suas características de operação.

Um ambiente que detêm alta variedade, grande complexidade e alta utilização da mão de obra ou da automação em seu processo produtivo, uma vez que exigem maiores tempos de preparação, inspeções e movimentação de materiais desta forma provocando a ociosidade de máquinas, ou mão de obra (COOPER e KPLAN, 1988).

Sobretudo a manutenção, para ser estratégica precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada. (KARDEC & NASCIF, 2011).

## 1.2 OBJETIVO E RESULTADOS ESPERADOS

Frente ao desafio de fomentar uma discussão sobre os modelos de gestão dos custos de ativos em manutenção de máquinas e equipamentos no âmbito acadêmico e empresarial, este trabalho propõe um modelo de gestão de custos de manutenção vinculado a estratégia para uma empresa de grande porte no setor automotivo com ganhos financeiros reais e informações técnicas para uso nas decisões de produção.

## 1.3 JUSTIFICATIVAS E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

### 1.3.1 Justificativas no âmbito acadêmico

Considerando o atual cenário das indústrias de autopeças brasileiras, este estudo traz a tona um dos principais fatores de composição do departamento de manutenção.

Segundo Nascif (2015), a gestão de ativos é o conjunto de atividades que uma organização utiliza para garantir a entrega de melhores resultados, com isso alcançar os objetivos de forma sustentável. De acordo com Branco Filho (2008), nas últimas três décadas foram feitas várias alterações e inovações nos sistemas organizacionais de forma a facilitar a integração entre pessoas, recursos e tarefas como também aconteceu em diversos sistemas de planejamento e controle da gerência de manutenção.

Com todo este cenário é preciso entender como os custos de manutenção estão alocados e como são analisados, a Associação Brasileira de Manutenção (2011) afirma que o custo de manutenção deve ser observado como um valor percentual sobre o faturamento bruto da empresa. Portanto este trabalho vem questionar essa teoria, ressaltando a importância de entender as variáveis de custos por modo de manutenção e ou a estratégia adotada, e espera-se como resultados, apresentar uma análise do sistema de custos de manutenção de ativos e o desenvolvimento de um projeto de melhoria implantado numa empresa de autopeças.

O tema desta pesquisa está relacionado ao entendimento do modelo de gestão de custos de manutenção em ativos com uma visão estratégica e operacional, desta forma irá possibilitar uma proposta de mudança na forma de avaliar/analizar tais custos.

A relevância científica consiste em fornecer informações e subsídios para que profissionais e empresas possam conhecer as formas de gerir o custo da manutenção de ativos, ao utilizar as teorias que aqui serão apresentadas, com isso, optar por uma delas de acordo com o objetivo de cada empresa, além de apresentar um modelo de melhoria na gestão da



manutenção para entendimento do por que os custos de manutenção são expressivos na empresa onde o trabalho foi desenvolvido.

Analisando os custos de manutenção da empresa parceira neste trabalho, o plano de custo em manutenção de ativos é medido através do fator em percentual entre os valores do custo total de manutenção em ativos (peças e serviços) versus o valor do faturamento líquido total da unidade em questão. Com o passar os meses os dados coletados e com a geração do gráfico de dispersão com uma linha indicando o faturamento líquido, outra com o custo atual da manutenção e outra linha com o custo que deveria ter sido atingido devido à queda e ou aumento do faturamento líquido. Analisando os dados através do gráfico plotado foi concluído que era preciso estudar e entender os valores, pois previamente foi entendido que a correlação (R) entre custo de manutenção e faturamento líquido é baixa. Dentro da literatura consultada foram encontrados modelos de gestão de ativos como o que relaciona o custo de manutenção com o faturamento bruto das empresas brasileiras, desta forma, fomentou-se a ideia de entender os custos separadamente com uma óptica estratégica operacional e sistêmica, assim sendo a responder as perguntas da pesquisa. Nos modelos consultados as empresas relacionam os custos de manutenção como um fator em porcentagem para entender o que foi gasto ou perdido em manutenção. Segundo Branco (2006), a finalidade deste indicador é entender a influência dos gastos em manutenção no total de capital investido, para determinação deste fator em novos projetos e para determinar a obsolescência da unidade. Desta forma, este modelo de indicador e análise não fornece ao gestor o fator estratégico de como identificar quais os custos fixos e custos variáveis e onde está o maior gasto em manutenção.

Xavier (2011) descreve que para o bom funcionamento dos equipamentos de uma planta industrial com relação à manutenção, portanto um modelo necessário e bem interessante seria o controle e atuação nos fatores de disponibilidade quanto ao funcionamento dos equipamentos, também é necessária a confiabilidade nos equipamentos e a presença de custos adequados para se manter competitiva no mercado. Sendo assim é necessário ultrapassar o estágio atual de manutenção e sempre buscar a melhor eficiência.

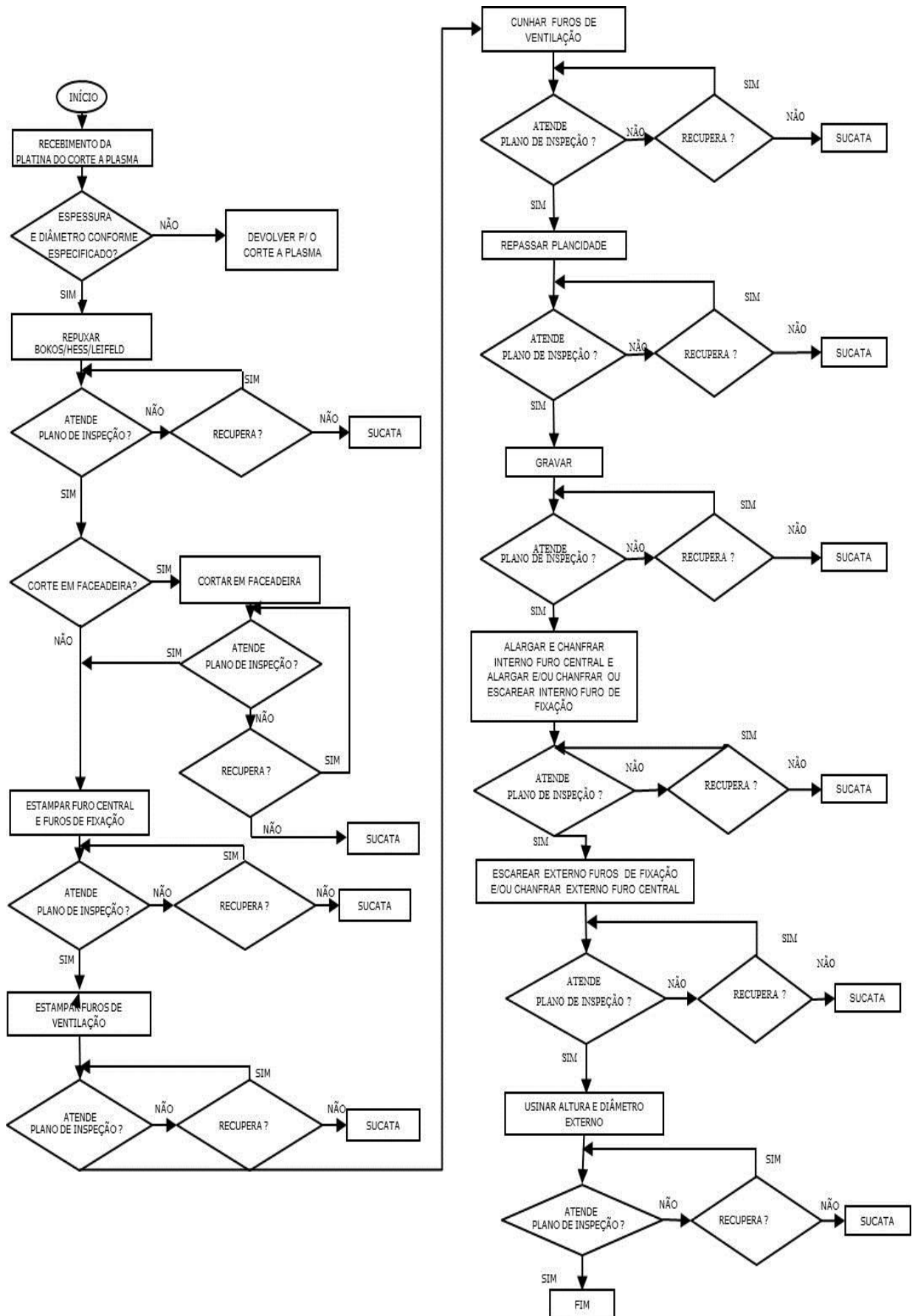
### **1.3.2 Justificativas no âmbito empresarial**

O atual modelo utilizado para definição do custo de manutenção de ativos não é embasado na real situação do parque de máquinas, portanto a previsão e provisão dos custos de manutenção de ativos não reflete a realidade da empresa. A gestão dos custos do departamento de manutenção de ativos tem os equívocos quanto ao possível e necessário. Diante deste cenário este estudo trará as informações para que a empresa tenha conhecimentos para tratar os custos de manutenção de uma forma mais estratégica e operacional, sobretudo trará informações e conhecimentos que ainda não foram explorados e/ou estudados.

### **1.3.3 Delimitação da pesquisa**

Na iniciação do estudo adotou-se a teoria da correlação estatística considerando todo o site neste estudo, os valores e as relações entre modelos de gestão de manutenção sendo o fator motivacional para iniciação de um projeto de melhoria com aplicações de outras ferramentas da qualidade. Após algumas análises foi entendido que o centro de custo com maior valor gasto em manutenção foi o 671, portanto este deveria ser centro de custo piloto para aplicação do projeto. Na figura 1 é apresentado o fluxograma do setor de fabricação de discos onde os custos de manutenção dos ativos instalados são alocados no centro de custo 671.

Figura 1: Fluxograma do processo de produção.



#### 1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa gerará os conhecimentos para aplicação de práticas dirigidas à solução de um problema específico, por isso é de natureza aplicada.

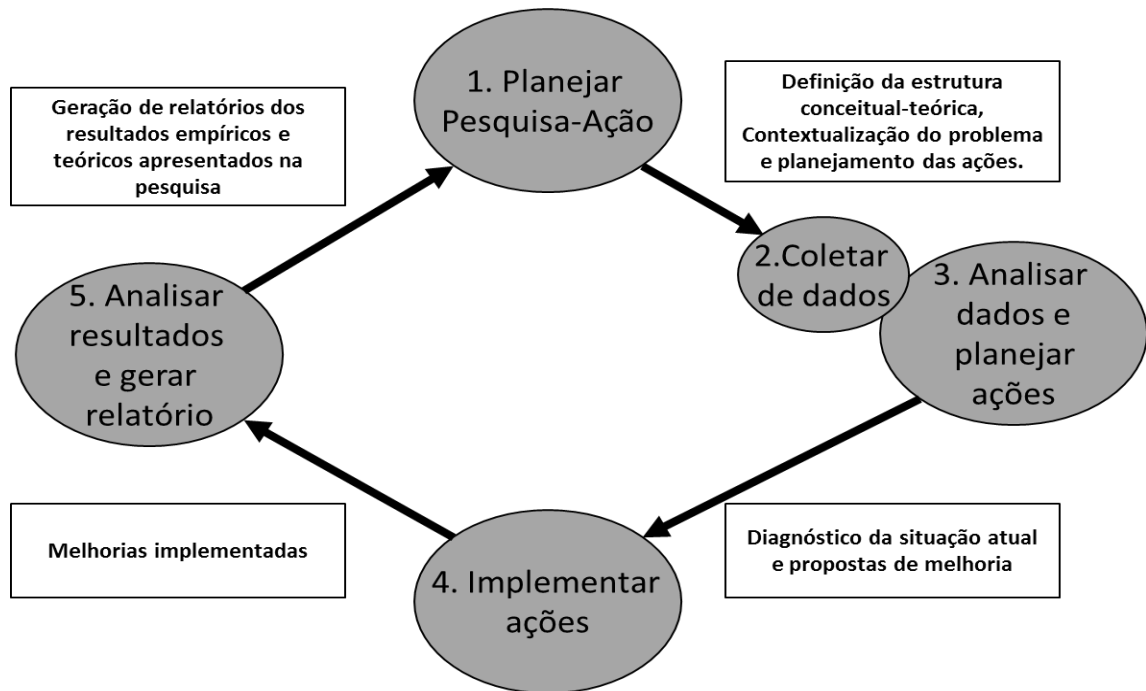
Para condução do trabalho, foi selecionado o método de pesquisa-ação, pois é um tipo de pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com ações ou resolução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (MIGUEL et al., 2012), em que deve buscar o equilíbrio de dois objetivos: resolver um problema e contribuir para a ciência, como ressaltado por Thiollent (2007), Coughlan e Coughlan (2002).

A utilização da pesquisa-ação justifica-se pelo fato dos objetivos do pesquisador se orientarem pelo interesse de formular diagnósticos confiáveis e planos comprometidos com as melhorias vislumbradas no sistema de gestão de custos de manutenção, de modo a gerar as mudanças desejadas na prática, estando de acordo com a justificativa apresentada por (LIMA, 2005).

A pesquisa-ação possui cinco fases distintas, como proposto por Mello et al. (2012) com base nos trabalhos de Westbrook (1995), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (2007), são elas: 1) planejar pesquisa-ação; 2) coletar dados; 3) analisar dados e planejar ações; 4) implementar ações; e 5) avaliar resultados e gerar relatório.

A Figura 2 apresenta as etapas e atividades do método de pesquisa-ação elaborado para a condução deste trabalho, com base no modelo apresentado por Mello et al. (2012).

Figura 2: Método de Pesquisa



Fonte: Adaptado de Mello (2012).

O método proposto para condução da pesquisa tem o objetivo de definir a estrutura conceitual-teórica sobre os custos de manutenção em ativos e as tendências no modo atual da manutenção nas indústrias brasileiras, que servirá como base para condução do diagnóstico da situação atual e a proposição de melhorias no sistema de gestão de custos de manutenção da empresa, objeto de estudo. A contextualização do problema se faz necessária para o melhor entendimento dos pontos críticos observados em campo e facilitar a identificação de oportunidades de melhoria que melhor aderem ao problema nas fases de coleta de dados, análise dos dados e planejamento das ações.

Com um plano de ação definido a partir de propostas de melhoria, parte-se para a fase de implementação, na qual um projeto piloto é realizado. Uma vez implementadas as melhorias, a fase de análise dos resultados e geração de relatório destina-se a avaliar os resultados obtidos, identificando implicações teóricas e práticas provendo condições para sua replicação.

Uma fase de monitoramento pode ser necessária, caso identifique-se a necessidade de novos ciclos, como proposto por Coughlan e Coghlan (2002), pois este método de pesquisa se trata de uma adaptação do ciclo PDCA (*plan-do-check-act*) em que cada ciclo de melhoria gera uma base de conhecimento para o planejamento de novos ciclos, contribuindo para interações de ação e reflexão entre teoria e prática, como já discutido por Mello *et al.* (2012).

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em quatro capítulos, onde se pretende apresentar uma sequência de abordagens sobre o assunto do caso em questão, apoiando-se em definições teóricas, sustentadas por diferentes citações e pontos de vistas de autores, associados aos inter-relacionamentos dos processos de custos, e processos de manutenção.

No capítulo 1, através de uma introdução, é explorada a conceituação do tema dentro do cenário das organizações e da empresa apoiadora deste trabalho, além dos objetivos gerais específicos do referido estudo de caso demonstrando também a importância e contribuição a empresas e profissionais da manutenção.

Capítulo 2, aborda-se uma conceituação teórica dos processos de gestão da manutenção e conceitos, bem como o surgimento deste Departamento, com objetivo de proporcionar um entendimento da importância e história deste Departamento através de diferentes fontes de pesquisas.

Capítulo 3, têm como objetivo explorar os diferentes aspectos envolvidos nos custos de manutenção e suas interações, analisando o modelo atual adotado pela empresa parceira e estudando os dados a serem trabalhados, entre outros aspectos, fornecendo direcionamentos e subsídios, para que se possa estruturar o que pode ser feito para alterar o modelo atual.

No capítulo 4, é feita a apresentação dos resultados esperados, considerações finais e os fatores desenvolvidos para utilização pela empresa parceira.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SURGIMENTO DA MANUTENÇÃO

Como entendimento da função manutenção (palavra derivada do latim *manus tenere*, que significa manter o que se têm) é fundamental um breve histórico de como às atividades de manutenção se desenvolveram quanto aos aspectos das expectativas por parte dos interessados e por parte das técnicas de manutenção empregadas:

- Para Branco (2008) a manutenção é como um prestador de serviços que zela para que as instalações permaneçam dentro de condições pré-estabelecidas.
- Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual ele possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462, 1994).
- Para Tavares (1996) a manutenção é todas as ações necessárias para que um item (equipamento, obra ou instalação) seja conservado ou restaurado, de modo a poder permanecer de acordo com a condição especificada.

Segundo Kardec e Nascif (2010), a manutenção pode ser dividida em quatro gerações. A primeira geração ocorreu antes da Segunda Guerra Mundial. Nesta época havia pouca mecanização, e a composição do parque fabril era composta de equipamentos simples. A atividade de manutenção era considerada de baixa importância e eram os próprios operadores de produção que efetuavam os reparos e consertos nos equipamentos. Ainda nesta época, o outro ponto relevante estava relacionado à produtividade, que por sua vez não era tratada como prioridade, com isso a exigência sobre a manutenção era baixa, sem a cobrança de sistematização.

A segunda geração foi o período que envolveu a Segunda Guerra Mundial e prolongou-se até meados dos anos 60. Esse período é marcado pela importância dada à manutenção, assim ocorreu um princípio de reconhecimento e valorização de suas atividades, pois com a guerra ou um aumento da demanda por produtos industrializados, as empresas foram levadas a aumentar a velocidade do processo de produção e a mecanização, conseqüentemente, aumentou-se a necessidade de se evitar as quebras de equipamentos, a redução do tempo de máquina parada e da ocorrência de falhas. Portanto, para atender à crescente demanda as indústrias da época necessitavam de meios para obter uma maior confiabilidade das instalações e equipamentos, obtendo-se assim uma maior produtividade. A necessidade de uma maior confiabilidade das instalações e equipamentos levou os técnicos da

época, a desenvolver alguns processos de prevenção e que somados ao processo de correção deram um importante passo no processo Geral de Manutenção.

Com a necessidade de sistematizar as ações de prevenção em intervalos fixos, nasce então a “Técnica de Manutenção Preventiva”. Essa necessidade de prever as paradas de equipamentos, ainda neste período, trouxe um aumento significativo aos custos de manutenção quando comparados aos custos operacionais. Em meados dos anos 50, já com os avanços da aviação e da eletrônica, além da retomada do desenvolvimento pós-guerra, nota-se que as atividades de manutenção de diagnóstico de falha, na maioria das vezes necessitavam de mais tempo do que propriamente as atividades de reparo (corretiva).

Avaliando estes problemas, os especialistas de manutenção da época, selecionaram e montaram equipes responsáveis e direcionadas para o planejamento das atividades de manutenções preventivas, além das análises de falhas e causas, visando sistematizar os processos e garantir o controle de custos e paradas de máquinas ou equipamentos, tornando o processo mais eficiente. Propiciando assim um grau de disponibilidade crescente e maior valor de utilização dos equipamentos.

A terceira geração é caracterizada a partir dos anos 70 e foi marcada pelo início e crescimento da automação, que normalmente implica em uma maior probabilidade de falhas. Falhas estas que comprometem o bom desempenho dos equipamentos e instalações, gerando riscos à segurança, ao meio ambiente e à produtividade. Nesta geração, devido à redução de produção, os custos de manutenção aumentaram e a qualidade das manutenções foi afetada.

Na quarta geração, algumas expectativas em relação à manutenção existentes na terceira geração continuaram a existir, tendo como medida primordial a disponibilidade de equipamentos, com a introdução da análise de falhas e o conceito de manutenção centrada na confiabilidade (RCM). Contudo, o objetivo de intervir com menos frequência no processo produtivo, às práticas de manutenção preditiva e preventiva continuaram a crescer, acrescentado em novos projetos os fatores de disponibilidade, custo de vida do equipamento e confiabilidade, levando a uma constante interação do setor de manutenção com departamentos de Engenharia de Produto e de Processo.

Segundo Kardec & Nascif (2010), existe uma grande variedade de denominações que durante a história formaram a classificação de atuação da manutenção, portanto é muito importante uma caracterização com mais objetividade, em que apresenta seis tipos básicos de formas de manutenção existentes e aplicáveis:



- Manutenção Corretiva não planejada;
- Manutenção Corretiva planejada;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Detectiva; e
- Engenharia de manutenção.

A manutenção corretiva não planejada é a correção de falha após um problema que afete, em parte ou no todo, o setor de produção. Já a manutenção corretiva planejada é toda a correção programada ou acompanhada por meio de métodos preditivos ou detectivos, até que a intervenção seja possível, sem afetar diretamente a produção. A manutenção preditiva visa realizar ajustes no maquinário ou no equipamento apenas quando necessário, porém sem deixá-los quebrar ou falhar, pois com um acompanhamento direto e constante, é possível prever falhas, saber quando será necessário fazer uma intervenção e, claro, entrar em ação. A manutenção detectiva é aquela que se baseia em sistemas de proteção, buscando detectar possíveis falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (KARDEC E NASCIF, 2010).

Para Souza (2011) a manutenção corretiva é uma atividade para corrigir uma quebra ou, até mesmo, uma falha identificada em algum componente do equipamento, problemas estes devido à degeneração do equipamento, considerada como uma falha gradual, ou por falhas acidentais que, em momento algum, podem ser previstas. Cabe então à manutenção corretiva elaborar relatórios com informações geradas sobre as quebras e sua repetitividade e, até mesmo, parâmetros de outras falhas do equipamento. É importante dar atenção à equipe de corretiva, pois as informações têm que ser transmitidas de forma precisa para o programa de manutenção preditiva a partir das análises das falhas. A função da manutenção corretiva exige uma equipe que tenha em mãos alguns equipamentos e ferramentas e, até mesmo, oficina para exercer a preparação e a correção do problema o mais rápido possível mediante a uma emergência. Cada função como exemplo: eletricista ou mecânico possuem suas ferramentas adequadas para operação e ocupam seu espaço determinado no posto de trabalho. Normalmente os serviços de manutenção corretiva tornam-se repetitivos ao longo do tempo, e os especialistas adquirem mais experiência e velocidade para reparar a ocorrência apontada, além de apresentarem novas técnicas nos equipamentos até mesmo para reduzirem custos gerados.

O maior volume de ocorrências de manutenção corretiva parte de mecanismos rotativos, que apresentam desgastes e folgas ao longo do tempo de funcionamento, reduzindo a vida útil do equipamento, e parte do serviço é destinada à recuperação de componentes por motivo de corrosão e deterioração. Portanto em qualquer planta ou instalação sempre haverá lugar para os diversos tipos de manutenção, e a adoção ou não dos tipos de manutenção é de decisão gerencial, que está baseada na importância do equipamento do ponto de vista operacional, de segurança industrial, de segurança de instalações e do meio ambiente, além dos custos envolvidos no processo, no reparo/substituição e nas consequências da falha (SOUZA, 2001).

Ainda Souza (2001), a manutenção preventiva, além de evitar a ocorrência de falhas, também tem a função de auxiliar a manutenção corretiva em exercer uma metodologia de trabalho periódico, ou até mesmo, ser o responsável pela intervenção que pode influir na produção de maneira programada.

Atualmente vem acontecendo uma mudança no perfil estrutural das empresas dentro de um nítido enfoque da Gestão de Manutenção. Essa mudança está diretamente relacionada à relação dos mantenedores e suas funções. Outros aspectos que vêm motivando essas mudanças são a forte automação do processo produtivo, que leva à redução de operadores, e as modificações do perfil funcional causadas por ações como o TPM (Manutenção Produtiva Total) e a polivalência. Outra tendência é ter equipes de manutenção enxutas formadas por pessoas qualificadas (técnica / comportamental), pois é comum no mundo industrial empresas contratarem funcionários visando somente o perfil técnico, tratando de forma irrelevante o fator comportamento do indivíduo que vai trabalhar sobre pressão sendo cobrado por resultados e tendo contato com diversos problemas, sendo necessário um perfil: flexível, proativo, disciplinado, comprometido entre outras atribuições

A confiabilidade ou RCM (*Reliability centered Maintenance*), na qual estudam e classificam os modelos de falhas, suas severidades, defeitos e possibilidades de ocorrência, isso com apoio de um modelo estatístico probabilístico, onde determinará o risco da operação sob certas circunstâncias. Portanto define-se o risco de uma operação como:

Risco (\$) = probabilidade de falha X exposição X consequências. Este fato pode variar de 0 a 1, desta forma conhecendo os riscos o departamento poderá tomar a melhor decisão quanto a estratégia de manutenção a ser adotada. O modelo de RCM apoiada na análise de Weibull para o modelo probabilístico pode ser utilizado na tomada de decisão (SELLITTO, BORCHARDT, ARAÚJO 2002).

Como complemento da quarta e última geração, Nunes (2001) afirma que os custos de manutenção transformaram as áreas de manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial.

A importância da manutenção é alicerçada na conservação de seus ativos conforme destacado por Kirby (2002) e na crescente preocupação com a manutenção de ativos, nos Estados Unidos, há trinta anos, os custos de manutenção variavam em torno de 0,4% a 0,8% das vendas, e em 2001 este nível atingiu de 9% a 15% das vendas e de 8% a 12% dos custos dos itens produzidos.

Para desenvolvimento e aplicação de melhorias, foram utilizadas varias ferramentas que suportaram com técnica toda a implementação realizada no processo de redução de custos de manutenção de ativos, entre outras existentes este trabalho utilizou: metodologia Seis-Sigma, *PDSA*, diagrama de Pareto, diagrama de Dispersão, Matriz de Polivalência, *SIPOC*, indicador de Indisponibilidade de Manutenção e indicador de Retrabalho por Manutenção.

Seis Sigma, um método que objetiva a diminuição ou eliminação da incidência de erros, defeitos ou falhas em processos, também visa a redução da variabilidade do processo (Smith & Adams, 2000). Este método pode ser aplicado em todos os setores da atividade econômica. Alcançar o Seis Sigma significa reduzir erros, defeitos e levar o processo a falha zero com o foco em atingir a quase perfeição no desempenho dos processos. A metodologia associa um rigoroso enfoque estatístico, entre outras ferramentas que são empregadas com o objetivo de caracterizar as fontes da variabilidade e assim demonstrando o conhecimento para controlar e aperfeiçoar o processo (Watson, 2001).

Segundo Deming (1994) Em melhorias identificadas com ações para implantação imediatas a ferramenta *PDSA* (Plan, Do, Study, Act), trás a aprendizagem, a criação, a ação e a experimentação deixando o tudo contido dentro da roda. O progresso é o eterno girar da roda para atingir resultados.

O padrão do ciclo *PDSA* é o seguinte:

- **PLANEJAR:** Qual é o objetivo do ciclo: um plano para entender a situação atual, desenvolver, testar ou implementar uma mudança? Estamos prontos para testar ou fazer mudanças? Qual é a nossa predição em relação a este ciclo? Que dados coletaremos para responder às nossas questões? Como, quando, onde e por quem? Como os dados serão analisados?
- **FAZER:** Conduzir o plano e observar qualquer evento não planejado que possa afetar como nós interpretamos os dados. Começar a análise dos dados.

- ESTUDAR: Analisar os dados usando gráficos e métodos adequados. Comparar a análise às previsões.

- AGIR: Decidir o que fazer a seguir, agora que já aprendemos alguma coisa.

Deveríamos manter a mudança que acabamos de testar? Tentar uma outra? Qual deveria ser o objetivo do nosso próximo ciclo?

Em todas as fases do ciclo *PDSA* é necessário utilizar ferramentas apropriadas para coletar e analisar dados de forma simples e eficaz.

Conforme Paladini (1994) o diagrama de Pareto é uma técnica de análise de causas, baseado nos princípios desenvolvidos pelo economista Vilfredo Pareto. Segundo estes princípios, apenas uma minoria da população detém maior parte da renda. Juran transportou-os para área da Qualidade onde, analogamente, os principais efeitos são derivados de um número pequeno de causas.

Ainda Paladini (1994) apresenta outro diagrama este deve ser utilizado para evidenciar as relações entre dois fatores, sendo definido como diagrama de dispersão, é uma ferramenta que evidencia facilmente a relação causa e efeito pela utilização de um sistema cartesiano.

Outra ferramenta implantada neste trabalho foi a polivalência, este modelo possibilita aos operadores, além de executarem atividades produtivas (que agregam valor), criarem novas formas de executar as atividades básicas da produção tais como ajustes que a máquina não consegue por si só executar, bem como controlarem a qualidade dos produtos e até mesmo a limpeza de seu ambiente de trabalho, este modelo é representado através de uma matriz que medirá a polivalência da equipe por operação e nível de conhecimento (SILVERA, 1994). Outra vantagem proporcionada pela polivalência é dada através da rotatividade de funções é a redução das doenças do trabalho por esforços repetitivos (L.E.R), contribuindo para a redução do absenteísmo nas empresas.

*SIPOC*, segundo Damélio (2011), é uma ferramenta utilizada para identificar os elementos relevantes de um projeto de melhoria de processo. O diagrama *SIPOC* é feito antes do início do mapeamento de processos para ajudar na realização do mesmo, assim sendo, busca evidenciar as interfaces de um processo e o impacto de tais interfaces na qualidade do *Output*, contribuindo assim, para a identificação das variáveis que afetam os resultados do processo e para desenvolver uma visão da organização voltada para o mesmo.

O indicador denominado por Indisponibilidade por Manutenção demonstra o quanto o equipamento ficou indisponível devido a uma quebra, neste modelo de indicador não é considerada às paradas por manutenção programada, sendo assim essa indisponibilidade

revela a real situação da manutenção aplicada num determinado equipamento (NAKAJIMA, 1989).

Para medir a real eficiência do departamento de manutenção, ou seja o serviço aplicado nos modelos de manutenção adotados pela empresa, foi implementado um indicador de Retrabalho por Manutenção, este é refere ao percentual de retrabalhos da equipe de manutenção em relação as OS's (ordens de serviços) executadas por um período de tempo (BRANCO, 2006).

### 3. PESQUISA-AÇÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A pesquisa-ação será realizada no Departamento de Manutenção Rodas de uma indústria de grande porte no setor de autopeças. A empresa detém vários segmentos e atuações onde os custos de manutenção são alocados por centro de custos e para este estudo será definido o Centro de Custo 671 na Conta 592, devido ao valor significativo que tange a manutenção de ativos. Esta empresa tem um parque de 619 máquinas. A empresa concedeu os valores para estudos, e de forma a preservar os dados reais, os valores serão representados mediante um fator denominado **Max**.

O setor com o centro de custo 671 é responsável pela fabricação de um componente que faz parte da fabricação do produto final, no processo produtivo o setor detém 58 ativos, entre eles repuxadeiras, prensas hidráulicas, prensas mecânicas, tornos de usinagem, equipamentos de metrologia automática, robôs, dispositivos pneumáticos entre outros equipamentos de grande complexidade alocados onde a manutenção é responsável em mantê-los com menor índice de indisponibilidade e menor custo em manutenção.

Os valores representados nas Figuras 3 e 4 indicam que nas duas situações (valores gastos em estoque e débito direto) o Centro 671 tem a maior representação sendo 25% em débito direto e 24,24% em estoque.

Figura 3: Gráfico de porcentagem gasto débito direto por centro de custo conta 592.

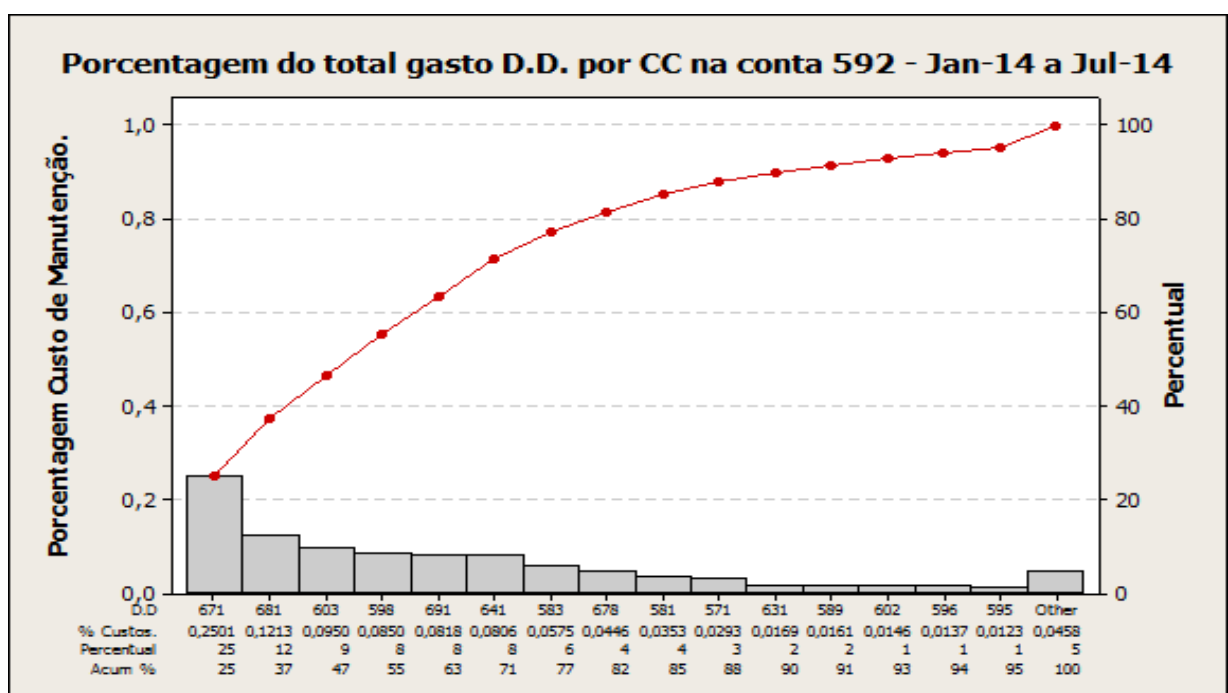
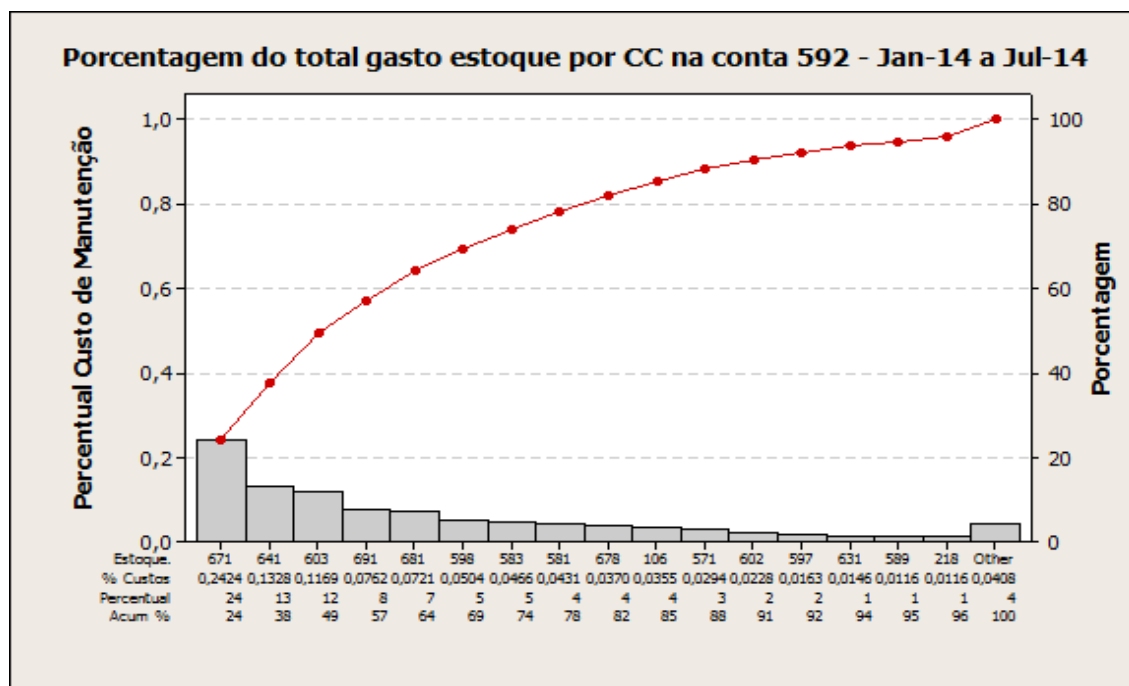


Figura 4: Gráfico de porcentagem gasto estoque por centro de custo conta 592.



## 3.2 ANÁLISE DO MODELO ATUAL DE GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

### 3.2.1 Alocação de recursos financeiros

A empresa usa como indicadores de manutenção em ativos, os indicadores de disponibilidade de máquinas e equipamentos, custo total de manutenção em ativos por Centro de Custos e a porcentagem do custo total de manutenção pelo faturamento líquido.

A alocação de recursos financeiros para o desempenho das funções do setor de manutenção é baseada em um percentual do faturamento líquido da empresa e em caso de aquisição de novos equipamentos, este valor pode sofrer uma adição se necessário. Hoje a previsão do custo total de manutenção é estimada em 2,8% do faturamento líquido mais a adição de custos referentes a novos equipamentos, por definição da alta direção.

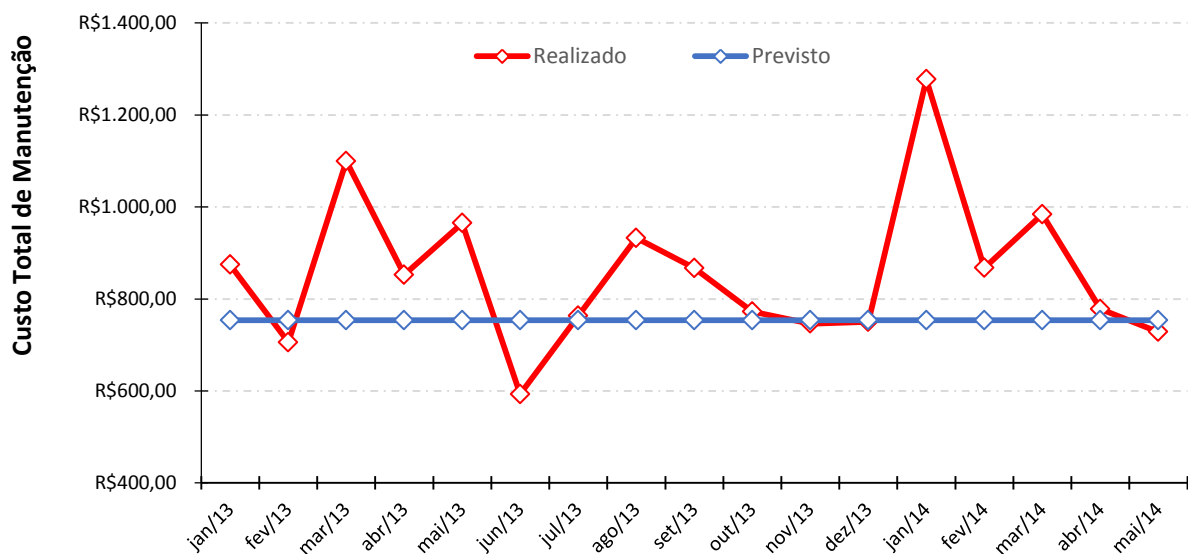
Na Tabela 1 podem-se observar os dados referentes aos custos de manutenção por atividade e de faturamento líquido, lembrando que estão sobre influência do fator de ajuste Max.

Tabela 1: Valores dos Custos de Manutenção por Atividade.

Meses	Faturamento Líquido	Custo Total de Manutenção	Custo de Manutenção Corretiva	Custo de Manutenção Preditiva	Custo de Manutenção Preventiva	Custo de Melhoria
jan-13	R\$ 26.913,17	R\$ 874,24	R\$ 289,37	R\$ 0,00	R\$ 584,87	R\$ 0,00
fev-13	R\$ 25.669,93	R\$ 692,18	R\$ 390,05	R\$ 0,00	R\$ 302,13	R\$ 13,24
mar-13	R\$ 27.104,70	R\$ 1.091,93	R\$ 749,41	R\$ 0,00	R\$ 342,52	R\$ 7,61
abr-13	R\$ 32.708,29	R\$ 849,54	R\$ 266,99	R\$ 8,28	R\$ 574,27	R\$ 2,85
mai-13	R\$ 30.249,92	R\$ 955,59	R\$ 310,12	R\$ 8,28	R\$ 637,19	R\$ 9,23
jun-13	R\$ 31.105,46	R\$ 586,05	R\$ 346,88	R\$ 8,28	R\$ 230,89	R\$ 6,74
jul-13	R\$ 30.702,18	R\$ 716,67	R\$ 400,70	R\$ 11,12	R\$ 304,85	R\$ 46,70
ago-13	R\$ 31.966,28	R\$ 912,12	R\$ 584,61	R\$ 8,59	R\$ 318,92	R\$ 20,46
set-13	R\$ 31.253,16	R\$ 823,63	R\$ 525,91	R\$ 0,00	R\$ 297,72	R\$ 43,24
out-13	R\$ 31.016,74	R\$ 766,66	R\$ 344,16	R\$ 8,28	R\$ 414,22	R\$ 5,76
nov-13	R\$ 28.446,86	R\$ 723,93	R\$ 358,49	R\$ 0,00	R\$ 365,44	R\$ 22,23
dez-13	R\$ 18.664,97	R\$ 733,53	R\$ 126,32	R\$ 8,28	R\$ 598,93	R\$ 16,58
jan-14	R\$ 27.313,28	R\$ 1.259,54	R\$ 663,57	R\$ 0,00	R\$ 595,97	R\$ 17,70
fev-14	R\$ 27.156,56	R\$ 842,10	R\$ 530,08	R\$ 8,28	R\$ 303,74	R\$ 25,33
mar-14	R\$ 26.720,18	R\$ 980,14	R\$ 735,64	R\$ 8,28	R\$ 236,22	R\$ 3,83
abr-14	R\$ 18.202,22	R\$ 772,92	R\$ 374,64	R\$ 8,28	R\$ 390,00	R\$ 5,16
mai-14	R\$ 16.388,72	R\$ 717,01	R\$ 492,37	R\$ 3,74	R\$ 220,90	R\$ 11,13

O custo de manutenção previsto pela empresa para o período analisado (jan/13 a mai/14) calculado com base em 2,8% do faturamento líquido histórico foi de R\$ 753,57 por mês. Porém, se for analisado o custo total de manutenção realizado, observa-se que a maior parte do período analisado, o custo real é maior que o custo previsto, conforme Figura 5.

Figura 5: Custo Total de Manutenção Realizado versus Previsto

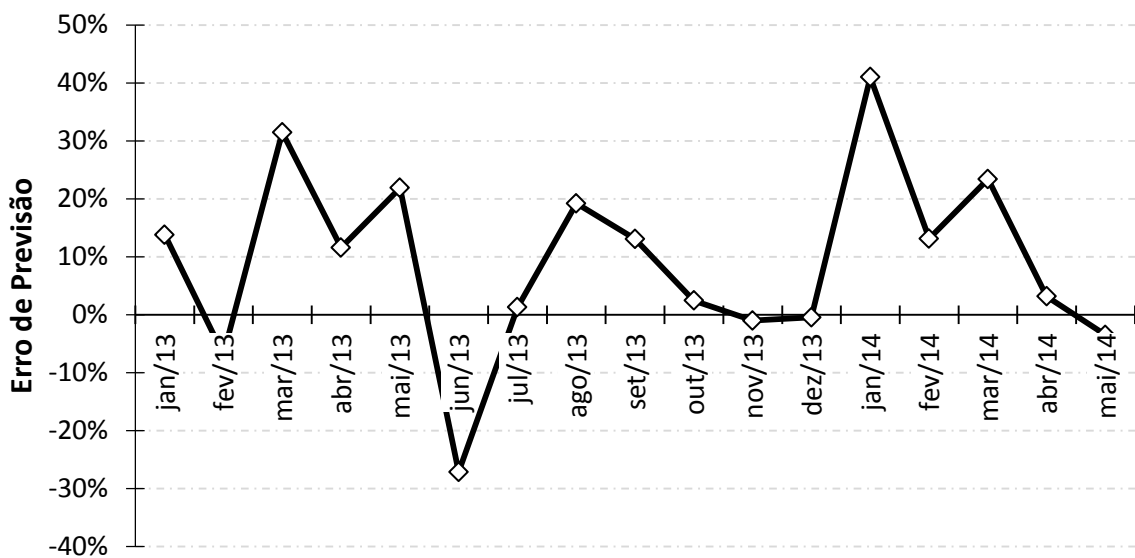




Esta discrepância entre o custo total de manutenção realizado e o previsto gera um erro de previsão médio de 9%, ou seja, no período analisado o orçamento alocado para o setor de manutenção é em média 9% inferior ao realizado, ocasionando um déficit de orçamento.

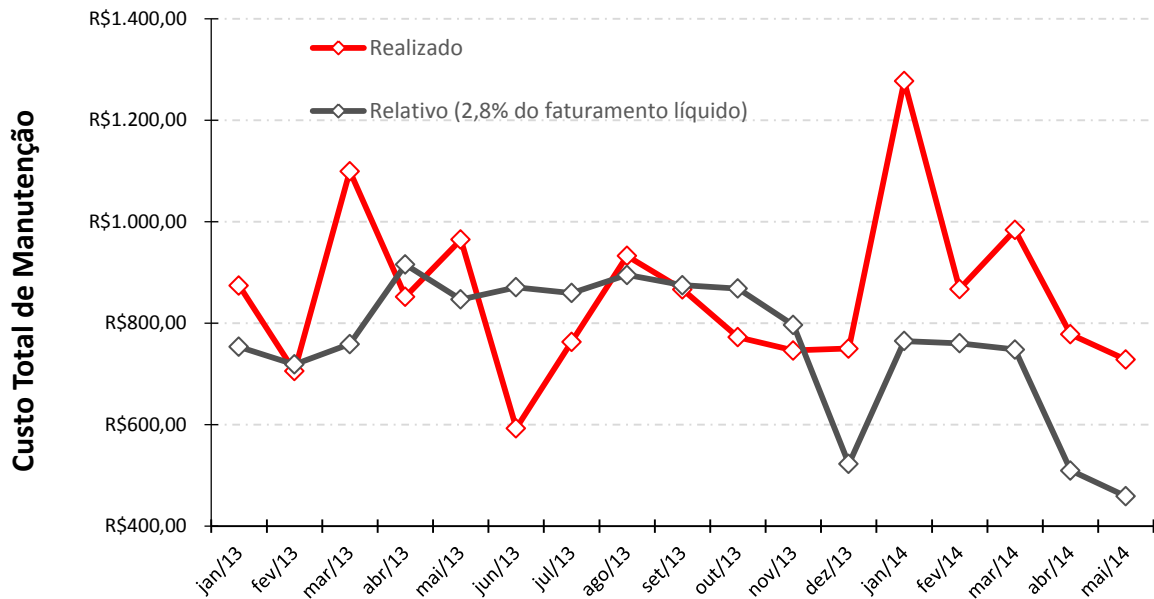
Na Figura 6 é apresentado o erro de previsão mês a mês, com exceção do mês de jan./14 que representa um custo elevado devido à manutenção planejada, os demais valores representam a real situação da empresa.

Figura 6: Erro de Previsão



O custo total de manutenção realizado versus o custo relativo aos 2,8% do faturamento líquido (Figura 7) observa-se então uma queda do faturamento, no período de dez/13 a mai/14 fazendo com que o orçamento alocado para manutenção se torne inexecutável, pois mesmo reduzindo o volume de produção há a necessidade de manutenções preventivas e preditivas que garantam a plena disponibilidade do equipamento quando necessário.

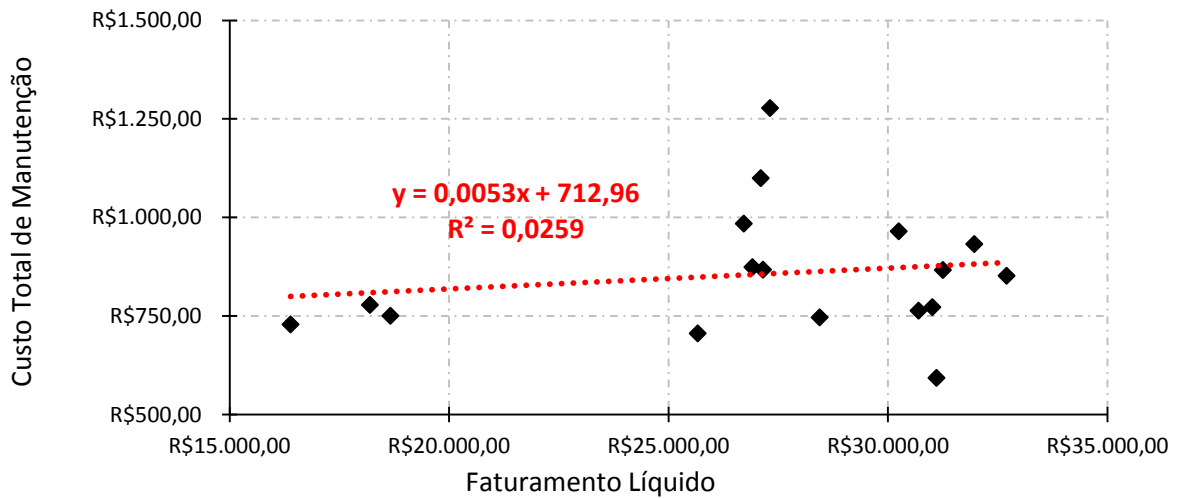
Figura 7: Custo Total de Manutenção Realizado versus Relativo (2,8% do faturamento líquido)



Para investigar a relação entre o faturamento líquido e os custos de manutenção, a análise de regressão linear é empregada na tentativa de criar um modelo que explique a dependência ou não do custo de manutenção em relação ao faturamento líquido, em que o Coeficiente de Correlação de Pearson ( $\rho$ ) é usado para medir o grau de associação entre o faturamento líquido e os custos de manutenção. Quanto mais próximo de 1 este valor, maior será a correlação linear entre as duas variáveis, ou seja, o custo de manutenção pode ser explicado pelo faturamento líquido. Segundo Kazmier (1996) o objetivo principal da análise de regressão linear é prever o valor de uma variável (a variável dependente), dado que seja conhecido o valor de uma variável associada (a variável independente). A equação de regressão é a fórmula algébrica pela qual se determina o valor previsto da variável dependente.

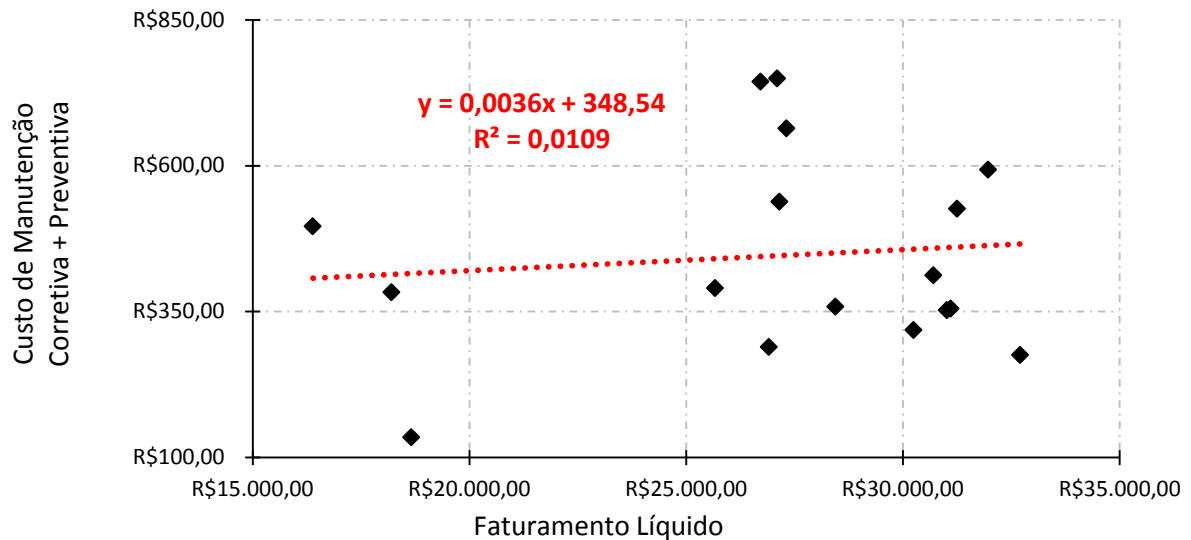
Na Figura 8 é representado o gráfico de dispersão do Custo Total de Manutenção versus o Faturamento Líquido, além do modelo de regressão linear em que a variável dependente ( $y$ ) representa o Custo Total de Manutenção e a variável independente ( $x$ ) representa o Faturamento Líquido. Com esta análise de regressão é possível inferir que o Custo Total de Manutenção independe do Faturamento Líquido, como pode ser observado pelo valor do Coeficiente de Correlação de Pearson ( $\rho = \sqrt{R^2} = \sqrt{0,0259} = 0,1609$ ) próximo à zero.

Figura 8: Gráfico de dispersão Custo Total de Manutenção vs. Faturamento Líquido.



O entendimento da empresa para a previsão do custo de manutenção baseada no faturamento líquido dá-se pelo fato de que quando há um aumento no faturamento, mantendo o preço de venda, tem-se um aumento proporcional do volume de produção e conseqüentemente um aumento da taxa de utilização dos equipamentos, podendo estes sofrer desgastes prematuros, o que proporciona mais manutenções, ou seja, um aumento do volume de produção aumentaria proporcionalmente o número de manutenções corretivas e a redução do número de manutenções preventivas, pois os equipamentos trabalhariam muitas vezes acima da sua capacidade. No entanto, esta relação não é verdadeira como mostrado na Figura 9, em que a análise de regressão linear para Custo de Manutenção Corretiva somada ao Custo de Manutenção Preventiva ( $y$ ) versus o Faturamento Líquido ( $x$ ) apresentam uma correlação fraca ( $(\rho = \sqrt{R^2} = \sqrt{0,0109} = 0,1044)$ ) evidenciando que o Custo de Manutenção Corretiva e Preventiva não são dependentes do Faturamento Líquido.

Figura 9: Gráfico de dispersão Custo de Manutenção Corretiva + Preditiva vs. Faturamento Líquido.



Através de uma análise de regressão linear entre o Custo de Manutenção Preventiva versus o Faturamento Líquido observa-se uma correlação ainda mais fraca de  $\rho = \sqrt{R^2} = \sqrt{0,0014} = 0,0374$ ), evidenciando que o custo de manutenção preventiva pode ser considerado como um custo fixo, desde que seja entendida a real necessidade de cada manutenção preventiva, pois se a empresa pretende manter os equipamentos em funcionamento produzindo para a produção de determinado volume de peças, existe um custo fixo que só pode ser alterado quando é alterado o modelo de gestão de manutenção adotado. Por exemplo, se a empresa deseja alterar a política de manutenção para um modelo que privilegie a manutenção corretiva, incorrerá em um menor custo de manutenção preventiva, porém o custo de manutenção corretiva tende a aumentar com o passar do tempo devido à deterioração dos equipamentos.

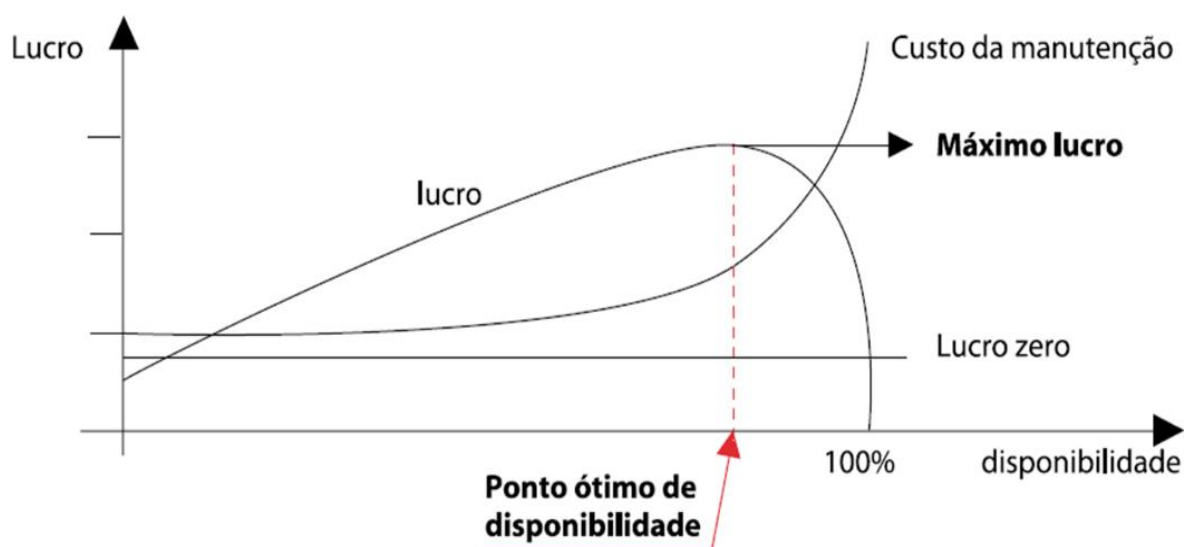
Desta forma conclui-se que o modelo de alocação (previsão) de custos de manutenção de ativos não deve ser avaliado ou embasado no faturamento líquido da empresa.

Portanto, políticas de manutenção ineficientes e o não entendimento pleno dos fatores de custos de manutenção proporcionam um aumento significativo dos custos de manutenção, pois como já mencionado por Mirshwa e Olemedo (1993), o custo de manutenção correspondente aos recursos de mão de obra, ferramentas e instrumentação e materiais aplicados nas intervenções, subcontratação e outros referentes à instalação das equipes, é apenas a ponta de um *iceberg*, devido aos custos por indisponibilidade dos equipamentos poderem levar a uma baixa produtividade do processo produtivo ou até mesmo o não atendimento do cliente.

Outros aspectos foram tratados por Catini (1992), quando aponta os custos relacionados à indisponibilidade e deterioração como consequência da falta de manutenção. Chiu e Huang (1996), concluíram que a melhor relação custo-benefício é alcançada quando a manutenção é tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrole (manutenção corretiva). Portanto é possível afirmar que o modelo de manutenção a ser adotado e a definição na compra do equipamento são fatores que vão definir os custos de manutenção.

A lucratividade da operação segundo Murty e Naikan (1995) está diretamente relacionada com a disponibilidade do equipamento e conseqüentemente o custo de manutenção, pois a busca por falha zero (100% de disponibilidade) requer elevados gastos com manutenção para garantir esta disponibilidade, reduzindo a lucratividade com o processo produtivo. Portanto, o interessante é encontrar o ponto ótimo de disponibilidade para cada equipamento, proporcionando um nível de disponibilidade capaz de gerar maior lucro à operação, como ilustrado na Figura 10.

Figura 10: Gráfico do Ponto Ótimo de Disponibilidade.



Fonte: Murty e Naikan (1995).

O modelo atual adotado pela organização também é utilizado no cenário nacional, considerando que todo o estudo foi um fator motivacional para entender e comprovar que não é viável considerar um percentual (R\$) fixo sobre o faturamento (líquido ou bruto) das empresas, iniciou-se estudo e aplicação para aquisição de conhecimento e as interações com os valores denominados como custos por manutenção. Portanto até aqui o estudo foi realizado

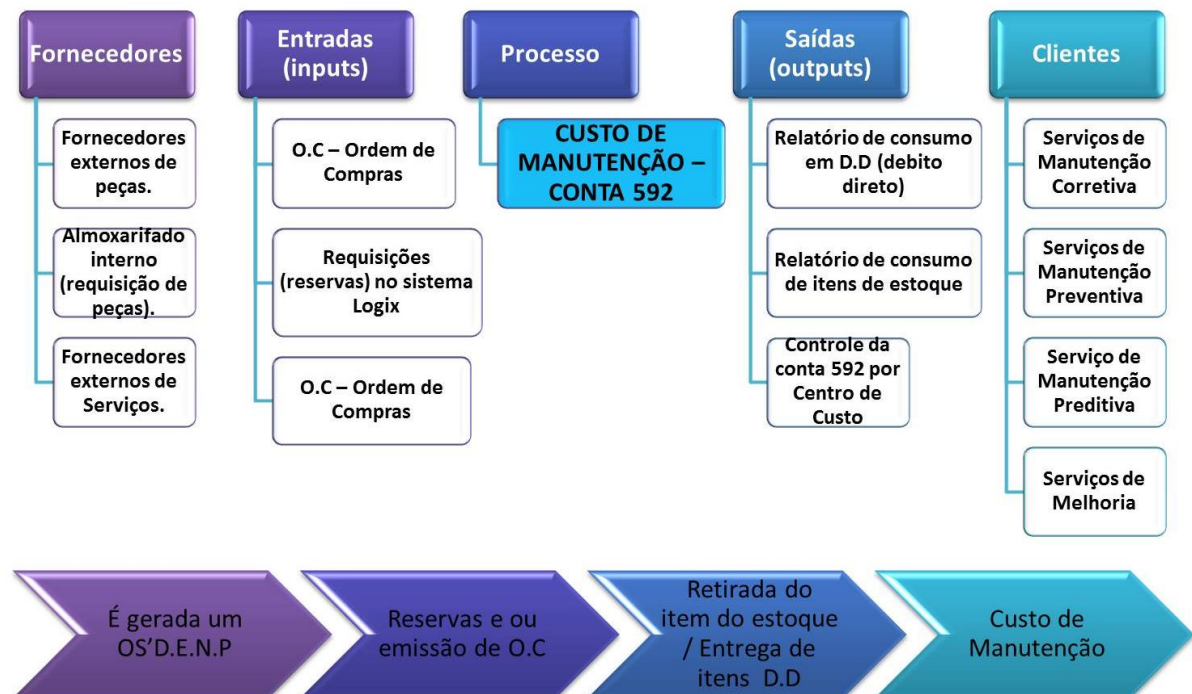
para fomentar uma alteração no modelo e formas de avaliação dos custos por manutenção em ativos.

### 3.2.2 Custos de Manutenção do Setor de Fabricação de Rodas

Os custos de manutenção neste setor são considerados um fator em percentual sobre o faturamento líquido da empresa, também é possível visualizar separadamente os custos por modelo de manutenção: preditiva, preventiva e corretiva. Para um melhor entendimento sobre o funcionamento deste fluxo, foi elaborado um *SIPOC* (Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes) figura 11. O fluxo abaixo é constituído, por todas as entradas e saídas bem como fornecedores e clientes do custo de manutenção de ativos. Contudo é preciso analisar o modelo de custo para entender qual é o custo fixo e variável no atual modelo utilizado pela empresa.

Figura 11: SIPOC do custo de manutenção de ativos

## SIPOC – Custo de Manutenção



### 3.2.3 Considerações sobre a gestão de custos de manutenção atual

Em citação no ano de 2011 o instituto ABRAMAM publicou os dados dos custos de manutenção pelo faturamento bruto das indústrias brasileiras; este indicador é utilizado por várias indústrias como base para realizar a alocação de recursos para a manutenção, pois tem como objetivo indicar um fator em porcentagem gasto em manutenção sobre o valor bruto faturado, sendo assim as empresas o utilizam como referência para determinar e ou comparar os custos por manutenção. Outro indicador usado pelas empresas é o custo de manutenção pelo faturamento líquido.

Desta forma este fator é representado por um percentual do que foi gasto por manutenção quanto ao que foi faturado no mês, o valor atual está em 2,8% sobre o faturamento líquido. Sendo assim, este modelo não prevê as diversas situações que uma empresa ou *site* pode vivenciar quanto aos seus equipamentos instalados no que tange a capacidade para exercer uma determinada operação, também não são consideradas situações que colocam o equipamento em uso contínuo devido a uma característica específica do processo ou do próprio modelo, ou mesmo do projeto do equipamento. Portanto neste trabalho adota-se a premissa do modelo de pesquisa-ação onde tem-se a definição do contexto e propósito, a estrutura teórica, a teoria de coleta e análise para posteriormente propor as alterações na situação atual encontrada na gestão de custos do setor de manutenção em ativos.

### 3.3 PROPOSTA DE SISTEMA DE GESTÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Para a definição de uma proposta de um sistema de gestão de custos, um projeto Seis Sigma, intitulado “Redução no custo de manutenção na conta 592 CC 671 (Linha de fabricação de discos”, foi realizado. Com a definição clara e bem construída, foi acordado entre as partes (empresa e pesquisador) que a metodologia Seis Sigma seria utilizada para que o projeto tivesse forma acadêmica e empresarial. Sendo assim, o projeto teve início através de um contrato (figura 12) definido entre as partes, desta forma determinou-se os objetivos financeiros atribuídos a este trabalho.

Na figura 12 está representado o contrato do projeto, este contrato é utilizado para nortear as partes quanto ao que foi definido e proposto para o projeto, bem como as limitações em fim todo escopo ficar exposto em um documento.

Figura 12: Contrato de Equipe – Projeto 6 Sigma

<b>Contrato de Equipe - Projeto 6 Sigma</b>			
<b>Nome da Equipe:</b>	<b>Nome do Projeto:</b>	<b>Data de Início do Projeto:</b>	
	REDUÇÃO NO CUSTO DE MANUTENÇÃO NA CONTA 592 CC 671 (Linhas de fabricação de Discos).	01/09/2014	
<b>Membros da Equipe:</b>			
Candidato 6S:	Patrocinador: Domingos Sávio	Equipe central:	Daniel Paiva, Daniel Payão, Emerson Ramos, Gustavo Monteiro, Jairo, João Eurico e Rogério.
	Facilitador: Guilherme		
<b>Clientes:</b>			
Planta Cruzeiro			
<b>Problema Relatado:</b>		<b>Definição do Defeito: (Y ou KPOV)</b>	
A média do custo de manutenção de ativos (conta 592 CC 671) não apresenta melhora no que tange a redução do valor gasto. A instabilidade dos custos estão diretamente relacionada aos gastos com manutenção preventiva e principalmente corretiva que são causados pelo custo fixo e variável de ativos com obsolescência no que tange a capacidade e operacionalidade.		Custo elevado de manutenção corretiva e preventiva.	
<b>Objetivos da Equipe:</b>		<b>Objetivos Financeiros:</b>	
Reduzir em 40% na média valor da conta 592 CC 671. Entregas do projeto: 1º Adequação produto a ser produzido X maquina; 2º Capacitação da Equipe de Manutenção; 3º Melhoria de Custos em peças/serviço; 4º Eficiência de Manutenção.		Reduzir em 40% do valor medio (R\$ 311.471,00) gasto em manutenção na conta 592 CC 671. 40% = R\$ 124.588,40 .: Valor anual = R\$ 1.495.056,00	
<b>Limite de Entrada:</b>		<b>Limite de Saída:</b>	
Manutenção de Rodas - Linhas de disco CC 671		Conta 592 da Manutenção de Rodas	
<b>Métricas:</b>		<b>Entregas (data de conclusão das fases):</b>	
Indicadores de custos conta 592 CC 671.			
<b>Data de Conclusão Esperada:</b>		<b>Data de Conclusão Real:</b>	
<b>Aprovação:</b>			
Candidato 6S:	Guilherme Maligeri	Controller:	Robson Tavares
Mentor do Candidato:		Patrocinador:	Domingos Sávio

Definido o cenário, iniciou-se o estudo através dos seguintes fatores:

- Custo por manutenção em ativos do setor;
- Custo de manutenção por operação;
- Real capacidade dos equipamentos *versus* as necessidades dos produtos produzidos;
- Indicadores para medição da eficiência do departamento de manutenção;

Devido à complexidade de assuntos envolvidos neste projeto foram definidas as premissas:

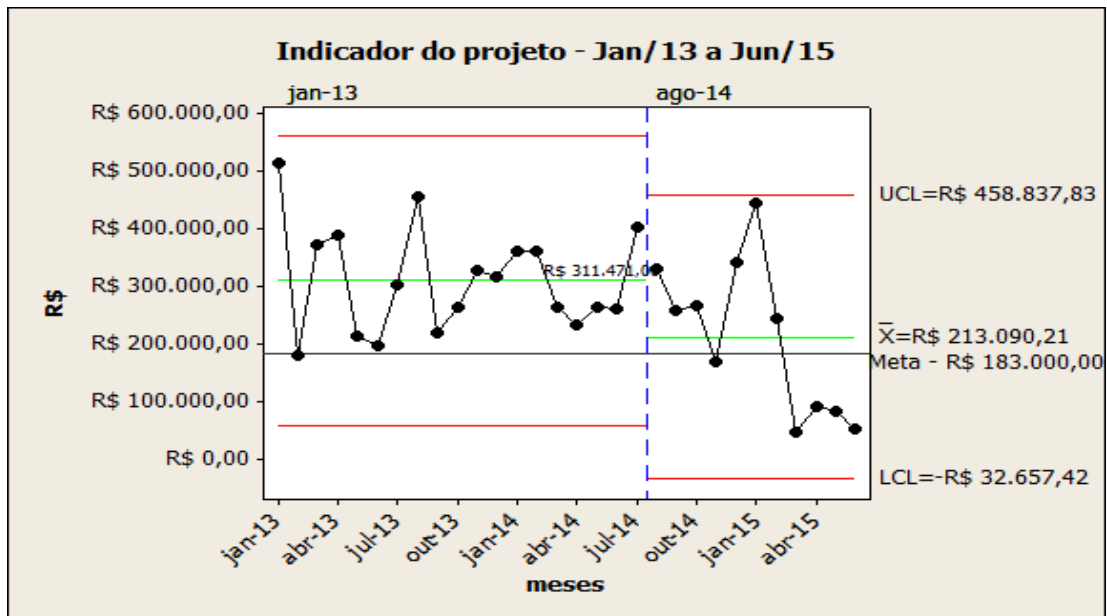
- Custos por manutenção de ativos: Centro de Custo 671 Conta 592;
- Eficiência da manutenção: Centro de Custo 671;
- Custos em debito direto serviços: Centro de Custo 671 Conta 592.



A empresa considerou que para o projeto ser significativo em resultados financeiros o valor gasto por manutenção deve apresentar uma redução de 40% na média atual no período de um ano. Este projeto iniciou-se em julho de 2014.

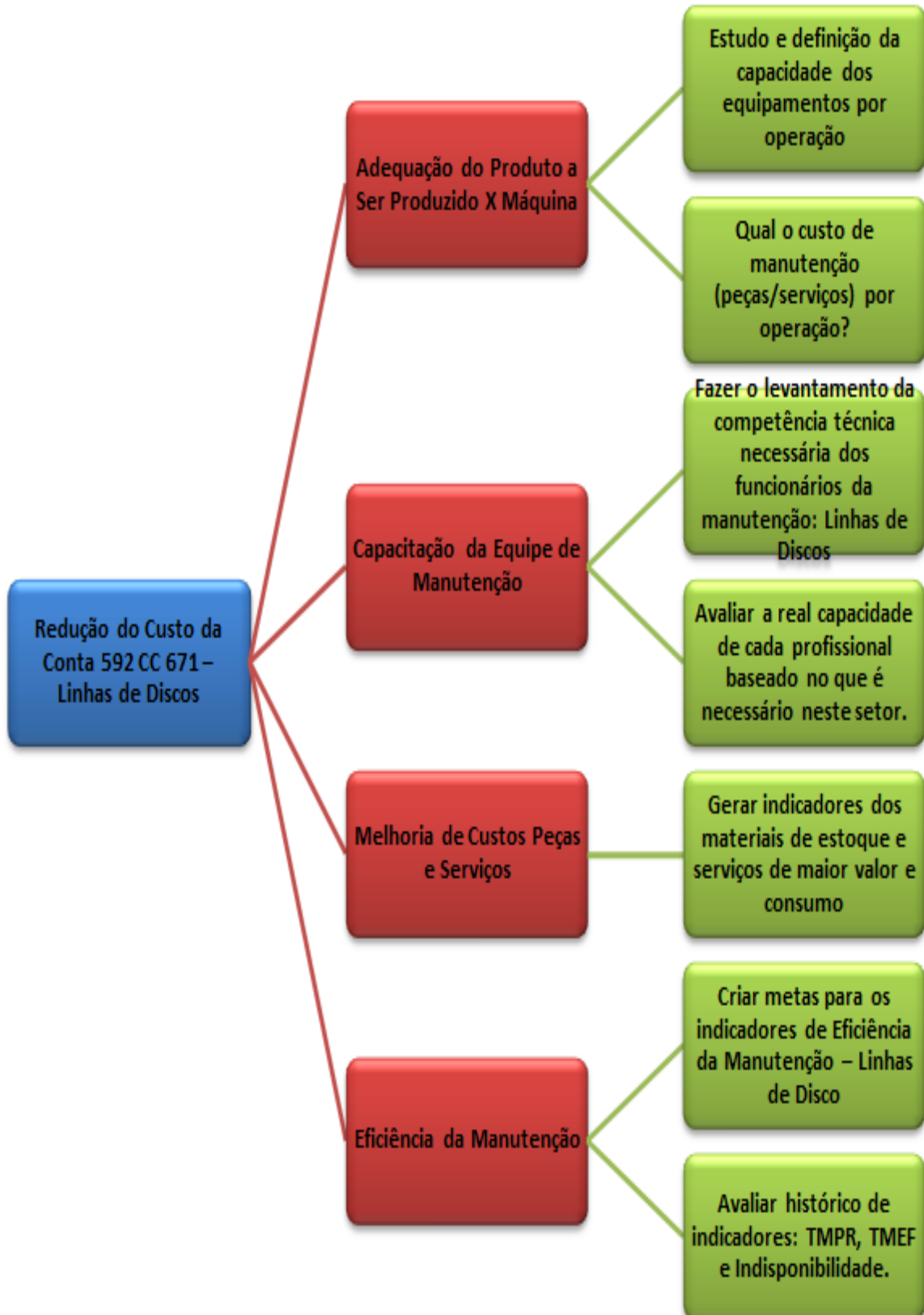
Na Figura 13 é representado um gráfico de controle com os custos de manutenção no período de janeiro de 2013 a junho de 2015, a média inicial de R\$311.471,00 em julho de 2014 a linha preta representa a meta de R\$183.000,00 a ser atingida na entrega do projeto. Ainda é possível fazer a leitura da média atual, R\$ 213.090,21, considerando os meses de agosto 2014 a julho de 2015.

Figura 13: Gráfico Indicador do projeto – Janeiro/13 a Junho/15



Devido à complexidade do trabalho, foi identificada a necessidade de dividir o projeto em várias frentes de trabalho conforme apresentado no mapa organizacional do projeto (Figura 14), a divisão se fez necessária, pois os assuntos abordados de uma forma estruturada trará o melhor entendimento, favorecendo a execução das ações propostas bem como todos os estudos.

Figura 14: MOP – Mapa Organizacional do Projeto

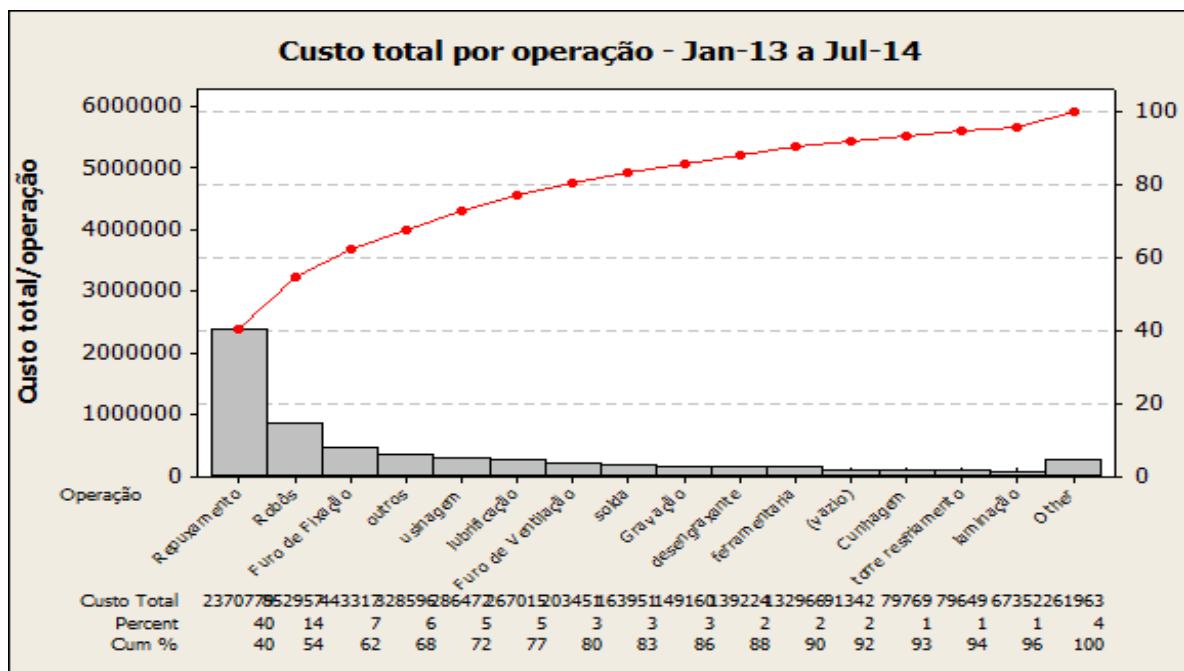


### 3.3.1 Subprojeto: Adequação do produto a ser produzido *versus* máquina

Neste subprojeto foram realizados estudos com relação à capacidade dos equipamentos, tendo como premissa as operações que detêm maior custo de manutenção. Pode-se observar pela Figura 15, que representa um gráfico Pareto, os processos de repuxamento, movimentação com robôs e de furo de fixação detêm os maiores valores, totalizando 62% do total de custos, sendo 40% para a operação de repuxamento (*flowform*), 14% para operação de movimentação de peças com robôs e 7% para operação furo de fixação.

A importância deste subprojeto é corroborada por Cattini (1992), que descreve como ponto chave para um menor custo por manutenção em ativos, o dimensionamento dos equipamentos *versus* a necessidade do produto a ser produzido.

Figura 15: Custo total por operação Jan-13 a Jul-14.

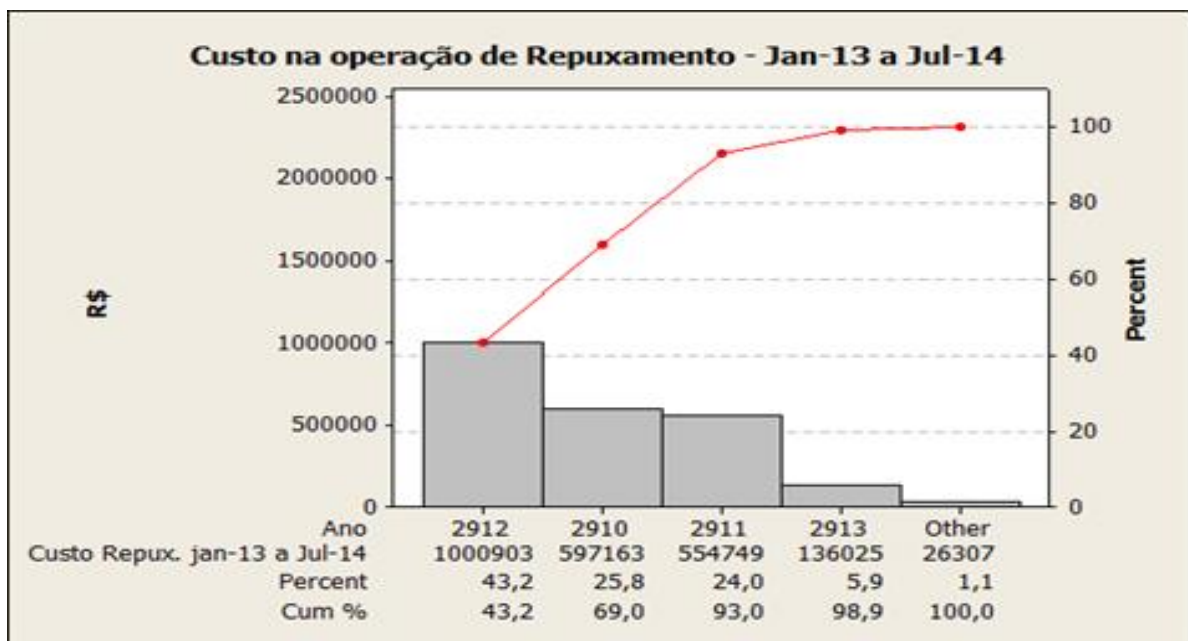


O equipamento 2912, como apresentado na figura 16, representa 43,2% de todo o custo da operação. Este equipamento foi adquirido em 2006 e têm sobre sua responsabilidade os itens mais críticos quanto à capacidade, também deve ser considerado que 60% da produção estão alocadas neste equipamento.

O equipamento 2914 não é representado no gráfico devido ao seu período de funcionamento, pois este equipamento entrou em operação no mês março de 2014, portanto

não houve custos significativos até o momento. Na empresa aquisição deste equipamento foi adotado a divisão da produção considerando 40% para cada equipamento e os outros 20% serão divididos as demais repuxadeiras. A previsão é que venha diminuir os custos em manutenção e aumente a disponibilidade de máquina nessa operação.

Figura 16: Custo na operação de Repuxamento Jan-13 a Jul-14

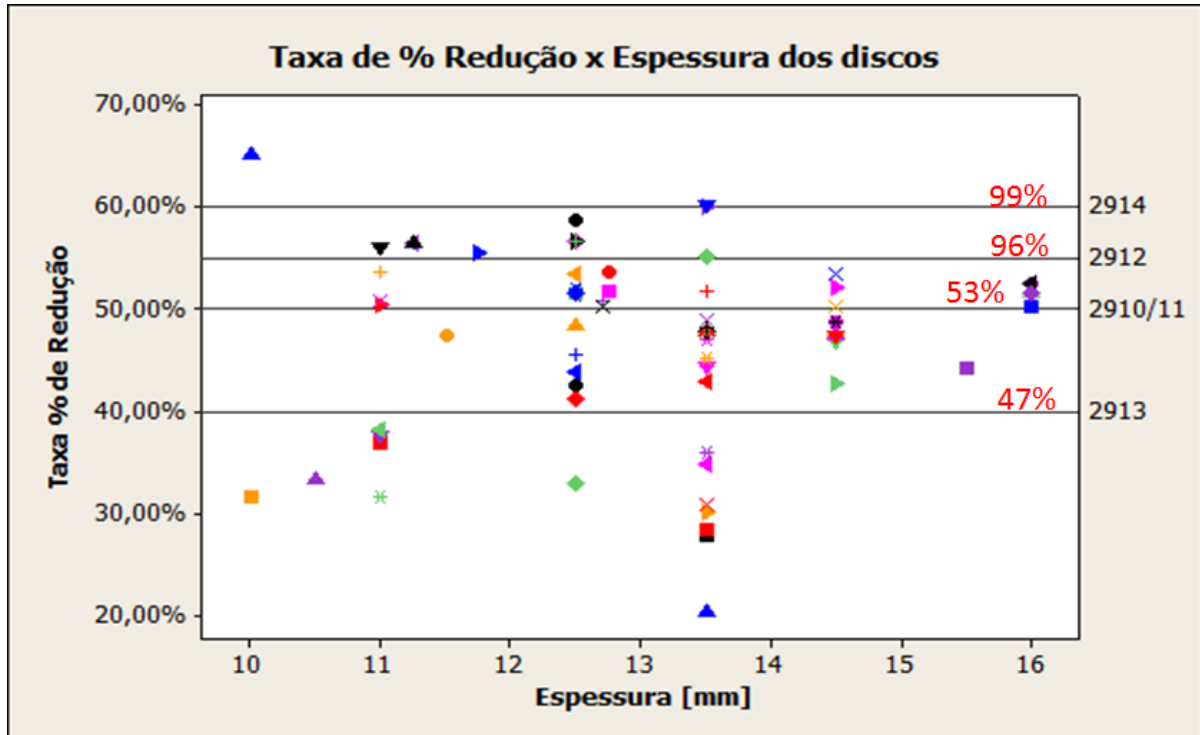


Na Figura 17 é representado um estudo sobre os equipamentos (2914/13/12/11/10) do processo de repuxamento (*flowform*) quanto aos percentuais de atendimento devido às necessidades de capacidades necessárias para produção dos produtos (pontos coloridos), em que os pontos representam os produtos a serem fabricados no processo de repuxamento, o eixo y indica o valor da taxa de redução de cada produto, o eixo x indica a espessura de cada produto, e as linhas horizontais indicam a capacidade do equipamento. Assim, na Figura 17, é possível identificar que o equipamento 2914 está no limite de sua capacidade, pois detêm 99% de sua capacidade produtiva alocada e o segundo equipamento mais crítico é a máquina 2912, que detêm 96% de sua capacidade de carga produtiva alocada.

Este desalinhamento entre capacidade do equipamento *versus* necessidade de produção evidencia a necessidade de grandes investimentos em preventiva e corretiva para manter a sua funcionalidade em dia, elevando os custos de manutenção.

Ações para alinhar a capacidade dos equipamentos a real necessidade dos produtos, podem resultar em reduções significativas de custos de manutenção, pois torna as necessidades de manutenção preditivas e preventivas cada vez menores.

Figura 17: Taxa de porcentagem redução versus espessuras dos discos.



Outro ponto a ser destacado é a falta de conhecimento dos setores de Engenharia de Processo, de Engenharia de Produto e de Planejamento e Controle da Produção sobre a real necessidade dos equipamentos na operação de repuxamento (*flowform*), e este fator contribuía para o alto custo em manutenção de ativos. Essa falta de conhecimento e alinhamento das informações causava a programação inadequada e a utilização de equipamentos inadequados para processar peças (modelos) que necessitariam de equipamentos de maior capacidade quando são desenvolvidos novos produtos.

Diante desta análise, um estudo de necessidade dos produtos e capacidade dos equipamentos por operação de repuxamento, de furo de fixação e de movimentação de peças com robôs foi realizado, e constatou-se que alguns tipos de produtos não podem ser produzidos em determinados equipamentos. Desta forma foi possível identificar a necessidades (carga) dos produtos e a real capacidade dos equipamentos, como apresentado na figura 18, possibilitando, assim, a realização de melhorias nos processos de planejamento

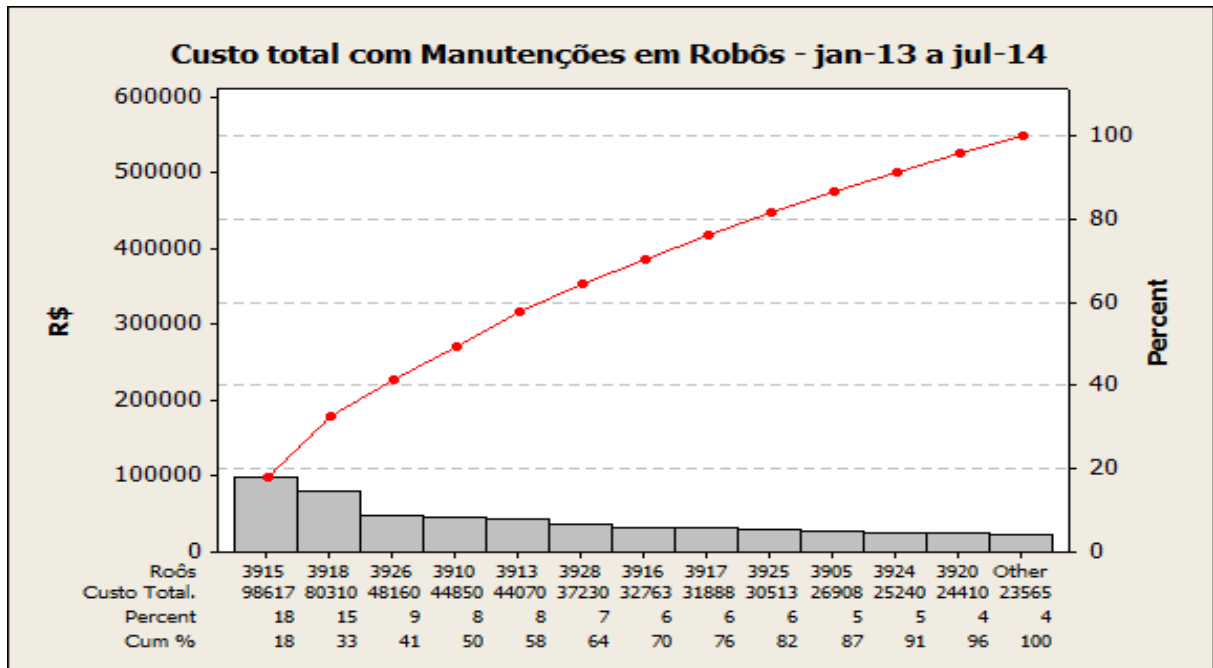
da produção minimizando a necessidade de manutenções, e do processo de desenvolvimento de produto que insere novos produtos no processo produtivo.

Figura 18: Planilha de atendimento dos equipamentos versus produto.

Area de Transferên...		Fonte		Alinhamento		Número		Estilo		OK/s		Edição								
F86		fx																		
	A	B	C	D	E	RPX - máx. 16mm Material (SAE1008-1020) Taxa de redução 50%					RPX - máx. 16mm Material (SAE1008-1020) Taxa de redução 60%									
	Modelos de Discos	Código do item	Descrição da peça	Volume de produção	Linha	2011	TX Redução	Espessura	Material	Cadência	2014	TX Redução	Espessura	Material	Cadência	2077	2303 - 750 Ton	2303 - 750 Ton	F. FIX	F. VENT
3	1	5087285240	8,25 x 22,5	29542	S/C	0	51,77%	12,75	SAE1020		0	51,77%	12,75	SAE1020		1	0	100%	1	
4	2	5087245880	8,25 x 22,5	5237	S/C	0	53,75%	12,75	SAE1020		0	53,75%	12,75	SAE1020		1	0	100%	1	
5	3	5087117791	8,25 x 22,5	5003	S/C	1	44,51%	13,50	SAE1015		1	44,51%	13,50	SAE1015		1	0	84%	1	
6	4	5087222554	8,25 x 22,5	4168	S/C	1	47,85%	13,50	SAE1015		1	47,85%	13,50	SAE1015		1	0	84%	1	
7	5	5087096708	7,5 x 22,5	3245	S/C	1	45,60%	12,50	SAE1015		1	45,60%	12,50	SAE1015		1	1	77,86%	1	
8	6	5087242637	8,25 x 22,5	1667	S/C	0	51,68%	12,50	SAE1015		0	51,68%	12,50	SAE1015		1	1	77,86%	1	
9	7	5087007644	7,5 x 20,0	1425	C/C	1	32,88%	12,50	SAE1015		1	32,88%	12,50	SAE1015		1	1	77,86%	1	
10	8	5087015850	8,0 x 22,0	1358	C/C	1	30,00%	13,50	SAE1015		1	30,00%	13,50	SAE1015		1	0	84%	1	
11	9	5087096557	8,25 x 22,5	1454	S/C	1	42,96%	13,50	SAE1015		1	42,96%	13,50	SAE1015		1	0	84%	1	
12	10	5087061665	6,0 x 17,5	1271	S/C	1	33,24%	10,50	SAE1015		1	33,24%	10,50	SAE1015		1	1	62,26%	1	
13	11	5084050808	7,50 X 20,0	874	C/C	1	42,64%	12,50	SAE1015		1	42,64%	12,50	SAE1015		1	1	77,86%	1	
14	12	5087243590	9,00 x 22,5	1809	S/C	1	48,83%	14,50	SAE1015		1	48,83%	14,50	SAE1015		1	0	90,26%	1	
15	13	5084080162	7,00 X 20,0	1023	C/C	1	36,82%	11,00	SAE1015		1	36,82%	11,00	SAE1015		1	1	67%	1	
16	14	5087013121	8,00 X 22,0	597	C/C	1	20,31%	13,50	SAE1015		1	20,31%	13,50	SAE1015		1	0	84%	1	
17	15	5087281742	8,25 x 22,5	1153	S/C	0	56,45%	11,25	SAE1015		0	56,45%	11,25	SAE1015		1	1	62,26%	1	
18	16	5087021361	8,50 X 20,0	616	C/C	1	34,89%	13,50	SAE1015		1	34,89%	13,50	SAE1015		1	0	84%	1	
19	17	5087117746	7,50 x 19,5	1047	S/C	0	53,44%	12,50	SAE1015		0	53,44%	12,50	SAE1015		1	1	77,86%	1	


Na operação de movimentação de peças com robôs foi necessária a estratificação por robôs instalados, com o objetivo de entender qual o impacto no custo que cada um gerava. Na Figura 19 é possível identificar que o robô 3915 detém 18% do custo de manutenção, e o robô 3918 15%, totalizando 33% no total de todos os custos.

Figura 19: Custo total com manutenção em Robôs Jan-13 a Jul-14.



Com o auxílio da ferramenta ciclo PDSA (Planejar, Executar, Estudar e Agir), foi realizado um estudo, em pequena escala, com objetivo de desenvolver o aprendizado e a geração do conhecimento sobre os custos relacionados à manutenção em robôs, conforme apresentado na Figura 20. Chegou-se a conclusão de que os robôs 3915 e 38918, que representam 33% do custo total estavam operando com o método de manutenção corretiva.

Figura 20: Ciclo PDSA do processo de manutenção dos Robôs.

 <b>CICLO PDSA</b>					
<b>Planejar</b>	<b>Objetivo da fase : Planejar as mudanças de acordo com as predições</b>				
<b>Tarefa 1: Definição do objetivo do Ciclo (1ª questão das 3 questões de Campo)</b>					
a) O que queremos realizar com sucesso? (Qual é o nosso objetivo?)					
Diminuir os custos em manutenções (corretiva/preventiva) nos robôs (fanuc/Abb) das Linhas de Discos (CC671)					
<b>Tarefa 2: Quais são as nossas predições?</b>					
Periodicidade das preventivas estão fora da necessidade devido ao uso dos robôs; As corretivas acontecem de forma pontual porém com custo elevado, ou seja quando quebra o componente/equipamento precisa ser trocado e sem conserto; Alguns parametros de regulagem faz com o que robô trabalhe forçando eixos e redutores.					
<b>Tarefa 3: Levantamento das questões a serem respondidas no ciclo que confirmarão ou não as predições</b>					
As preventivas estão com a periodicidade correta conforme fabricante? As regulagens respeitam o manual dos equipamentos?					
<b>Tarefa 4: Definição de indicadores (2ª questão das 3 questões de Campo)</b>					
b) Como saberemos que uma mudança será uma melhoria? (Como mediremos o antes e depois desta mudança?)					
Custo atual de manutenção em robôs (período jul13/ - jul/14) R\$ 852.956,00. Desta forma faremos o controle dos custos após a mudança e verificaremos a alteração.					
<b>Executar (do)</b>	<b>Objetivo da fase : Testar as Predições em Pequena Escala</b>				
<b>Tarefa 5: Quais ações serão necessárias para responder as questões ou realizar os testes</b>					
<b>O que?</b>	<b>Quem?</b>	<b>Por que?</b>	<b>Como?</b>	<b>Quando?</b>	<b>Status</b>
Alteração no processo de preventivas dos robôs das Linhas de Discos.	Jairo	Diminuir os custos em Manutenção (corretiva/preventiva)	Alteração no contrato do terceiro (KAS) que presta o serviço em outros robôs.	A partir do mês de Abril/2015	50% - Contrato alterado, aguardando o pagamento do mês 03/15.
Periodicidade dos planos preventivos	Jairo	Diminuir o índice de quebra não programada	Revisar os planos preventivos utilizando como referencia o manual do equipamento.	Até 30/04	-
Robôs operando nos limites de posições.	KAS	Evidenciar qual opera excedendo a sua capacidade consequentemente forçando os eixos.	Avaliar os pontos de operação e comparar com o manual do equipamento.	Até 30/04	-
<b>Estudar (Study)</b>		<b>Objetivo da fase : Estudar os resultados e gerar conhecimento</b>			
<b>Tarefa 6: Quais são as respostas das perguntas?</b>					
1ª A redução dos custos nas manutenções em robôs; 2ª Aumento da disponibilidade do equipamento; 3ª Equipamento operando dentro da sua capacidade.					

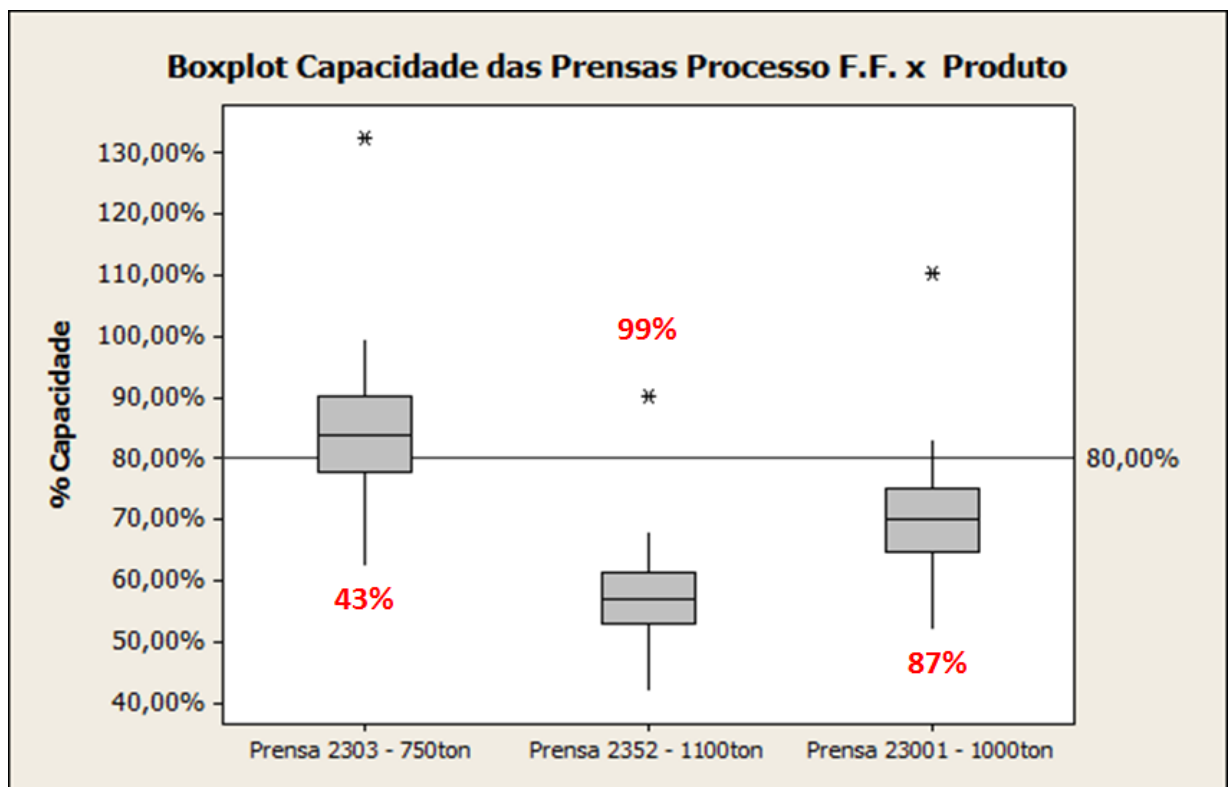
Assim, após este estudo, os robôs foram inclusos no plano de manutenção preventiva sem custos adicionais. E um Projeto de Redução de Custo (PRC) foi definido com um potencial ganho real de R\$ 598.230,97 por ano.



Com relação ao processo de furo de fixação foi constatado que a prensa 2303 atende 43% de todos os produtos, a prensa 2352 atende 99% e a prensa 23001 atende 87% dos produtos, conforme apresentado na cor vermelha na Figura 21. Ainda na Figura 21 é possível identificar que para a prensa 2303, considerando os 43% dos itens produzidos mesmo assim este equipamento opera no limite superior próximo de sua capacidade máxima 90%, a prensa 2352 opera com 90% da sua capacidade considerando 99% dos produtos e a prensa 23001 opera com 10% acima da sua capacidade máxima considerando 87% dos produtos a ser produzidos.

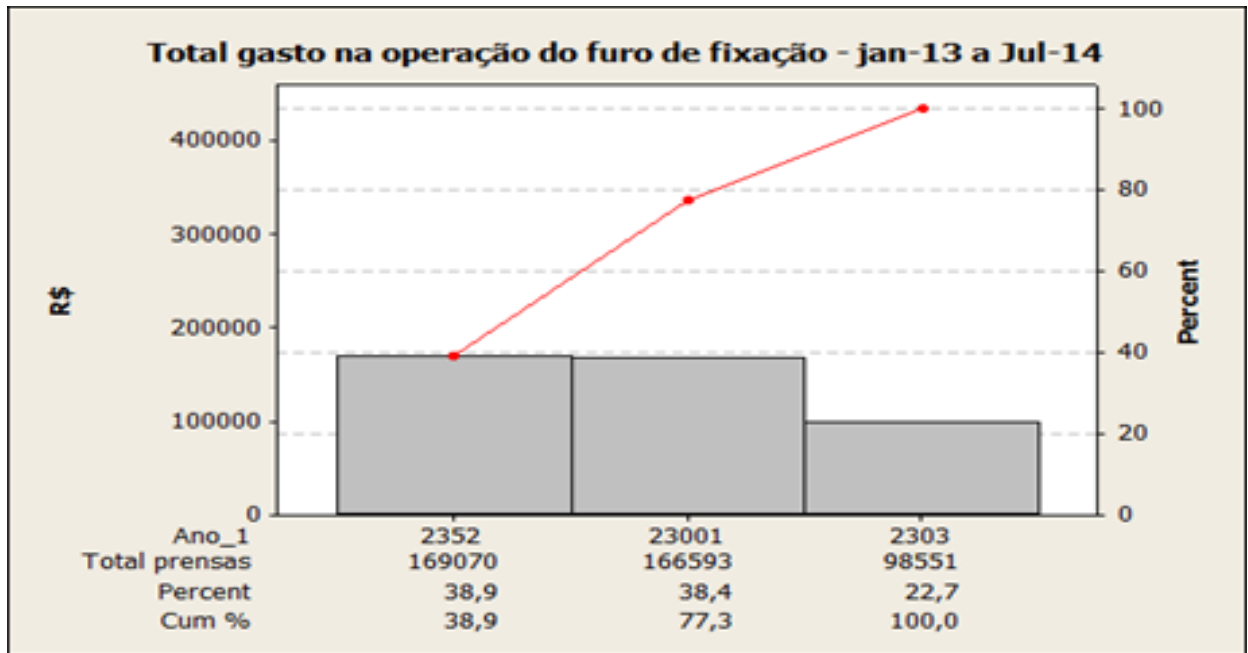
Portanto a prensa 2352 tem a maior capacidade, e a prensa 2303 a menor capacidade de produção no que tange a toneladas de força para operação de furo central e fixação.

Figura 21: Gráfico Boxplot Capacidade das Prensas Processo de F.F x Produto



Em um gráfico de Pareto, figura 22, é possível visualizar que as prensas 2352 e 23001 detêm, juntas no período de jan-13 a jul-14, 77,3% dos gastos com manutenção.

Figura 22: Gráfico de Pareto Total de gasto na operação do furo de fixação de jan-13 a jul-14.



Estes gastos com a manutenção das prensas ocorrem de forma cíclica, pois a cada determinado período de tempo ocorre uma grande quebra, a qual leva a um aumento anormal do custo. Os fatores causadores dessa instabilidade são: a incapacidade dos equipamentos, o *mix* de produção programado e o desalinhamento entre o planejamento e a capacidade das máquinas.

Portanto, com este subprojeto foi possível adequar os produtos à sua real capacidade considerando os padrões e manuais dos equipamentos, foi apresentado estudos para a alta direção para a aquisição de novos equipamentos com maior capacidade para atender as necessidades dos produtos e melhorar o planejamento de produção visando o total alinhamento da capacidade dos equipamentos com a real necessidade dos produtos, sendo assim o resultado traria a produção a robustez necessária para o crescimento da empresa mantendo o baixo custo de manutenção.

### 3.3.2 Subprojeto: Capacitação da Equipe de Manutenção

Kardec e Nascif (2010) acrescentam que o desenvolvimento humano é fundamental no ambiente de transformações rápidas, neste caso as pessoas são a alma e o caráter das organizações, é preciso que elas sejam capazes de se autogerir e de se autocontrolar na

maioria das situações. Portanto a certificação da mão de obra é o atestado, emitido por uma entidade representativa, de que aquele indivíduo está qualificado.

Conforme Bukowitz e Williams (2002), o capital intelectual de cada indivíduo pode ser também mensurado por meio de indicadores utilizados como agente a fim de entender a objetivos definidos.

O item 6.2.2 da ISO 9001:2008 declara a obrigatoriedade da organização em determinar as competências necessárias para o pessoal que executa trabalhos que afetam a qualidade do produto, seja ele tangível ou não. O mesmo informa que a organização deve fornecer treinamento ou tomar outras ações para atender e satisfazer as necessidades de competência. A evidencia desta gestão deve ser observada por intermédio da aplicação e manutenção dos registros apropriados de educação, treinamentos, habilidades e experiências.

Assim uma matriz de polivalência foi construída para se identificar a real capacidade da equipe de manutenção no exercício de suas funções (Figura 23), o que possibilitou identificar que dentre as tecnologias e os conhecimentos identificados como necessários para um bom desempenho da manutenção, o real processo de cobertura é de 29% e a real polivalência por funcionário é de 76%, evidenciando a real necessidade de treinamentos para o desenvolvimento da equipe.



Como ação resultante deste subprojeto, foram orçados os cursos para avaliação da real necessidade quanto aos custos que deverão ser investidos, com a somatória de todos os custos R\$228.080,00.

Uma vez identificada a necessidade de treinamento da equipe de manutenção, foram orçados treinamentos para eletricitistas, mecânicos e operadores de máquinas, com um custo de R\$ 228.080,00. E em conjunto com o Departamento de Recursos Humanos, um cronograma de treinamento será providenciado.

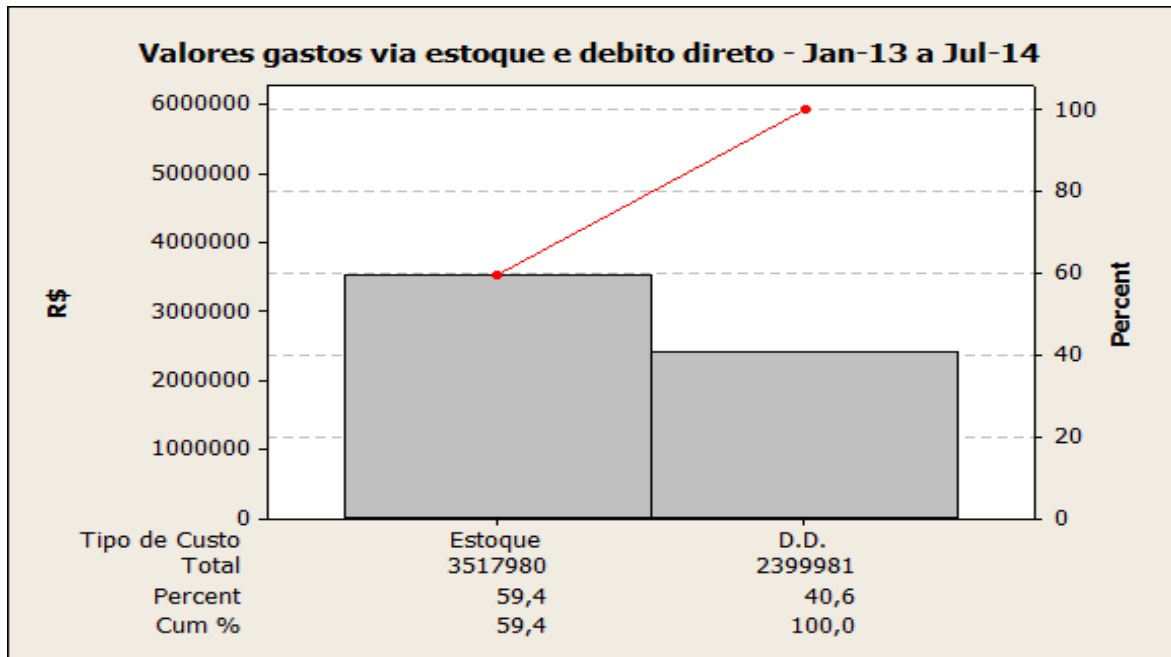
### **3.3.3 Subprojeto: Melhoria de custos em peças e serviços**

Para o levantamento das informações a respeito dos custos de peças e serviços, foi necessário, para melhor entendimento da situação, dividir este levantamento em duas categorias: custos de peças em estoque e custos gerados via débito direto.

O custo de peças em estoque é o valor pago quando é retirado um item do estoque para troca na máquina. Este valor é debitado do centro de custo na conta destinada à manutenção de ativos. Já o custo gerado via débito direto é o valor pago em serviços, consertos ou peças que não são de estoque, portanto o débito é direto no momento em que se dá a entrada da nota fiscal quando do recebimento.

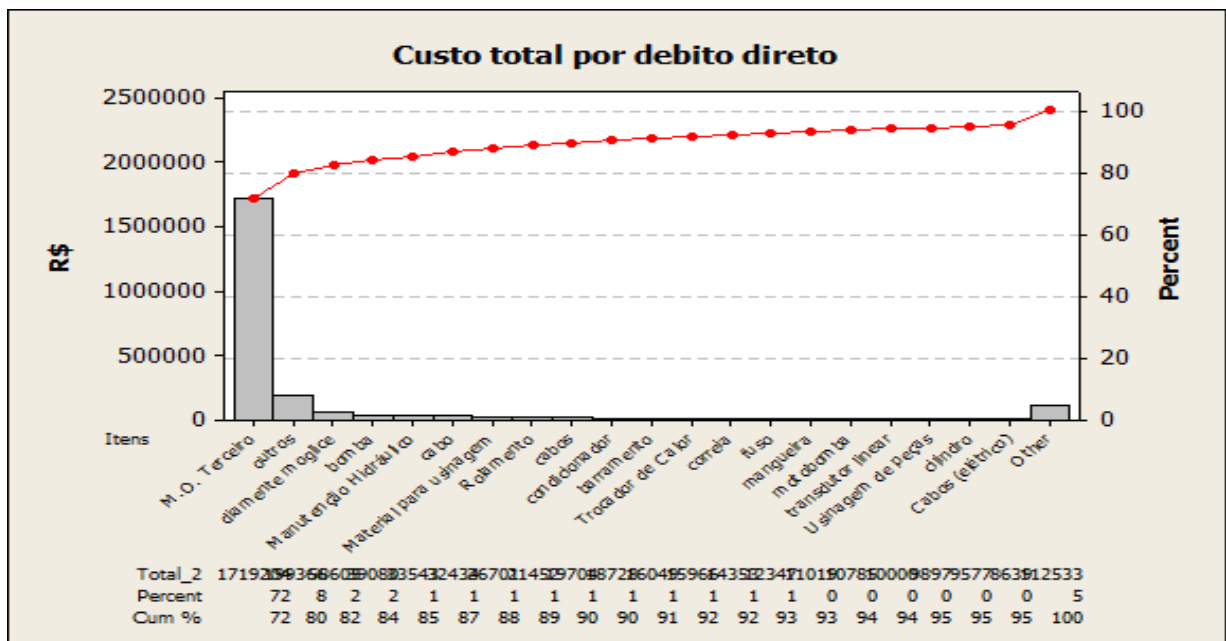
Através de uma estratificação (Figura 24), é possível observar que o custo via estoque representa 59,4% do total gasto em manutenção. Porém, no decorrer do estudo, constatou-se que os dados não eram confiáveis, pois existiam muitas alocações de peças de outro Centro de Custo que eram lançadas no Centro de Custo em questão. Assim identificou-se a necessidade de elaboração e implantação de um fluxo de requisição e apontamento de custos em peças para eliminar os ruídos e gerar confiabilidade nos dados.

Figura 24: Valores gastos via estoque e debito direto Jan.13 a Jul.14



Para os custos em débito direto, a estratificação (Figura 25), indica que 72% do total gasto com requisições são referentes a custos com terceiros, oriundos da prestação de serviços dentro da fábrica por fornecedores especializados contratados para executar manutenções, limpezas, melhorias e serviços externos tais como reparo em peças que foram enviadas para conserto, serviços de usinagem, medições, elaboração de desenhos, entre outros.

Figura 25: Custo total por debito direto Jan-13 a Jul-14



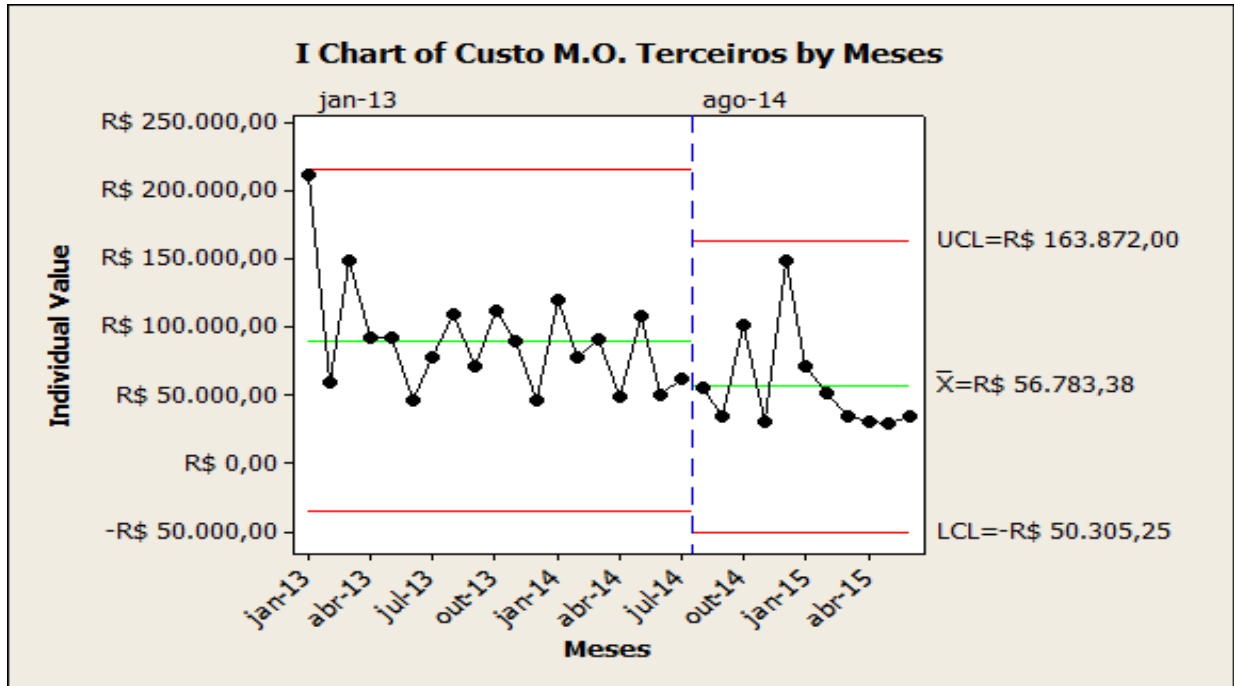
Após estudos realizados para avaliar a real necessidade nos gastos por manutenção em mão de obra terceirizada foi observado que algumas ações teriam impacto direto nestes valores. Portanto um ciclo PDSA (Ffigura 26), foi gerado para auxiliar na definição das ações que poderiam trazer a média deste custo para um valor mais aceitável.

Figura 26: Ciclo PDSA Custos com Mão de Obra de Terceiros

MAXION		CICLO PDSA			
Planejar		Objetivo da fase : Planejar as mudanças de acordo com as predições			
Tarefa 1: Definição do objetivo do Ciclo (1ª questão das 3 questões de Campo)					
a) O que queremos realizar com sucesso? (Qual é o nosso objetivo?)					
Diminuir os custos em manutenções em M.O. de Terceiros					
Tarefa 2: Quais são as nossas predições?					
Reduzir em 10% os custos em mão de obra em peças; Reduzir em 10% os custos de mão de obra em serviços aplicados.					
Tarefa 3: Levantamento das questões a serem respondidas no ciclo que confirmarão ou não as predições					
Quais são os fornecedores "parceiros" que atendem as linhas de discos? Existe a possibilidade de unificar fornecedores e promover a redução de custo de forma sistêmica? Quais os materiais que utilizam serviços externos e podem ser internalizados?					
Tarefa 4: Definição de indicadores (2ª questão das 3 questões de Campo)					
b) Como saberemos que uma mudança será uma melhoria? (Como mediremos o antes e depois desta mudança?)					
Utilizando o indicador de custo com serviços de M.O de terceiros media (jan.13 a Jul.14) atual: R\$ 90.663,00.					
Executar (do)		Objetivo da fase : Testar as Predições em Pequena Escala			
Tarefa 5: Quais ações serão necessárias para responder as questões ou realizar os testes					
O que?	Quem?	Por que?	Como?	Quando?	Status
Identificar os cilindros hidráulicos que mais apresentam problemas.	Jairo	Diminuir os custos em Manutenção em reparo de peças.	Desenvolvendo uma empresa parceira com conhecimento e preço que atendam as necessidades de qualidade e baixo custo.	julho-14	100%
Identificar as manutenções realizadas por prestadores de serviços e entender a real necessidade.	Jairo	Diminuir os custos em Manutenção com utilização de M.O de terceiros	Acompanhando e verificação das necessidades (M.O Terceiros interna), solicitadas para executar as intervenções do setor.	setembro-14	100%
Acompanhar orçamentos para entender a real necessidade no reparo das peças que são enviadas para conserto.	Jairo	Diminuir os custos indevidos, pois as vezes os serviços de reparo ficam mais caro que um peça nova.	Análise crítica e comparativa de forma sistemática dos orçamentos de componentes que estão em conserto.	setembro-14	100%
Estudar (Study)		Objetivo da fase : Estudar os resultados e gerar conhecimento			

Com as ações propostas no ciclo PDSA, foi possível alcançar uma queda no custo médio de manutenção de 37%, representando uma redução de R\$ 33.720,00 por mês, conforme representado na Figura 27.

Figura 27: Gráfico de controle do custo em M.O de Terceiros de Jan-13 a Jun-15.



### 3.3.4 Subprojeto: Eficiência da manutenção

Segundo Silbiger (1996), o pensamento estratégico envolve uma análise abrangente de uma empresa em relação ao seu setor, seus concorrentes e o ambiente empresarial a curto ou longo prazo.

Dentro deste contexto, destaca-se que o acompanhamento do desempenho da equipe através de indicadores que possibilitem um sentimento de participação sobre as ações tomadas, além disso, permitem a busca de melhor qualidade e contínuo aprimoramento, (REZENDE, 2003).

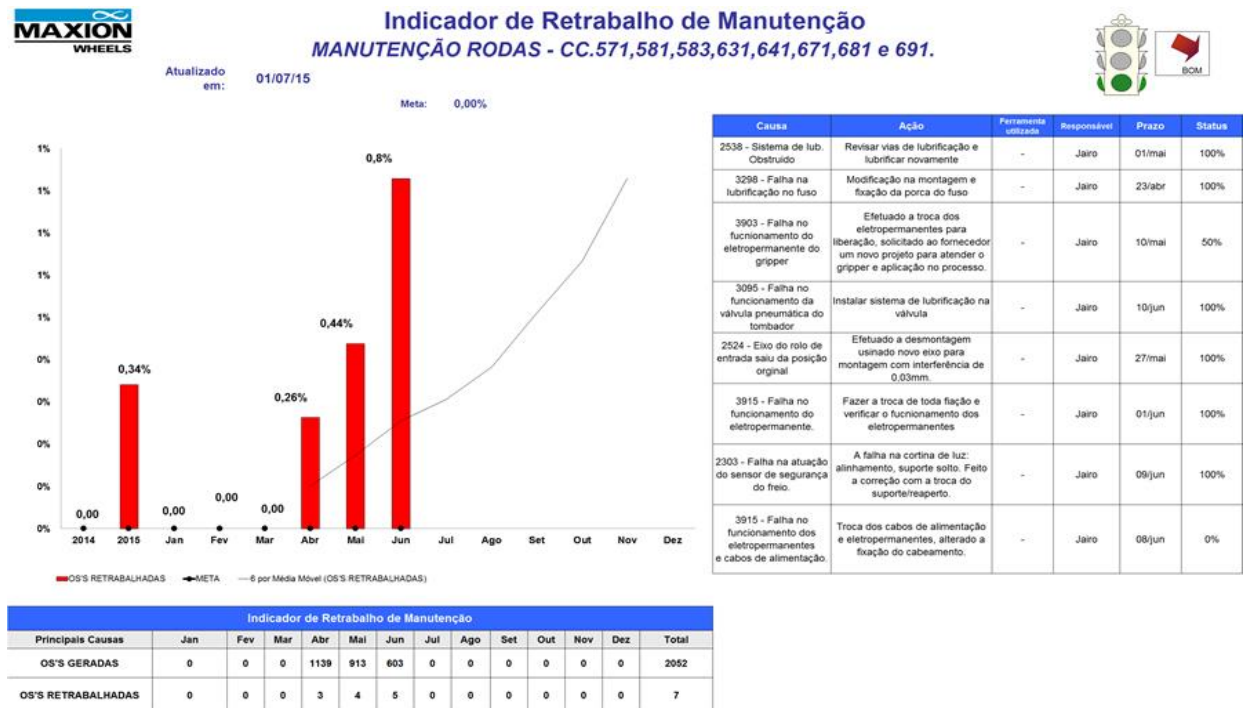
Para atingir a meta, o Departamento de Manutenção deve operar com seis medidas básicas: (I) avaliar e compreender o estado atual do equipamento, com análise de falhas e objetivos de manutenção pré-estabelecidos; (II) restaurar a deterioração dos equipamentos com medidas para impedir a recorrência de falhas e corrigir erros ou imperfeições de projeto através da melhoria contínua; (III) criar e implantar um sistema de informação que contenha





O indicador de retrabalho por manutenção (figura 29), refere-se ao percentual de retrabalhos da equipe de manutenção em relação às ordens de serviços (OS) executadas no período, em que a colunas em vermelho representam os valores percentuais de retrabalho de cada mês, sendo que para o ano de 2015 ela representa o valor acumulado. Para cada retrabalho apontado é gerado um plano de ação para análise das causas e correções dos desvios. Vale ressaltar que este indicador ainda não possui uma meta definida, pois não havia dados para serem analisados, assim tomou-se a decisão de realizar medições e ao final de seis meses definir uma meta adequada.

Figura 29: Indicador de Retrabalho por manutenção.



### 3.3.5 Considerações sobre a proposta

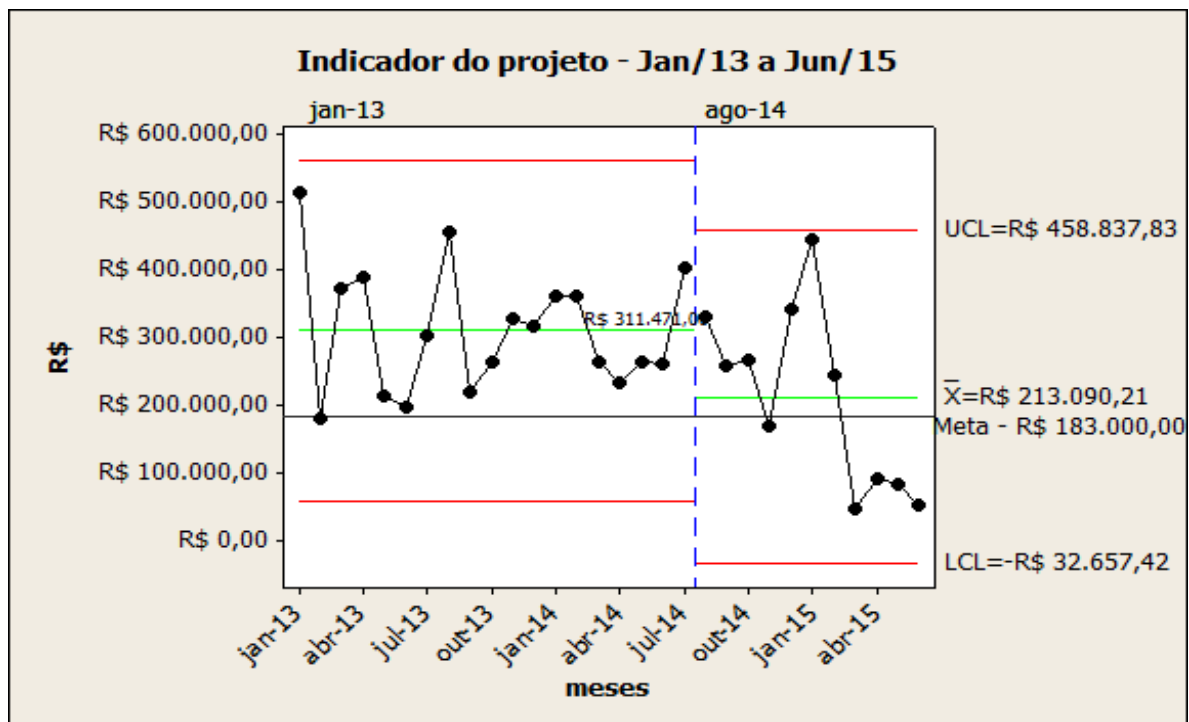
Antes de concluir a respeito da proposta de sistema de gestão de custos para a manutenção, deve-se ressaltar que esse estudo teve como motivação o significativo impacto do custo de manutenção em ativos no faturamento da empresa e as informações aqui apresentadas são reais e totalmente aplicáveis. Os resultados foram validados junto ao Departamento de Controladoria da empresa, mostrando-se factíveis. Os ganhos indiretos

adquiridos através dos estudos que se fazem presentes neste trabalho, também foram de grande importância para o processo de maneira geral.

Os resultados da proposta de sistema de gestão de custos da manutenção, ao longo de 12 meses, trarão um retorno financeiro na ordem de R\$1.002.864,00, portanto o projeto continua na fase de controle, pois as metodologias que foram aplicadas e as informações geradas são de grande importância para empresa determinar a estratégias correlacionadas às situações que envolvem custo por manutenção em ativos.

Observando a Figura 30, em que a linha verde representa o custo médio de R\$ 311.471,00 entre os meses de janeiro de 2013 a julho de 2014, quando iniciado o projeto, frente a uma meta proposta de R\$183.000,00. O custo médio atual, observado na linha verde após a linha vertical tracejada azul, referente aos meses de agosto de 2014 a junho de 2015 é de R\$213.090,21, representando o ganho médio de R\$98.000,00, que representa 76,5% o ganho proposto (R\$128.000,00) no início do projeto. Expurgando o fator crise financeira, o ganho real com o projeto equivale a R\$83.572,00/mês, no período de 12 meses o equivalente a R\$1.002.864,00.

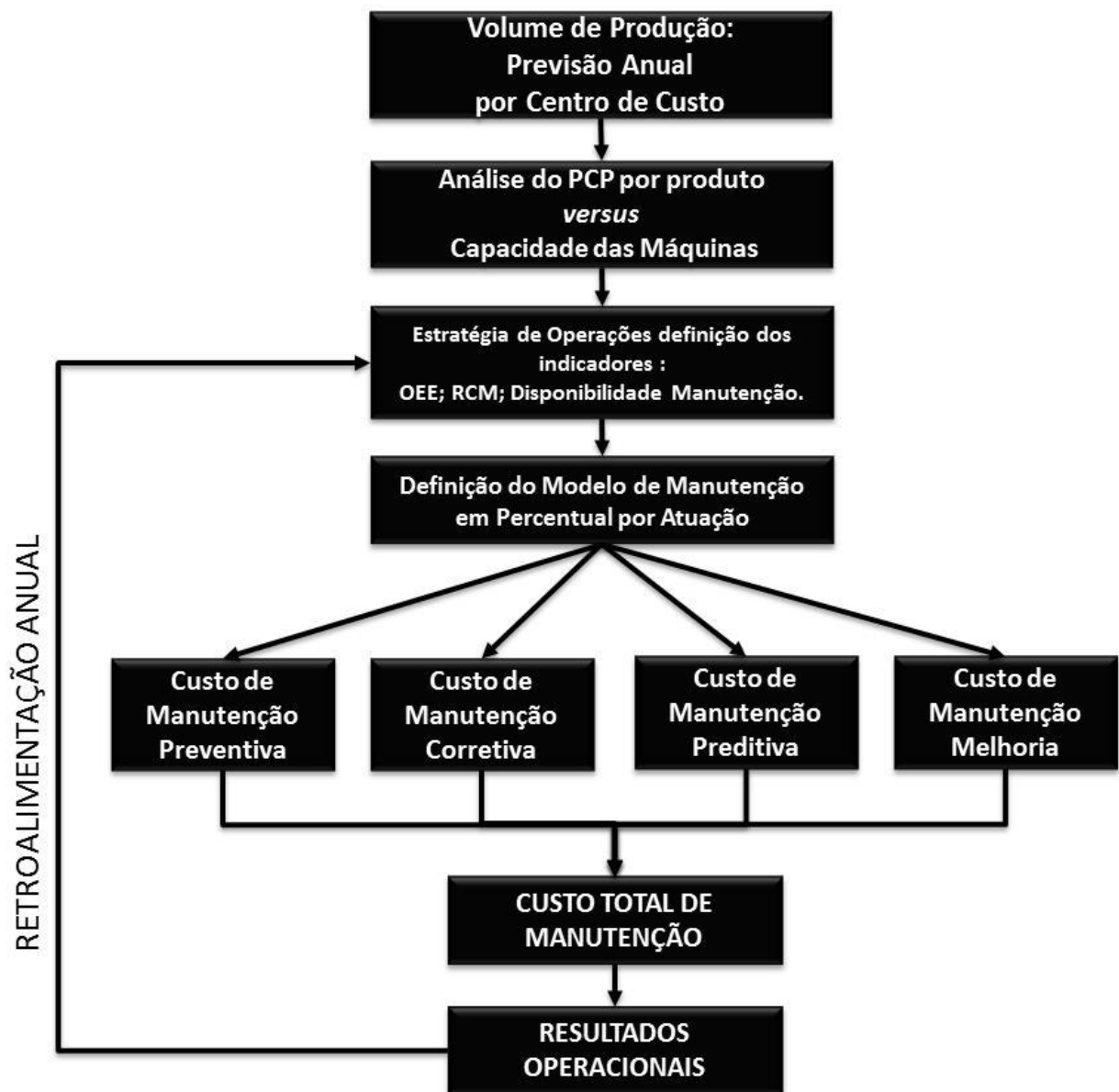
Figura 30: Gráfico indicador do projeto – Jan-13 a Jun-15.



Com a conclusão do trabalho proposto e o ganho efetivado foi entendido que é preciso um modelo de gestão de custos de manutenção alinhado a realidade da empresa, este modelo deve ser considerado no plano estratégico da empresa utilizando informações para que seja viabilizado o uso.

Na Figura 31 é apresentado um modelo de gestão dos custos que ressalta as necessidades que foram apresentadas neste trabalho. O modelo em questão trará informações para que o departamento de manutenção atue com a gestão de custo mais próxima da realidade da necessidade do setor de operações, pois contemplará informações para focar o uso do orçamento de acordo com as necessidades de cada centro de custo. Sendo assim o orçamento anual para manutenção também estará embasado na real necessidade dos equipamentos e alinhado à estratégia necessária (manutenção: preventiva, corretiva, preditiva e melhoria) para manter o funcionamento por todo o período com menor taxa de parada por manutenção com o valor de custo mais próximo da realidade.

Figura 31: Modelo de gestão dos custos de manutenção.



Análise SWOT do modelo apresentado acima:

✓ Pontos fortes do modelo proposto:

Relação entre fatores de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos;

Relação direta com o modelo de manutenção adotado;

✓ Pontos fracos do modelo proposto:

Grande complexidade na implantação para confiabilidade;

Definição do percentual de atuação no modelo de manutenção a ser adotado;

Implantação do modelo devido a grande complexidade para tal.

Sequencia lógica do modelo apresentado na Figura 31:

- 1º. MRP – Planejamento de Recursos de Manufatura faz às análises de demanda anual, volume de produção por produto e por centros de custos de operação;
- 2º. PCP – Planejamento e Controle da Produção faz a análise de relação de produto *versus* capacidade dos equipamentos. Este é o ponto crítico do processo, pois a capacidade de carga (tonelagem, força, pressão etc.) para produzir um determinado modelo de peça deve ser considerada como fator para iniciar um planejamento de produção baseando-se na rela capacidade dos equipamentos.
- 3º. Estratégia de Operações: A diretoria de operações baseando-se em histórico de manutenção dos equipamentos que foram planejados (2º processo) para o ano, com isso a definição as metas para os indicadores (*OEE* – Eficiência Global do Equipamento, *RCM* – Manutenção Centrada em Confiabilidade e Disponibilidade por Manutenção). Neste processo é preciso fazer algumas perguntas: Qual a eficiência, confiabilidade e disponibilidade por manutenção ideal para cada equipamento? Essa pergunta deve ser respondida observando cada operação;
- 4º. Definição do departamento de Manutenção: Qual será a porcentagem de atuação dentre os modelos de gestão de manutenção (preventiva, corretiva, preditiva e melhoria) o departamento deverá atuar no ano para atingir as metas propostas no 3º item.
- 5º. Custos de Manutenção por modelo critérios adotados no 4º item, nesta fase a aquisição dos dados reais deverá ser utilizados para confrontar com as estratégia definida no 4º item, sendo assim os custos de manutenção ficará real e de fácil entendimento;
- 6º. Custo total de Manutenção em todo *site*: Nessa fase o custo de manutenção deve ser transformado num único numero que representará o total do site;
- 7º. Retroalimentar os resultados operacionais sobre os indicadores (*OEE* – Eficiência Global do Equipamento, *RCM* – Manutenção Centrada em Confiabilidade e

Disponibilidade por Manutenção) e custo de manutenção por centro de custo de forma anual.

O modelo será utilizado como base para definição das metas nos próximos anos, desta forma o modelo de gestão de custo participará estrategicamente na gestão dos custos da empresa, com isso às metas, planos e previsões estarão mais próximo da realidade do parque de máquinas no tange a utilização e vida útil dos equipamentos. Conforme apresentado anteriormente no item 3.2.1 os custos não podem ser provisionados com base nas vendas, ou seja, no faturamento líquido da empresa, pois existem outros fatores que influenciam diretamente nos resultados da gestão do indicador de custos de manutenção.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

### **4.1 ATENDIMENTOS AOS OBJETIVOS**

Primeiramente, é necessário destacar que este trabalho não é conclusivo, no sentido de que deve ter continuidade, visando complementar outras lacunas existentes que, neste não foram possíveis de preencher. É entendido que a comunidade da engenharia de manutenção necessita mobilizar esforços voltados para o estudo metodológico em processos críticos tais como custos de manutenção de ativos.

Os desafios são direcionados a uma busca de maior entendimento para previsão e provisão orçamentária, sendo assim, a pesquisa conduzida parte cientificamente, parte prática, traz várias divergências na situação real da empresa parceira neste projeto.

Os objetivos atingidos são de grande importância, pois os resultados financeiros e os resultados obtidos com os conhecimentos específicos adquiridos trouxeram informações que os departamentos correlacionados a manutenção desconheciam. Como entrega final foi desenvolvido um modelo de Gestão dos Custos de Manutenção que atenderá a realidade da empresa parceira visando maior entendimento e o real conhecimento sobre os custos de manutenção.



## 4.2 CONCLUSÕES

Por meio da apresentação e fundamentação teórica que rege os métodos de gestão de custo de ativos e de uma ilustração com estudos e aplicabilidade no ambiente real do departamento de manutenção, foi possível observar que além da necessidade entendimento e gestão dos custos, existiam outras falhas no sistema que precisavam ser entendidas e respondidas.

Para entender como se comporta um processo e posteriormente encontrar uma melhor forma de alterar e ou propor soluções que possam trazer melhorias e evolução é necessário o estudo em todos os níveis, este foi o processo apresentado junto ao modelo de pesquisa-ação.

O ponto culminante neste trabalho foi o entendimento das variáveis que envolvem todos os quesitos necessários para uma boa provisão dos custos de manutenção de ativos, portanto foram estudados os gastos em manutenção, por processo, por serviços, por débito direto e estoque, sendo assim, todo o contexto passou a ser do conhecimento do pesquisador.

As melhorias apresentadas trouxeram resultados financeiros (R\$ 1.002.864,00 em 12 meses) e resultados através do conhecimento específico que jamais foram explorados, ainda ressaltou a falta de conhecimento sobre a capacidade dos equipamentos e falta de capacitação da equipe de manutenção, também foram abordados os fatores de disponibilidade e retrabalho por manutenção.

Com todo estudo concluído foi entendido que os custos de manutenção de ativo, devem ser considerados fator impar para empresa que busca crescimento e solidez no mercado, as necessidades devem ser definidas com apoio de dados utilizando ferramentas que revelam a realidade da empresa. Sendo assim os custos inerentes ao processo de manutenção dos ativos serão mais previsíveis podendo ser alterado conforme a necessidade dos modelos de manutenção que poderão ser adotados.

Observa-se então, que os usos de métodos estatísticos e as ferramentas de melhorias utilizadas aqui apresentam grande aplicabilidade no ambiente industrial, podendo ser utilizados para descobrir falhas e ou alavancar a eficiência em departamentos dentro das indústrias, estes podem trazer resultados e conhecimentos ainda não explorados.

#### 4.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

A grande importância em gerir os custos de manutenção, pois os resultados são impactantes a rentabilidade, desta forma a introdução de conceitos mais apurados tais como RCM - Manutenção Centrada em Confiabilidade, seria de muita importância para empresas que buscam melhores resultados, portanto entende-se que com a aplicação do Modelo de Gestão do Custo de Manutenção de ativos apresentado trará o desconhecido e alinhará estratégias a operações causando grandes resultados operacionais.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT NBR ISO 9001:2008, Associação Brasileira de Normas **Técnica, Sistemas de Gestão da Qualidade**, ICS 03.120.10, ISBN 978-85-07-01100-2, 2ª edição, 28/11/2008, válida a partir de 28/12/2008

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção. **Documento Nacional 2011**. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional>. Acesso em: 09 Out. 2014.

ANDRICA, J. **Managing Maintenance for a Greater Contribution**. Proceedings of the Automatic Factory 5 Conference. Detroit, 1983.

BUKOWITZ, W.; WILLIAMS, R. **Manual de gestão do conhecimento: ferramentas e técnicas que criam valor para empresa**. São Paulo: Bookman, 2002.

CATTINI, O. **Derrubando os Mitos da Manutenção**. São Paulo: STS Publicações e Serviços Ltda., 1992.

CARVALHO, N. C. de. **Avaliação do desempenho empresarial da manutenção: Uma abordagem sistêmica**. Niterói, 2005. 120 p. Dissertação Mestrado em Sistemas de Gestão Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense.

COOPER, R.; KAPLAN, R. S.: **How Cost Accounting Distorts Product Cost. Management Accounting**. Harvard Business School 1988.

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

DAMÉLIO, R. (2011) **The Basics of Process Mapping**, 2nd Edition, ISBN-10:1363273764, CRC Press.

DEMING, W. E. (1994) **The New Economics for Industry, Government, Education**. Cambridge, Massachusetts, MIT. [Tradução ao português: **A Nova Economia**. Editora QualityMark, Rio de Janeiro., 1997]

FACCIO M.; PERSONA A.; SGARBOSSA F.; ZANIN G., **Industrial maintenance policy development: A quantitative framework**. Department of Management and Engineering, University of Padova, Stradella San Nicola 3, Vicenza, Italy. 2012.

FERREIRA, José Ângelo – **Custos industriais: uma ênfase gerencial**. São Paulo: Editora STS, 2007.

KARDEC, A. & NASCIF, J.A. **Manutenção – Função Estratégica. 3.ª ed**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2010.

- KARDEC, A.; et al. **Gestão estratégica e técnicas preditivas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- KAZMIER, L. J., **Business statistics Schaum's outline of theory and problems of business statistics**. New York USA 1996.
- NAKAGAWA, M. **Gestão Estratégica de Custos – conceitos, sistemas e implementação**. Tese (Livre Docência) São Paulo 1990.
- NAKAJIMA, S. **TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance Cambridge**: Productivity Press, 1989.
- MARCORIN, W.R. & LIMA, C.R.C. Análise dos Custos de Manutenção e de Não Manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência e Tecnologia**. São Paulo 2003.
- MARTINS, S.S. & BARRELLA, W.D. **Composição do Sistema de Custeio: uma aplicação prática**; Artigo publicado XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.
- MIRANDA, L. C.; SILVA, A. M. A. **Sistemas de Custeio para apoio à Gestão de Manutenção**. Recife 2001
- MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N.C. **Manutenção – combate aos custos na não-eficácia – Avez do Brasil**. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1993.
- MONCHY, F. **A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial**. São Paulo 1989.
- MURTY, A.S.R. & NAIKAN, V.N.A. **Availability and maintenance cost optimization of a production plant**. International Journal of Quality & Reliability Management, Cambridge, 12 (2): 28-35, 1995.
- MARTINS, S.S & BARRELLA, W.D. **Composição do Sistema de Custeio: Uma aplicação pratica. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba – PR 2002.
- PALADINI, Edson P. (1994) **Qualidade Total na Prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. Editora Atlas. São Paulo.
- PERES, C.R.C. & LIMA G.B. A., **Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados**, Gestão da Produção São Carlos S.P. 2008.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- VIANA, H. R. G. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro 2002.

RISHEL, T.D.; CHRISTY, D.P. **Incorporating maintenance activities into production planning**; integration at the masterschedule versus material requirements level, *International Journal of Production Research* 34 (2), p.421-446, 1996.

REZENDE, D. A. **Planejamento de sistemas de informação e informática: guia prático para planejar a tecnologia da informação integrada ao planejamento estratégico das organizações**. São Paulo: Atlas, 2003.

SMITH, B. & ADAMS, E. **LeanSigma: advanced quality**. Proc. 54th Annual Quality Congress of the American Society for Quality, Indianapolis, Indiana, mai./00.

SIQUEIRA, I. P. **Indicador de Eficiência, Eficácia e Efetividade da Manutenção**. Jaboatão PE. 2006.

SILVEIRA, G. J. C. **Uma metodologia de implantação da manufatura celular**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SILBINGER, S. **The Tenday MBA**, Campus Rio de Janeiro, 1996.

TAVARES, L. A. **Administração moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

YOSHITAKE, M. **Gestão de Custeio do Ciclo de Vida de Um Ativo**. *Fac.Econ., Adm. E Contabilidade FEA – USP*. 2002.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

MIGUEL, P. et al; **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

COUGHLAN P; COUGHLAN D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 22 No. 2, 2002, pp. 220-240.

LIMA, M. C. **Pesquisa-ação nas organizações: do horizonte político à dimensão formal**. *Gestão Organizacional*, v. 3, n. 2, mai./ago., 2005.

XAVIER, J.N. **Manutenção classe mundial**. 2011. Disponível em: [http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/manutenção\\_classe\\_mundial.pdf](http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/manutenção_classe_mundial.pdf)

WATSON, G.H. **Cycles of learning: observations of Jack Welch**. *ASQ Publication*, 1, (1): 45-58, nov./01.

WESTBROOK, R. **Action research: a new paradigm for research in production and operations management**. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n. 12, p. 6-20, 1995.

**APÊNDICE**