

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**JOSIR DAVID RIBEIRO**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG) EM  
UMA LINHA DE PRODUÇÃO**

**Alegrete  
2015**

**JOSIR DAVID RIBEIRO**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG) EM  
UMA LINHA DE PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Oliveira

**Alegrete  
2015**

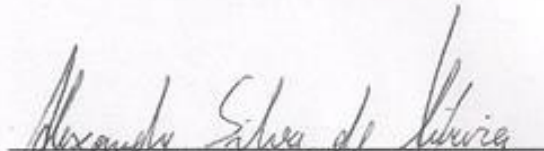
JOSIR DAVID RIBEIRO

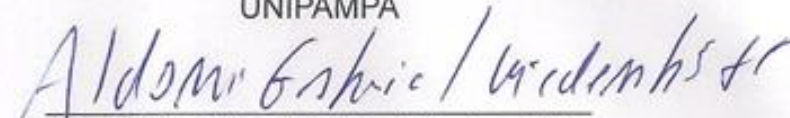
**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG) EM UMA  
LINHA DE PRODUÇÃO**


Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Mecânica da Universidade federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 08 de Julho de 2015.

Banca examinadora:

  
Prof. Dr. Alexandre Silva de Oliveira  
Orientador  
UNIPAMPA

  
Prof. Me. Aldoni Gabriel Wiedenhöft  
UNIPAMPA

  
Prof. Dr. Marco Antonio Durlo Tier  
UNIPAMPA

“Gaúcho não é ser grosso  
Ter botas, esporas e mango  
Usar lenço chimango,  
Atado frouxo ao pescoço,  
E andar fazendo alvoroço,  
Comprando qualquer parada,  
Gaúcho é ser idealista,  
Peleiar só por conquista  
Em defesa da terra amada”.

Ruben Sofildo da Silva

## RESUMO

Sistemas de produção são ferramentas usadas diariamente em todas as empresas, desde o seu surgimento até os dias de hoje, é graças a esses sistemas que as empresas conseguem produzir produtos com qualidade e rapidez. A gestão do posto de trabalho caracteriza-se por ser um desses sistemas e emana da Manutenção Produtiva Total (MPT) que tem como objetivo eliminar/reduzir os desperdícios associados às máquinas, e ainda, busca aumentar a produtividade e por consequência melhora o desempenho econômico-financeiro da empresa. O objetivo desse trabalho foi utilizar a ferramenta chamada IROG (Índice de Rendimento Operacional Global) que pertence ao leque de ferramentas do MPT para aumentar o rendimento operacional de um posto de trabalho. Dessa forma poderá ser possível aumentar a eficiência global dos equipamentos que pertencem ao posto analisado. Para tanto foi realizado coletas de dados dentro do posto de trabalho, participação em manutenções e vistorias. Com os dados adquiridos foi calculado o IROG das operações gargalo, ou seja, aquelas máquinas que estão restringindo a produção, com os resultados do IROG posteriormente foi feito diagramas de Pareto onde será realizada a análise das informações e por fim será revelado o motivo da máquina não estar produzindo o que deveria, assim, podendo ser consertado ou minimizado. As ideias de elevação de eficiência produtiva serão analisadas através de simulações em um software chamado ProModel.

Palavras-chave: Eficiência, Manutenção Produtiva Total, IROG, Sistema Toyota de Produção.

## **ABSTRACT**

Production systems are tools used everyday in every company from its origins until nowadays. Thanks to these systems, companies are able to produce goods of good quality faster. Workplace management is one of these systems and comes from the Total Productive Maintenance (TPM), which aims to eliminate/reduce wastes associated to the machines, and it also intends to increase productivity and by consequence improve the financial-economical performance of the company. The aim of this paper is to use a tool called IROG (Global Operating Profit Index) which belongs to the MPT range of tools for increasing the operating efficiency of a work station. Consequently, it will be possible to increase the global efficiency of the equipments which belong to the work station analyzed. Hence data collections will be held within the workplace and there will be participation in inspections and maintenance. Through the collected data it will be possible to calculate the IROG of the bottleneck operations, it will be held Pareto diagrams on those machines which are restraining the production, the information will be analyzed and the problem will be revealed, then, it will be possible to fix the problem or at least minimize it. The productive efficiency of lifting ideas will be analyzed through simulations on a software called ProModel.

Keywords: Efficiency, Total Productive Maintenance, IROG, Toyota Production System.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Estrutura do sistema Toyota de Produção .....                  | 20 |
| Figura 2 – Itens que compõem o TQC .....                                  | 23 |
| Figura 3 – Matriz PDCA .....  | 24 |
| Figura 4 – Método PDCA para implementar melhorias .....                   | 25 |
| Figura 5 – Método SDCA para manter os resultados obtidos .....            | 26 |
| Figura 6 – Gerações da Manutenção .....                                   | 27 |
| Figura 7 – Exemplo Gargalo .....  | 30 |
| Figura 8 – Índice de Rendimento Operacional Global .....                  | 36 |
| Figura 9 – Conceitos de TEEP e OEE .....                                  | 41 |
| Figura 10 – Sistemas de tempos e perdas, TEEP .....                       | 42 |
| Figura 11 – Sistemas de tempos e perdas, OEE .....                        | 43 |
| Figura 12 – Questões de Pesquisa .....                                    | 51 |
| Figura 13 – Possíveis respostas para as questões de pesquisa .....        | 52 |
| Figura 14 – Polias .....  | 54 |
| Figura 15 – Engrenagens .....   | 54 |
| Figura 16 – Rotores .....   | 55 |
| Figura 17 – Exemplo de refugo do setor de usinagem .....                  | 56 |
| Figura 18 – Exemplo de refugo do corte a plasma .....                     | 56 |
| Figura 19 – Empresa LEZY .....  | 58 |
| Figura 20 – Empresa LEZY 2 .....  | 58 |
| Figura 21 – Leiaute da empresa LEZY .....                                 | 62 |
| Figura 22 – Fluxo Produtivo da empresa LEZY .....                         | 62 |
| Figura 23 – Setor de Pintura LEZY .....                                   | 64 |
| Figura 24 – Estufa .....  | 65 |
| Figura 25 – Gráfico de Pareto dos tempos médios de paradas do setor ..... | 66 |
| Figura 26 – Leiaute de simulação .....                                    | 68 |
| Figura 27 – Simulação Sistema Atual .....                                 | 68 |
| Figura 28 – Simulação Sistema Atual 2 .....                               | 69 |
| Figura 29 – Resultado Sistema Atual .....                                 | 69 |
| Figura 30 – Simulação do sistema com as mudanças .....                    | 70 |
| Figura 31 – Simulação do sistema com as mudanças 2 .....                  | 70 |
| Figura 32 – Resultados do sistema modificado .....                        | 71 |

## LISTA DE TABELAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabela 1 – Metas de diminuição de perdas .....</b>          | <b>32</b> |
| <b>Tabela 2 – Causas de paradas administrativas. ....</b>      | <b>33</b> |
| <b>Tabela 3 – Hierarquias .....</b>                            | <b>59</b> |
| <b>Tabela 4 – Equipamentos da empresa .....</b>                | <b>59</b> |
| <b>Tabela 5 – Dias de coleta de dados .....</b>                | <b>60</b> |
| <b>Tabela 6 – Tempo médio de cada processo produtivo .....</b> | <b>63</b> |
| <b>Tabela 7 – Comparação dos Resultados.....</b>               | <b>71</b> |
| <b>Tabela 8 – Resultados das Simulações Extras.....</b>        | <b>72</b> |



## LISTA DE SIMBOLOS E SÍGLAS

5S's – seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke.

CQZD – controle de qualidade zero defeitos;

$i$  – itens produzidos até o limite  $n$ ;

GPT – gestão do posto de trabalho;

IROG – índice de rendimento operacional global;

JIT – just-in-time;

$k$  – número de ocorrências de  $m$ ;

$m$  – postos de trabalho monitorados até o limite  $k$ ;

MFP – mecanismo da função produção;

MPT – manutenção produtiva total;

$n$  – número de ocorrências do item  $i$ ;

OEE – overall equipment efficiency;

PDCA – plan, do, check, act;

$q_i$  – quantidade boa do item  $i$  produzida;

$q_{i,m}$  – quantidades produzidas do item  $i$  no posto de trabalho  $m$ ;

SPT – sistema Toyota de produção;

$tp_i$  – tempo de ciclo do item  $i$ ;

$T$  – tempo disponível para produção;

TEEP – total effective equipment productivity;

$T_m$  – tempo programado para produzir no posto de trabalho  $m$ ;

$tp_{i,m}$  – tempo de ciclo do item  $i$  no posto de trabalho  $m$ ;

TPM – total productive maintenance;

TQC – total quality control;

TQM – total quality management;

TRF – troca rápida de ferramenta;

SDCA – standart, do, check, act;



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>1.1 Objetivo geral .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>1.2 Objetivos específicos.....</b>                                       | <b>14</b> |
| <b>1.3 Hipóteses .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>1.4 Organização do trabalho .....</b>                                    | <b>15</b> |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>2.1 As contribuições de Taylor para os sistemas de produção .....</b>    | <b>16</b> |
| <b>2.2 Sistemas Toyota de produção (STP) .....</b>                          | <b>17</b> |
| <b>2.2.1 Elementos que constituem o sistema Toyota de produção .....</b>    | <b>19</b> |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>   | <b>22</b> |
| <b>3.1 Controle da qualidade total (TQC) .....</b>                          | <b>22</b> |
| <b>3.2 Manutenção .....</b>   | <b>27</b> |
| <b>3.3 Gestão de postos de trabalho .....</b>                               | <b>29</b> |
| <b>3.4 Gráficos de Pareto .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>3.5 Gargalo de produção .....</b>  | <b>30</b> |
| <b>3.6 As sete grandes perdas .....</b>                                     | <b>31</b> |
| <b>3.7 IROG (ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL) .....</b>             | <b>33</b> |
| <b>3.8 Cálculo do IROG .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>3.9 Passos para a implantação da gestão dos postos de trabalho .....</b> | <b>44</b> |
| <b>3.10 ProModel .....</b>  | <b>45</b> |
| <b>4 METODOLOGIA .....</b>  | <b>46</b> |
| <b>4.1 Métodos de pesquisa .....</b>  | <b>46</b> |
| <b>4.2 Instalações e equipamentos.....</b>                                  | <b>49</b> |
| <b>4.3 Questionamentos da pesquisa .....</b>                                | <b>49</b> |
| <b>4.4 Delineamento da pesquisa .....</b>                                   | <b>50</b> |
| <b>4.5 Forma da coleta de informações .....</b>                             | <b>52</b> |
| <b>4.6 Análise das Informações .....</b>                                    | <b>53</b> |
| <b>4.6.1 Medições dos Tempos .....</b>                                      | <b>53</b> |
| <b>4.6.2 Quantidade de produtos bons e de refugo .....</b>                  | <b>55</b> |
| <b>4.6.3 Cálculo da Eficiência.....</b>                                     | <b>57</b> |
| <b>4.6.4 Simulações .....</b>   | <b>57</b> |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                       | <b>58</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                    | <b>73</b>  |
| <b>6.1 Análise dos objetivos e das hipóteses</b> ..... | <b>74</b>  |
| <b>6.2 Sugestões para a empresa</b> .....              | <b>745</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                | <b>766</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, diferente de antigamente, por conta da concorrência as empresas têm como objetivo produzir cada vez melhor, ou seja, produzir com qualidade e, necessariamente, com preços que chamem a atenção do consumidor. Mas antes do produto ser comercializado, ele ganha um custo, que a empresa gasta para produzi-lo, e isso, influenciará no preço do produto quando o mesmo sair para o mercado externo. Assim, o cliente pode obter produtos com boa qualidade e bom preço e, para isso, é preciso que a fábrica tenha controle da sua produção. Sendo assim, os principais objetivos das fábricas são: evitar desperdício de material, controlar o tempo de manutenção dos equipamentos, controlar a qualidade do produto e o tempo gasto na fabricação.

Desta maneira, é importante dar atenção para certos pontos na hora em que algum produto estiver sendo fabricado. Um fator que auxilia na obtenção de bons resultados é o uso de sistemas de produção, na qual se pode fazer análises virtuais, gráficas ou com cálculos. Na maioria das vezes que se utiliza esses sistemas, busca-se encontrar no leiaute da fábrica os gargalos que estão atrasando ou dificultando a produção. Esses gargalos podem ser referentes a algum tipo de material, ferramentas, máquinas ou até mesmo pessoas.

Uma ferramenta que auxilia a encontrar esses pontos negativos e corrigi-los é utilizar o sistema chamado de *Total Productive Maintenance (TPM)* ou no português, Manutenção Produtiva Total (MPT). E fazer uso de uma das suas ferramentas a Gestão do Posto de Trabalho (GPT). Segundo PARANHOS FILHO (2007), na gestão de um posto de trabalho a manutenção de ferramentas e equipamentos é importante para a produção e deve ter uma atenção especial na hora de uma inspeção ou estudo, principalmente, as ferramentas de máquinas críticas.

O engenheiro responsável pelo posto de trabalho tem como responsabilidade informar aos trabalhadores sobre eventuais manutenções que precisam ser feitas para que uma ferramenta, máquina ou até mesmo o produto não venha a ter algum dano. Sem falar que muitas vezes sem uma manutenção até mesmo o trabalhador pode correr algum risco.

Sabendo disso, existem vários estudos científicos que demonstram a importância da aplicação da GPT para o sucesso de uma empresa. Segundo ANTUNES et al. (2013), a GPT tem como objetivo utilizar mecanismos/recursos que

existam naquele momento na empresa buscando o aproveitamento máximo da sua capacidade, e assim, identificar os postos de trabalho que estão restringindo o processo de fabricação.

Ainda, ANTUNES et al. (2013) salientam que a implantação da GPT nas empresas traz os seguintes benefícios: 1) evitar a utilização de recursos adicionais para o conserto e a compra de novos equipamentos, pois, com o uso do sistema se obtêm controle sobre o desempenho da rotina dos equipamentos, permitindo saber o desempenho econômico global projetado; 2) gestão global do sistema produtivo da fábrica com foco nos gargalos; 3) obtenção da capacidade produtiva real da fábrica; 4) ter clareza nas prioridades de melhorias para os postos de trabalho e seus trabalhadores; 5) evitar manutenções corretivas nos equipamentos.

O presente trabalho caracteriza-se especificamente por um método da GPT, utilizado para se obter o índice de rendimento de uma máquina ou equipamento, sendo esse método chamado de Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), e qualifica-se por envolver toda e qualquer parada que sofrer o sistema de produção. O IROG é um índice de avaliação de rendimento operacional global de todo um sistema produtivo, na qual são medidos em operações gargalos.

Ademais cabe salientar que ele consiste em um eficiente índice que auxilia em futuras tomadas de decisões, pois aponta as principais causas de ineficiência dos equipamentos críticos e de todo desempenho operacional do posto de trabalho analisado. Se for ampliado o valor do índice de rendimento, se estará aumentando o faturamento de toda à unidade avaliada e, por consequência, poderá estar sendo aumentada a lucratividade de toda a empresa. Por isso, a manutenção dos equipamentos é importante para evitar paradas desnecessárias, pois um posto de trabalho que precise de paradas não programadas se tornará um gargalo.

Segundo KLIPPEL (2003), com a aplicação do IROG é possível obter as eficiências dos recursos críticos e elas tendem a relacionar-se diretamente com todo o sistema de produção, sendo assim, melhorando esses recursos aumenta-se a produção de todo o posto de trabalho.

Sabendo desses estudos e pesquisas sobre os sistemas que compõe esse universo empresarial, a realização desse trabalho justifica-se no fato de que atualmente para uma empresa manter-se no mercado, são necessárias melhorias constantes dentro da mesma, visando diagnosticar e eliminar pequenos erros que muitas vezes passam despercebidos aos olhos da direção, mas que se for feita uma

análise utilizando o IROG esses erros podem ser identificados e corrigidos, evitando gastos desnecessários, além de que segundo a bibliográfica estudada esse índice auxilia na redução de custos para a eliminação das perdas resultando no aumento do lucro. Para salientar a importância desse trabalho segundo a resolução nº 218, de junho de 1973 do CONFEA (1973) dentro das atividades do engenheiro mecânico estão a supervisão, coordenação, estudo e planejamento de sistemas de produção. Será que o IROG ajuda a aumentar a eficiência produtiva de uma empresa que não seja de grande porte?

### **1.1 Objetivo geral**

Simular melhorias visando o rendimento produtivo da empresa fazendo o uso do IROG, com foco no aumento produtivo/lucro da empresa.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Medir o tempo gasto em manutenções dos equipamentos do posto de trabalho, para saber se este tempo está tendo influência na produtividade;
- Fazer vistorias nos equipamentos que estão sendo utilizados para a produção;
- Fazer uso de manutenções preventivas;
- Simular um sistema produtivo utilizando as melhorias analisadas;
- Descobrir a atividade mais crítica no posto de trabalho;
- Elaborar melhorias para o processo produtivo;
- Aumentar a produção da empresa.

### **1.3 Hipóteses**

- O IROG pode auxiliar no aumento da produção;
- O IROG pode auxiliar no aumento da produtividade individual do funcionário;
- O IROG pode auxiliar na diminuição do tempo de parada das máquinas;
- O IROG não auxilia no aumento da produção;
- O IROG não auxilia no aumento da produtividade do funcionário;
- O IROG não tem influência no tempo de paradas das máquinas.



#### **1.4 Organização do trabalho**

Na busca do alcance dos objetivos propostos, este trabalho apresenta-se dividido em sete capítulos distintos. O primeiro contém a introdução em que se apresenta a contextualização do problema de pesquisa, a justificativa e a importância do trabalho, bem como as hipóteses e os objetivos a serem alcançados. No segundo capítulo consta da fundamentação teórica que busca uma abordagem histórica dos temas que serão comentados no trabalho. Após, no terceiro capítulo, é apresentada a revisão bibliográfica para embasar a pesquisa, onde serão abordados tópicos com relação à produção, qualidade, TPM, GPT, IROG e suas características. No quarto capítulo, é apresentada a metodologia que será utilizada para se obter os valores experimentais. Em seguida são apresentados e discutidos os resultados obtidos através do experimento, em seguida, no sexto capítulo são apresentadas os resultados e considerações finais. Por fim, no sétimo capítulo são apresentadas ideias para futuros trabalhos que poderão ser feitos, após isso, são mostradas as referências utilizadas na elaboração desse trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fundamentação teórica caracteriza-se por mostrar uma abordagem histórica do assunto tratado sobre este trabalho, estudando as evoluções dos sistemas de produção. Como CORRÊA (2005) diz que é preciso conhecer o passado para poder entender o que acontece no presente e, assim, preparar-se para o que virá no futuro. Esse mesmo autor também esclarece que a história dos sistemas de produção, antes da segunda guerra, não é tão enfatizada pelos autores da área, por esse motivo os estudantes perdem uma grande informação histórica sobre esses sistemas. Por isso que os sistemas que se conhece hoje começaram a ser estudados e aplicados por Taylor e é a partir de suas contribuições que se inicia esta pesquisa, até se chegar ao tema de estudo deste trabalho.

### **2.1 As contribuições de Taylor para os sistemas de produção**

Os métodos de análises de sistemas de produção começaram a ser usados por Frederick Winslow Taylor. Nascido nos Estados Unidos, ele foi engenheiro mecânico, considerado uns dos maiores nomes da história da produtividade industrial. É conhecido como o pai da administração científica, propondo a utilização de métodos cartesianos nos processos produtivos, como cita NYLAND (1990). Dentre todos os técnicos que levavam a missão de sistematizar o processo de produção o maior e mais influente foi, sem dúvida, Frederick Winslow Taylor. Considerado como o "pai da administração científica", Taylor reuniu as diversas influências que tentavam induzir o aumento da utilização do método científico na indústria. No processo, ele acelerou o desenvolvimento do movimento de gestão sistemática ao longo das linhas que mudou não só o local de trabalho, mas toda a natureza da sociedade moderna industrializada. Com certeza ele não só revolucionou as fábricas, mas também fez uma revolução mental nos gerentes de produção, mudando sua atitude de espírito empreendedor, colocando em evidência que uma fábrica não é feita por individualismo, mas sim por um grupo de pessoas.

Mas houve alguns que o questionavam e descreveram que o que ele fez foi uma atitude que já estava vindo a ser usada, mas isso não tirou os créditos de Taylor, já que ele comprovou que era um engenheiro com uma mentalidade diferente, como dizem WOOD E WOOD (2002), que Taylor foi o criador da administração científica e de influências significativas no desenvolvimento da gestão da produção. Ele é visto

como o iniciador do movimento de gestão científica apesar de suas obras e ações terem sido muitas vezes descritas como sínteses de ideias que já estavam em vigor. Inquestionavelmente, o estudo das organizações foi original na medida em que ele procurou estudar cientificamente formas para medir os fluxos de trabalho com precisão, a fim de obter uma maior produtividade.

Taylor teve a ideia que qualquer meio produtivo, quando bem analisado poderia ser simplificado e ainda produzir com qualidade. Segundo GEHANI (1998), em 1911, Taylor, um engenheiro industrial, inovou o campo de estudo sobre tempos e movimentos. Ele propôs que, por meio de uma análise sistemática, quaisquer operações podem ser divididas em tarefas mais simples. Cada uma dessas tarefas pode ser executada por uma maneira melhor "*Best Way*" pré-determinada.

Além da inovação no modo de se analisar o processo produtivo, Taylor também inovou na maneira de se analisar a qualidade do produto final, que antes era tratada como um processo interno no processo produtivo e que passou a fazer parte da atividade externa à produção, como explica CARPINETTI (2010), assim, com as teorias de Taylor envolvendo a Administração Científica da Produção, a prática do controle da qualidade mudou substancialmente, e esse controle passou a ser atividade externa à produção, que agora iria ser feita pelo inspetor da qualidade. Ou seja, antes o produto era analisado depois de pronto e separado o produto bom do ruim, antes de ser comercializado e agora era feita inspeções dentro da linha de produção para saber o que estava acontecendo com o processo, caso houvesse algum defeito no produto e já era corrigido para se evitar mais erros pelo mesmo motivo.

Taylor ajudou muito as empresas americanas com seus estudos e mais tarde eles atravessaram o mundo para serem estudados e aperfeiçoados, como será visto nos próximos tópicos deste trabalho.

## **2.2 Sistemas Toyota de produção (STP)**

Após Taylor inovar a maneira de produzir, chega a vez de outro sistema entrar para a história e ser seguido até os dias contemporâneos. Durante e após o período de guerra, o Japão e o mundo passaram pela crise do petróleo. E graças a essa crise surge o Sistema Toyota de Produção, que, segundo TAIICHI OHNO, um de seus criadores, “essa crise abriu nossos olhos” (1988, p.23). Ou seja, isso forçou as

fábricas a pensarem novas maneiras de produzir. Nesse contexto a fábrica que se destacou foi a *Toyota Motor Company Ltd.* trazendo a mesma mentalidade de produção com qualidade, de Taylor, mas uma produção sem desperdícios. Como OHNO (1988, 1997) salienta que Taylor não se preocupava em produzir somente o que era vendido, evitando os desperdícios, mas sim produzir com eficiência, qualidade, organização e economia. Já o sistema Toyota juntou essas características, mas com a ideia de fabricar somente o necessário.

Dentro do STP se destaca o *Just-in-Time* (JIT), que é o sistema de fabricação mais conhecido no mundo, nesse sentido, GHINATO (1996) o caracteriza como sendo “uma verdadeira revolução” e “uma mudança de paradigma”. O referido autor ainda o define como sendo um processo que deve ser suprimido com itens no lugar, tempo e quantidades certas. Vale citar que HINO (2006) salienta que o JIT não trata cada estágio de processos na linha de fabricação como independentes, mas sim como processos associados.

O objetivo do *Just-in-Time* é localizar e eliminar as perdas, garantido um fluxo contínuo de produção. A viabilidade do uso do JIT depende estritamente de três fatores importantes, que são: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada (OHNO, 1988, 1997). ANTUNES (1998) explica cada um dos três termos do JIT da seguinte forma:

1. O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do “*lead time*”. A sua implementação do fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e rearranjo do leiaute da fábrica.
2. O *takt time* é o tempo gasto para a produção de um produto por completo, sempre baseado na demanda do mercado.
3. A produção puxada caracteriza-se pela própria definição de JIT que é produzir corretamente com os itens certos, na quantidade certa e no momento certo.

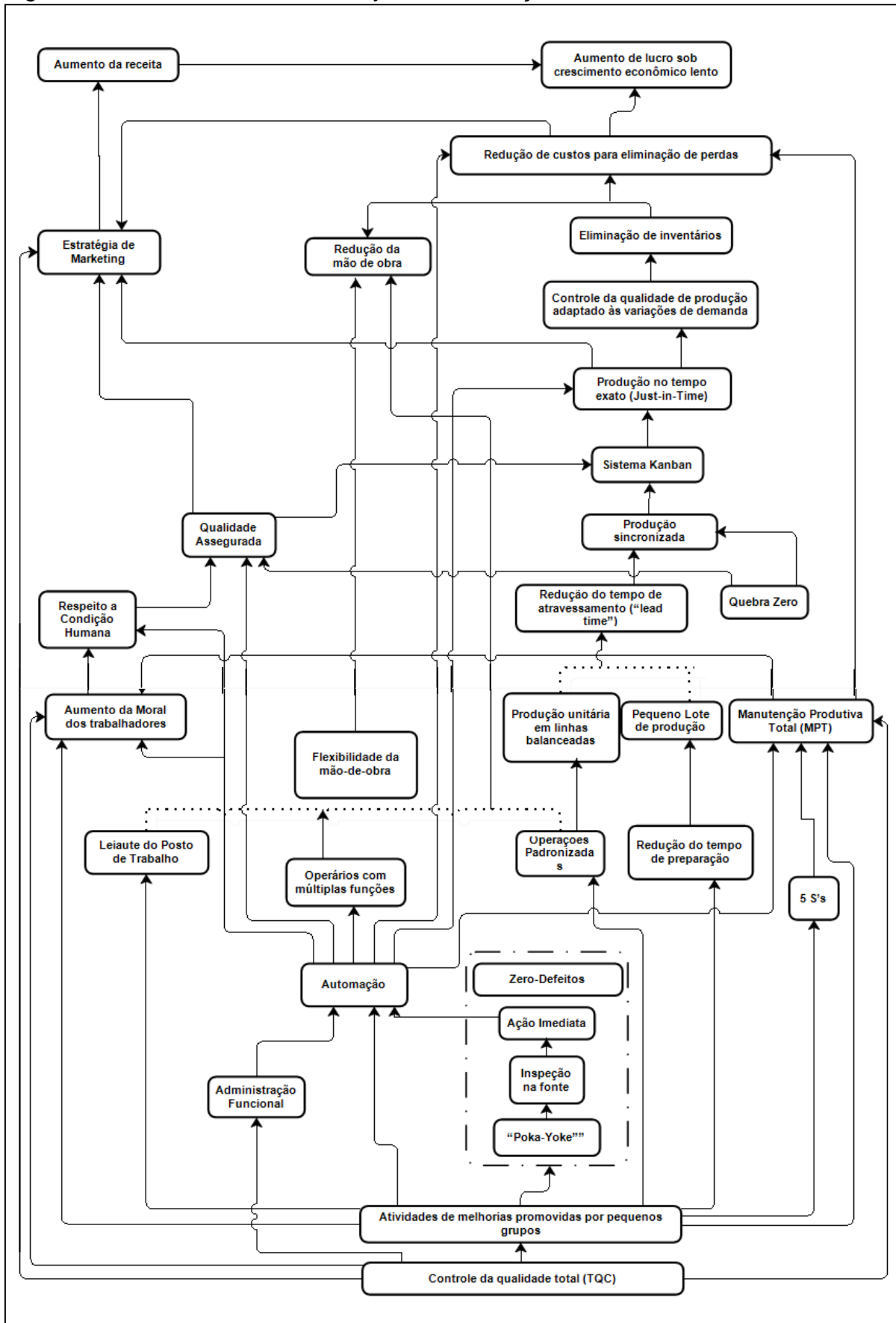
Cabe destacar que existem alguns elementos que constituem o sistema Toyota de Produção, que serão explicados na sequência.

### 2.2.1 Elementos que constituem o sistema Toyota de produção

Como dito anteriormente, nos períodos de guerra e pós-guerra a *Toyota Motor Company Ltd.* desenvolveu sistemas de produção que ajudaram a indústria, inclusive até os dias atuais. Neste período a empresa instituiu vários procedimentos para poder aplicar o *Just-in-Time*. Os elementos do STP desenvolvidos são vistos na Figura 1 e são estruturados da seguinte forma (GHINATO, 1994, ANTUNES, 2013):

- a- Construção do STP: Mecanismo da função produção (MFP), caracteriza-se pelo não-custo e perdas no processo produtivo.
- b- Subsistema na qualidade de gestão: Controle da Qualidade Total (TQC – *Total Quality Control*).
- c- Pré-requisitos básicos de engenharia: troca rápida de ferramentas (TRF), operações padrão e leiaute.
- d- Subsistema de Defeito Zero dos produtos: otimização e controle de qualidade zero defeitos (CQZD).
- e- Subsistema de Quebra zero de máquinas e ferramentas: TPM e 5S's.
- f- Sincronização de melhorias contínuas: *kanban*.
- g- Subsistemas de indicadores: Produtividade econômica.

Figura 1 – Estrutura do sistema Toyota de Produção



Fonte: GHINATO (1996 p.132)

Fazendo um estudo da estrutura do STP apresentada na Figura 1, já se pode saber o caminho que será feito na metodologia do trabalho e os seus elementos serão apresentados a seguir na revisão bibliográfica.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção estão apresentados os sistemas que envolvem o IROG, após uma abordagem histórica chega a hora de embasar a pesquisa mostrando os elementos que o compõe. Esses elementos terão uma abordagem mais recente, pois são muito usados nos dias atuais, pelas empresas, sendo essencial para a sobrevivência das mesmas. Como CORRÊA (2005) informa, os sistemas de produção se caracterizam por ser a habilidade de sobrevivência e prosperidade das empresas em um ambiente completamente competitivo, com mudanças contínuas e imprevisíveis.

#### 3.1 Controle da qualidade total (TQC)

Primeiramente cabe caracterizar o termo qualidade, na qual na visão de BAGAD (2008), CHARANTIMATH (2009) e JAIN (2001), a maneira mais fácil de definir a qualidade é o quanto um produto cumpre os requisitos de um cliente. Segundo a NBR ISO 9000, que trata sobre os Sistemas de Gestão da Qualidade (ABNT, 2005), a qualidade são as características de qualquer produto ou serviço, que afetam diretamente em sua capacidade de satisfazer necessidades explícitas ou implícitas.

As organizações precisam saber reconhecer através da política e ações que fazer qualidade significa buscar em primeiro lugar a satisfação dos clientes. O reconhecimento deste princípio fez com que muitas empresas de sucesso simplesmente se sobressaíssem sobre as outras no mercado. A qualidade não pode estar separada das ferramentas estatísticas e de lógica que fazem com que ela seja melhorada, planejada e controlada (CÉSAR, 2011).

O TQC ou no inglês *Total Quality Management* (TQM) é usado para fazer o controle da qualidade, sendo que, conforme Campos (2004, p. 15), “o TQC é o controle exercido por todas as pessoas para a satisfação de todas as pessoas”.

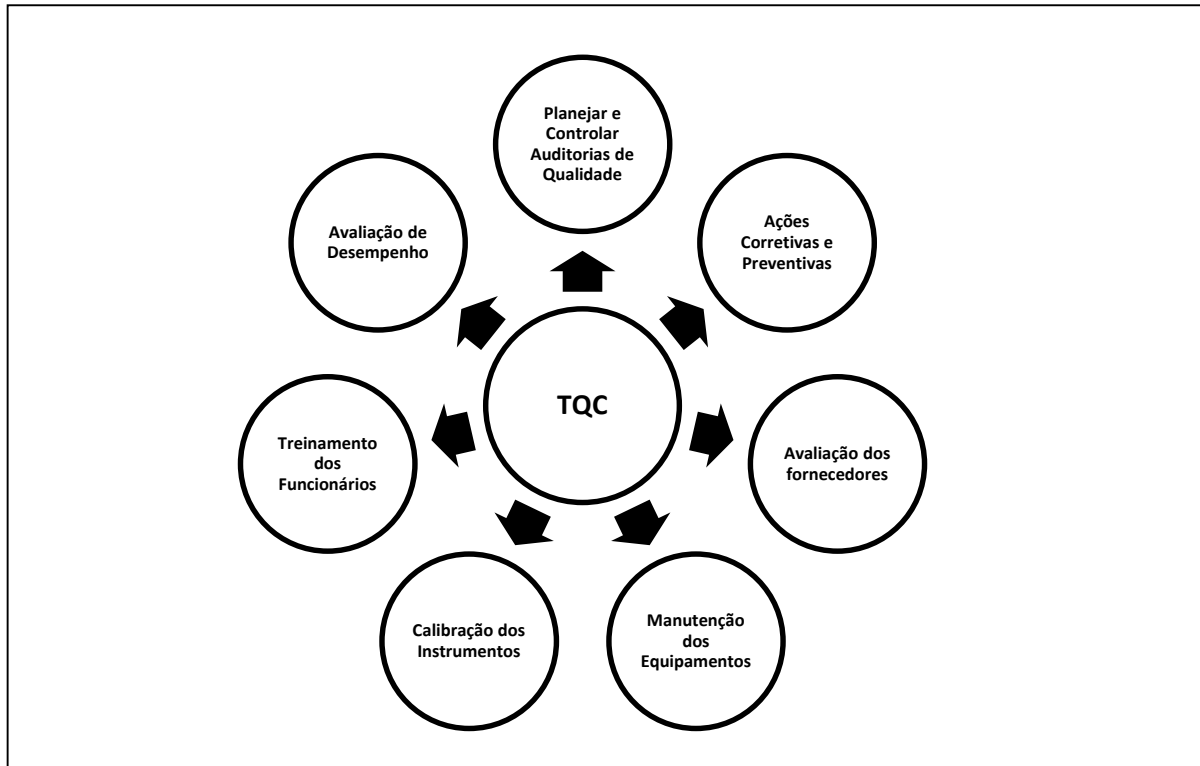
O TQC é visto como um método eficaz que pode realizar a tarefa de níveis mais elevados de qualidade e aumento da produtividade. O objetivo do TQC é implementar um processo de longo prazo para trazer iniciativas de melhoria contínua em toda a organização. O TQC integra as técnicas fundamentais e princípios de desdobramento da função qualidade (JANAKIRAMAN; GOPAL, 2006).

Para fazer uso da ferramenta de controle da qualidade é preciso conhecer alguns itens, no caso do TQC, para se iniciar sua utilização é preciso escolher um ou



vários desses itens que serão apresentados a seguir. CHARANTIMATH (2009) apresenta esses itens que se dividem em sete, os quais estão mostrados na Figura 2.

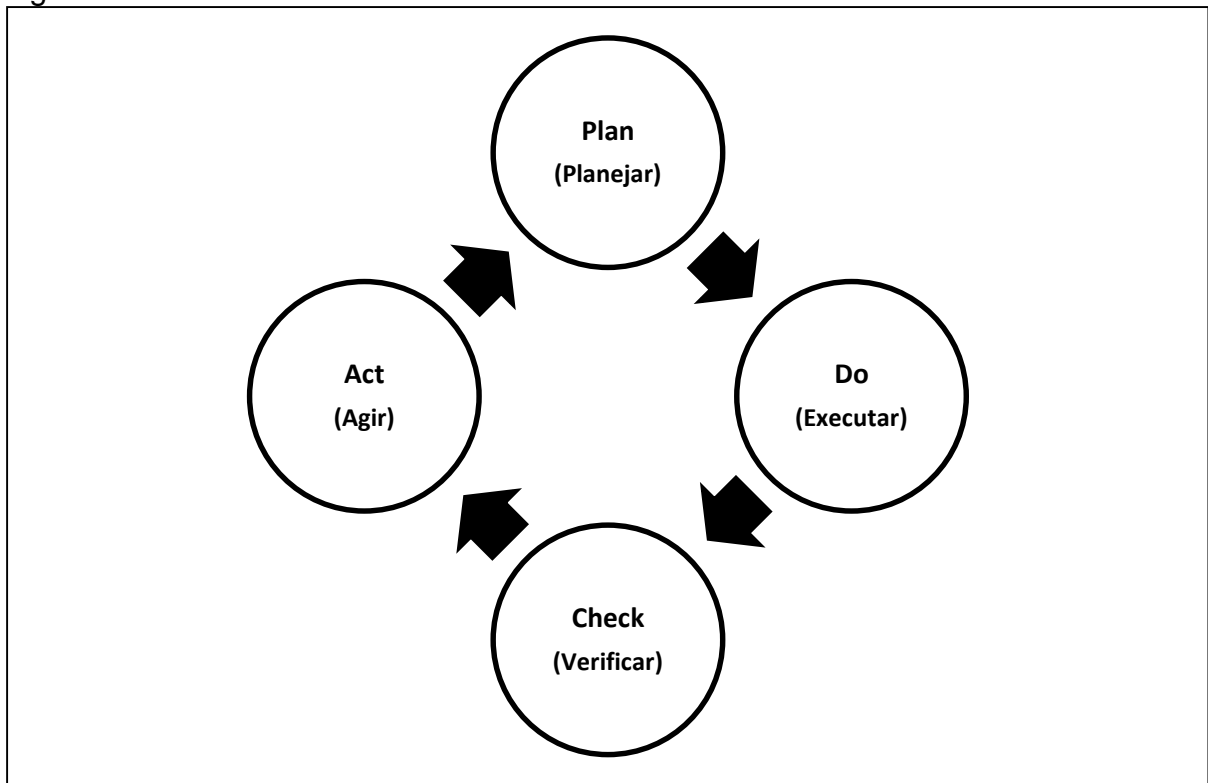
Figura 2 – Itens que compõem o TQC



Fonte: Adaptado de CHARANTIMATH (2009)

Como foi dito para fazer o uso dessa ferramenta deve-se iniciar por algum dos itens apresentados, mas também há outra opção, é possível se iniciar com uma ferramenta que está dentro do próprio TQC, a matriz PDCA, ela não tem nome específico o significado da sua sigla vem dos caracteres iniciais de quatro palavras do inglês que são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Matriz PDCA



Fonte: Adaptado de CHARANTIMATH (2009).

CHARANTIMATH (2009) diz que o ciclo PDCA é uma série de atividades desenvolvidas para um único propósito, a melhoria de um sistema de produção ou de um posto de trabalho. Ela começa com um estudo da situação atual do local em que os dados são recolhidos para serem usados na formulação de um plano de melhoria. Uma vez que este plano tenha sido finalizado, ele é implementado. Depois da implementação se verifica o sistema para ver se a ferramenta trouxe a melhora esperada. Caso o experimento seja bem-sucedido, a metodologia deve ser padronizada para garantir que os novos métodos introduzidos na empresa já venham com essa nova ideia, essa ação resulta em uma forma contínua para a melhoria sustentada.

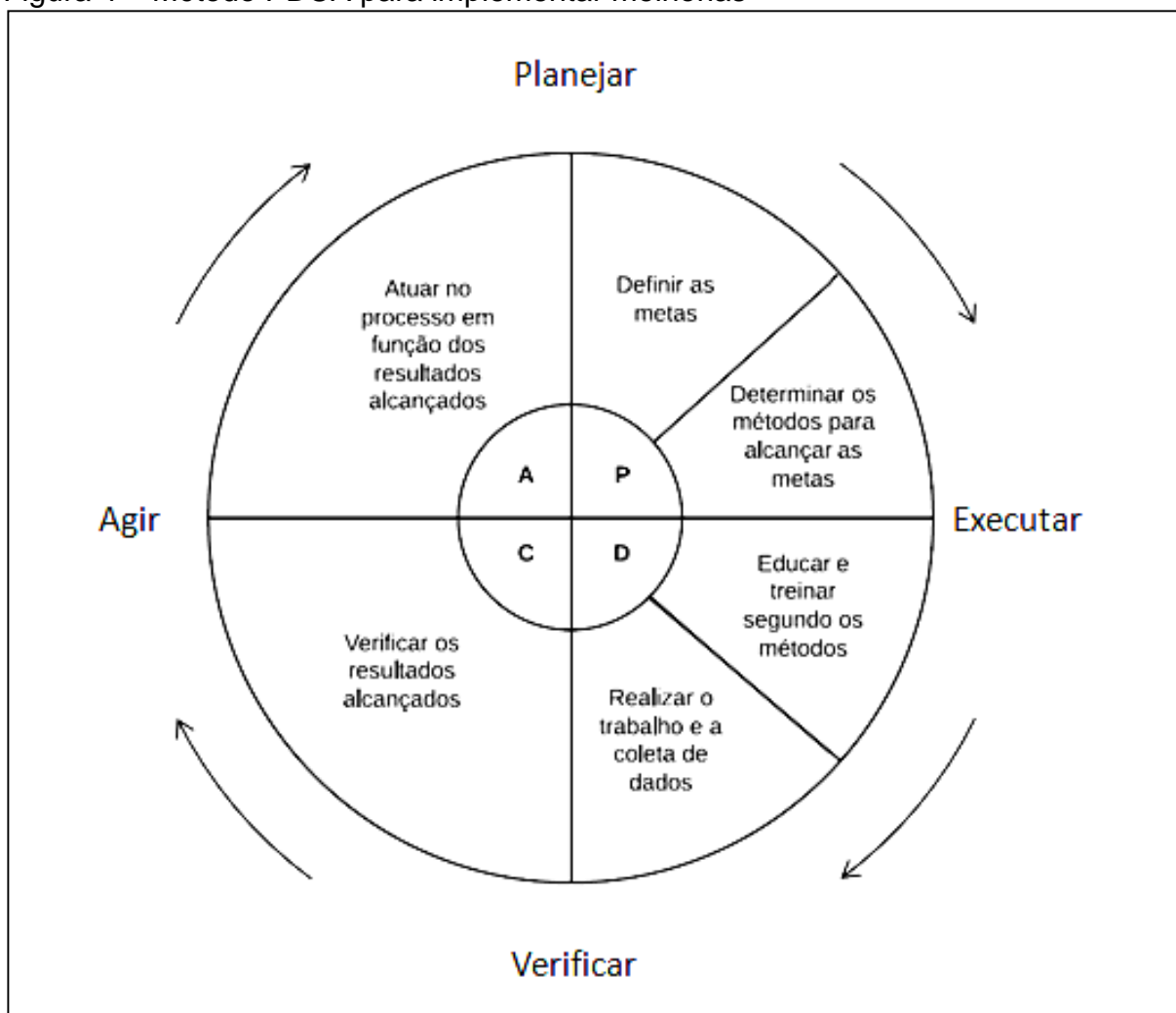
Essa ideia de Charantimath é também defendida por ANTUNES et al. (2013) e ele caracteriza o PDCA como o “método dos métodos”.

Nesse sentido podemos dividir o PDCA em duas etapas a primeira para implantar melhorias e a segunda para mantê-las. ANTUNES et al. (2013) explica cada uma, primeiramente para implantar o PDCA para buscar resultados, ou seja, para implementar mudanças buscando melhores resultados operacionais. A etapa de planejamento compreende a definição de todas as metas e métodos que serão

utilizados para se alcançar os objetivos. A etapa de execução compreende o treinamento e a educação dos funcionários segundo os métodos definidos, também compreende a realização dos trabalhos e a coleta de dados. Na etapa de verificação, com os dados coletados, já pode ser feita a comparação para verificar se os resultados alcançados estão de acordo com as metas propostas. Por último, na etapa agir, atua-se no processo dependendo dos resultados obtidos.

FALCONI (1994) representa bem definido o método PDCA na Figura 4.

Figura 4 – Método PDCA para implementar melhorias



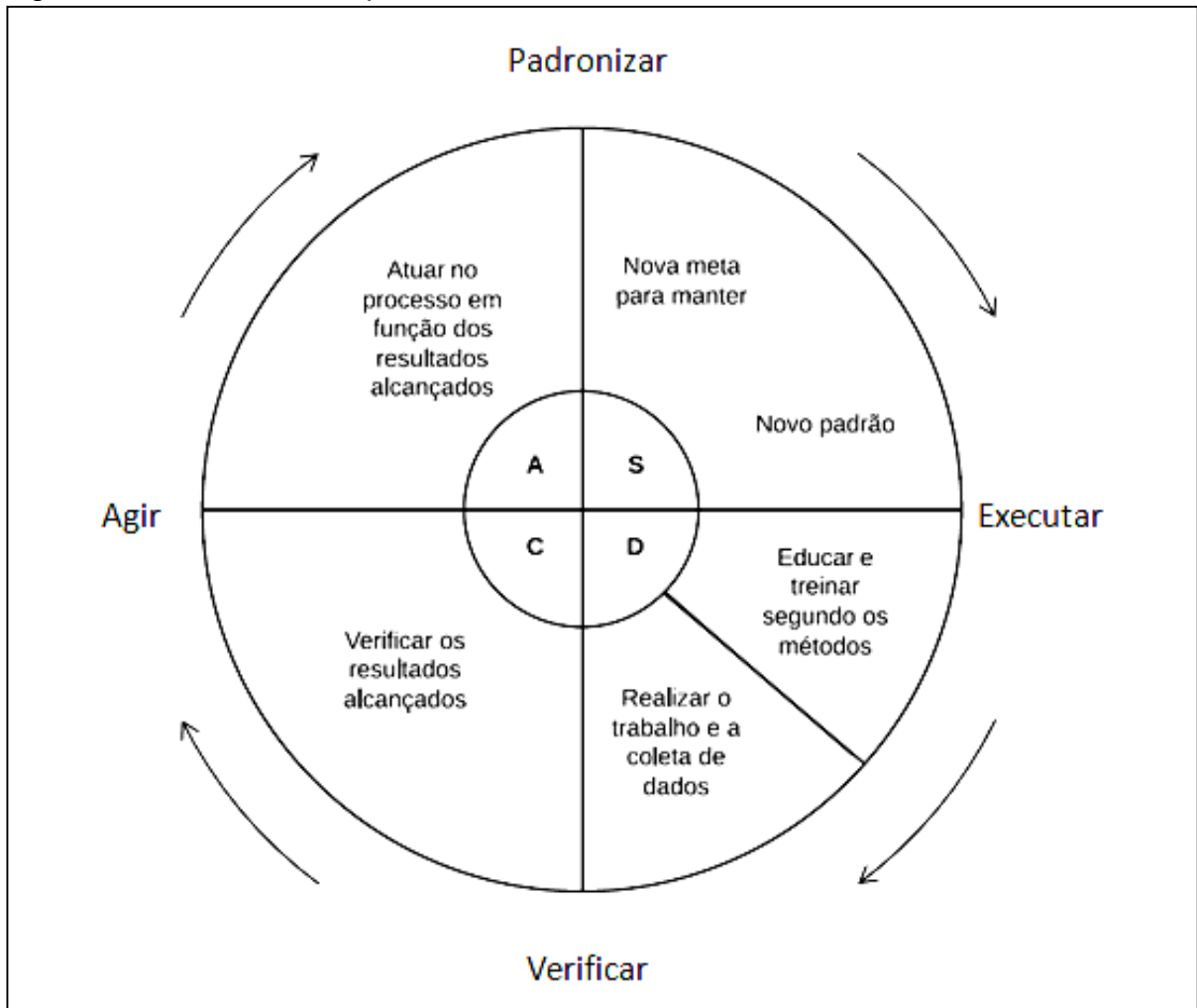
Fonte: FALCONI (1994, p.195)

Para a segunda etapa que caracteriza em manter os resultados obtidos ANTUNES et al. (2013) representa o método PDCA de uma maneira diferente,

definido como método SDCA (*Standart – Do – Check – Act*). A etapa de planejamento da figura anterior é substituída pela etapa de padronização, que deve estabelecer procedimentos operacionais padrão com o objetivo de assegurar os resultados alcançados e mantê-los.

FALCONI (1994) representa o método SDCA na Figura 5.

Figura 5 – Método SDCA para manter os resultados obtidos



Fonte: FALCONI (1994, p.196)

Segundo FALCONI (1994) todo o foco deve estar na prevenção de problemas, por esse motivo a manutenção e as inspeções devem ser feitas regularmente pelo responsável e pelos funcionários.

### 3.2 Manutenção

A manutenção é a ferramenta que todas as empresas usam como uma forma de manter a linha de produção evoluindo até o produto final sem que seja necessária a parada do sistema, uma manutenção feita da maneira correta resulta em um produto com qualidade e na segurança dos funcionários. Segundo SANTOS et al. (2009), o principal papel da manutenção é garantir a sobrevivência e o funcionamento adequado de todas as máquinas e ferramentas da empresa. Esse mesmo autor esclarece que a primeira etapa da manutenção é remediar as falhas que já ocorreram, logo após é obrigatório que se previna novos problemas pelos mesmos motivos e com os mesmos equipamentos. Já GURSKI (2002) descreve que a missão da manutenção é sempre garantir que os equipamentos e instalações estejam disponíveis quando forem procurados para atender aos processos de produção com confiabilidade, segurança e pequenos custos.

Como os sistemas de produção, a manutenção também sofreu mudanças com o tempo, isso significa que a manutenção feita na década de 70, por exemplo, não é a mesma manutenção feita nos anos 2000, em diante. GURSKI (2002) separa a manutenção em três gerações, que estão apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Gerações da Manutenção

|                          |      |      |   |      |  |      |      |
|--------------------------|------|------|---|------|--|------|------|
|                          |      |      |   |      | <b>Terceira Geração:</b>   |      |      |
|                          |      |      | <b>Segunda Geração:</b>   |      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior disponibilidade e confiabilidade;</li> <li>- Qualidade melhorada;</li> <li>- Melhor custo-benefício;</li> <li>- Computadores pequenos e rápidos;</li> <li>- Projetos voltados para a manutenção;</li> <li>- Grupos de trabalhos;</li> <li>- Estudos dos riscos;</li> <li>- Monitoramento de condições.</li> </ul> |      |      |
| <b>Primeira Geração:</b> |      |      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior vida útil dos equipamentos;</li> <li>- Revisões programadas;</li> <li>- Sistemas manuais de planejamento e controle;</li> <li>- Computadores grandes e lentos;</li> <li>- Disponibilidade dos equipamentos crescente.</li> </ul> |      |  |      |      |
| - Conserto após a falha. |      |      |   |      |  |      |      |
| 1930/40                  | 1950 | 1960 | 1970  | 1980 | 1990   | 2000 | 2010 |

Fonte: Adaptado de GURSKI (2002)

A manutenção foi evoluindo com o decorrer das décadas e, com isso, foram surgindo novas maneiras de evitar quebras e de fazer a reparação necessária dos equipamentos nas empresas. Nesse sentido encontra-se em GURSKI (2002) e SANTOS (2009) os tipos de manutenção e suas características, que são:

1. manutenção corretiva não planejada;
2. manutenção corretiva planejada;
3. manutenção preventiva;
4. manutenção preditiva;
5. manutenção detectiva;
6. engenharia de manutenção.

Nos tipos de manutenção corretiva o principal objetivo é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema. Elas se diferem por serem planejada e não planejada. A planejada se caracteriza por uma manutenção eliminando ou minimizando a perda, além do tempo de reparo. Na não planejada ocorre o oposto ela só é feita quando acontece a quebra de ferramenta e isso muitas vezes é prejudicial, pois pode parar a produção para que se faça a manutenção fazendo com que a empresa tenha prejuízo.

A manutenção preventiva procura sempre evitar as falhas, ou seja, tenta prevenir que elas aconteçam. Normalmente essa manutenção é mais usada quando envolve a segurança do funcionário ou em sistemas complexos.

A manutenção preditiva tem como objetivo prevenir falhas nos equipamentos através do acompanhamento de parâmetros diversos, sendo a análise feita com o equipamento em uso, assim, ela não promove a intervenção dos equipamentos.

A manutenção detectiva é aplicada em sistemas de proteção, ou seja, de forma a detectar as falhas ocultas ou não perceptíveis ao funcionário e a direção.

Engenharia da manutenção consiste em parar de procurar as falhas e remodelar o equipamento, muitas vezes projetando outro, melhorar padrões e sistemáticas, dar *feedback* ao projeto, entre outros.

### 3.3 Gestão de postos de trabalho

Para ANTUNES e KLIPPEL (2001), a gestão de postos de trabalho consiste em otimizar a utilização dos equipamentos, instalações e funcionários das empresas, aumentando a capacidade e a flexibilidade da produção, sem a necessidade de investimentos de capital. Nesse ponto de vista a gestão do posto de trabalho utiliza ferramentas e sistemas que possam dar uma resposta rápida, de qualidade e baixo custo, focando na utilização racional dos equipamentos e ferramentas da empresa e a maximização do resultado global da empresa, tendo como objetivo assegurar a sobrevivência da empresa em um mercado globalizado.

Para ANTUNES e KLIPPEL (2001) e também para RIBEIRO NETO et al. (2008), a gestão do posto de trabalho busca:

- 1- Identificar os recursos produtivos críticos na fábrica, os gargalos;
- 2- Fazer a medição e a definição da eficiência desses recursos críticos;
- 3- Identificar as principais causas de ineficiência dos equipamentos;
- 4- Utilizar técnicas do Sistema Toyota de Produção, aumentando de forma eficiente e com baixos investimentos a eficiência dos equipamentos e reduzindo o tempo de preparação e de paradas desnecessárias dos equipamentos. Possibilitando assim, aumentar a flexibilidade da produção.

### 3.4 Gráficos de Pareto

O gráfico de Pareto tem sua origem no século XVI e resultou dos estudos feitos pelo engenheiro e economista Vilfredo Pareto, que demonstrou a sua constatação de que cerca de 80% da riqueza mundial estava nas mãos de 20% da população mundial. Ele demonstrou como essa distribuição podia ser expressa graficamente, em uma análise que ficou conhecida como Lei de Pareto (PARANHOS FILHO, 2007).

Seu gráfico e estudo são muito utilizados na análise de sistemas de produção para a identificação de problemas e para estabelecer prioridades de resolução como VERGUEIRO (2002) explica que após os estudos de Pareto a mesma ideia foi levada ao mundo da produção pelos estatísticos e mostrou-se aplicável nesses ambientes. O citado autor ainda revela que o diagrama de Pareto ajuda na visualização dos problemas e, assim, facilita a tomada de decisão, par que posteriormente o

responsável possa privilegiar o ataque àquelas causas que trazem maior dificuldade para a execução dos serviços planejados ou, mais especificamente, àqueas que representam transtorno mais significativo.

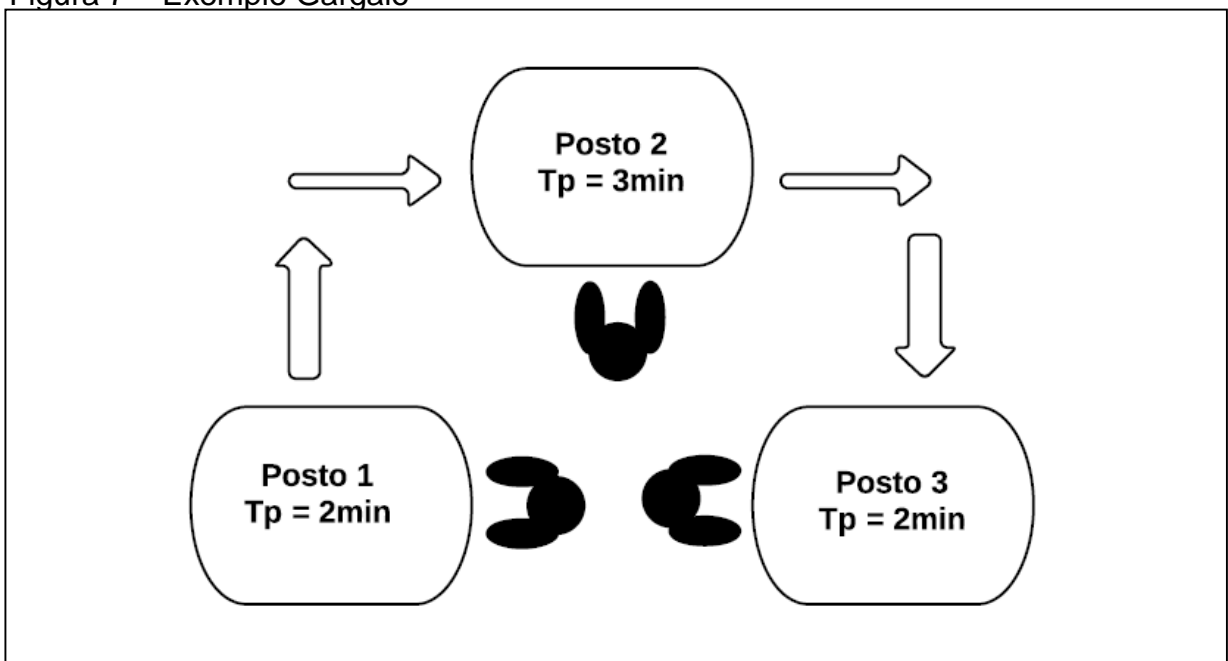
### 3.5 Gargalo de produção

Gargalos de produção é qualquer recurso cuja sua capacidade de produção for igual ou inferior à demanda estabelecida a ele, esse recurso ditará o ritmo de produção do posto de trabalho inteiro (GOLDRATT; COX, 2014).

SLACK (2013) define como gargalo de produção como sendo uma restrição de toda e qualquer operação quando, dependendo na natureza da demanda, do uso de diferentes fases de uma operação, atinge a capacidade máxima de um determinado recurso.

CHASE, JACOBS e AQUILANO (2006) definem gargalo como um recurso que limita a capacidade máxima de produção de um recurso. A Figura 7 representa um gargalo em uma célula de manufatura. Pode-se observar que o gargalo ou restrição do sistema ilustrado é o posto de trabalho que possui o maior tempo de ciclo de processamento da peça A.

Figura 7 – Exemplo Gargalo



Fonte: Adaptado de PASSOS et al. (2004)



Podemos ver claramente no exemplo que o gargalo está no posto 2 e que o ritmo de produção será dado por esse gargalo, ou seja, o ritmo de produção será de 3 minutos para todo o processo.

Como explica PASSOS et al. (2004) para eliminar os gargalos ou mesmo minimizá-los é preciso identificar problemas que estão atrasando a produção e mais importante focar na eliminação das perdas do sistema.

### **3.6 As sete grandes perdas**

Para OHNO (1988, 1997), as sete grandes perdas de um processo produtivo são as seguintes:

1. Perda por superprodução: pode ser superprodução quantitativa que é fazer produção a mais considerando o refugo, ou superprodução por antecipação que é deixar a produção pronta antecipadamente. As perdas por superprodução ajudam a esconder outros tipos de perdas.
2. Perdas por transporte: busca eliminar a necessidade de transporte, porque o fenômeno de transportar não agrega valor ao produto, apenas aumenta o seu custo.
3. Perdas por processamento em si: são atividades de processamento desnecessárias para que o produto adquira características extras, muitas vezes não solicitadas pelos consumidores. Para localizar estas perdas deve-se responder a duas perguntas: Porque este tipo de serviço/produto deve ser produzido? Dado que o produto/serviço foi definido, porque os atuais métodos devem ser utilizados neste trabalho?
4. Perdas devido à elaboração de produtos não conformes: consistem na produção de peças, subcomponentes e produtos acabados que não atendam às especificações de qualidade requeridas pelo projeto.
5. Perdas por espera: são as perdas relativas à ociosidade do trabalhador e à baixa utilização dos equipamentos, podem ser por elevado tempo de troca de ferramentas e espera por matéria-prima entre outros.
6. Perdas nos estoques: são os estoques desnecessários de matéria prima, de produtos em processos ou produtos acabados. Estoque é um tipo de investimento que não gera juros para a empresa.

7. Perdas no movimento: estas perdas estão relacionadas com a operação principal executada pelos trabalhadores, consiste em detectar os movimentos desnecessários feitos pelos trabalhadores. A ideia consiste em racionalizar o movimento dos trabalhadores, visando gerar padrões de operações efetivos.

As metas para redução dessas perdas são propostas por NAKAJIMA (1989) e são mostradas na tabela 1:

Tabela 1 – Metas de diminuição de perdas

|   | <b>Tipo de Perda</b>               | <b>Meta</b> | <b>Explicação</b>  |
|---|------------------------------------|-------------|--|
| 1 | Quebra                             | 0           | Reduzir para zero em todo o equipamento  |
| 2 | Setup e ajustes                    | minimizar   | Reduzir os tempos de <i>setup</i> para menos de 10 minutos   |
| 3 | Ociosidade e pequenas paradas      | 0           | Reduzir para zero em todo o equipamento  |
|   | <b>Tipo de Perda</b>               | <b>Meta</b> | <b>Explicação</b>  |
| 4 | Redução de velocidade              | 0           | Igualar o tempo de ciclo ao tempo de engenharia e fazer melhorias para reduzir o tempo de engenharia |
| 5 | Defeitos de qualidade e retrabalho | 0           | Aceitar somente ocorrências extremamente pequenas.<br>Exemplo: 100 ppm a 330 ppm                     |
| 6 | Startup                            | minimizar   |  |

Fonte: Adaptado de NAKAJIMA (1989)

ANTUNES et al. (2013) ainda revela que além das paradas por questões técnicas para se calcular a eficiência de um posto de trabalho deve-se considerar as paradas administrativas que ocorrem devido a decisões gerenciais. O autor nos mostra essas paradas de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Causas de paradas Administrativas

|                                   |
|-----------------------------------|
| Paradas programadas               |
| Refeição                          |
| Ginástica laboral                 |
| Sem programação de produção       |
| Paradas não programadas           |
| Manutenção preventiva             |
| Reunião                           |
| TPM operador                      |
| Engenharia/protótipo              |
| Preenchimento de documentação     |
| Falta de peças                    |
| Falta de matéria prima            |
| Falta de dispositivo/documentação |
| Falta de ferramenta               |
| Aguardando liberação dimensional  |
| Transporte de peças               |
| Falta de operador                 |
| Operador fazendo outra operação   |
| Aferição de dispositivos          |
| Aguardando operador posterior     |

Fonte: Adaptado de CHIARADIA (2004, p.83).

### 3.7 IROG (ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL)

A construção do Sistema Toyota de Produção (SPT), realizada pela Toyota Motor Company na busca da sua excelência operacional, resultou em muitas quebras de paradigmas que existiam durante a crise do petróleo que houve nos anos 70, os quais, até esse período, visavam muito à construção de sistemas produtivos suportados pela lógica da produção em massa, como era o sistema de Taylor e o Sistema Fordista de Produção. Com a quebra desses paradigmas, foram desenvolvidas ferramentas utilizadas para eliminar ou minimizar os desperdícios

existentes no fluxo da produção com vistas a aumentar sua produtividade e obter melhores resultados operacional. Dentre essas ferramentas destaca-se a Manutenção Produtiva Total (MPT) (ANTUNES et al. 2013).

Segundo NAKAJIMA (1989) a MPT é a “manutenção conduzida com a participação de todos”, isso significa:

- a- A busca da maximização do rendimento operacional das máquinas e equipamentos.
- b- Um sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento.
- c- Um sistema que participam o staff, a produção e a manutenção.
- d- Um sistema que congrega a participação de todos, desde a alta direção até os funcionários em geral.
- e- Um movimento rotacional na forma de trabalho em grupo pela condução de atividades voluntárias.

Além disso, a letra T, que significa *total* na sigla MPT, se caracteriza por três significados: 1) rendimento *total* de todas as máquinas; 2) sistema total, com foco no envolvimento da engenharia, produção e manutenção; e 3) participação de todos (NAKAJIMA, 1989, p.12).

Com essa visão de necessidade de rendimento, manutenção e trabalho em equipe a MPT propõe um indicador de eficiência operacional denominado índice de rendimento operacional global (IROG). Se o propósito da MPT é manter os equipamentos operando por meio de um sistema de gestão para aumentar a eficiência operacional deles, eficiência essa que é medida pelo IROG (ANTUNES, 2013).

O IROG foi criado no Japão nos anos 70 é um dos indicadores de desempenho do sistema de MPT sua característica é priorizar os pontos críticos e contribuir na determinação do custo da não eficácia das instalações e permitir planejamento de ações de manutenção corretiva, preventiva e preditiva (MIRSHAWKA, 1993).

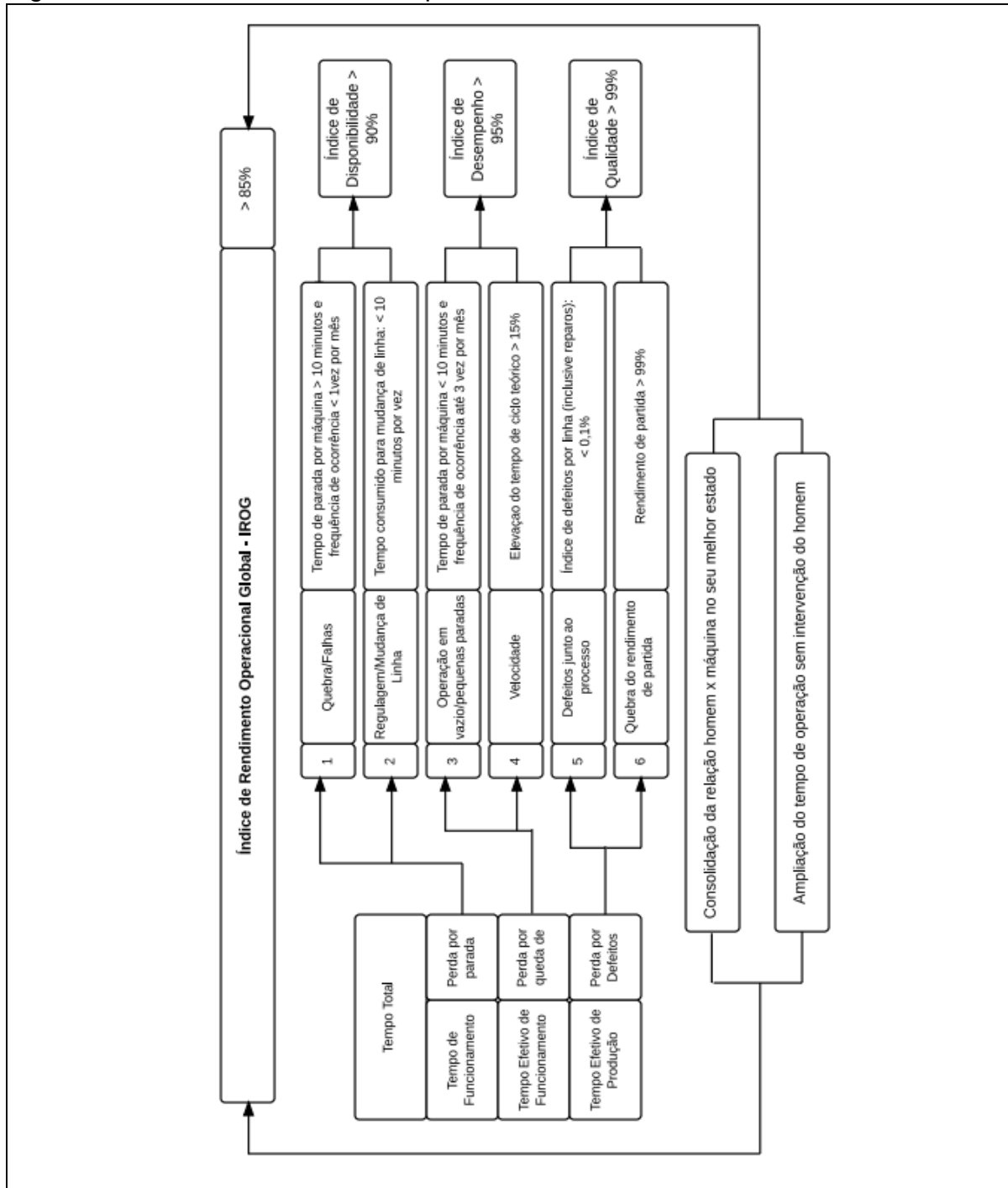
NAKAJIMA (1989) destaca que o IROG é resultado da multiplicação de três outros índices: 1) índice de tempo operacional, ou ITO, que é um índice de disponibilidade relacionado com os tempos de parada dos equipamentos; 2) índice de desempenho operacional, ou IPO, que é um índice de desempenho relacionado com a queda de velocidade durante a operação dos equipamentos e com pequenas

paradas temporárias e outras perdas não registradas; 3) índice de produtos aprovados, ou IPA, que é um índice de qualidade relacionado com a produção de itens com defeitos. Neste trabalho serão utilizadas as seguintes denominações para os índices que compõe o IROG: índice de disponibilidade, índice de desempenho e índice de qualidade, respectivamente ITO, IPO e IPA, suas fórmulas serão apresentadas no próximo tópico.

Para um melhor entendimento sobre as relações dos índices que compõe o IROG, HANSEN (2006) relaciona as perdas por paradas não programadas e as perdas por tempo de parada com o índice de disponibilidade; a perda de velocidade é relacionada com o índice de desempenho; e a perda por não qualidade com o índice de qualidade.

A Figura 8 explica segundo NAKAJIMA (1989) as relações entre os índices com as causas de queda de rendimento, as perdas e os tempos de operação dos equipamentos. Também é apresentada uma estimativa de obtenção do IROG para grandes empresas do ramo metalomecânico.

Figura 8 – Índice de Rendimento Operacional Global



Fonte: Adaptado de NAKAJIMA (1989)

Analisando a Figura 8 pode-se ver que para uma grande empresa o IROG deve ser superior a 85%, e os valores para o índice de disponibilidade dever ser superior a 90%, o índice de desempenho superior a 95% e o índice de qualidade superior a 99% (NAKAJIMA, 1989).

### 3.8 Cálculo do IROG

ANTUNES et al. (2008) afirmam que usando métodos como o IROG que calculam e monitoram constantemente a eficiência produtiva dos recursos, torna-se possível elaborar planos de ação visando solucionar os principais motivos de ineficiência dos sistemas produtivos. Geralmente, os gestores não sabem determinar e distinguir com clareza a eficiência da utilização dos materiais/equipamentos, das pessoas, entre outros.

ANTUNES et al. (2013) explica que em uma empresa, a capacidade produtiva de um posto de trabalho (C), relacionada com a função operação, é igual ao tempo no qual este posto de trabalho está disponível para a produção (T) multiplicado pela sua eficiência (IROG, representado por  $\mu_{Global}$ ), conforme a equação 1:

$$C = T * \mu_{Global} \quad \text{Equação 1}$$

O cálculo de eficiências dos postos de trabalho críticos pode ser realizado a partir do IROG. As medidas devem ser diárias e sistemáticas. É preciso perceber que as medições do IROG e principalmente para a melhoria do mesmo devem ser decorrentes de ações integradas entre e os profissionais responsáveis pela produção e manutenção. Estas ações podem ser na melhoria da qualidade, mudança no processo, redução do tempo de troca rápida de ferramentas, etc (NAKAJIMA, 1989).

O IROG pode ser calculado a partir das Equação 2:

$$\mu_{Global} = \mu_1 * \mu_2 * \mu_3 \quad \text{Equação 2}$$

O IROG é calculado através da multiplicação do  $\mu_1$  (Índice de disponibilidade) pelo do  $\mu_2$  (Índice de desempenho) pelo do  $\mu_3$  (Índice de qualidade), que são respectivamente ITO, IPO e IPA.

ANTUNES et al. (2013) explica cada um dos índices junto com suas formulas:

- Índice de disponibilidade, ITO ( $\mu_1$ ) – Corresponde ao tempo durante o qual o posto de trabalho ficou disponível para produção, menos o tempo durante o qual ele ficou parado, ou seja, é levado em conta o tempo durante o qual a velocidade de produção é igual a zero. Se o posto de trabalho for um recurso restritivo, o tempo considerado para produção é o tempo de calendário; se o posto de trabalho não for

um recurso restritivo, o tempo considerado para produção é o tempo programado. Esse índice é calculado de acordo com a equação 3:

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo Disponível} - \sum \text{Tempo Paradas}}{\text{Tempo Disponível}} \quad \text{Equação 3}$$

Quanto menor for o valor desse índice, maior será o potencial de aumento de utilização do posto de trabalho, pois um baixo valor indica que ocorreram muitas paradas. Os postos de trabalho que processam pouca variedade de peças têm a tendência de apresentar um índice de disponibilidade maior devido à necessidade de paradas para setup. Quando há grande variedade de peças, são exigidos muitos setups, e os tempos de paradas totais tendem a aumentar consideravelmente.

- Índice de desempenho, IPO ( $\mu_2$ ) – Este índice está relacionado ao desempenho do posto de trabalho. É calculado em função do tempo de produção total, durante o qual são produzidos itens conformes e itens não conformes, e do tempo durante o qual o equipamento estiver realmente em produção. Esse índice é calculado de acordo com a equação 4:

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo de Produção Total}}{\text{Tempo Real de Operação}} \quad \text{Equação 4}$$

Basicamente, as seguintes causas podem ser consideradas como responsáveis pela obtenção de um baixo valor desse índice: 1) operação em vazio; 2) tempo de pequenas paradas não registradas; 3) quedas de velocidade de operação.

Por outro lado, podem ocorrer as seguintes distorções que afetam o valor desse índice para mais ou para menos:

1. O índice de desempenho pode sofrer distorções caso os tempos de ciclo registrados no sistema sejam diferentes dos tempos de ciclo reais.
2. Se uma fração do tempo durante o qual o posto de trabalho estiver parado for registrada como tempo em que o posto de trabalho está operando, será obtida, em relação ao tempo registrado como programado para produção, uma produção menor do que a prevista, o que causará uma queda no índice de desempenho do posto de trabalho durante sua operação.



3. É registrada uma quantidade menor do que a realmente produzida durante o tempo programado para produção, ocasionando a queda do valor do índice de desempenho do posto de trabalho.

Para evitar essas distorções é necessário trabalhar para a validação do modelo, ou seja, para corrigir todos os pontos considerados nos itens anteriores. Isso é fundamental para dar credibilidade à mensuração do índice de desempenho.

- Índice de qualidade, IPA ( $\mu_3$ ) – Este índice é relacionado com a qualidade dos itens produzidos. É calculado em função do tempo de produção total, quando itens conformes e itens não conformes são produzidos. Esse índice é calculado de acordo com a equação 5:

$$\mu_3 = \frac{\text{Tempo de agregação de valor}}{\text{Tempo de produção total}} \quad \text{Equação 5}$$

Valores baixos do índice de qualidade são obtidos quando há muitos ajustes gerando retrabalhos e refugos após uma operação de *setup*, quando é produzida grande quantidade de itens fora de especificação.

O valor do índice de qualidade pode ser obtido aproximadamente, considerando-se as quantidades de itens bons e de itens fora de especificação produzidos, conforme a equação 6:

$$\mu_3 = \frac{\text{Quantidade de itens conformes (bons)}}{\text{Quantidade de itens bons + quantidade de itens fora de especificação}} \quad \text{Equação 6}$$

O valor obtido na equação 5 será o mesmo da equação 6 caso os tempos de ciclo de todos os itens produzidos sejam iguais.

No entanto, podem ser produzidos itens não conformes em postos de trabalho à jusante do posto de trabalho monitorado. Nesse caso, pode-se fazer uma correção tanto no índice de rendimento operacional global e um índice de qualidade corrigidos, os quais são calculados, respectivamente pelas equações 7 e 8. Assim, é importante destacar que a eficiência operacional da célula de produção monitorada será inferior à eficiência operacional do recurso restritivo.

$$\mu_{global\ CORRIGIDO} = \mu_{global}(1 - \% \text{refugos após o recurso monitorado})^* \quad \text{Equação 7}$$

$$\mu_3\ CORRIGIDO = \mu_3(1 - \% \text{refugos após o recurso monitorado})^* \quad \text{Equação 8}$$

Pode acontecer, também, que um item não conforme seja retrabalhado no próprio posto de trabalho. Nesse caso devem ser consideradas duas situações: 1) O tempo de retrabalho da quantidade de itens não conformes é pouco significativo em função do tempo de produção dos itens conformes; 2) O tempo de retrabalho da quantidade de itens não conformes é significativo em função do tempo de produção dos itens conformes.

NAKAJIMA (1989) e ANTUNES et al. (2013) salientam ainda que o IROG também pode ser calculado utilizando a equação 9. Ou seja, é encontrado pela razão entre o somatório do tempo de uma determinada peça multiplicado pela sua quantidade, pelo tempo total disponível da “máquina”.

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i * q_i}{T} \quad \text{Equação 9}$$

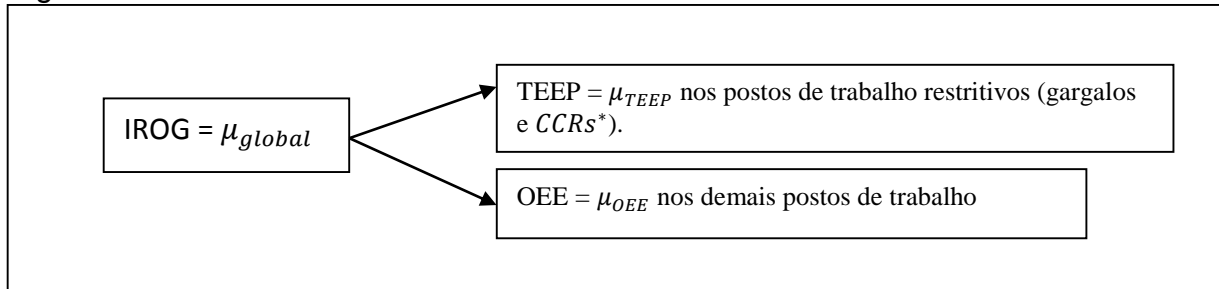
em que,

- $i$  = item produzido até o limite  $n$ ;
- $n$  = número de ocorrências do item  $i$ ;
- $tp_i$  = tempo de ciclo do item  $i$ ;
- $q_i$  = quantidade boa do item  $i$  produzida;
- $T$  = tempo disponível para produção.

ANTUNES (2013) informa que o IROG não deve ser calculado da mesma maneira para todos os postos de trabalho. Nos recursos críticos o IROG deve assumir o conceito de TEEP (*Total Effective Equipment Productivity* - Produtividade Efetiva Total do Equipamento). A ideia é que o tempo total disponível de um recurso crítico deve ser o tempo total sem excluir nenhum tipo de parada programada. Neste caso, trata-se de calcular a produtividade real do sistema no gargalo. Para o cálculo do IROG das demais máquinas é utilizado o OEE (*Overall Equipment Efficiency* - Índice de Eficiência Global). Neste caso o tempo total disponível é calculado pela subtração

do tempo total das paradas programadas. Os recursos não críticos não precisam e não devem funcionar em tempo integral, na medida em que só seriam gerados estoques intermediários. O OEE deve ser entendido como a maneira como o sistema funcionou quando o mesmo foi requisitado para trabalhar. De acordo com a Figura 9, ele é calculado a partir dos dois conceitos descritos:

Figura 9 – Conceitos de TEEP e OEE



\*CCR – Recursos com capacidade Restritiva  
 Fonte: Adaptado de ANTUNES (2013)

Conforme ANTUNES e KLIPPEL (2001), nos postos de trabalho restritivos (gargalos) o IROG deve assumir o conceito de TEEP. Neste caso, o tempo disponível para produção correspondente ao tempo de calendário, não se admitindo nenhuma parada programada. Trata-se de calcular a produtividade real do sistema produtivo na sua restrição, conforme a equação 10.

$$\mu_{TEEP} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i * q_i}{TempoCalendário} \quad \text{Equação 10}$$

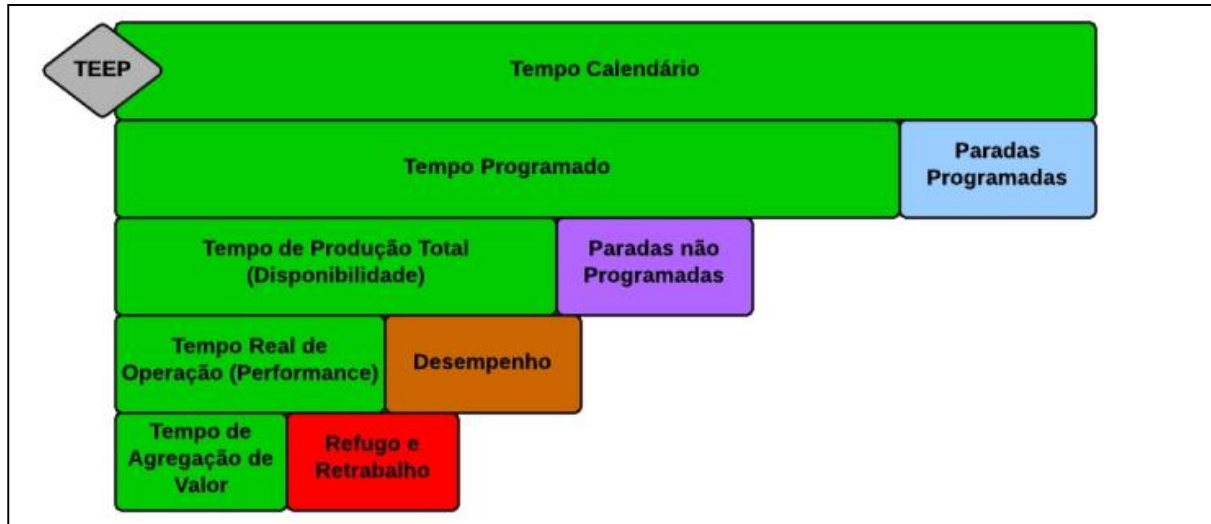
em que,

- $i$  = item produzido até o limite  $n$ ;
- $n$  = número de ocorrências do item  $i$ ;
- $tp_i$  = tempo de ciclo do item  $i$ ;
- $q_i$  = quantidade boa do item  $i$  produzida.

A situação ideal é operar esse posto de trabalho durante todo o tempo de calendário da empresa, sendo uma função gerencial aumentar sistematicamente sua eficiência. O aumento dessa eficiência tem como consequência o aumento do desempenho do sistema produtivo como um todo, até o momento em que esse posto de trabalho passa a não ser mais a restrição do sistema. Seu esquema de cálculo

para a diminuição dos tempos e diminuição com as perdas são mostradas na Figura 10.

Figura 10 – Sistemas de tempos e perdas, TEEP



Fonte: Adaptado de NAKAJIMA (1989, p.25).

Ainda, ANTUNES et al. (2013), salientam que para os demais postos de trabalho é utilizado o OEE. Neste caso, o tempo disponível para a produção correspondente ao tempo de calendário subtraído do tempo total de paradas programadas. Os postos de trabalho não restritivos não precisam e não devem funcionar em tempo integral (tempo de calendário), na medida em que só seriam gerados estoques intermediários. O OEE deve ser entendido como a maneira como o sistema funcionou quando foi requisitado a trabalhar, sendo calculado conforme a equação 11.

$$\mu_{OEE} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i * q_i}{TempoProgramado} \quad \text{Equação 11}$$

em que,

- $i$  = item produzido até o limite  $n$ ;
- $n$  = número de ocorrências do item  $i$ ;
- $tp_i$  = tempo de ciclo do item  $i$ ;
- $q_i$  = quantidade boa do item  $i$  produzida.

A elevação dessa eficiência pode reduzir os custos de produção quando, por exemplo, o aumento da eficiência possibilita a redução dos turnos de produção com o

atendimento da demanda. Por outro lado, o aumento do OEE possibilita: 1) atender aos acréscimos da demanda sem que seja necessária a aquisição de novos equipamentos; 2) fornecer maior flexibilidade para a fábrica, na medida em que é possível aumentar o número de preparações (*setups*) e, conseqüentemente, reduzir o tamanho dos lotes. Seu esquema de cálculo para a diminuição dos tempos e diminuição com as perdas são mostradas na Figura 11.

Figura 11 – Sistemas de tempos e perdas, OEE



Fonte: Adaptado de NAKAJIMA (1989, p.25).

Como pode ser visto nas Figuras 10 e 11 e explicados no livro de ANTUNES et al. (2013) os valores de tempo vem diminuindo quando houver alguma parada não programada, o que caracteriza uma quebra de ferramenta, uma queda no desempenho da máquina e o surgimento de refugos e retrabalho. Tudo isso resulta em um rendimento operacional global que seria o rendimento real que está tendo o posto de trabalho. Usando essa metodologia podemos saber qual o rendimento da máquina gargalo e com os dados coletados saber onde se deve focar para aumentar esse rendimento.

O uso do IROG também pode ser feito com vários postos de trabalho sendo monitorados simultaneamente. Como explica ANTUNES et al. (2013) que, em alguns casos, as empresas adotam a medição de um IROG global de uma seção da fábrica, ou mesmo de toda a fábrica. Embora seja um indicador questionável, dado que se trata de uma média, é possível obter informações mais acuradas pela adoção de uma média ponderada e não aritmética para essa medição, podendo-se calcular esse indicador pela equação 12.

O numerador desta fórmula corresponde ao somatório dos tempos de agregação de valor de todos os postos de trabalho restritivos monitorados, e o denominador correspondente ao somatório dos tempos disponibilizados para a produção de todos os postos de trabalho restritivos monitorados.

$$\mu_{global}^{m\u00e9dio} = \frac{\sum_{m=1}^k (\sum_{i=1}^n tp_{i,m} * q_{i,m})}{\sum_{m=1}^k T_m} \quad \text{Equa\u00e7\u00e3o 12}$$

em que:

$i$  = itens produzidos at\u00e9 o limite  $n$ ;

$n$  = n\u00famero de ocorr\u00eancias do item  $i$ ;

$m$  = postos de trabalho monitorados at\u00e9 o limite  $k$ ;

$k$  = n\u00famero de ocorr\u00eancias de  $m$ ;

$tp_{i,m}$  = tempo de ciclo do item  $i$  no posto de trabalho  $m$ ;

$q_{i,m}$  = quantidades produzidas do item  $i$  no posto de trabalho  $m$ ;

$T_m$  = tempo programado para produzir no posto de trabalho  $m$ .

De uma maneira geral as empresas em vez de utilizar a equa\u00e7\u00e3o 12, tendem a calcular o IROG m\u00e9dio considerando a m\u00e9dia aritm\u00e9tica dos valores do IROG obtidos em cada um dos postos de trabalho monitorados.

### 3.9 Passos para a implanta\u00e7\u00e3o da gest\u00e3o dos postos de trabalho

Conforme KLIPPEL et al. (2003) s\u00e3o necess\u00e1rios que sejam feitas a identifica\u00e7\u00e3o e elabora\u00e7\u00e3o de um conjunto de etapas necess\u00e1rias para a implanta\u00e7\u00e3o bem-sucedida da abordagem GPT. As etapas sugeridas s\u00e3o:

1. Defini\u00e7\u00e3o de um grupo de trabalho respons\u00e1vel pela implanta\u00e7\u00e3o da GPT;
2. Defini\u00e7\u00e3o dos Postos de Trabalho/M\u00e1quinas Cr\u00edticas;
3. Defini\u00e7\u00e3o da metodologia para elaborar o c\u00e1lculo do IROG;
4. C\u00e1lculo do IROG dos Postos de Trabalho/M\u00e1quinas Cr\u00edticas;
5. An\u00e1lise detalhada das causas das paradas explicitadas no c\u00e1lculo do IROG;
6. Elabora\u00e7\u00e3o de planos detalhados de melhorias para as principais causas de redu\u00e7\u00e3o do IROG;

7. Geração de um painel visual para a gestão do IROG dos Postos de Trabalho Críticos/Máquinas Críticas identificadas na Empresa;
8. Medição contínua do IROG nos Postos de Trabalho/Máquinas Críticas e volta ao passo 1, não deixando a inércia tomar conta do Sistema;
9. Avaliação da GPT através da gestão do IROG.

### **3.10 ProModel**

Muitas vezes para se fazer a análise de sistemas produtivos, fazer medições, ou testar novos leiautes, além de outras operações pode-se utilizar softwares de simulação um desses programas é conhecido como ProModel. EDUARDO et al (2006) diz que o ProModel é um dos pacotes de software de simulação comerciais mais utilizados no mercado. Nele existem ferramentas para análise e projeto, juntamente com a animação dos modelos em estudo, permite que o analista possa entender melhor o problema e alcançar resultados mais confiáveis para as decisões que irão ser tomadas.

HUNT (1996) salienta que o Promodel é um poderoso instrumento de simulação para sistemas de produção e análise de fabricação. Também é projetado para uso fácil, sendo orientado por menus. O programa pode simular com precisão uma gama de características que são comuns e inerentes aos sistemas de manufatura. Além de fornecer a engenheiros e gerentes oportunidades de testar novas ideias para o projeto do sistema ou a melhoria, antes de cometer erros ou perder tempo e recursos necessários para construir ou alterar o sistema atual.

## **4 METODOLOGIA**

Neste capítulo serão apresentados os métodos e procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho.

Segundo ACKOFF (1976) a palavra método é de origem grega e significa o conjunto de etapas e processos a serem vencidos ordenadamente na investigação dos fatos ou na procura da verdade. Método é uma forma de selecionar técnicas, forma de avaliar alternativas para ação científica. Assim, enquanto as técnicas utilizadas por um cientista são fruto de suas decisões, o modo pelo qual tais decisões são tomadas depende de suas regras de decisão. Métodos são regras de escolha; técnicas são as próprias escolhas. Para TRUJILLO FERRARRI (1974), método é a forma de proceder ao longo do caminho. Na ciência os métodos constituem os instrumentos básicos que ordenam de início os pensamentos em sistemas traçam de modo ordenado a forma de proceder do cientista ao longo de um percurso para alcançar um objetivo. De outro modo BUNGE (1974) ressalta que método científico é um conjunto de procedimentos por intermédio dos quais se propõe os problemas científicos e colocam-se à prova as hipóteses científicas. E por fim LAKATOS (2010) define método como um conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

### **4.1 Métodos de pesquisa**

GIL (2008) explica que há dois grandes métodos de investigação que são os métodos quantitativos e métodos qualitativos. Ele descreve os métodos quantitativos aqueles em que é empregada a quantificação nas modalidades de coleta de informações e no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Esse método representa a intenção de garantir a precisão dos resultados, com o objetivo de evitar distorções de análise de interpretações. Já os métodos qualitativos justificam-se por ser uma forma adequada para entender a natureza de um fenômeno.

GIL (2008) também nos diz que há vários tipos de pesquisa, e explica cada um, a seguir:



- Pesquisa bibliográfica: A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. Partes dos estudos exploratórios podem ser definidos como pesquisas bibliográficas, assim como certo número de pesquisas desenvolvidas a partir da técnica de análise de conteúdo.
- Pesquisa documental: A pesquisa documental assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica. A única diferença entre ambas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.
- Pesquisa experimental: o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica. Essencialmente, o delineamento experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.
- Pesquisa ex-post-facto: Nem sempre na pesquisa social é possível manter o pleno controle dos estímulos experimentais, em muitos casos, a distribuição aleatória dos participantes da pesquisa e o controle de laboratório são totalmente inviáveis. Pode-se, entretanto, em certo número de situações, adotar um tipo de delineamento que apresenta certa semelhança com experimental: o chamado delineamento *ex-post-facto*. Pode-se definir pesquisa *ex-post-facto* como uma investigação sistemática e empírica na qual o pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis independentes, porque já ocorreram suas manifestações ou porque são intrinsecamente não manipuláveis.
- Levantamento de campo: As pesquisas deste tipo se caracterizam pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Basicamente, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo

de pessoas acerca do problema estudado para em seguida, mediante análise quantitativa, obter as conclusões correspondentes dos dados coletados.

- Estudo de campo: Os estudos de campo apresentam muitas semelhanças com os levantamentos. Distinguem-se destes, porém, em relação principalmente a dois aspectos. Primeiramente, os levantamentos procuram ser representativos de um universo definido e fornecer resultados caracterizados pela precisão estatística. Já os estudos de campo procuram muito mais o aprofundamento das questões propostas do que a distribuição das características da população segundo determinadas variáveis. Como consequência, o planejamento do estudo de campo apresenta muito maior flexibilidade, podendo ocorrer mesmo que seus objetivos sejam reformulados ao longo do processo de pesquisa.
- Estudo de caso: O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados. Estudo de caso vem sendo utilizado com frequência cada vez maior pelos pesquisadores, visto servir a pesquisas com diferentes propósitos, tais como: *i)* explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; *ii)* descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; e *iii)* explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

O método de pesquisa utilizado neste trabalho é caracterizado por ser quantitativo e a pesquisa em um estudo de caso, para resolver um problema pontual de um sistema produtivo. Segundo YIN (2005) diz que o estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, onde são estudadas várias fontes de evidências.

Em caráter quantitativo este trabalho se baseia na análise histórica de dados e do levantamento de tempos e perdas em alguma operação gargalo que irá ser diagnosticada. Como meio de medida utilizar-se-á o IROG – Índice de Rendimento Operacional Global.

## **4.2 Instalações e equipamentos**

O experimento foi realizado na empresa LEZY, localizada na Rua Castro Alves, 238, Centro, na cidade de Alegrete – RS. As simulações foram realizadas através do software de simulação ProModel que está instalado no laboratório de informática da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, localizado na Avenida Tiarajú, 810, no Bairro Ibirapuitã, na cidade de Alegrete – RS.

No período do experimento a empresa LEZY dispunha de 42 funcionários divididos entre os setores da empresa, sendo que muitas vezes o mesmo funcionário trabalha em diferentes setores, que são: administrativo, gerencia, projetos, usinagem, soldagem, pintura, montagem, reparos, entre outros pequenos serviços que caso seja necessário é feito pelos próprios funcionários. Muitas vezes até mesmo as pessoas responsáveis pela gerencia auxiliam do chão de fábrica. Para esse trabalho foi analisado a produção do Saca-Palha Rotativo Lezy.

Para a realização do trabalho foi necessário fazer entrevistas com os funcionários da empresa, usar cronômetros, fazer anotações, desenhos e simulações.

## **4.3 Questionamentos da pesquisa**

De acordo com YIN (2005) as questões de pesquisas refletem nas principais perguntas que o pesquisador espera obter respostas, sendo positivas ou negativas. Ou seja, elas refletem diretamente com os objetivos propostos na pesquisa.

O presente estudo irá focar na medição de tempos e paradas tanto programadas e não programadas para se obter o índice de rendimento operacional global de um equipamento gargalo, para descobrir pontos onde se consiga melhorar dentro do posto de trabalho e conseqüentemente aumentar seu rendimento produtivo.

Para se atingir esse objetivo devemos iniciar pelas questões de pesquisa seguintes:

- Como medir o tempo gasto em manutenções dos equipamentos do posto de trabalho, para que se possa saber se este tempo está tendo influência na produtividade?
- Qual a melhor maneira de se fazer vistorias nos equipamentos que estão sendo utilizados na produção?

- Como fazer uso de manutenções preventivas?
- Quais ferramentas usar para descobrir a atividade mais crítica dentro do posto de trabalho?

#### **4.4 Delineamento da pesquisa**

Como já falado antes este trabalho caracteriza-se por ser um estudo de caso a teoria sobre este estudo é apresentado por YIN (2005) onde ele diz que em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. Ele ainda salienta que o uso desse estudo é para que possamos compreender fenômenos complexos. Em resumo, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real, tais como ciclos de vida individuais, processos organizacionais e administrativos, mudanças ocorridas em regiões urbanas, relações internacionais e a maturação de alguns setores.

Houve também meio de pesquisas bibliográficas para entender a aplicação do IROG nas indústrias bem os índices que o contemplam como o OEE e o TEEP. Para saber os mecanismos de implantação do IROG bem como suas fórmulas para se poder usá-lo nos postos de trabalho foram usados mecanismos propostos por ANTUNES et al. (2013).

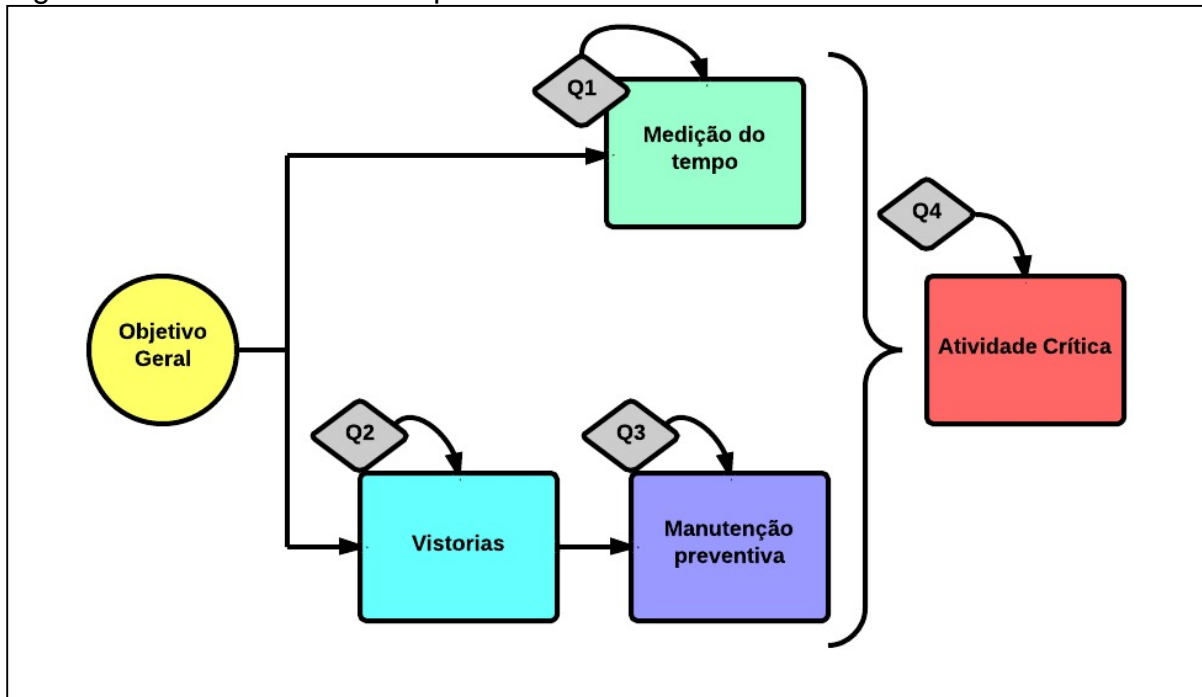
De acordo com SILVERMAN (2009) as pesquisas de cunho quantitativas como o caso deste trabalho devem sempre envolver levantamento dados e pesquisas em estatísticas oficiais para se usar ferramentas de cálculo como o IROG.

Portanto, baseando-se nos autores referidos acima, é possível ter uma base para se alcançar os objetivos propostos neste trabalho utilizando de um estudo de caso de cunho quantitativo adotando como principal estratégia a obtenção dos dados de tempos e quantidades de produtos aceitos e não aceito dentro do posto de trabalho. Também será utilizado o uso de um software de simulação chamado ProModel, esse programa auxiliará na tomada de decisão, para a obtenção e alcance dos objetivos propostos no trabalho.

Como forma de demonstrar o delineamento da pesquisa a Figura 12 esquematiza a estratégia utilizada, onde Q1, Q2, Q3 e Q4 são as questões de

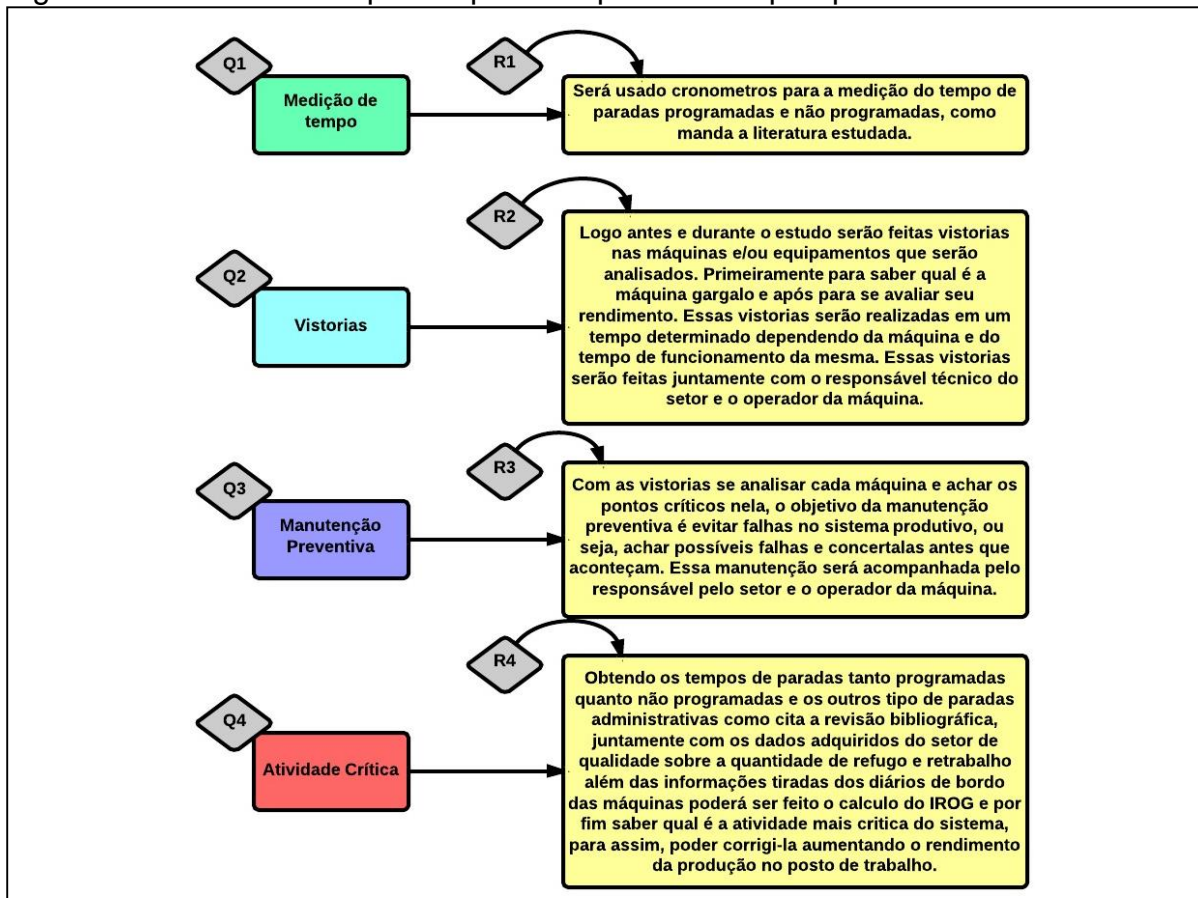
pesquisa que foram mencionadas anteriormente. Respondendo corretamente todas as questões se chega ao objetivo geral. As possíveis respostas para as questões são mostradas na Figura 13 onde R1 é a resposta para a Q1, R2 para a Q2, R3 para a Q3 e R4 para a Q4.

Figura 12 – Questões de Pesquisa



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (2008).

Figura 13 – Possíveis respostas para as questões de pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

O modo de coleta de todas as informações que serão apresentadas a seguir e as prováveis respostas foram estudadas a partir da obra de Antunes et al. (2013).

#### 4.5 Forma da coleta de informações

Para a coleta das informações e os dados das máquinas foi aplicado o método explicado por ANTUNES et al. (2013).

Primeiramente foi feita uma visita na empresa onde se fez a entrevista com os funcionários, juntamente com o primeiro levantamento de informações, também foi realizado a análise de leiaute de produção para que se conseguisse fazer as simulações no software. Os restantes dos dados necessários para o experimento foram obtidos durante o mês de março, abril e maio de 2015, sendo feitas visitas frequentes na empresa juntamente com entrevistas com os funcionários e a obtenção de dados através de anotações da gerencia da empresa.

Além disso, foram medidos os tempos de paradas programadas e não programadas dentro do posto de trabalho. Também foram usados de informações vindas de funcionários que são responsáveis pela análise da qualidade para ter conhecimento da quantidade peças boas que saíram do setor e também a quantidade de refugo e retrabalho que houve no período. Todas as informações foram adquiridas semanalmente através de visitas na empresa.

#### **4.6 Análise das Informações**

A análise dos dados foi realizada através de diagramas de Pareto, cálculos, gráficos e tabelas que serão mostrados com o desenvolvimento do trabalho, além de simulações para se analisar as mudanças no sistema produtivo. KLIPPEL et al. (2003) e ANTUNES et al. (2013), nos dizem que a forma de diagrama de Pareto é a melhor para se mostrar os resultados do IROG e de seus índices, pois demonstram melhor os resultados e seu entendimento é relativamente fácil aos olhos de qualquer pessoa. Os autores também salientam que a simulação é uma ferramenta que deve ser usada para se conseguir resultados e ideias de melhorias no sistema, além de conseguir analisar onde está o gargalo de estrangulamento da realidade abordada.

##### **4.6.1 Medições dos Tempos**

A primeira etapa do experimento constituiu em analisar a produção do saca-palha rotativo LEZY, fazendo o estudo de cada etapa do processo produtivo e em cada uma tirando a partir de um cronômetro seus tempos de produção até seguir para o próximo processo.

Conhecendo cada um, foi possível analisar os tempos de produção de cada etapa, isso foi obtido através das visitas feitas na empresa, acompanhando cada processo e entrevistando os funcionários em cada situação.

Cabe salientar que muitas peças que são usadas no produto final, ou na montagem de outras, chegam na empresa com forma pronta, sendo assim, não serão considerados tempos para essas peças. É o caso de polias, engrenagens e rotores, que são apresentados nas Figuras 14, 15 e 16.

Figura 14 – Polias



Fonte: Empresa LEZY.

Figura 15 – Engrenagens



Fonte: Empresa LEZY.



Figura 16 – Rotores



Fonte: Empresa LEZY.

#### 4.6.2 Quantidade de produtos bons e de refugo

Com as constantes visitas e entrevistas, foi possível constatar que sempre o produto final é considerável bom, pois a produção é em média um saca-palha rotativo por dia. E os produtos são levados direto para o produtor rural e testados caso haja algum problema eles retornam e efetuam o concerto, mas durante todo o desenvolvimento desse trabalho isso não ocorreu. Os únicos refugos que são gerados são sobras de materiais pela usinagem e das chapas que passam pela operação de corte a plasma. Essas situações são mostradas nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Exemplo de refugo do setor de usinagem



Fonte: Empresa LEZY.

Figura 18 – Exemplo de refugo do corte a plasma



Fonte: Empresa LEZY.

Esses refugos são enviados para uma empresa para que sejam tratados. Com essas informações temos que a produção de refugos e retrabalho não foi analisada nesta pesquisa porque foi considerada não relevante.

#### 4.6.3 Cálculo da Eficiência

Os cálculos do índice de eficiência foram calculados através da medição dos tempos de produção de cada setor, juntamente com a quantidade diária de produtos prontos e do tempo total disponível para produção. Assim o IROG do setor que foi diagnosticado como gargalo foi calculado através da Equação 13:

$$\mu_{Global} = \frac{\text{Tempo de produção} * \text{Quantidade de unidades produzidas}}{\text{Tempo total disponível para produção}} \quad \text{Equação 13}$$

Já o cálculo do índice de todo o sistema de produção foi obtido através da Equação 14.

$$\mu_{Global}^{Sistema} = \frac{\sum \text{Tempo de produção de cada setor} * \text{Quantidade de produtos totais produzidas}}{\text{Quantidade de setores} * \text{Tempo total disponível para produção}} \quad \text{Equação 14}$$

#### 4.6.4 Simulações

As simulações foram realizadas no laboratório da UNIPAMPA com o auxílio do professor orientador. Nelas foram realizados experimentos, testando hipóteses de melhoria para o sistema produtivo da empresa LEZY.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão apresentados os resultados oriundos dos experimentos realizados dentro da empresa LEZY que é apresentada nas Figuras 19 e 20, juntamente com as simulações feitas no laboratório de informática da UNIPAMPA.

Figura 19 - Empresa LEZY



Fonte: Empresa LEZY

Figura 20 – Empresa LEZY 2



Fonte: Empresa LEZY

A empresa LEZY começou seus trabalhos na década de 70 com o Sr. Leonel Zinelli, este, segundo informação foi o primeiro a criar no Brasil as trações traseiras para colheitadeiras. Sempre foi uma pessoa engenhosa, criando ferramentas e dispositivos para auxiliar as pessoas. Hoje juntamente com seu filho Leonel Gallina Zinelli que trabalha como engenheiro mecânico dentro da empresa produzem rotores axiais, mas nos últimos anos com pesquisas intensas nos campos e lavouras inventaram um novo produto que atualmente é o carro chefe na produção, o Saca-Palhas Rotativo LEZY.

Primeiramente foi levantado o número de funcionários e hierarquias que existem dentro da empresa juntamente com a quantidade de máquinas e ferramentas. Estes dados são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Hierarquias

| <b>Função</b>     | <b>Nome</b>            |
|-------------------|------------------------|
| Dono – Presidente | Leonel Zinelli         |
| Gerente Geral     | Leonel Gallina Zinelli |
| Supervisor Geral  | Roberto Cintra         |
| Funcionários      | Demais Colaboradores   |

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4 – Equipamentos da empresa

| <b>Número</b> | <b>Equipamentos</b>    |
|---------------|------------------------|
| 4             | Tornos                 |
| 2             | Furadeiras Industriais |
| 2             | Fresas                 |
| 1             | Máquina de Estampagem  |
| 1             | Serra Industrial       |
| 1             | Plasma CNC             |
| 3             | Plasma Manual          |
| 5             | Máquinas de Soldas     |
| 1             | Estufa                 |
| 1             | Pistola Jato de Tinta  |
| 2             | Dobradeiras            |

| <b>Número</b> | <b>Equipamentos</b>                          |
|---------------|--|
| 2             | Oxicorte                                     |
| Várias        | Ferramentas elaboradas pelo dono             |
| Várias        | Ferramentas em geral (Martelos, Chaves, etc) |

Fonte: Elaboração Própria

Na análise do processo produtivo do Saca-Palha Rotativo LEZY foi medido os tempos de produção em cada etapa que foi julgada importante. Esses tempos foram medidos através das visitas constantes dentro da empresa e com o uso de um cronômetro, além de informações obtidas através dos 42 funcionários que a empresa possuía no período de elaboração do presente trabalho. Vale salientar que o estagiário e também aluno da UNIPAMPA Eduardo Marzari, que trabalha dentro da LEZY ajudou na medição dos tempos e isso pode causar uma certa discordância nos resultados, sendo que alguns foram obtidos por mim e outros por ele. A Tabela 5 apresenta os dias de coleta de dados, nota-se que em vários dias quem fez esse trabalho foi o pesquisador Eduardo Marzari.

Tabela 5 – Dias de coleta de dados

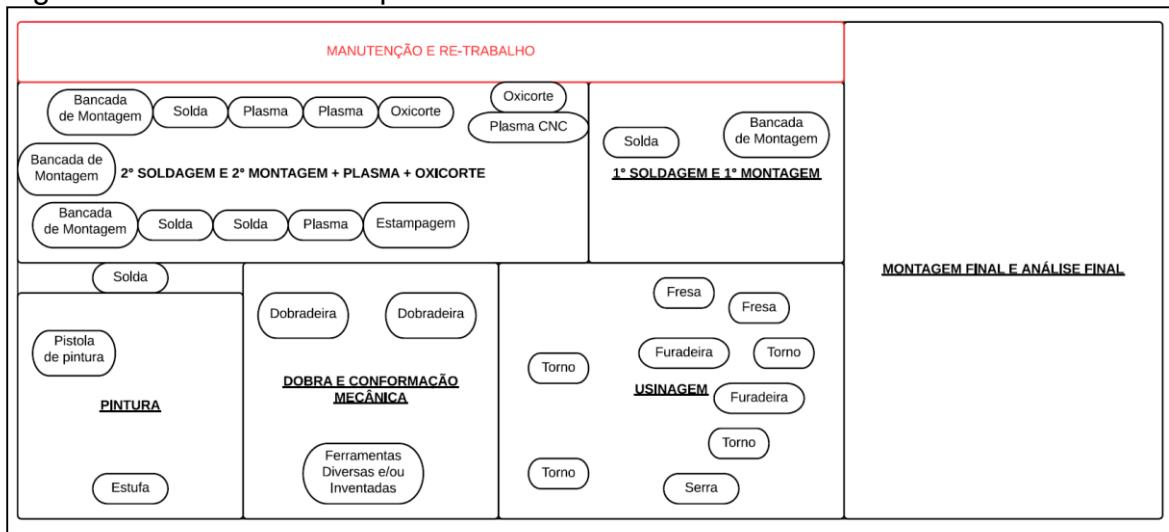
| <b>DATA</b> | <b>PESQUISADOR</b> |
|-------------|--------------------|
| 09/03/15    | Josir e Eduardo    |
| 10/03/15    | Josir e Eduardo    |
| 11/03/15    | Josir              |
| 12/03/15    | Josir              |
| 13/03/15    | Josir              |
| 14/03/15    | Josir e Eduardo    |
| 16/03/15    | Josir e Eduardo    |
| 17/03/15    | Josir              |
| 18/03/15    | Josir              |
| 19/03/15    | Josir              |
| 20/03/15    | Josir              |
| 21/03/15    | Josir e Eduardo    |
| 23/03/15    | Josir e Eduardo    |
| 27/03/15    | Josir              |

| <b>DATA</b>              | <b>PESQUISADOR</b> |
|--------------------------|--------------------|
| 28/03/15                 | Josir e Eduardo    |
| 30/03/15                 | Josir              |
| 04/04/15                 | Josir e Eduardo    |
| 06/04/15                 | Eduardo            |
| 10/04/15                 | Eduardo            |
| 11/04/15                 | Eduardo            |
| 13/04/15                 | Eduardo            |
| 14/04/15                 | Eduardo            |
| 15/04/15                 | Eduardo            |
| 16/04/15                 | Eduardo            |
| 17/04/15                 | Josir e Eduardo    |
| 18/04/15                 | Josir e Eduardo    |
| 20/04/15                 | Eduardo            |
| 24/04/15                 | Eduardo            |
| 25/04/15                 | Josir e Eduardo    |
| 27/04/15                 | Eduardo            |
| 28/04/15                 | Eduardo            |
| 04/05/15                 | Eduardo            |
| 07/05/15                 | Eduardo            |
| 08/05/15                 | Eduardo            |
| 09/05/15                 | Josir e Eduardo    |
| <b>TOTAL DE MEDIÇÕES</b> | <b>35 dias</b>     |

Fonte: Elaboração Própria

A Figura 21 mostra uma representação do leiaute da empresa LEZY, juntamente com as ferramentas que existem em cada processo.

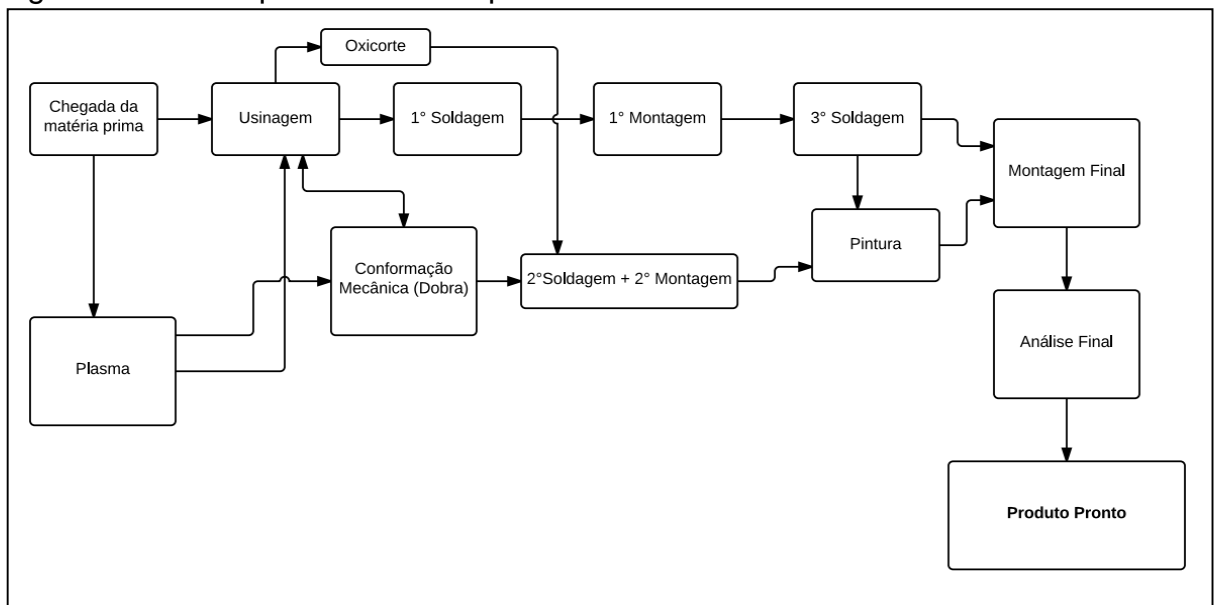
Figura 21 – Leiaute da empresa LEZY



Fonte: Elaboração própria.

O fluxo produtivo da empresa LEZY é representado pela Figura 22.

Figura 22 – Fluxo produtivo da empresa LEZY



Fonte: Elaboração Própria.

Cada uma das etapas produtivas juntamente com seu respectivo tempo de produção é apresentada na Tabela 6.



Tabela 6 – Tempo médio de cada processo produtivo

| <b>Processo</b>                     | <b>Tempo médio de produção</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Usinagem (torno, fresa e furadeira) | 36 min                         |
| 1° Soldagem + 1° Montagem           | 32 min                         |
| Dobra de chapas                     | 22 min                         |
| Corte CNC Plasma                    | 15 min                         |
| 2° Soldagem + 2° Montagem           | 137 min                        |
| Pintura                             | 146 min                        |
| Montagem Final                      | 90 min                         |
| <b>Total</b>                        | <b>478 min</b>                 |

Lembrando, que muitas peças a empresa têm em estoque como engrenagens, polias e rotores além de outras que são usadas no produto final que a empresa mesmo produz. Durante a análise, conseqüentemente foi época de fim de colheita e a empresa tinha muitas dessas pequenas peças prontas para a montagem, o setor de usinagem fabricou menos do que fabricaria em uma época de preparação para a safra, e isso resultou em um tempo de produção menor.

Com o resultado da medição dos tempos temos que a operação gargalo é a pintura, pois, é a operação que demora mais tempo para ser realizada.

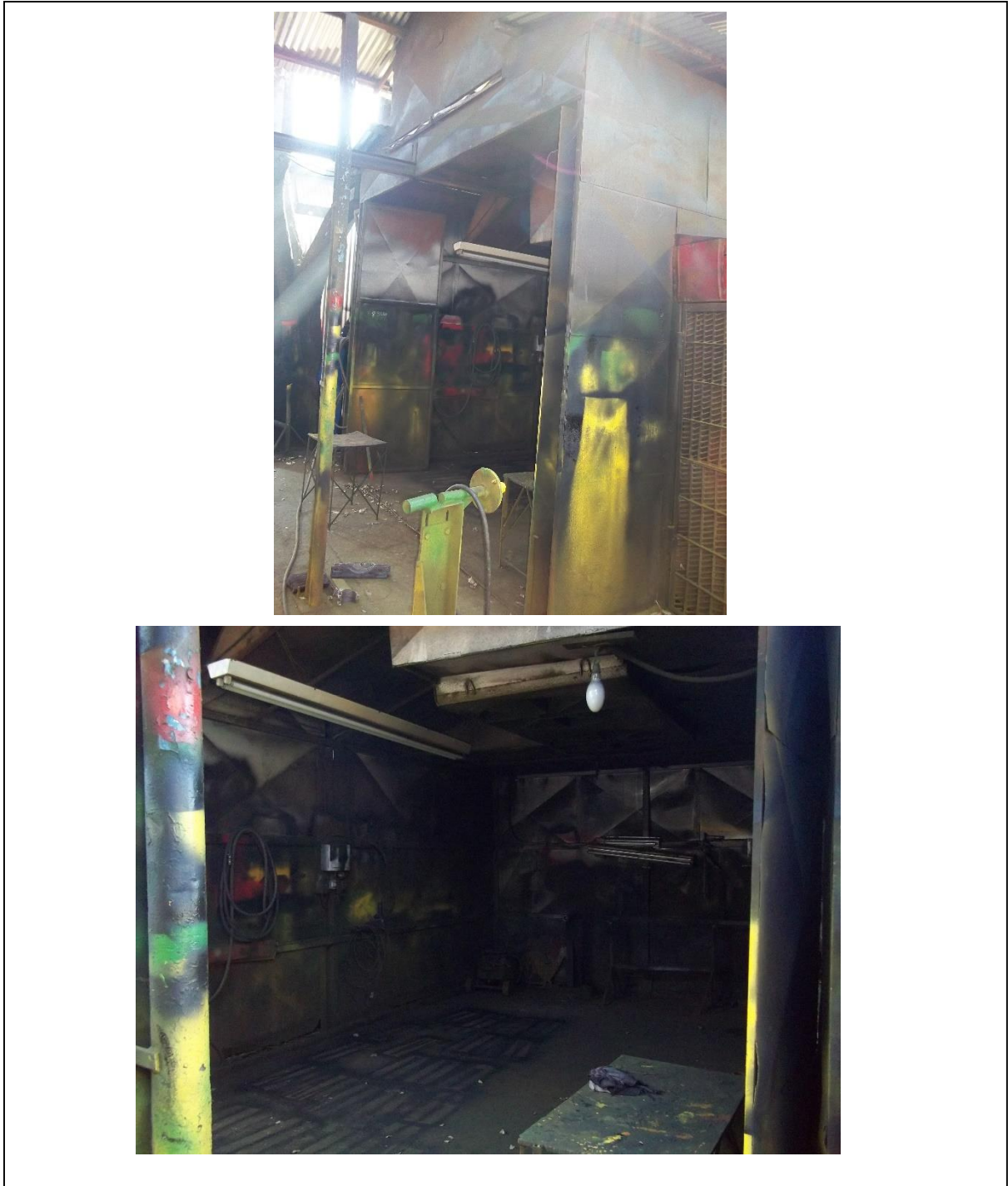
Durante o experimento foi então analisado o setor de pintura mostrado nas Figura 23 e 24, por fim, foi diagnosticado que o setor tem poucos funcionários, no período da pesquisa tinha 2 pessoas trabalhando, o exaustor precisa de uma manutenção, além do isolamento da parte interna não se encontrar em uma condição perfeita de funcionamento, por conta de alguns buracos que existem na estrutura. Sendo assim, foi sugerido uma reforma na estufa juntamente com a restauração ou compra de um novo exaustor para o melhoramento do tempo de produção e da qualidade da pintura.

Figura 23 – Setor de Pintura LEZY



Fonte: Empresa LEZY

Figura 24 – Estufa



Fonte: Empresa LEZY

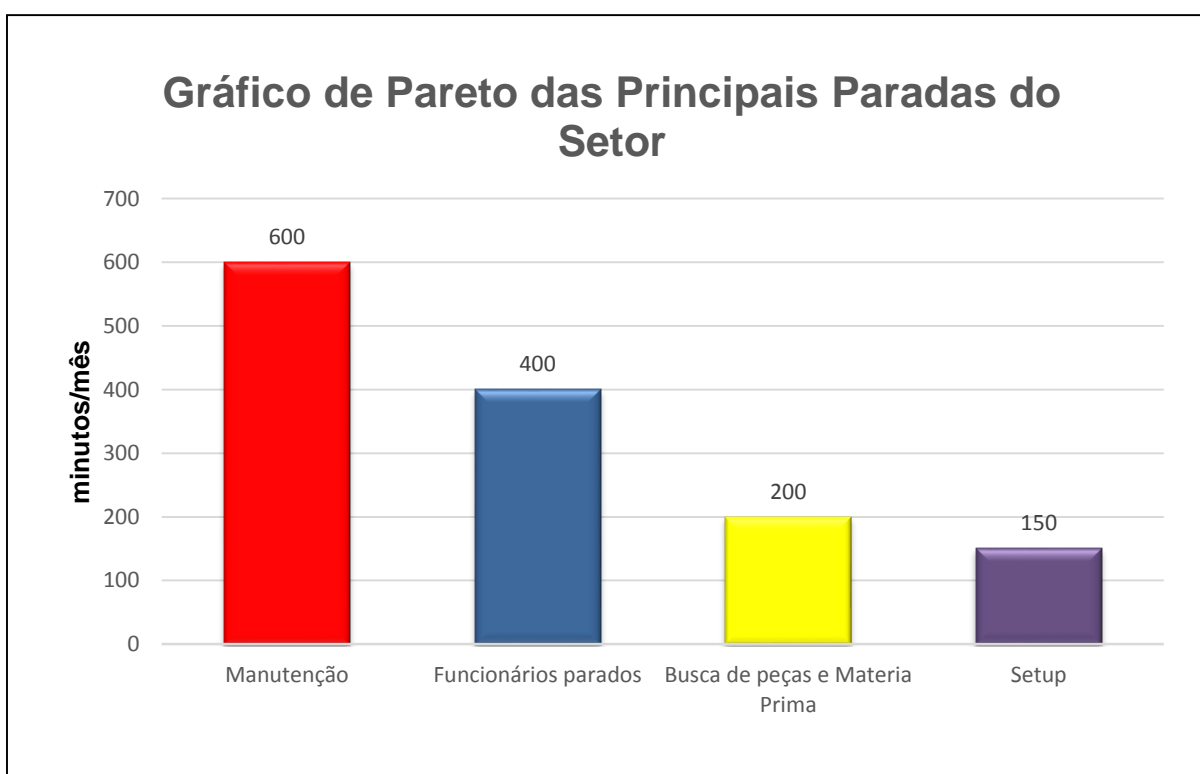
O resultado da eficiência do setor de pintura é:

$$\mu_{Global} (pintura) = 0.3041 = 30.41 \%$$

Além do setor de pintura decidiu-se também analisar o setor onde se aplica a 2º soldagem juntamente com a 2º montagem que também apresentou um tempo de fabricação alto e caracterizou-se como gargalo de produção. Isso para que a pesquisa obtivesse um resultado mais amplo e uma pesquisa mais encorpada. Esse setor tem mais variáveis a considerar, sendo assim, mais opções de análise e melhoramento.

A partir dos dados obtidos com as constantes visitas, entrevistas, pesquisas e análises da produção da empresa, durante o período de pesquisa, gerou-se um gráfico baseado no diagrama de Pareto, nele estão os principais motivos de paradas produtivas da operação gargalo. Estas informações são apresentadas na Figura 25.

Figura 25 – Gráfico de Pareto dos tempos médios de paradas do setor



Fonte: Elaboração Própria

Pode-se observar que como a empresa trabalha 8 (oito) horas por dia com o intervalo de 2 (duas) horas para o almoço a parada mais significativa refere-se a esse tempo. Prosseguindo foi identificado que os funcionários param para limpar seu ambiente de trabalho em média 30 (trinta) minutos por dia e ficam parados sem produzir. A busca para peças e matéria prima também tem um valor significativo na produção. Já a manutenção é feita de maneira corretiva, ou seja, só é aplicada manutenção nas máquinas quando a mesma para de funcionar, se isso ocorre é

chamado um técnico terceirizado para fazer o conserto. No decorrer do experimento isso aconteceu poucas vezes, os concertos foram realizados de maneira rápida e logo a máquina voltou a funcionar.

Houve outras paradas como pequenas reuniões ou o setor estava sem operador, mas o tempo foi muito pequeno levando em conta todo o período de experimento, sendo assim, não foi levado em conta.

O IROG do setor de 2º Soldagem e 2º Montagem, resultou em:

$$\mu_{Global(2^\circ Soldagem e 2^\circ Montagem)} = 0.2854 = 28.54\%$$

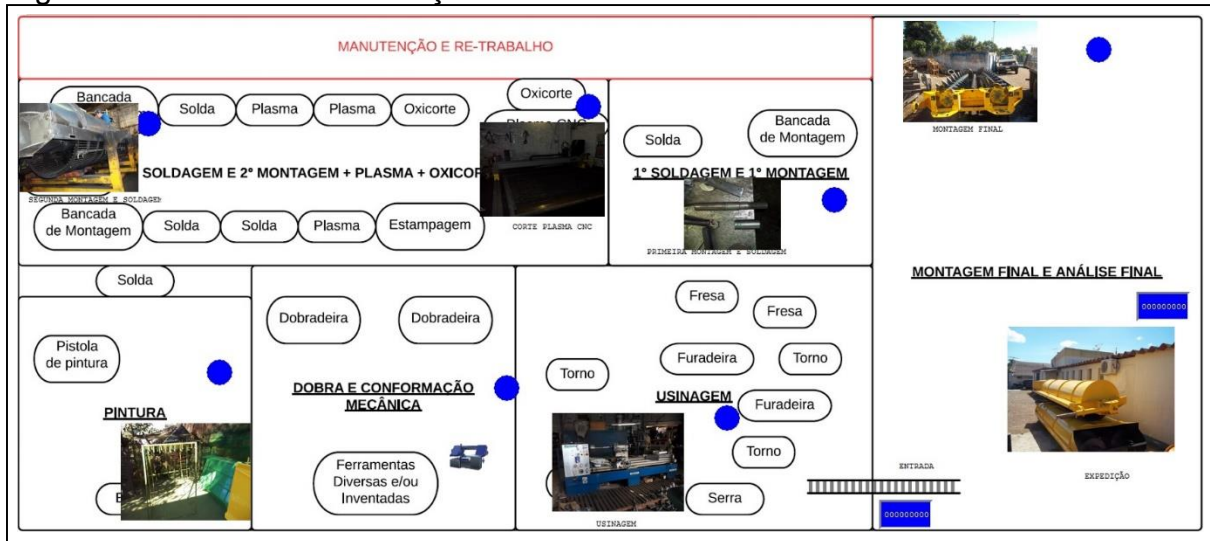
Fazendo o cálculo do índice de rendimento operacional global de todo o sistema produtivo da empresa, temos que:

$$\mu_{Global} = 0.1422 = 14.22\%$$

Isso significa que os funcionários ocupam em sua jornada de trabalho apenas 14.22% do tempo disponível para realizarem suas tarefas.

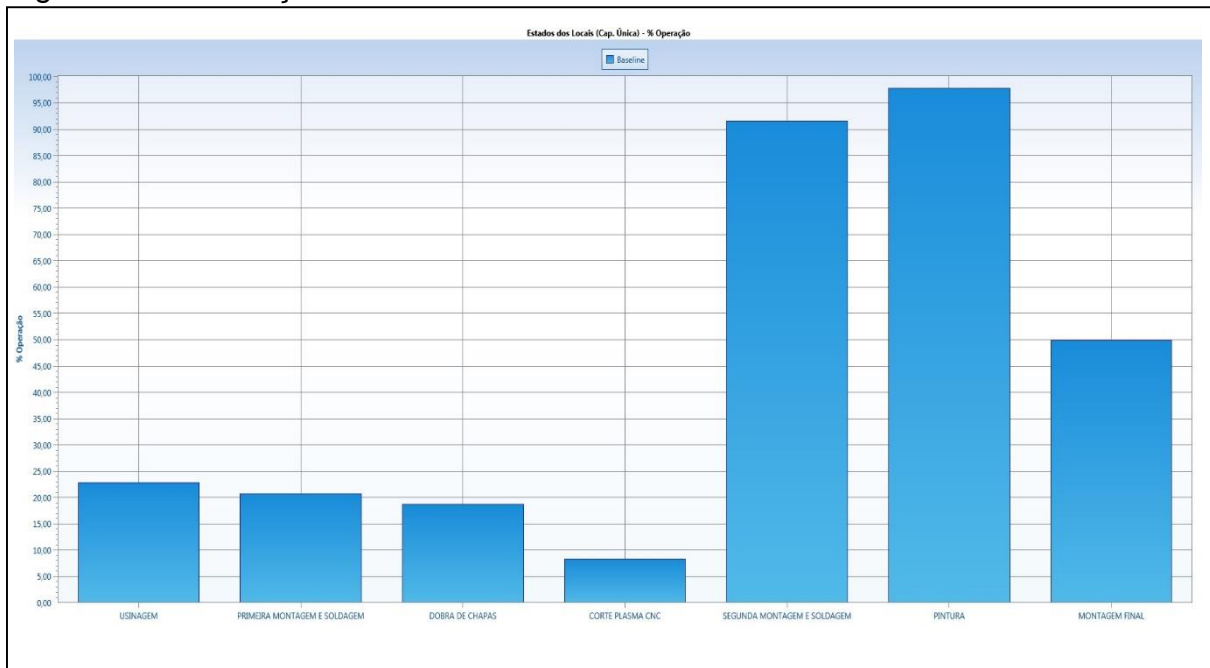
Para melhorar esse índice foi usado um sistema de simulação para implementar mudanças que conseqüentemente resulte na elevação do rendimento. Foi feita também para se fazer uma comparação, a simulação do sistema atual de produção do saca-palha rotativo, onde os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 26, 27, 28 e 29.

Figura 26 – Leiaute de simulação



Fonte: ProModel

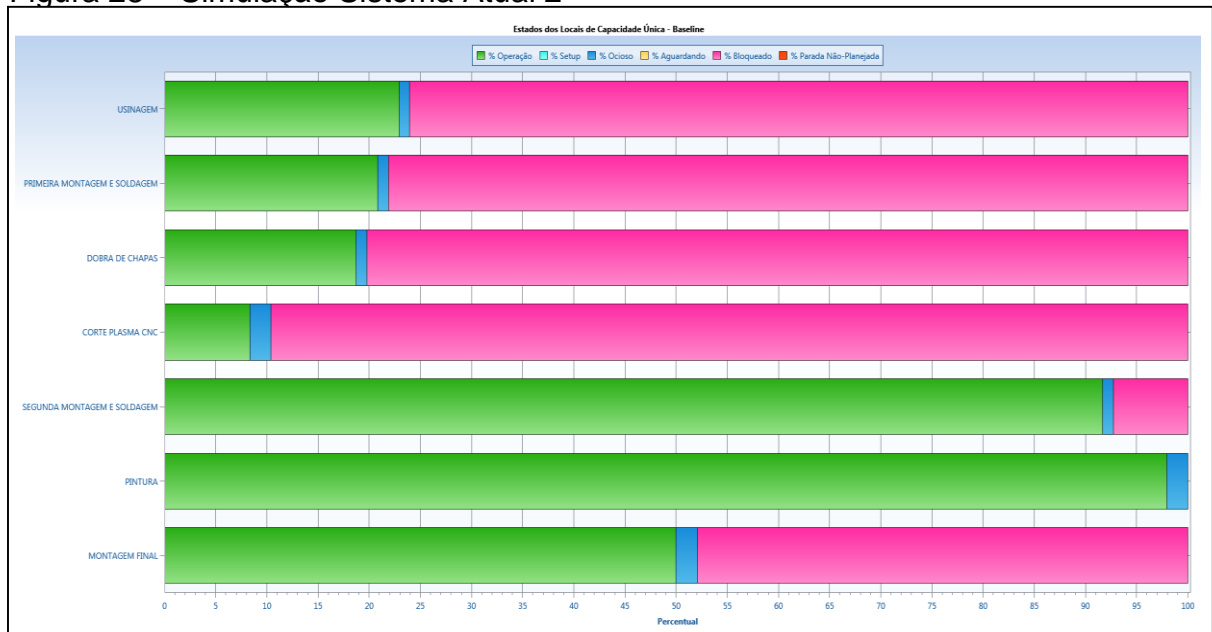
Figura 27 – Simulação Sistema Atual



Fonte: ProModel



Figura 28 – Simulação Sistema Atual 2



Fonte: ProModel

Figura 29 – Resultado Sistema Atual

| Nome                     | Total de Saídas | Tempo Médio no Sistema (Min) | Tempo Médio em Operação (Min) | Custo Médio |
|--------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-------------|
| SACA PALHA ROTATIVO LEZY | 1,00            | 250,00                       | 250,00                        | 0,00        |

Fonte: ProModel

Analisando a simulação do sistema atual podemos ver que o software nos mostra a realidade da empresa, fabricando apenas 1 (um) saca-palha rotativo por dia (em média) e os gargalos de produção de forma bem precisa.

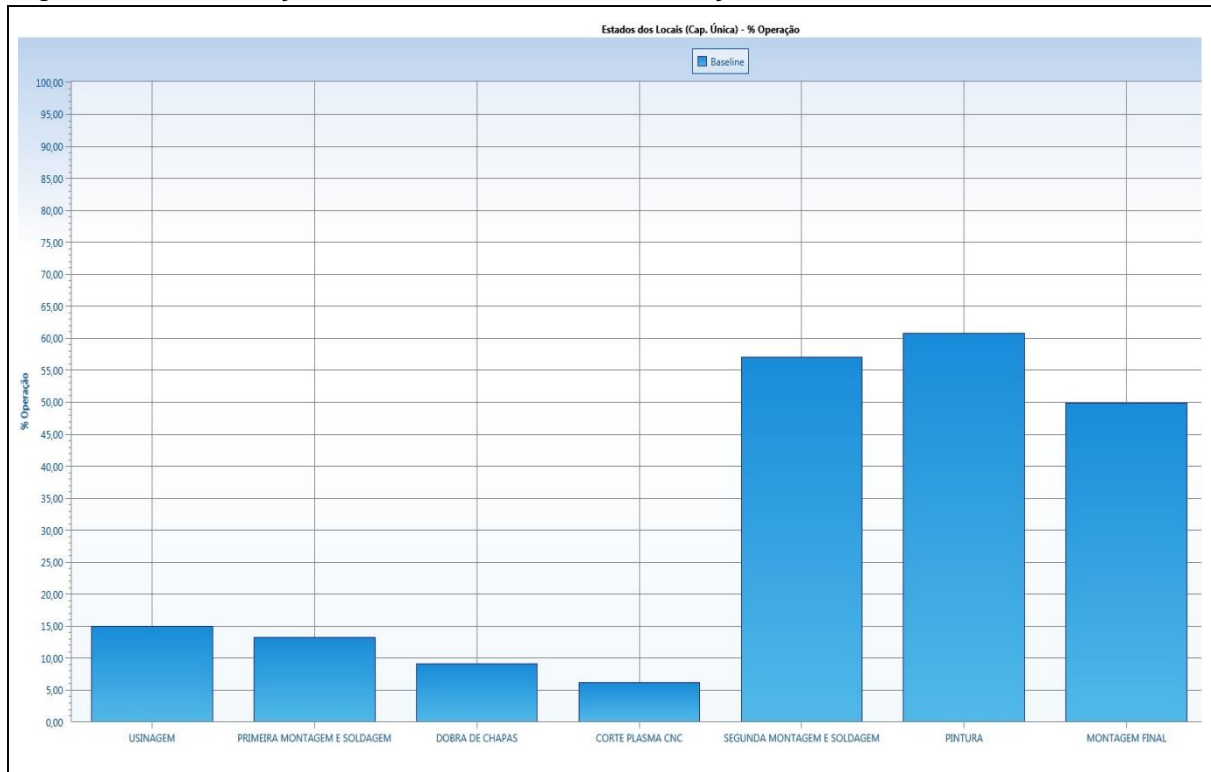
Para o sistema de produção do saca-palha rotativo da empresa LEZY, analisado neste presente trabalho, será simulado um sistema com algumas mudanças, que visarão a melhoria produtiva do sistema, e conseqüentemente uma produção maior. Para isso foi feita as mudanças apresentadas a seguir:

- Rotatividade dos funcionários no horário de almoço;
- Aumento dos funcionários de 42 para 52;

Com o aumento dos funcionários pode-se diminuir o tempo e busca de peças, manutenções, setup e parada dos funcionários.

Com essas mudanças e utilizando o mesmo leiaute para a simulação, os resultados são apresentados nas Figuras 30, 31 e 32.

Figura 30 – Simulação do sistema com as mudanças



Fonte: ProModel

Figura 31 – Simulação do sistema com as mudanças 2



Fonte: ProModel



Figura 32 – Resultado do sistema modificado

| Nome                     | Total de Saídas | Tempo Médio no Sistema (Min) | Tempo Médio em Operação (Min) | Custo Médio |
|--------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-------------|
| SACA PALHA ROTATIVO LEZY | 3,00            | 310,00                       | 252,00                        | 0,00        |

Fonte: ProModel

Nota-se que o sistema modificado além de render mais, produzindo até 3 (três) saca-palha rotativos por dia em vez de 1 (um) do sistema atual, reduz consideravelmente os tempos de produção dos gargalos produtivos do sistema. Isso pode ser visto nas figuras apresentadas.

Com os dados fornecidos do programa ainda podemos ter uma hipótese de valor para o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) do sistema melhorado os valores para os gargalos, que continuam sendo o processo de Pintura e o processo de 2° Soldagem e 2° Montagem, são:

$$\mu_{Global} (pintura) = 0.5864 = 58,64 \%$$

$$\mu_{Global}(2^{\circ}Soldagem e 2^{\circ}Montagem) = 0.5523 = 55,23\%$$

Além do IROG do sistema completo, que como resultado temos:

$$\mu_{Global} = 0.4124 = 41,24\%$$

A comparação dos resultados é apresentada na Tabela 7 e é notória a melhoria dos índices de rendimento do sistema atual com o sistema simulado com as mudanças propostas.

Tabela 7 – Comparação dos Resultados

| Índice  | Sistema atual | Sistema com mudanças |
|---|---------------|----------------------|
| $\mu_{Global} (pintura)$                              | 30.41 %       | 58,64 %              |
| $\mu_{Global}(2^{\circ}Soldagem e 2^{\circ}Montagem)$ | 28.54%        | 55,23%               |
| $\mu_{Global}$  | 14.22%        | 41,24%               |

Para fins de ganho em conhecimento e também de estudo do fluxo e da eficiência produtiva da empresa LEZY, também foi simulado o sistema produtivo com mais algumas mudanças, para que se pudesse ter mais parâmetros de comparação com o resultado obtido, as mudanças realizadas nessas novas simulações se caracterizaram por ser mudança do leiaute, adição de mais um torno e também a adição de mais um processo de 1° Montagem e 1° Soldagem, ou seja, mais três simulações diferentes uma da outra. Esses resultados são apresentados na Tabela 8 e são comparados com o índice de rendimento global do sistema melhorado encontrado anteriormente.

Tabela 8 – Resultados das Simulações Extras

| <b>Mudança</b>          | <b>IROG</b>              | <b>Sistema melhorado</b> |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mudança de Leiaute      | $\mu_{Global} = 32,26\%$ | $\mu_{Global} = 41,24\%$ |
| Adição de mais um torno | $\mu_{Global} = 31,18\%$ | $\mu_{Global} = 41,24\%$ |
| Adição do novo processo | $\mu_{Global} = 38,73\%$ | $\mu_{Global} = 41,24\%$ |

Como resultado dessas outras simulações notou-se que no caso da mudança de leiaute o processo não obteve melhor resultado porque alguns processos ficaram mais distantes uns dos outros e isso demandou maior tempo de movimento das peças e também de um tempo mais ocioso do sistema. No caso da adição do torno ocorreu que várias peças ficaram presas em outros processos, isso ocorreu porque, como a parte da usinagem trabalhou mais rápido houve um acúmulo de material em determinadas partes do sistema produtivo, em alguns casos até o gargalo produtivo poderia se tornar outro processo. O melhor resultado entre os três é o que mais chegou perto do sistema melhorado foi a adição de mais um processo de 1° Montagem e 1° Soldagem isso fez com que o início do sistema produtivo ficasse mais eficiente, mas como ocorreu antes depois desse processo houve alguns acúmulos de material em determinadas partes do sistema produtivo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram realizadas visitas técnicas para a obtenção de dados, cálculos e simulações utilizando o ProModel de um sistema de produção. Os dados coletados são aplicados nas fórmulas apresentadas por ANTUNES et al (2013), para a obtenção do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) nos mais variados sistemas de produção mecânica.

As visitas, os dados e o leiaute foram obtidos na empresa LEZY que autorizou a produção deste trabalho.

Inicialmente foram feitas as visitas técnicas a empresa, para se obter dados sobre a produção do Saca-Palha Rotativo LEZY. Com essas visitas sempre foi tirado os tempos de produção de cada sistema produtivo, além de constantes entrevistas com os funcionários para se entender o processo que estava ocorrendo. Também pode-se fazer uma análise do leiaute e do fluxo de produção da empresa.

Por conseguinte, foi feito a análise para conhecer os gargalos de estrangulamento do sistema, com isso, puderam ser feitos os cálculos dos índices de rendimento dos gargalos e do sistema por completo. Também foram realizadas simulações utilizando o processo de produção e os dados coletados da empresa, no período de execução do trabalho.

Saliento que para completar os objetivos propostos neste trabalho, foram consideradas algumas mudanças no atual sistema de produção da empresa. Com essas mudanças foi feita uma nova simulação. E isso mostrou que, com as modificações a empresa desempenhou uma produção consideravelmente mais eficiente do que a atual, com um aumento de 190,01 % de eficiência produtiva além de diminuir os tempos de parada de máquina.

Fazendo uma autocrítica a respeito do trabalho, acredito que ele foi feito em uma época de baixa intensidade na empresa, caso o trabalho se repetisse seria interessante ser feito em uma época onde a demanda por produtos fosse maior para ter resultados e ideias de melhorias mais fixas e garantidas. No mais o rendimento e o esforço acredito que tenha sido muito bom por parte de todos que tiveram envolvidos na realização deste trabalho.

Considerando a aprendizagem e o ganho feito pela universidade através do trabalho pode-se dizer que foi muito boa a experiência de ter um sistema em que se pôde analisar, visitar, ver, calcular e colocar em prática as teorias vistas em aula. A

universidade ganhou mais notoriedade com as pessoas, especialmente as que estão envolvidas na empresa, pois estas, tiveram contato com o estudante, interagindo com ele e vendo que o trabalho dos professores está dando resultado, sendo assim, a UNIPAMPA está formando pessoas capacitadas e interagindo com a comunidade.

Considerando possíveis trabalhos futuros, podemos afirmar que seria interessante ir até a empresa e aplicar as melhorias propostas neste trabalho, como forma de fazer um comparativo com os resultados obtidos no programa de simulação e ter uma conclusão precisa do valor de aumento ou não da produtividade da empresa.

Também seria interessante fazer a repetição desse estudo como forma de saber se houve algum aumento ou diminuição de produtividade da empresa em outro período, por exemplo antes do início da safra. E ainda uma ideia para futuros trabalhos seria a análise do tempo ocioso que houve na simulação, com o objetivo de diminuir esse tempo. Pode-se também fazer uma pesquisa dentro da empresa focando em manutenções preventivas durante ou antes de uma safra para saber se há uma diferença de eficiência produtiva com essa mudança.

E por fim aplicar a ferramenta IROG em um diferente sistema de produção e observar se há ou não acréscimo de produtividade.

## **6.1 Análise dos objetivos e das hipóteses**

No início do trabalho foram estipulados objetivos e hipóteses que poderiam ocorrer ou não até a sua conclusão.

Os objetivos específicos estipulados foram alcançados, quase que totalmente, faltou apenas fazer manutenções preventivas, isso não ocorreu, pois, poucas máquinas pararam e a empresa adota o sistema de manutenção corretiva, por consequência de, não ter ninguém apto a fazer esse tipo de trabalho. Com isso o objetivo geral ainda é alcançado, porque o sistema de manutenção corretiva adotado pela empresa não interferiu no resultado final.

Por fim, envolvendo as hipóteses, o IROG pode sim auxiliar no aumento de produção tanto individual como por completo dentro do sistema produtivo, além de ajudar na formulação de soluções para o tempo produtivo dos setores e ainda identificar as operações que atrasam a produção, possibilitando o estudo de soluções para a correção desses atrasos.

## 6.2 Sugestões para a empresa

É sugerido para a empresa que para a nova fábrica seja estudado um leiaute de produção antes de se começar a produzir, caso se precise de ajuda a diretoria pode procurar na própria universidade, pois, estaríamos com muitas pessoas dispostas a estudar, analisar e trabalhar junto com a LEZY para melhorarmos a eficiência produtiva da empresa. Outra sugestão que seria adequada de se colocar em pauta é o uso de estoques para algumas peças, essas mais trabalhosas, com o objetivo de usufruir desse estoque em épocas de grande produção, como no início da safra.

Também é suscetível a discussão o uso de funcionários de outros processos nos gargalos mostrados no trabalho, ou seja, quando a produção está em alta os funcionários dos gargalos não podem sair, mas em compensação os outros devem ajudar nesses processos restritivos. Uma ideia que pode ajudar na eficiência produtiva da empresa é o uso de manutenções preventivas, prevenindo uma falha principalmente durante o início da safra quando a produção é mais exigida. Uma maneira de se fazer isso é terceirizando a manutenção que poderia ser feita 2 vezes por semana durante a noite, pois, a empresa não funciona nesse período, juntamente com a manutenção poderia ser feita a limpeza dos processos produtivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J. A. V.; KLIPPEL, A.F.; SEIDEL, A.; KLIPPEL, M. **Uma revolução na produtividade: A gestão lucrativa dos postos de trabalho**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ANTUNES, J. A. V. et al. **Sistemas de produção: conceito e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, J. A. V.; KLIPPEL, M. Uma Abordagem Metodológica para o Gerenciamento das Restrições dos Sistemas Produtivos: A Gestão Sistêmica, Unificada/Integrada e Voltada aos Resultados do Posto de Trabalho. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 11., 2001, Salvador, BA. **Anais Eletrônicos...** Salvador, BA: ENEGEP, 2001. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001\\_TR12\\_0256.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR12_0256.pdf)> Acesso em 22 jul. 2014

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000: Sistema de Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro, 2005.

ACKOFF, R. L. **Planejamento de pesquisa social**. São Paulo: Herder: Edusp, 1976.

BAGAD, V. S. **Total Quality Management**. Índia: Technical Publications Pune, 2008.

BUNGE, M. **La Ciencia, su método y su filosofía**. Buenos Aires: Siglo Veinte, 1974.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do dia-a-dia**. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

CÉSAR, F. I. G. **Ferramentas Básicas da Qualidade. Instrumentos para gerenciamento de processo e melhoria contínua**. São Paulo, 2011.

CHARANTIMATH, P. M. **Total Quality Management**. Índia: Pearson Education, 2009.

CHASE, R. B.; JACOBS R. F.; AQUILANO N. J. **Fundamentos da administração da produção para a vantagem competitiva**. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHIARADIA, A, J. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos**: um estudo de caso na indústria automobilística. 2004. 133f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CONFEA – CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973**. Rio de Janeiro, 1973.

CORÊA, H. A. História da Gestão de Produção e Operações. In: Fundação Getúlio Vargas – Escola de Administração de Empresas de São Paulo (FGV – EAESP). 2005, São Paulo. **Anais Eletrônicos...** São Paulo: FGV – EAESP, 2005. Disponível em: <[http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3202/P00259\\_1.pdf?sequence=1](http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3202/P00259_1.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 30 jun, 2014.

EDUARDO, G.D.; HERIBERTO, G.R.; EDUARDO, C.B.L. **Simulación y Análisis de Sistemas com ProModel**. 1. Ed. México: Pearson Educação, 2006.

FALCONI, V. **TQC: Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Block, 1994.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just-in-time. Automação e Zero Defeitos**. Caxias do Sul: Educs, 1996.

GHINATO,P. **Elementos Para a Compreensão de Princípios Fundamentais do Sistema Toyota de produção: Automação e Zero Defeitos**. 1994. 179 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção. UFRGS. Porto Alegre, 1994.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta: um processo de melhoria contínua**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HUNT, V.D. **Mapping: How to Reengineer Your Business Processes**. Estados Unidos: John Willey & Sons, 1996.

JAIN, P. L. **Quality Control and Total Quality Management**. Nova Deli: Tata McGraw-Hill, 2001.

KLIPPEL, A.; ANTUNES, J. A.; KLIPPEL, M.; ROVARIS, R. **Estratégia de Gestão dos Postos de Trabalho – Um Estudo de Caso na Indústria de Alimentos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 13., 2003, Ouro Preto, MG. **Anais Eletrônicos...** Ouro Preto, MG: ENEGEP, 2003. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR0103\\_0528.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0103_0528.pdf)> Acesso em: 03 jun, 2014.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **Manutenção: Combate aos Custos da Não Eficácia – A vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1993.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científic**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM: total productive maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.

NYLAND, C. **Reduced Worktime and the Management of Production**. Nova York: Cambridge, 1990.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Tokyo: Bookman, 1988.



OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, A. S. **Marketing no Pré-desenvolvimento de Máquinas Agrícolas: um modelo de referência.** 2008. 152f. Dissertação (Doutorado em engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da Produção Industrial.** Curitiba: Ibpex, 2007.

PASSOS, A.; ANTUNES, J. A. V.; KLIPPEL, M. **Considerações críticas sobre a eficiência nos sistemas produtivos industriais – uma abordagem a partir do Sistema Toyota de Produção e da Teoria das Restrições.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 14., 2004, Florianópolis, SC. **Anais Eletrônicos...** Florianópolis, SC: ENEGEP, 2004. Disponível em <[http://www.efact.com.br/artigos/artigo\\_2\\_arquivos/ENEGEP%202004%20-%20Eficiencia%20x%20Multifuncionalidade.pdf](http://www.efact.com.br/artigos/artigo_2_arquivos/ENEGEP%202004%20-%20Eficiencia%20x%20Multifuncionalidade.pdf)> Acesso em: 22 jul. 2014.

RIBEIRO NETO, J. B.; TAVARES, J. C.; HOFFMANN, S. C. **Sistemas de Gestão Integrados – Qualidade, meio ambiente, responsabilidade social, segurança e saúde no trabalho.** São Paulo: Senac São Paulo, 2008.

SANTOS, J.; WYSK, R.; TORRES, J. **Otimizando a Produção com a Metodologia Lean.** São Paulo: Leopardo, 2009.

SILVERMAN, D. **Interpretação de Dados Qualitativos: métodos para análise de entrevistas, textos e interações.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; BETTS, A. **Gerenciamento de operações e de processos: Princípios e Práticas de Impacto Estratégico.** 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

TRUJILLO FERRARRI, A. **Metodologia da ciência.** 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

VERGUEIRO, W. **Qualidade em Serviços de Informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

WOOD, J. C.; WOOD, M. C. F. W. **TAYLOR: Critical Evaluations in Business and Management**. Londres: Routledge, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.