

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS – MG**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**BRUNO MATOS CERQUEIRA**

N. CLASS.	M658.562
CUTTER	C4161
ANO/EDIÇÃO	2012

**LEAN MANUFACTURING: Aplicado em uma indústria de reatores eletrônicos situada em Varginha com o foco em reduzir retrabalhos**

**Varginha**

**2012**

**FEPESMIG**

**BRUNO MATOS CERQUEIRA**

**LEAN MANUFACTURING: Aplicado em uma indústria de reatores eletrônicos situada em Varginha com o foco em reduzir retrabalhos**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS MG como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, sob a orientação do Prof. Me. Alexandre de Oliveira Lopes.

**Varginha**

**2012**



**BRUNO MATOS CERQUEIRA**

**LEAN MANUFACTURING: Aplicado em uma indústria de reatores eletrônicos situada em Varginha com o foco em reduzir retrabalhos.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS MG, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

---

Prof. Me Alexandre de Oliveira Lopes

---

---

---

OBS.:

Dedico este trabalho aqueles que contribuíram e acreditaram na sua realização. Principalmente a Deus que me guiou e orientou nesses cinco anos. Também a minha avó, minha namorada e toda a família que me deram total apoio para que pudesse concluir mais essa etapa em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, professores, amigos e colegas por terem contribuído na execução deste trabalho.

**Grupo Educacional UNIS**

“O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência.”

Henry Ford

## RESUMO

Este trabalho aborda um tema relacionado à produção enxuta onde são utilizadas técnicas e conceitos de uma filosofia chamada de Lean Manufacturing. Em uma organização onde existe sucesso nos negócios podemos afirmar que, o sucesso está atrelado à função dos níveis de eficiências dos recursos humanos, produtividade e qualidade, que está presente no resultado que é um produto com um alto valor agregado em cada fase do processo e a consequência é um valor competitivo ao mercado. O trabalho foi desenvolvido em uma empresa fabricante de reatores, onde procurou responder a seguinte questão: A filosofia Lean e suas ferramentas são capazes de auxiliar na redução de desperdícios como retrabalho? Dentro dos conceitos básicos e introdutórios foi feita uma revisão bibliográfica do assunto e os resultados vieram graças ao empenho e comprometimento de todos da equipe.

**Palavras-chave:** Lean Manufacturing, Qualidade, Eficiência.

## **ABSTRACT**

*This work addresses an issue related to lean manufacturing techniques are used where it is a philosophical concepts and called Lean Manufacturing. In an organization where there is success in business can say that success is related to the function of the level of human resource efficiencies, productivity and quality, which is present in the result is a product with a high added value at each stage of the process and result is a competitive value to the market. The study was conducted at a manufacturer of reactors, which sought to answer the following question: The Lean philosophy and tools are able to assist in reducing waste and rework? Within the basic concepts and introductory done a literature review of the subject and the results came thanks to the dedication and commitment of all staff.*

**Keywords:** *Lean Manufacturing, Quality, Efficiency.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Casa Lean Manufacturing.....	15
Figura 3 Exemplo Gráfico de Pareto.....	25
Figura 4 Exemplo Gráfico de Tendência. ....	26
Figura 5 - Ciclo PDCA.....	29
Figura 6 - Fluxo de Valor do reator Basic.....	30
Figura 7 - Detalhes do fluxo de Valor do reator Basic.....	31
Figura 9 - Apontamento de Produção – Posto Touch UP .....	32
Figura 10 - Painel de apontamento.....	33
Figura 11 - Painel eletrônico. ....	34
Figura 14 - Ishikawa para reduzir o retrabalho Touch UP.....	36
Figura 16 - Máquina de solda.....	37
Figura 17 - Ondas de estanho e uma PCB passando pelas ondas .....	38
Figura 18 Desenho esquemático da maquina de solda.....	38
Figura 20 - Desenho do equipamento Wave Rider .....	40
Figura 22 Medindo a inclinação do Conveyor.....	41
Figura 24 Resultado das análises químicas da solda.....	42
Figura 27 Terminal do componente magnético (Amostra do antigo fornecedor).....	44
Figura 28 Terminal do componente magnético Kangshun. ....	44
Figura 29 Processo do fornecedor Kangshun e a identificação do problema verniz. ....	45
Figura 30 Junta de solda perfeita de um painel.....	46

## LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Exemplo Balanceamento Lean. ....	23
Gráfico 2 - Taxa de retrabalho em 2011 .....	31
Gráfico 3 - Pareto do posto Touch UP .....	35
Gráfico 4 - Resultado após a parametrização da maquina de solda. ....	42
Gráfico 5 - Mapa dos componentes manuais mal inseridos.....	43
Gráfico 6 - Resultado do retrabalho após o estudo do componente Kangshun.....	46
Gráfico 7 - Primeira tomada de tempo do postos de inserção manual .....	47
Gráfico 8 - Balanceamento Lean com o ultimo posto relativamente livre.....	47
Gráfico 9 - Resultado do retrabalho após o novo balanceamento da linha manual. ....	48

## LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Brainstorming para reduzir retrabalho no Touch UP.....	35
Quadro 2 - Plano de ações.....	36
Quadro 3 - Valores para parâmetros de processo da Máquina de Solda.....	39
Quadro 4 - Primeiros dados da máquina de solda.....	40
Quadro 5 - Dados da máquina de solda após a parametrização.....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>ORIGENS DA PRODUÇÃO ENXUTA .....</b>	<b>13</b>
2.1	Ferramentas Lean Manufacturing .....	14
2.1.1	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM) .....	15
2.1.2	Programa 5S .....	16
2.1.3	Kanban .....	17
2.1.3.1	Kanban de Produção.....	17
2.1.3.2	Kanban de Retirada .....	18
2.1.3.3	Cálculos para quantidade de Kanban .....	18
2.1.4	Ritmo de Produção " <i>Takt Time</i> " .....	18
2.1.4.1	" <i>Cycle Time</i> " Tempo de Ciclos .....	19
2.1.4.2	Cronoanálises .....	19
2.1.4.3	Ergonomia .....	20
2.1.4.4	Lead Time .....	21
2.1.4.5	Balanceamento de linhas .....	21
2.1.5	Kaizen .....	23
<b>3</b>	<b>QUALIDADE INDUSTRIAL.....</b>	<b>25</b>
3.1	Conceitos de Diagrama de Pareto .....	25
3.1.1	Apresentação gráfica do diagrama de Pareto .....	25
3.2	Tendência .....	26
3.3	Princípios de Deming .....	26
3.4	Ciclos PDCA .....	27
3.5	Diagramas de Ishikawa .....	29
<b>4</b>	<b>REDUÇÃO DE RETRABALHO EM UMA LINHA DE REATORES.....</b>	<b>30</b>
4.1	Aplicações do Value Stream Mapping .....	30
4.2	Aplicações do Pareto .....	31
4.3	Aplicações do ISHIKAWA .....	35
4.4	Parâmetros e métodos da máquina de solda.....	37
4.5	Análises dos componentes com a maior taxa de retrabalho .....	43
4.6	Balanceamentos das Linhas.....	46
4.7	Resultados Gerais .....	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A um bom tempo a tecnologia atrai milhares de pessoas do mundo, deixando-as independentes, proporcionando conforto e informações a um toque.

A tecnologia está dentro de cada produto que compramos, seja o computador pelo qual digitamos ou até os objetos mais simples como embalagens plásticas encontradas em supermercados. Todos os objetos, produtos manufaturados são encontrados tecnologias de todos os tipos e modos e são fabricados em indústrias de produção em serie.

O estudo Lean Manufacturing e seus conceitos básicos da mentalidade enxuta não é de longe uma novidade, e surgiu da necessidade de aumentar a eficiência fabril. James P. Womack. Daniel T (1990) descreve que os conceitos Lean evoluíram ao longo de diversas etapas ou "eras", começando há quase um século em 1914, quando Henry Ford montou o que chamava de "produção em fluxo" na sua fábrica de Highland Park em Detroit. Ford pode ser chamado com justiça de o primeiro pensador de processos sistemáticos (enxutos), mas somente na condição especial de um produto altamente padronizado com praticamente nenhuma opção produzido em um ciclo de vida de produto muito longo.

O principal objetivo do STP (Sistema Toyota de Produção) ilustrado por James P. Womack. Daniel T (1990) era a grande meta imposta por Kiichiro Toyoda em ultrapassar os Estados Unidos em três anos, após a segunda guerra mundial.

Podemos dizer hoje que a economia Japonesa não ultrapassou a economia dos Estados Unidos, mas dentro o mercado automotivo a TOYOTA do Japão é referencia mundial em técnicas e ferramentas de produção enxuta.

Para aumentar a eficiência de produção de uma fabrica de reatores eletrônicos, iremos utilizar técnicas do sistema Toyota de produção, assim reduzir as taxas de retrabalho para que consigamos reduzir o custo da não qualidade da produção .

## 2 ORIGENS DA PRODUÇÃO ENXUTA

O Sr. Toyoda Sakichi fundador da corporação TOYOTA, veio de família muito humilde e viveu sua infância em um povoado de camponeses onde aplicava conhecimentos de carpintaria aprendidos como o seu pai, para desenvolver máquinas e modernizar o antigo tear manual que sua mãe trabalhava (TOYOTA, 2007).

Mas tarde o Sr.: Toyoda Sakichi formou-se em engenharia mecânica e desenvolveu inúmeros dispositivos para modernizar os teares, onde sua obra mais famosa é a automatização dos teares a prova de erros (O tear para sempre que acontecia uma anormalidade). O Sr. Toyoda Sakichi é considerado no Japão o pai dos inventores.

Segundo a Toyota (2007) o êxito dessa nova invenção foi logo reconhecido pela companhia exportadora Mitsui, onde foi assinado um contrato para utilizar os teares TOYODA.

Em algumas visitas aos Estados Unidos, Toyoda Sakichi como o seu filho Toyoda Kiichiro foi à fábrica automobilística de Henry Ford, localizada em Detroit. Essa visita à fábrica de Ford deixou interessados pela complexidade de um novo produto, o automóvel.

Em 1929, Sakichi vende os direitos de suas patentes de teares a uma empresa britânica Platt Brothers e encarrega o seu filho Kiichiro também engenheiro mecânico os investimentos na complexa indústria automobilística. Kiichiro inicia um trabalho no desenvolvimento de motores a combustão interna a gasolina e um pouco mais tarde funda uma divisão chamada Automobilística da Toyota Automatic Loom Works.

Segundo Toyota (2007) Kiichiro consegue produzir o primeiro protótipo de automóvel e estabelece as bases para fundar a Toyota Motor Company Ltd. Em 1937.

O Sistema Toyota de produção evoluiu da necessidade. Certas restrições no mercado exigiram a produção de pequenas quantidades de muitas variedades sob condições de baixa demanda, um destino que a indústria japonesa enfrentou no período do pós-guerra. Estas restrições serviram como um critério para testar se os fabricantes de carros japoneses poderiam se estabelecer e sobreviver competindo com o sistema de produção e de vendas em massa já estabelecidos na Europa e nos Estados Unidos. (OHNO 1996, p. IX).

O Sistema Toyota de Produção foi concebido e sua implementação começou logo após a Segunda Guerra Mundial. Mas ele não tinha atraído a atenção da indústria japonesa até a primeira crise do petróleo no outono de 1973. (OHNO 1996, p. IX)

O Sistema Toyota de Produção, entretanto, não é apenas um sistema de produção. Eu estou confiante que ele revela sua força como um sistema gerencial adaptado à era atual de mercados globais e de sistemas computadorizados de informações de alto nível. (OHNO 1996, p. X).

O STP é considerado uma filosofia, e pode ser utilizado em qualquer ambiente. E o Japão após a segunda guerra mundial, não teria como sobreviver em uma economia em larga escala simplesmente imitando a produção vertical de Henry Ford.

O Japão hoje tem área de 372.819 km<sup>2</sup> e está na 62ª posição no ranking de áreas por países. O Japão é um país pequeno em território, cuja suas terras são montanhosas e inclímes que não proporciona uma produção em massa que é necessário um grandioso espaço físico.

Imitar os Estados Unidos não é sempre ruim. Aprendemos muito com o império americano de automóveis. Os Estados Unidos geravam maravilhosas técnicas gerenciais tais como: controle de qualidade (CQ), controle de qualidade total (CQT) e a engenharia industrial (EI). O Japão importou essas ideias e colocou em prática. (OHNO 1996, p. 21).

Foi em 15 de agosto de 1945 que o Japão perdeu a guerra, essa data também marcou um novo começo para a Toyota.

Conforme OHNO (1996) Kiichiro Toyoda logo após o fim da segunda guerra mundial fez uma grande e audaciosa meta para indústria automobilística japonesa, onde disse: “Alcancemos os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não Sobreviverá”.

Com o ultimato do então presidente da Toyota em ultrapassar os Estados Unidos em três anos surgiu a grande necessidade de produção com o máximo de eficiência, ou seja, qualidade dos produtos como prioridade, já que não poderia perder em retrabalho ou refugo e para evolução da produtividade foi feito um engajamento em 100% dos colaboradores. Assim foi criada inúmeras ferramentas para chegar nesse objetivo, hoje chamada de Casa Lean Manufacturing.

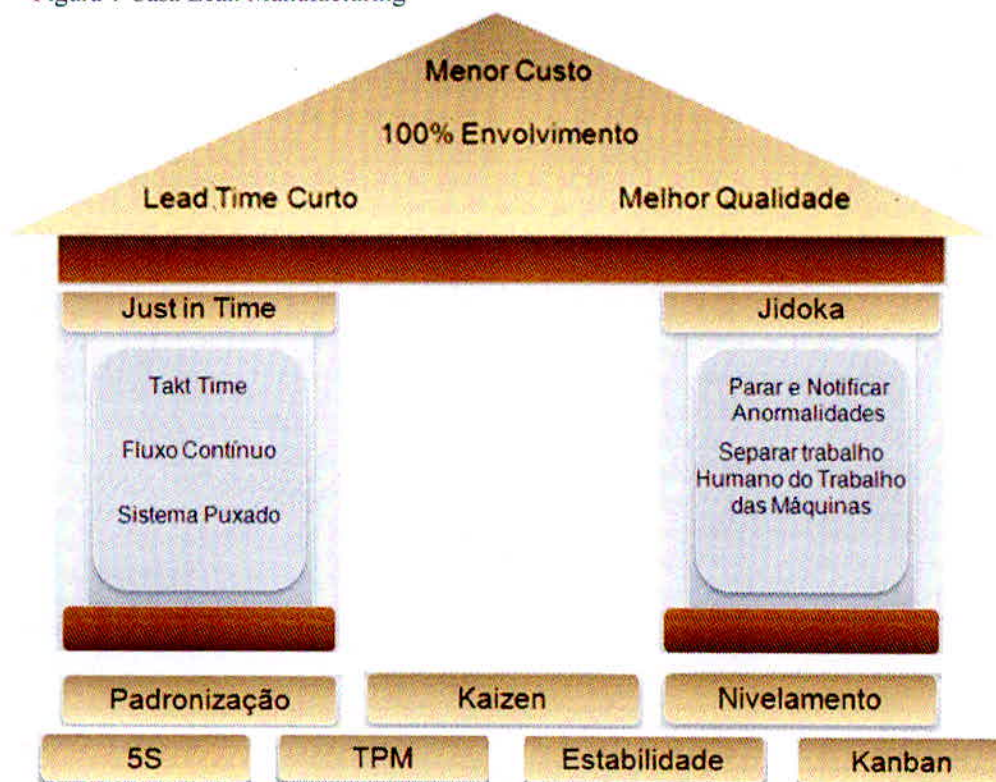
Segundo Interbrand (2012) que divulgou a 13ª edição de seu ranking das cem melhores empresas do mundo em 2012, a Toyota está entre as marcas mais valiosas do mundo, estando em 10º Lugar.

## **2.1 Ferramentas Lean Manufacturing**

Existem algumas ferramentas *Lean* de grande utilidade para reduzir “*Lead Time*”, aumentar a produtividade e qualidade, reduzir custos e aumentar o engajamento dos colaboradores.

Dentre todas as ferramentas *Lean*, a indústria de reatores eletrônicos situada em Varginha, iniciou-se utilizar as ferramentas básicas, que sustentam toda a casa *Lean*, como mostra a imagem abaixo.

Figura 1 Casa Lean Manufacturing



Fonte: O Autor

### 2.1.1 Value Stream Mapping (VSM)

Conforme Gonçalves (2012) o mapeamento do fluxo de valor (VSM: Value Stream Mapping) é uma ferramenta de diagnóstico que permite compreender o estado atual de funcionamento de sistemas produtivos por meio do levantamento de materiais e de informações que acontecem na organização, desde o recebimento da matéria prima até a entrega do produto acabado. O objetivo principal é estudar todas as operações, identificar aquelas que agregam valor ou não ao produto, visando à eliminação de desperdícios através do combate às suas principais problemas ou efeitos.

Segundo Gonçalves (2012) entender como o valor flui através dos processos internos de uma Organização é realmente uma tarefa bastante interessante e que exige dedicação e muita atenção. Toda empresa gera algum valor aos seus clientes. O Lean busca entender o que



é o valor gerado e como os processos ocorrem de maneira a agregar esse valor nos bens ou serviços que da organização.

Para aumentar a eficiência do processo, precisamos eliminar desperdícios, então devemos concentrar energias em processos que realmente tenham resultados, como forma de ganhar tempo na obtenção dos resultados.

Conforme Gonçalves (2012) de certa forma, podemos começar a eliminar todos os desperdícios que encontramos pela frente. No entanto, os esforços trarão enorme reconhecimento e resultado, se forem coordenados de maneira que eles sejam holisticamente eliminados, ou seja, os desperdícios maiores, que estão presentes sistemicamente nas fases operacionais das Organizações.

Para identificação dos processos que não agregam valor ao produto devemos nós mesmos caminhar no processo produtivo com lápis, papel e borracha.

Como Rother e Shook (1999, p.14) Mapeie você mesmo o fluxo completo de valor, mesmo que muitas pessoas estejam envolvidas. Entender o fluxo por inteiro é o objetivo do mapeamento do fluxo de valor. Se diferentes pessoas mapearem diferentes segmentos, ninguém entenderá o todo e sempre desenhe a mão e a lápis, comece com um rascunho simples no chão de fábrica na medida em que você conduz suas análises do estado atual e o refaça mais tarde.

Segundo Gonçalves (2012, p.04), para definir o VSM, deve-se identificar e desenhar fluxos de informação, de processos e materiais, considerando-se todo o percurso realizado ao longo da cadeia fornecimento, desde os fornecedores de matéria-prima até à entrega do produto final ao cliente.

Embora correto seja mapear fluxo de valor de um produto desde suas primeiras moléculas até o descarte do consumidor final, o objetivo do presente trabalho é a identificação e eliminação de desperdícios no processo produtivo, então vamos mapear o processo de porta a porta no *gemba* (chão de fábrica, produção).

### 2.1.2 Programa 5S

De acordo com Faria (2011) o termo “5s” surgiu no Japão por volta de 1950 pela Toyota, é uma ferramenta utilizada em especial pela área de Qualidade Total nas empresas. Essa ferramenta tem a finalidade de organizar e preparar os postos de trabalhos, de forma a aumentar a produtividade e deixar em evidencia desperdícios que não fazem parte da operação de trabalho.

O conceito “5s” é conhecido como os cinco sentidos, onde as siglas S derivam de palavras japonesas.

1º S – Seiri – Senso de Utilização

Conceito: “Separar o útil do inútil, eliminando o desnecessário”.

2º S – Seiton – Senso de Organização

Conceito: “Identificar e organizar tudo que é necessário, para que qualquer pessoa consiga visualizar facilmente o objeto”.

3º S – Seiso – Senso de Limpeza

Conceito: “ Manter um ambiente sempre limpo, eliminando as causas da sujeira e aprendendo a não sujar”.

4º S – Seiketsu – Senso de Padronizar

Conceito: “ Todo o ambiente limpo e organizado deve seguir e ser um padrão para que após a utilização siga o padrão já definido”.

5º S – Shitsuke – Senso de Auto-Disciplina

Conceito: “Fazer dessas atitudes um hábito, transformando o “5s” em um modo de vida”. (FARIA 2011, p.16.).

### 2.1.3 Kanban

Um Kanban (“etiqueta”) é um instrumento para o manuseio e garantia da produção just-in-time, o primeiro pilar do Sistema Toyota de Produção. Basicamente um Kanban é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária. Na maioria dos casos, um Kanban é um pequeno pedaço de papel inserido em um envelope retangular de vinil. Neste pedaço de papel está escrito quanto de cada parte tem de ser retirada ou quantas peças tem de serem montadas. (OHNO 1996, p. 131)

Hoje em dia além de cartões retangulares, existe varias derivações do kanban, onde cada fábrica utiliza a melhor forma adaptando ao seu processo. Qualquer que seja a sua forma, o kanban tem duas funções em uma operação de produção, são elas:

- Instruir os processos para que fabriquem produtos (kanban de produção);
- Instruir movimentadores para que manuseiem materiais (kanban de retirada).

#### 2.1.3.1 Kanban de Produção

O kanban de produção informa a um processo anterior, qual o tipo e em que quantidade o produto deve ser produzido para atender a um processo posterior.

### 2.1.3.2 Kanban de Retirada

O Kanban de retirada autoriza a movimentação das peças em direção a um processo posterior. Frequentemente, tem duas formas: Kanban interno (para a retirada de um processo interno) e Kanban de fornecedor (para a retirada de um processo externo).

### 2.1.3.3 Cálculos para quantidade de Kanban

Para Gonçalves (2012) o Kanban permite ter flexibilidade em produzir qualquer produto em um determinado tempo, devido há esse tempo temos cálculos que nos retorna a quantidade de Matéria Prima (MP) necessária para a produção em função do tempo.

$$K = \frac{\text{Meta}}{\text{Quantidade de MP}} * \text{Tempo} * \text{Quantidade de componentes utilizados em um produto}$$

Esse cálculo nos retorna a quantidade necessária de embalagem com componentes que é necessária para a produção de reatores eletrônicos.

### 2.1.4 Ritmo de Produção “Takt Time”

O “Takt Time” corresponde ao ritmo de produção necessário para atender a demanda (a palavra alemã Takt corresponde ao ritmo musical), ou seja, o tempo de produção que se têm disponível pelo número de unidades a serem produzidas em função da demanda. (ALVAREZ 2001, p. 6).

Para Ohno (1996) “Takt time” é o resultado da divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Demanda do Cliente}}$$

O Takt Time, ou ritmo de produção é um dos pilares da produção Lean, onde sua base é dar ritmo de trabalho em função do tempo. Aplicando o Takt Time em uma empresa de produção seriada é importante conhecer os recursos de tempos e métodos portanto surgem à

necessidade de conhecer outras disciplinas tais como: Cronoanálises, “*Lead Time*”, ergonomia e “*Cycle Time*”.

#### 2.1.4.1 “*Cycle Time*” Tempo de Ciclos

O “*Cycle time*” é uma palavra inglesa que significa tempo de ciclos. O tempo de ciclo é o tempo necessário para a execução de uma atividade, ou seja, o tempo que foi percorrido entre o início da operação até o próximo início da próxima operação. O estudo do tempo é a premissa básica para a determinação de um balanceamento de linha.

O estudo de tempos determina o tempo que uma pessoa qualificada e treinada, trabalhando em ritmo normal, gasta para executar uma determinada tarefa específica. Este tempo gasto pelo operador trabalhando em ritmo normal, geralmente apresentado em minutos, é denominado tempo padrão para execução da operação. (BARNES 1977, p. 272)

O estudo de tempo, os analistas devem cronometrar a operação que é executada pelos trabalhadores, e que esses tempos observados são então convertidos em padrões de mão-de-obra, os quais são convertidos em minutos por unidade de produção para a operação. (GAITHER & FRAZIER 2001, p. 473)

Essas fases de estudo de tempos executadas no local de trabalho, consistem na obtenção e registro das informações necessárias, para que sejam definidas as sequências das operações, o número de ciclos a serem cronometrados e o ritmo do operador em estudo, no local de trabalho. (BARNES 1977, P. 280).

#### 2.1.4.2 Cronoanálises

Tudo começou com Frederick Taylor, ainda no século XIX, em uma mineradora, com alguns operários dimensionando suas próprias pás de acordo com seus físicos para desempenhar a melhor as operações, recusando assim as pás que eram fornecidas pelas empresas. Após uma série de estudos e observações utilizando um cronometro e registrando todos os movimentos dos operários, Taylor pode dimensionar o peso ideal de minério possível a ser manipulado pelos mineiros, como também o tamanho das pás de acordo com o tipo de minério a ser transportado, e assim ele conseguiu padronizar o processo e um terço da mão de obra utilizada, eliminando os esforços adicionais, reduzindo os movimentos e tornando-os mais uteis. (TAYLOR, 1970).

O conceito lógico da cronoanálise é o estudo dos tempos produtivos para a busca da produtividade. E o conceito técnico é o estudo dos processos produtivos, analisando as operações produtivas, buscando a racionalização das funções, com a finalidade de aumentar a

capacidade de produção da empresa e ainda melhorar de forma contínua a sua qualidade. (LORIVAL, 2012).

Existem dois tipos de cronometragem, são de forma contínua e individual.

- Contínua: Quando o analista de tempo vai cronometrar uma operação e não para o cronômetro e a leitura dos tempos dos elementos é obtida de forma acumuladas em todos os ciclos cronometrados.
- Individual: Quando o analista de tempo ao cronometrar uma operação para o cronometro de um elemento para o outro e a leitura dos tempos não são acumuladas, sendo que cada ciclo tem uma leitura. (LORIVAL, 2012).

#### 2.1.4.3 Ergonomia

Conforme Wada (1990) a ergonomia é um conjunto de fatores interdependentes, materiais ou abstratos, que atua direta e indiretamente na qualidade de vida das pessoas e nos resultados dos seus trabalhos.

Em 1959, a recomendação nº 112, da OIT - Organização Internacional do Trabalho dedica-se aos serviços de Saúde Ocupacional definidos como serviços médicos instalados em um local de trabalho ou suas proximidades, com as seguintes finalidades:

- Proteger o trabalhador contra qualquer risco à sua saúde e que decorra do trabalho ou das condições em que ele é cumprido
- Concorrer para o ajustamento físico e mental do trabalhador a suas atividades na empresa, através da adaptação do trabalho ao homem e pela colocação deste em setor que atenda às suas aptidões.
- Contribuir para o estabelecimento e manutenção do mais alto grau possível de bem-estar físico e mental dos trabalhadores (SAAD, 1993).

Nessa conceituação de serviços de Saúde Ocupacional, verifica-se a presença do conceito de ergonomia: adaptação do trabalho ao homem.

Em 1960, a OIT - Organização Internacional do Trabalho, define ergonomia como sendo a “aplicação das ciências biológicas conjuntamente com as ciências da engenharia para lograr o ótimo ajustamento do homem ao seu trabalho, e assegurar, simultaneamente, eficiência e bem-estar” (MIRANDA, 1980).

Segundo Laville (1977), a ergonomia é definida como sendo: “o conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do homem em atividade, a fim de aplicá-los à concepção das tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção”.

Wisner (1996), assim se coloca: a ergonomia constitui o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia.

“[...] é a disciplina que se preocupa com a reestruturação do trabalho, buscando conciliar a atividade produtiva - ditame da subsistência - à vida - ditame da sobrevivência. Neste sentido ela é uma das disciplinas que estuda as pessoas no trabalho e um referencial para uma das dimensões da Engenharia, a Engenharia do Trabalho”. (VIDAL 1994, p.63.)

#### 2.1.4.4 Lead Time

Em uma visão do processo, é o tempo que se leva para que um serviço ou operação seja completamente executado, desde sua solicitação até sua entrega. (ARNOLD, 1999).

Para Tubino (1999) “*lead time*” é uma medida de tempo que está relacionado à flexibilidade do sistema produtivo em responder a uma solicitação do cliente. E pode ser uma medida de eficiência dos processos, otimizações ocorrerem para reduzir o lead time com enfoque em reduzir quantidade de material entre processo deixando o produto final mais barato.

#### 2.1.4.5 Balanceamento de linhas

Segundo Davis (2001) o balanceamento de linhas consiste de uma linha de trabalho ou estações de trabalho e cada operação possui um intervalo de tempo uniforme chamado de tempo de ciclo “*Cycle Time*”.

Segundo Martins (2000), o balanceamento da linha ocorre quando consegue produzir de acordo com o planejado, seguindo o “*Takt Time*” do produto.

Para obter uma ótima distribuição de tempo dentre as operações, deve-se levar em consideração a dificuldade em realizar a atividade em cada posto em isolado.

O tempo padrão (TP) disponível em uma hora é:

$$TP = 3600s * \% \text{ de fator de concessões}$$

De acordo com a O.I.T (Organização Internacional do Trabalho), pode ser aplicado até 12% de concessões (Suplemento), sendo no máximo 5% para as necessidades pessoais, 5% para fadiga e 2% para perdas inevitáveis

- Fator para Necessidades Pessoais: Aplicáveis ao tempo do colaborador.
- Fator para Fadiga: Levado em consideração o resultado do esforço mental, esforço físico (ergonomia) monotonia e as condições ambientais do processo de produção.
- Fator para Perdas Inevitáveis: Levado em consideração às trocas de ferramentas, atrasos de materiais, refugos de materiais e etc.

Portanto a produção horaria (PH) de um posto em isolado será:

$$PH = \frac{TP}{\text{Tempo de Ciclos}}$$

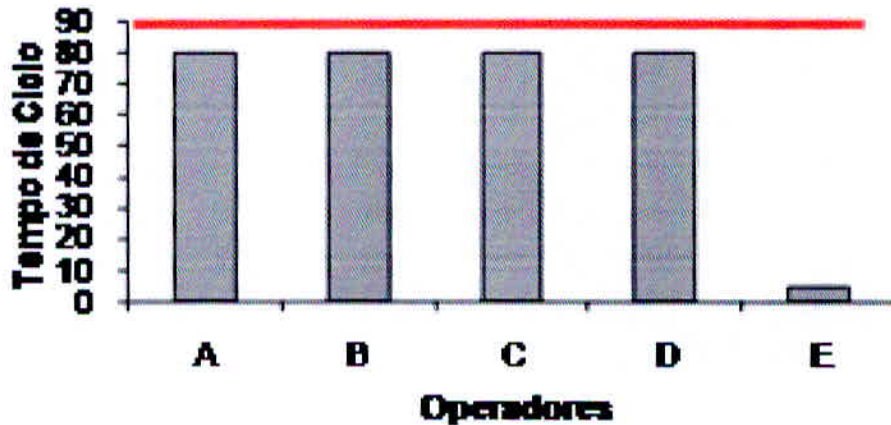
PH= Produção Horaria de um posto

TP= Tempo Padrão em uma hora

O balanceamento pode ser aplicado a uma linha de produção ou montagem. Na linha de produção os tempos de máquina não podem ser alterados, e eles determinam os postos de trabalho. Na linha de montagem predominam os tempos manuais e conseqüentemente é mais flexível para ser balanceada. O balanceamento de linha exclui os gargalos e as esperas na produção, além de proporcionar rodízios de funções e evitar doenças do trabalho por esforços repetitivos, que afeta de maneira negativa a produção das empresas e gera um alto índice de absenteísmo, e conseqüentemente sobrecarregam e aumentam as tarefas para os demais funcionários da empresa. (GOMES, 2008).

Para aumentar a qualidade na linha de montagem, é usual nos balanceamentos Lean a distribuição das operações de modo que todos possam ficar próximo do limite do Takt Time e o ultimo posto ter um tempo ocioso, sendo esse operador o mais experiente da linha garantindo a qualidade.

Gráfico 1 - Exemplo Balanceamento Lean.



Fonte (GOMES, 2008)

### 2.1.5 Kaizen

O nascimento do Kaizen se deu na fábrica da Toyota logo após a segunda guerra mundial. Pelo fato do então presidente da Toyota, Kiichiro Toyoda, ter visto a pequena produção de carros descaírem logo após a guerra, optou por reduzir o quadro de funcionários da empresa. Como o Japão tinha perdido a guerra e os Estados Unidos que havia vencido deixou o sindicato do Japão muito forte, o que impediu a demissão dos funcionários. Com muitas negociações, Kiichiro conseguiu reduzir um pouco o quadro de funcionários, mas em contra partida os funcionários que ficarem teriam empregos vitalícios.

Com esse problema de ter o quadro de operadores fixo e sabendo que esse quadro se tornaria parte da empresa durante um longo tempo, Ohno iniciou um ferramenta chamada de Kaizen, onde os funcionários são estimulados a dar ideias para evitar os sete desperdícios e a melhoria sempre continuam.

De acordo com Ohno (1996) a análise total do desperdício é ter em mente que uma melhoria somente faz sentido se tiver uma redução de custos.

Digamos, por exemplo, que uma linha de produção tem 10 trabalhadores e faz 100 produtos por dia. Isto significa que a capacidade da linha é de 100 peças por dia e que a produtividade da pessoa é de 10 peças. Observando a linha e os trabalhadores mais detalhadamente, entretanto, nota-se superprodução, trabalhadores aguardando e outros movimentos desnecessários conforme a hora do dia. [...] essa situação foi melhorada, onde 8 funcionários fazem as mesmas 100 peças por dia, sugere que podemos produzir 125 peças com 10 pessoas, aumentando a eficiência sem reduzir a força de trabalho. Na verdade, porém, a capacidade para fazer 125



peças por dia existia antes, mas estava sendo desperdiçada na forma de trabalho desnecessário e superprodução. (OHNO 1996, p. 142)

Para Ohno (1996) a equação da capacidade atual é:

$$\text{Capacidade Atual} = \text{Trabalho} + \text{Desperdício}$$

Os desperdícios ilustrados por Ohno (1996) são:

1. Excesso de produção: Produzir mais e antes que o necessário.
2. Inventário: Peças semiacabadas entre operações.
3. Transporte: Movimento de peças.
4. Processos Desnecessários: Passos que não são necessários ao processo.
5. Má Qualidade: Peças que necessitam de retrabalho ou é são sucata.
6. Manuseio: Movimentos desnecessários do trabalhador.
7. Espera: Trabalhadores esperando por máquinas ou peças.

### 3 QUALIDADE INDUSTRIAL

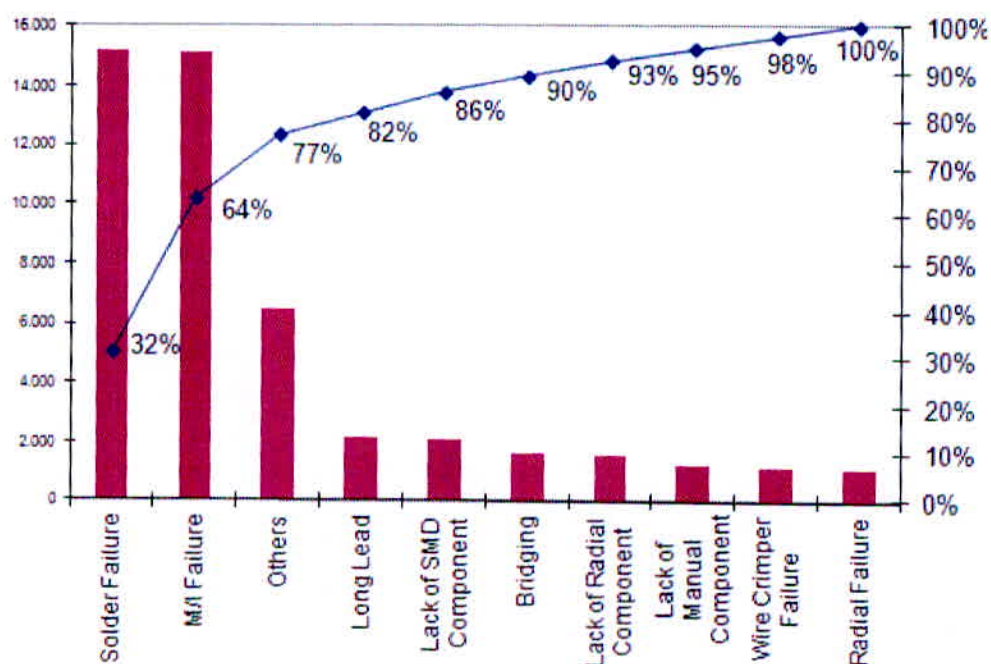
#### 3.1 Conceitos de Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto constitui uma das ferramentas utilizadas no controle de qualidade e foi inicialmente definido pelo guru da qualidade Joseph Juran em 1950. Na sua base está o Princípio de Pareto que refere que um pequeno número de causas (geralmente 20%) é responsável pela maioria dos problemas (80%). A grande aplicabilidade deste princípio é a resolução dos problemas da qualidade reside precisamente no fato de ajudar a identificar o reduzido número de causas que estão muitas vezes por detrás de uma grande parte dos problemas que ocorrem. É na detecção dos 20% de causas que dão origem a 80% dos efeitos que o Diagrama de Pareto se revela uma ferramenta muito eficiente.

##### 3.1.1 Apresentação gráfica do diagrama de Pareto

Na construção do Diagrama de Pareto é utilizado um gráfico de barras e linhas, em que nas barras são apresentadas as frequências das ocorrências por ordem decrescente e na linha as frequências acumuladas como mostra figura abaixo. Através deste diagrama é possível observar a contribuição das principais causas para determinado acontecimento.

Figura 2 Exemplo Gráfico de Pareto.

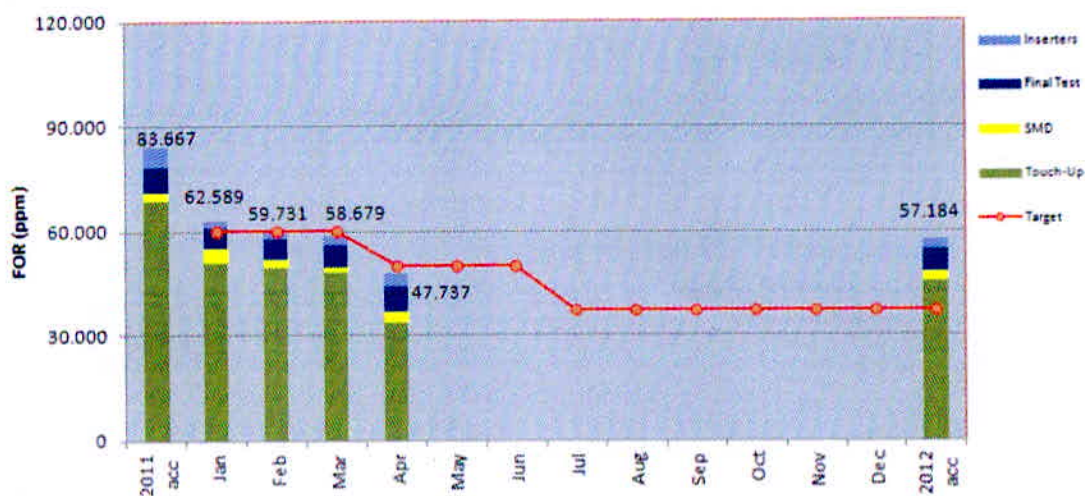


Fonte: O Autor

### 3.2 Tendência

Os gráficos de tendências são instrumentos estatísticos extremamente simples e é utilizada para monitorar um sistema, com a finalidade de observar alterações em seu comportamento ao longo do tempo. O seu uso é bastante frequente para o acompanhamento de produtividade ou desempenho de diversas atividades, como a quantidade de componentes entregues, número de blocos refugados diariamente.

Figura 3 Exemplo Gráfico de Tendência.



Fonte: O Autor

### 3.3 Princípios de Deming

Para Deming (1990), existem 14 princípios que descrevem a gestão e o caminho para a qualidade total. São eles:

1. Criar constância de propósito de aperfeiçoamento do produto e serviço, a fim de torná-los competitivos, perpetuá-los no mercado e gerar empregos.
2. Adotar uma nova filosofia. Vivemos numa nova era econômica. A administração ocidental deve despertar para o desafio, conscientizar-se de suas responsabilidades e assumir a liderança em direção à transformação.
3. Acabar com a dependência de inspeção para a obtenção da qualidade. Eliminar a necessidade de inspeção em massa, priorizando a internalização da qualidade do produto.

4. Acabar com a prática de negócios compensadora baseada apenas no preço. Em vez disso, minimizar o custo total. Insistir nas ideias de um único fornecedor para cada item, desenvolvendo relacionamentos duradouros, calcados na qualidade e na confiança.
5. Aperfeiçoar constante e continuamente todo o processo de planejamento, produção e serviços, com o objetivo de aumentar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir os custos.
6. Fornecer treinamento no local de trabalho.
7. Adotar e estabelecer liderança. O objetivo da liderança é ajudar as pessoas a realizar um trabalho melhor. Assim como a liderança dos trabalhadores, a liderança empresarial necessita de uma completa reformulação.
8. Eliminar o medo.
9. Quebrar as barreiras entre departamentos. Os colaboradores dos setores de pesquisa, projetos, vendas, compras ou produção devem trabalhar em equipe, tornando-se capazes de antecipar problemas que possam surgir durante a produção ou durante a utilização dos produtos ou serviços.
10. Eliminar slogans, exortações, e metas dirigidas aos empregados.
11. Eliminar padrões artificiais (cotas numéricas) para o chão de fábrica, a administração por objetivos (APO) e a administração através de números e metas numéricas.
12. Remover barreiras que despojem as pessoas de orgulho no trabalho. A atenção dos supervisores deve voltar-se para a qualidade e não para números. Remover as barreiras que usurpa dos colaboradores das áreas administrativas e de planejamento/engenharia o justo direito de orgulhar-se do produto de seu trabalho. Isso significa a abolição das avaliações de desempenho ou de mérito e da administração por objetivos ou por números.
13. Estabelecer um programa rigoroso de educação e evolução para todo o pessoal.
14. Colocar todos da empresa para trabalhar de modo a realizar a transformação. A transformação é tarefa de todos.

### **3.4 Ciclos PDCA**

Como informa Carvalho (2008) o ciclo PDCA foi idealizado no Japão após a guerra, pelo Físico Shewhart, mas quem divulgou e efetivamente implantou essa ferramenta foi Deming.

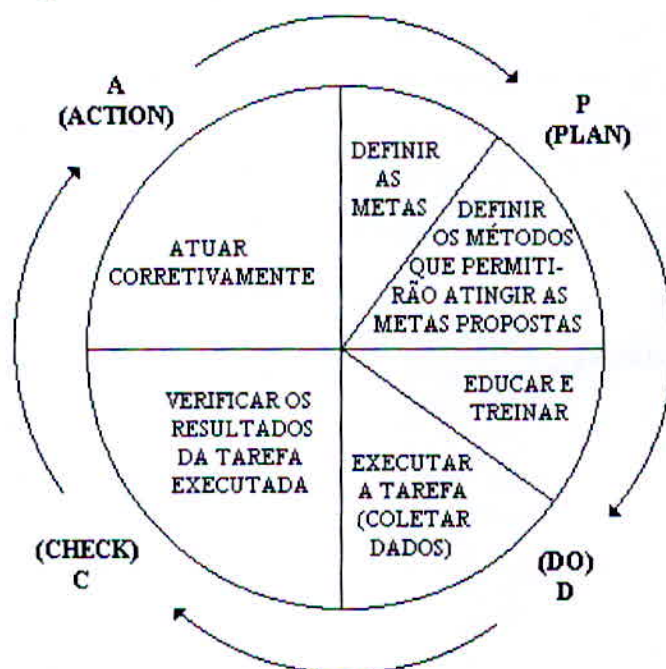
O ciclo PDCA tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, como por exemplo, na Gestão da qualidade, dividindo-a em quatro principais passos. (CARVALHO 2008, p. 14).

Segundo Carvalho (2008) o PDCA é aplicado principalmente nas normas de sistemas de gestão e deve ser utilizado (pelo menos na teoria) em qualquer empresa de forma a garantir o sucesso nos negócios, independentemente da área ou departamento (vendas, compras, engenharia e manutenção). O ciclo começa pelo planejamento, em seguida a ação ou conjunto de ações planejadas são executadas, checka-se o que foi feito, se estava de acordo com o planejado, constantemente e repetidamente (ciclicamente) e toma-se uma ação para eliminar ou ao menos mitigar defeitos no produto ou na execução.

Os passos são os seguintes:

- **PLAN:** (planejamento) estabelecer missão, visão, objetivos (metas), procedimentos e processos (metodologias) necessários para o atingimento dos resultados.
- **DO:** (Execução) realizar, executar as atividades.
- **CHECK:** (Verificação) monitorar e avaliar os resultados, periodicamente, avaliar processos e resultados, confrontando-os com o planejado, objetivos, especificações e estado desejado, consolidando as informações, eventualmente confeccionando relatórios.
- **ACT:** (Agir) Agir de acordo com o avaliado, e de acordo com os relatórios, eventualmente determinar e confeccionar novos planos de ação, de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas.

Figura 4 - Ciclo PDCA



Fonte: CARVALHO 2008

### 3.5 Diagramas de Ishikawa

Para Carvalho (2008) o diagrama de Ishikawa ou Espinha-de-peixe é uma ferramenta gráfica utilizada pela administração para o gerenciamento, no controle da qualidade (CQ) e em processos diversos. Originalmente proposto pelo Engenheiro Químico Kaoru Ishikawa em 1943 e aperfeiçoado nos anos seguintes, o diagrama de Ishikawa é também conhecido como diagrama causa-efeito ou diagrama espinha-de-peixe.

## 4 REDUÇÃO DE RETRABALHO EM UMA LINHA DE REATORES

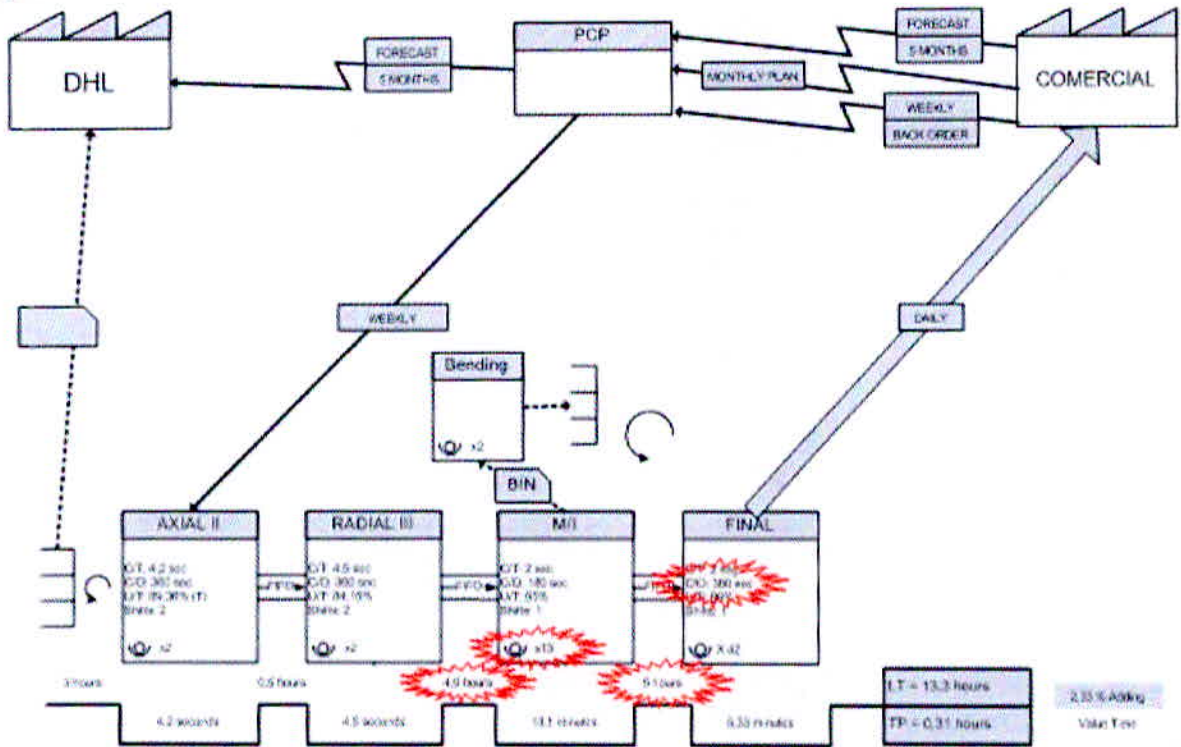
Esse trabalho contempla um estudo de caso em uma empresa de reatores eletrônicos, que visa à redução dos níveis de retrabalho fabril. Para reduzir as taxa de retrabalho serão utilizados conceitos e ferramentas Lean Manufacturing.

### 4.1 Aplicações do Value Stream Mapping

O Value Stream Mapping é uma ferramenta utilizada para mapear o fluxo de valor de um determinado produto. Essa ferramenta será utilizada para mapear o fluxo de um reator Basic EB-240-16 A 26, para definir Kaizen em pontos macros do processo e verificar o que agrega valor ao produto.

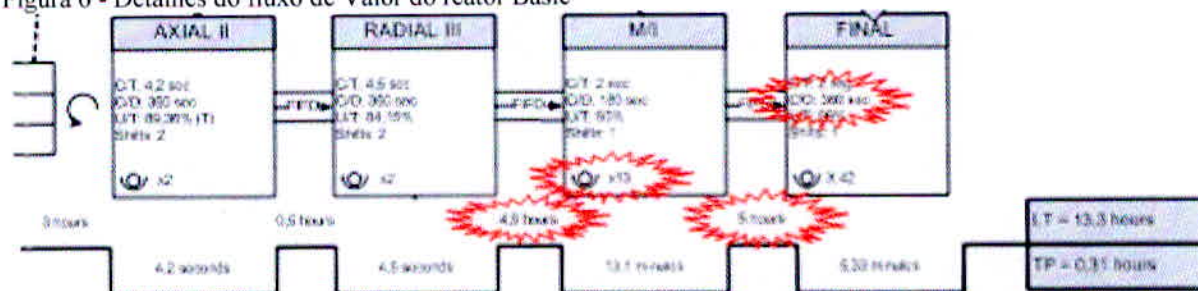
O Value Stream Mapping (VSM) será aplicado de porta a porta do ambiente de produção de reatores eletrônicos em uma empresa situada em Varginha, como mostra os mapas abaixo.

Figura 5 - Fluxo de Valor do reator Basic



Fonte: O Autor

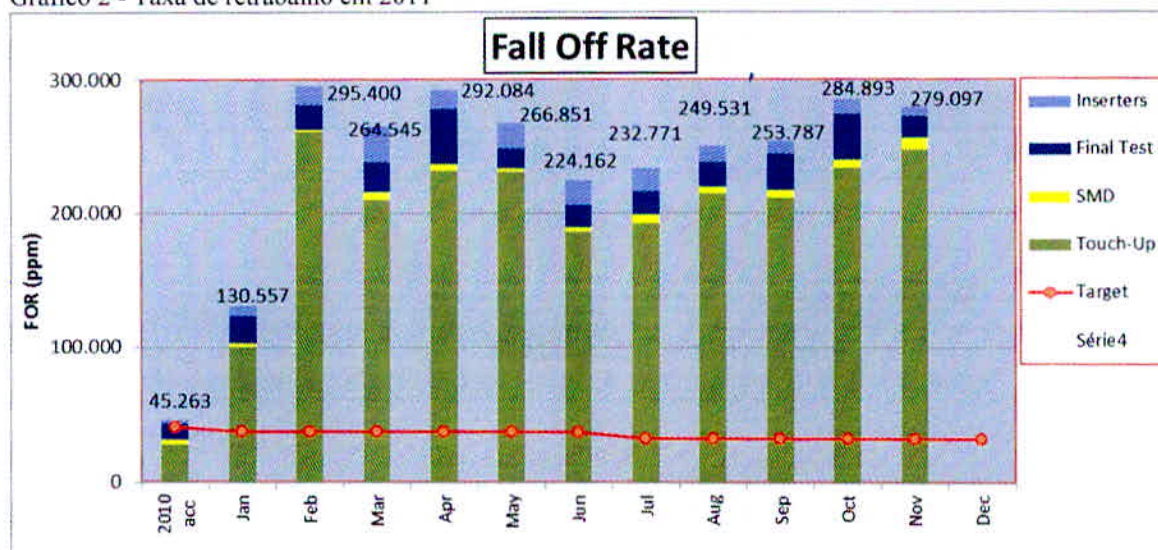
Figura 6 - Detalhes do fluxo de Valor do reator Basic



Fonte: O Autor

Com análises do mapa, foi definido o processo onde será feito o estudo de melhorias. A equipe de Engenharia de Processos definiu o posto de retrabalho, identificado na figura acima como M/I onde é o *TOUCH-UP* (Rejeito Alto) que está contribuindo com quatro pessoas das 13 pessoas especificadas. O posto de retrabalho *TOUCH-UP* esta com um alto índice de retrabalho e o processo esta custeando o valor da não qualidade com operadores adicionais, como mostra o gráfico a seguir.

Gráfico 2 - Taxa de retrabalho em 2011



Fonte: O Autor

Com análises do gráfico de tendência acima durante o ano de 2011, está evidente que os números do retrabalho estão muito acima do normal.

## 4.2 Aplicações do Pareto

Pareto é uma ferramenta utilizada para destacar os maiores problemas, como Pareto diz 80 % dos efeitos correspondem a 20 % dos problemas.



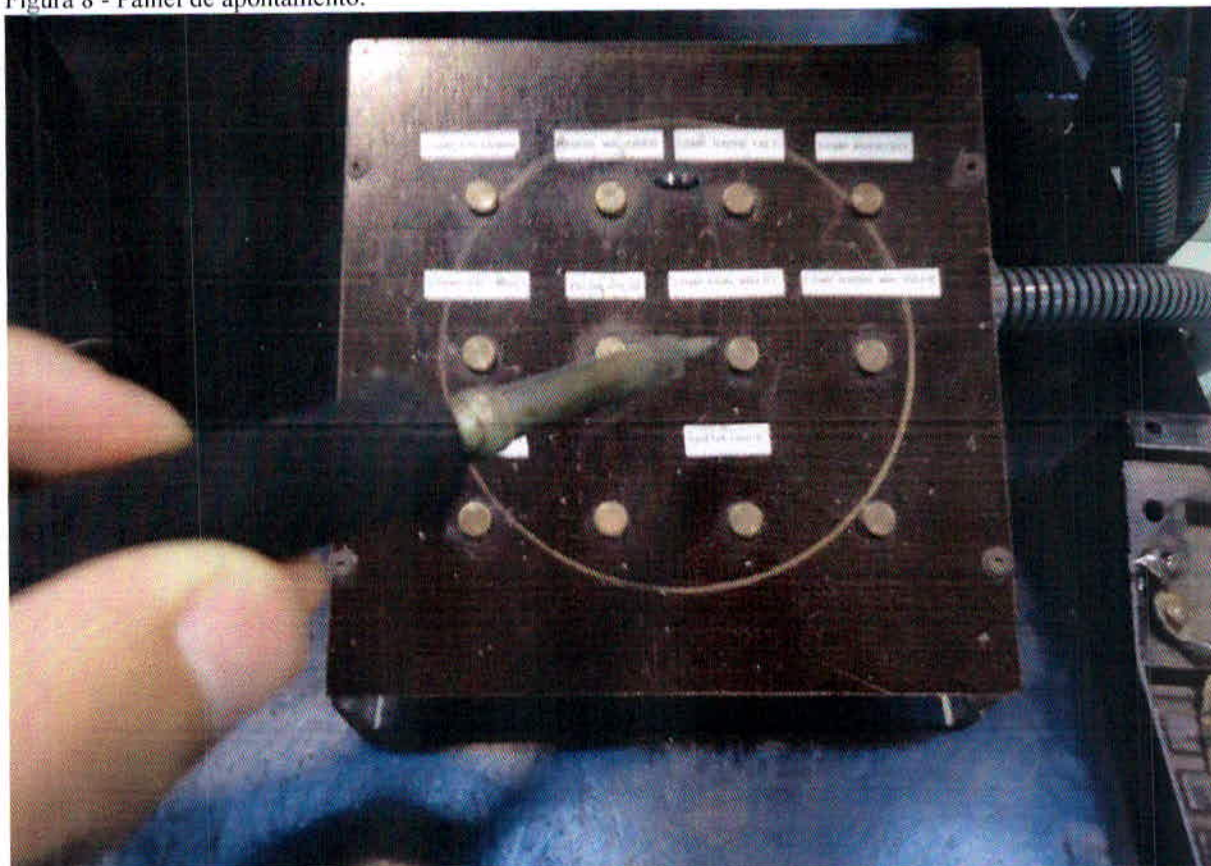
Com o gráfico de tendência constante e muito acima da meta fabril, precisávamos descobrir as principais causas da alta taxa de retrabalho. Assim, foi utilizado o apontamento do retrabalho, como exemplifica a figura a seguir, assim nortear as possíveis causas do trabalho.

Figura 7 - Apontamento de Produção – Posto Touch UP

RETRABALHO ELETRÔNICO TOUCH UP - QUANTIDADE POR FAMILIA													
MÁQUINA	MODELOS	DATA: 11/10/2010	TUBINO: F	TIPOS DE DEFEITOS							TOTAL DEFEITOS	TOTAL PEÇA	
				COMPONENTE MANEJAL PALETEADO	COMPONENTE MANEJAL PALETEADO	COMPONENTE MANEJAL PALETEADO	COMPONENTE INVERTIDO	TRUSS UNIDA	COMPONENTE MANEJAL PALETEADO	TOTAL DEFEITOS			
04	08 240 A 16/26		3									63	509
06	08 216 A 16/26		5					6				176	1416
07	08 216 A 16/26		3					12			1	189	3400
08	08 216 A 16/26		11					11			2	283	2232
09	08 216 A 16/26		8								2	263	109
10	08 216 A 16/26		4									213	2264
11	08 216 A 16/26		4									21	168
12	08 216 A 16/26		11					7				215	1720
13	08 216 A 16/26		11									281	2336
14	08 216 A 16/26		11								3	249	1992
15	08 216 A 16/26		9									245	1960

Fonte: O Autor

Figura 8 - Painel de apontamento.



Fonte: O Autor

Para indicar o retrabalho é utilizado um painel eletrônico, assim facilitando o trabalho de medição e a precisão do apontamento como ilustra imagem acima, mostrando como é feito o apontamento logo ao ser encontrado, com o ferro de solda deve encostar-se ao sensor identificado com uma fita nomeada com o tipo de reparo feito. Esses dados são computados no painel eletrônico como mostra na imagem abaixo e após o fechamento da hora é apontado manualmente na folha de apontamento do retrabalho como mostra a figura de apontamento de produção.

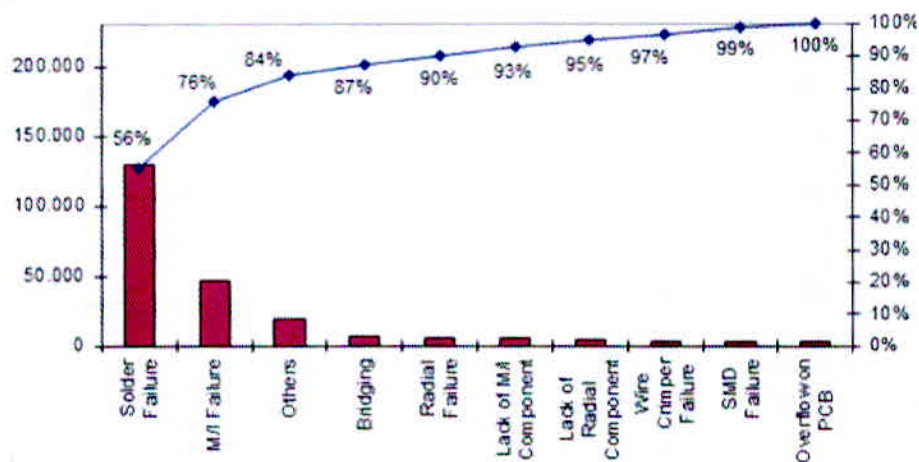
Figura 9 - Painel eletrônico.



Fonte: O Autor

Com análises retiradas das folhas de apontamento, hora após hora na linha de produção foi evidenciado e efetivamente encontrado os maiores problemas do posto de retrabalho da linha *TOUCH-UP*, como mostra o gráfico de Pareto do posto Touch-Up logo abaixo, foi encontrado duas possíveis causas, como descrito *Solder Failure* (Falha de Solda) e *M/I Failure* (Inserção Manual Mal Inserido).

Gráfico 3 - Pareto do posto Touch UP



Fonte: O Autor

O gráfico de Pareto é uma ferramenta de grande importância para detectar os maiores problemas como mostra a figura anterior. Para resolver e encontrar a causa raiz dos maiores problemas, devemos utilizar outra ferramenta chamada de diagrama de Ishikawa.

### 4.3 Aplicações do ISHIKAWA

Para a identificação das possíveis causas do alto índice de retrabalho, usaremos os conceitos e a ferramenta diagrama de causa e efeito ou Ishikawa.

A princípio foi reunida uma equipe multifuncional, com especialistas de diversos setores fabris. Com essa reunião, foram definidas algumas possíveis causas do problema, como mostra o *BRAINSTORMING* (Chuva de ideias) onde cada quadro da figura abaixo corresponde a uma ideia.

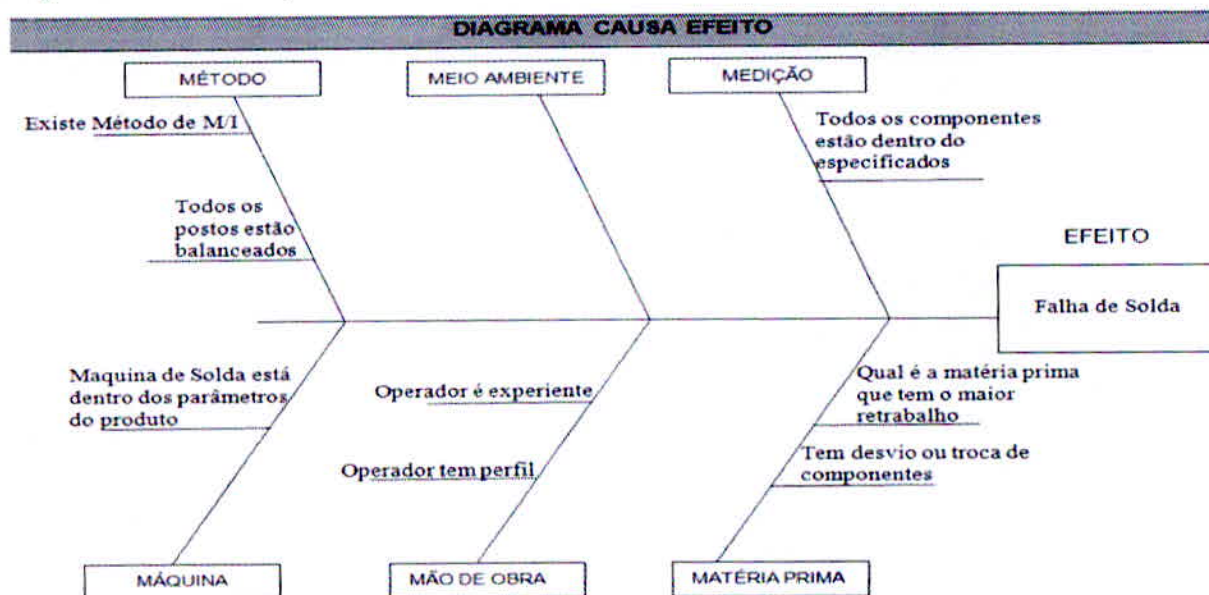
Quadro 1 - Brainstorming para reduzir retrabalho no Touch UP.

BRAINSTORMING				
Existe Método de M/I	A Máquina que solda esta funcionando corretamente	Todos os componentes estão dentro do especificados.		
Todos os postos estão balanceados	Todos os operadores são experientes na inserção.	Existe um componentes que é o maior numero de retrabalho		
Existem componentes não conhecidos como desvio ou novos fabricantes	Todos os operadores tem o perfil para inserir os componentes nas placas			

Fonte: O Autor

Após a reunião e ter gerado uma chuva de ideias da equipe multidisciplinar, foi então gerado um diagrama de causa e efeito (ISHIKAWA), como mostra a diagrama a seguir.

Figura 10 - Ishikawa para reduzir o retrabalho Touch UP.



Fonte: O Autor

Com o preenchimento do diagrama de causa e efeito, foram constatadas varias causas como citada no diagrama acima e gerado um plano de ação com prioridades e facilidades para cada causa.

Quadro 2 - Plano de ações

LatAm - Master Plan					2011		2012											
					Q4	Q1	Q2	Q3	Q4									
Reduzir as taxas de retrabalho no filtro Touch UP					Month													
TASK	Prioridade	Facilidade	Total	STATUS	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
LatAm - Master Plan																		
Mapear os componentes que estão com o maior número de retrabalho no touch UP	10	10	100	100%														
Revisar os tempos e métodos das linhas Iniciais	10	7	70	100%														
Verificar se a maquina de solda esta dentro dos parâmetros	10	7	70	100%														
Verificar os métodos da inserção dos componentes manuais	5	10	50	100%														
Verificar o percentual de pessoas em curva de aprendizado na linha	5	10	50	100%														
Verificar se existe componentes novos como desvio de componentes	4	10	40	100%														
Verificar as condições físicas do material	2	5	10	100%														
Controlar os níveis de retrabalho	2	5	10	100%														

Fonte: O Autor

Como definido no plano de ação, focamos nos problemas que teriam uma prioridade maior. Sendo definido:

- Parâmetros da Maquina de Solda;
- Análises dos componentes com a maior taxa de retrabalho;

c) Balanceamentos das Linhas.

Será descritos abaixo a resolução dos respectivos problemas com o foco em reduzir o nível de retrabalho.

#### 4.4 Parâmetros e métodos da máquina de solda

No ambiente de produção existe um equipamento que faz a soldagem das placas “*multi board*” chamado na imagem abaixo de Máquina de Solda.

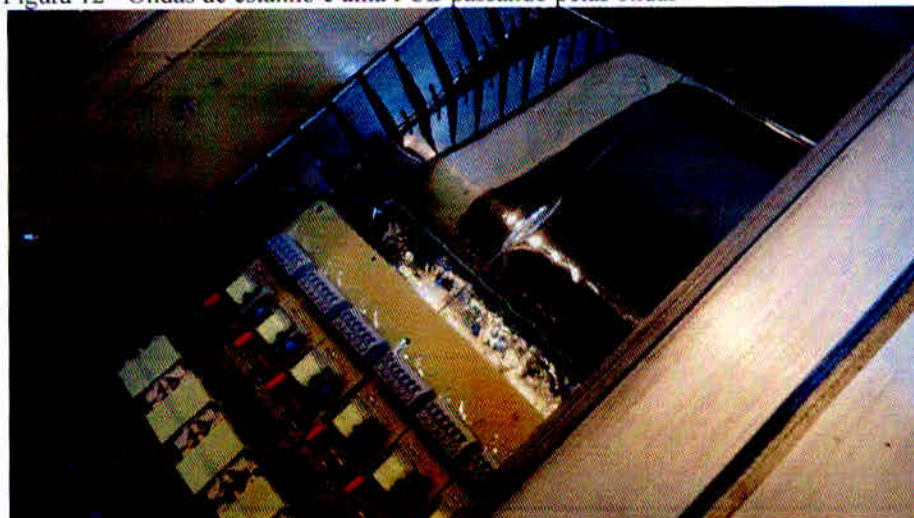
Figura 11 - Máquina de solda



Fonte: O Autor

Esse equipamento faz a soldagem através de ondas planas (*Solder Wave* ou *Main Wave*) e turbulentas (*Chip Wave*) como mostra a próxima figura.

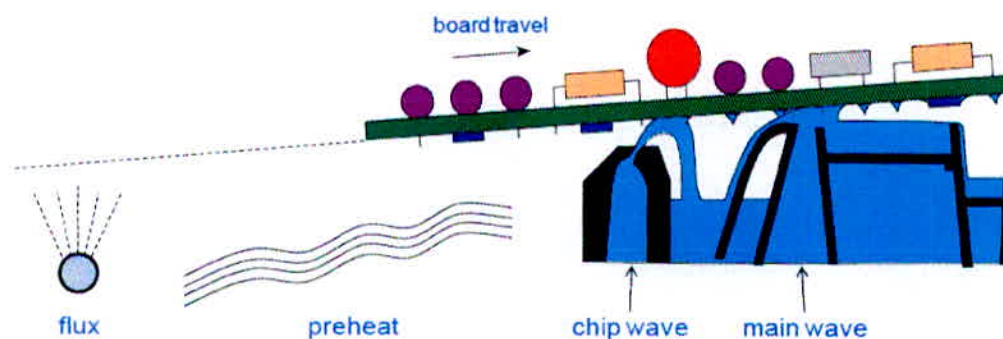
Figura 12 - Ondas de estanho e uma PCB passando pelas ondas



Fonte: O Autor

Onda de solda é uma técnica amplamente utilizada para produtos de iluminação e controles. As regras de concepção são baseadas em parâmetros de processo determinados e podem ser facilmente encontrados nos fabricantes das máquinas de solda. É importante que os parâmetros críticos do processo sejam ajustados e monitorados. Veja a seguir o detalhe esquemático da máquina de solda.

Figura 13 Desenho esquemático da máquina de solda.



Fonte: O Autor

As placas múltiplas com os componentes elétricos já montados são transportadas por um “conveyor” (corrente) que está ligada à linha inicial.

Dentro da máquina de solda as placas múltiplas passam pelo fluxo, chamada de “flux”. O Fluxo tem a função de remover os óxidos das peças metálicas a serem soldadas. Em sequência as placas múltiplas passam por um pré-aquecimento cujo nome no esquema é

“preheat”, o pré-aquecimento tem a função de aquecer os componentes para que não ocorra o efeito chamado de choque térmico quando entrar em contato com a solda de estanho e evaporar o fluxo de uma forma branda para que não ocorra o efeito explosivo do solvente do fluxo. Após a secagem do fluxo o painel (Placas Múltiplas) entra em contato com a primeira onda, chamada de “chip wave” onde tem por finalidade molhar todas as partes metalizadas que devem ser soldadas, a onda deve ser alta e turbulenta suficientes para cumprir a tarefa, sem que transborde na parte superior da placa. No ultimo estágio da máquina é a soldagem propriamente dita, isto é feito por uma onda laminar e plana. O ângulo de transporte “conveyor” ideal é de 7° graus e sua velocidade é variada de acordo com os parâmetros da máquina.

Os parâmetros da máquina de solda é indicado conforme orientação do quadro abaixo.

Quadro 3 - Valores para parâmetros de processo da Máquina de Solda.

### Process parameters and their required values

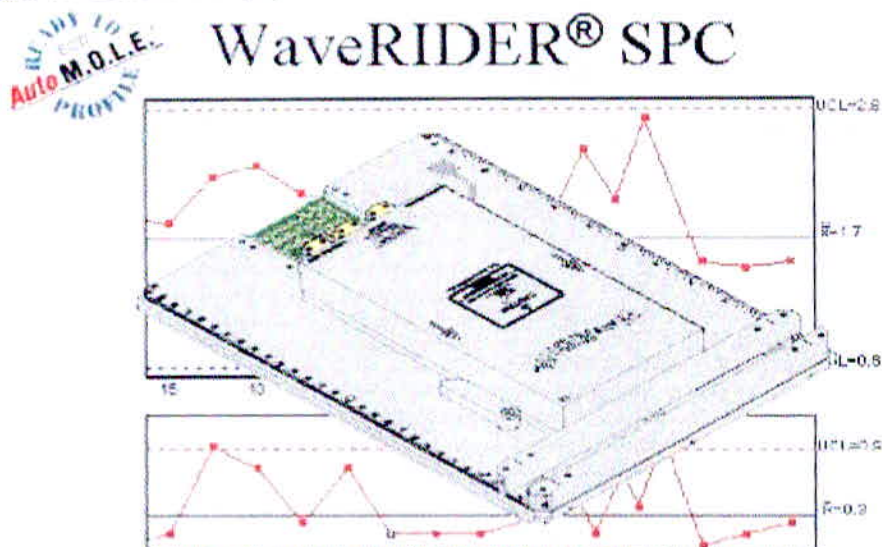
Process step	parameter	PCB type	Min-max
Angle	Angle transport to horizontal	all	6.5 – 7.5°
Flux	Layer thickness RF800	all	1.3-1.8 µm
	Layer thickness EF6103	all	0.95-1.4 µm
Pre-heat	Temp-time profile*	measured at soldering side	110°C-130°C
Soldering	Solder bath temperature	all	255°C- 265°C
	Chip wave contact time	single sided	0.5s-1.0s
		double sided/multi-layer	0.6s-1.2s
	Main wave contact time	single sided	1.8s-2.2s
double sided/multi-layer		2.2s-2.6s	
Soldering	Chip wave immersion depth	PCB thickness 1.6mm	1.6mm-2.4mm
		PCB thickness 1.0 mm	1.0mm-2.4mm
Soldering	Main wave immersion depth	PCB thickness 1.6mm	0.8mm-1.6mm
		PCB thickness 1.0 mm	0.5mm-1.0mm
	Speed difference PCB and main wave	all	0 m/s**

Fonte: O autor

As conferências da máquina de solda é feita por um equipamento chamado de “Wave Rider” como mostra o desenho do equipamento a seguir.



Figura 14 - Desenho do equipamento Wave Rider



Fonte: (ECD, 2012)

Com esse equipamento é medido o tempo de contato com as ondas planas e turbulentas, velocidade do “conveyor”, temperatura do “preheat”, altura de imersão da solda e paralelismo. Veja o resultado no quadro a seguir com os valores da primeira amostra.

Quadro 4 - Primeiros dados da maquina de solda.

Preheat		Chip Wave		Soldier Wave	
Max Temp:	113 C	Delta T at Wave:	3 C	Delta T at Wave:	15 C
Min Temp:	24 C	Contact Temp:	173 C	Contact Temp:	204 C
Max Slope:	2,2 C/sec	Dwell Time:	(A) 0,4 sec (B) 0,2 sec (C) 0,1 sec	Dwell Time:	(A) 1,6 sec (B) 2,2 sec (C) 1,5 sec
Conveyor:	1,44 m/min	Cont Length:	(A) 0,96 cm (B) 0,48 cm (C) 0,24 cm	Cont Length:	(A) 3,85 cm (B) 5,29 cm (C) 3,61 cm
<b>M.O.L.E.(r)</b>					
Temp:	20 C	Immersion Depth:		Immersion Depth:	1,74 mm
Batt:	3,805 Volts	Parallelism:	-0,3 sec	Parallelism:	-0,1 sec

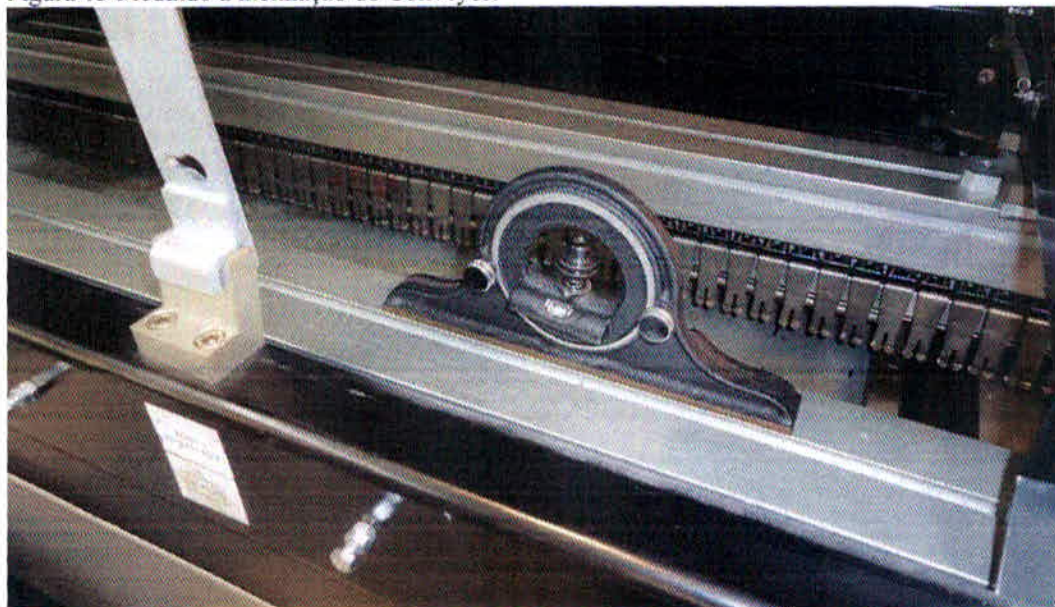
Coupon Temperature Statistics

Ch	MinC	MaxC	Max (-) Slope		Max (+) Slope		Time Above	
Top	24	131	-3,4	deg C/sec	4,8	deg C/sec	0,0	sec
Solder	30	204					1,5	sec
Bottom	24	138	-3,4	deg C/sec	4,3	deg C/sec	0,0	sec

Fonte: O Autor

Após as verificações da maquina de solda, foi verificado que alguns parâmetros como tempo de contato das ondas turbulentas e planas estavam fora dos limites inferiores e superiores em comparação da primeira amostra com o quadro de parâmetros a ser seguidos.

Figura 15 Medindo a inclinação do Conveyor.



Fonte: O Autor

Quadro 5 - Dados da máquina de solda após a parametrização.

Preheat		Chip Wave		Solder Wave	
Max Temp:	123 C	Delta T at Wave:	3 C	Delta T at Wave:	17 C
Min Temp:	29 C	Contact Temp:	192 C	Contact Temp:	209 C
Max Slope:	2,4 C/sec	Dwell Time:	(A) 0,4 sec (B) 0,4 sec (C) 0,4 sec	Dwell Time:	(A) 2,0 sec (B) 1,9 sec (C) 2,2 sec
Conveyor:	1,29 m/min	Cont Length:	(A) 0,86 cm (B) 0,86 cm (C) 0,86 cm	Cont Length:	(A) 4,31 cm (B) 4,09 cm (C) 4,74 cm
<b>M.O.L.E.(r)</b>					
Temp:	37 C			Immersion Depth:	1,12 mm
Batt:	4,069 Volts	Parallelism:	0,0 sec	Parallelism:	0,2 sec

Coupon Temperature Statistics

On	MinC	MaxC	Max (-) Slope		Max (+) Slope		Time Above	
Top	29	143	-3,6	deg C/sec	4,9	deg C/sec	0,0	sec
Solder	26	209					3,9	sec
Bottom	28	151	-3,6	deg C/sec	4,2	deg C/sec	0,0	sec

Fonte: O Autor

Para correção do tempo de contato dos sensores do equipamento com as ondas turbulentas e planas, foram alterados os valores da velocidade do conveyor como mostra a Quadro acima e conferido o ângulo de inclinação da corrente como mostra figura 22.

Garantindo que a máquina de solda estava com as condições físicas de acordo com o especificado, foi feita uma análise química através de uma empresa especializada onde foi

medido as composições químicas que estava dentro do cadinho. Foi verificado que estava dentro dos padrões normais como mostra a seguir.

Figura 16 Resultado das análises químicas da solda

Informamos abaixo os resultados da análise química efetuada em amostra recebida:

Identificação	chente	1 - Máquina de solda linha 1	2 - Máquina de solda linha 2	Valores
Identificação	SOFT	D 126/2012	D 110/12	Aceitáveis
% Sn	Estanho	63,76	63,13	62.00 a 64.00
% Pb	Chumbo	Dif.	Dif.	Dif.
% Sb	Antimônio	0,0049	0,0041	máx. 0.500
% Cu	Cobre	0,235*	0,209*	máx. 0.300
% Fe	Ferro	0,0022	0,0023	máx. 0.020
% Zn	Zinco	<0,0005	<0,0005	máx. 0.005
% As	Arsênio	0,0057	0,0053	máx. 0.050
% Bi	Bismuto	0,0193	0,0192	máx. 0.250
% Cd	Cádmio	0,0014	0,0008	máx. 0.010
% Ag	Prata	0,0804	0,0023	máx. 0.100
% Ni	Níquel	0,0029	0,0009	—
% Al	Alumínio	<0,0005	<0,0005	máx. 0.005

Comentário:

Amostra 1, Amostra 2

Não há problema em se trabalhar com a solda correspondente à amostra recebida sem a necessidade de qualquer tipo de correção.

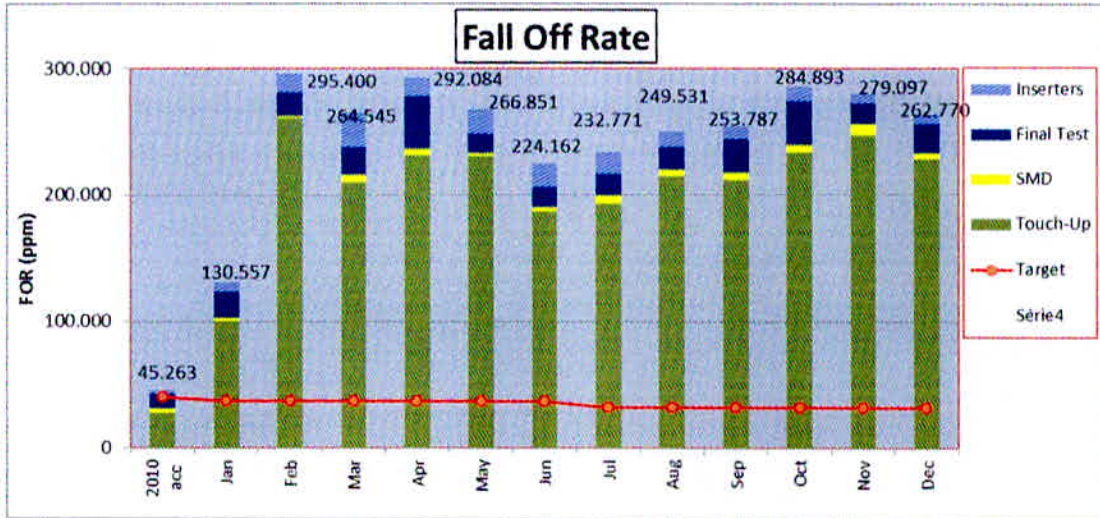
\* Teor de cobre ainda está abaixo do limite máximo aceitável, mas deve-se monitorar com frequência a análise para manter a contaminação (cujas tendências é aumentar) sob controle.

Aproveitamos a oportunidade para reforçar nossa disposição de prestar qualquer apoio técnico que se faça necessário à operação de seu processo de soldagem.

Fonte: (SOFT, 2012)

Em análises dos resultados obtidos na coleta dos dados no posto de retrabalho, após a parametrização da máquina de solda, foi constatada uma pequena melhora dos resultados, mais insuficientes para os patamares dos níveis de retrabalho como mostra o próximo gráfico.

Gráfico 4 - Resultado após a parametrização da máquina de solda.



Fonte: O Autor

A princípio apesar de não obter o sucesso esperado com a parametrização da maquina de solda hoje é controlados diariamente todos os pontos críticos da maquina.

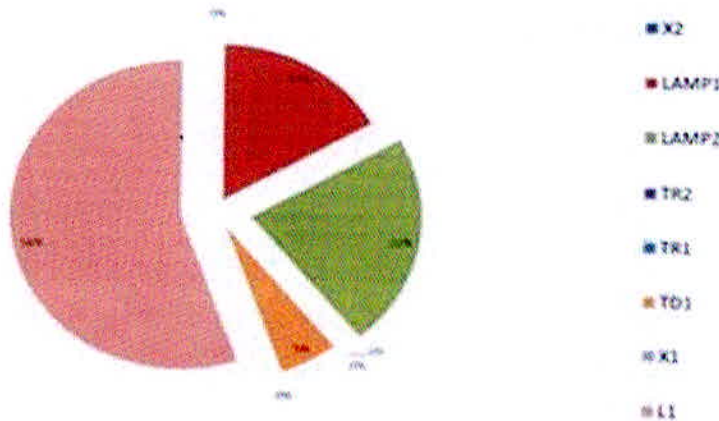
#### 4.5 Análises dos componentes com a maior taxa de retrabalho

Como foi definido no plano de ação um dos passos para redução do retrabalho no posto Touch Up foi à identificação dos componentes que são mais vezes retrabalhados.

Após a coleta dos dados no posto Touch Up em uma amostragem de 240 Placas foi verificado a contribuição de cada componente para os níveis de retrabalho.

Gráfico 5 - Mapa dos componentes manuais mal inseridos.

#### Defects per Manual Components (240 Placas)

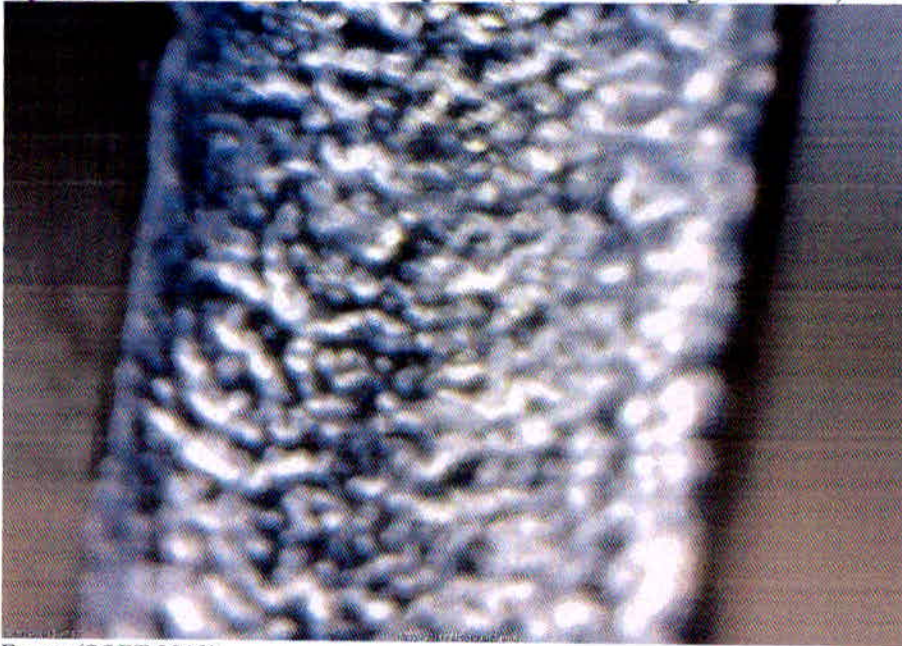


Fonte: O Autor

O gráfico anterior mostrou os níveis de retrabalho, aonde 56% representou o componente magnético do fabricante Kangshun, inserido na placa em um endereço L1.

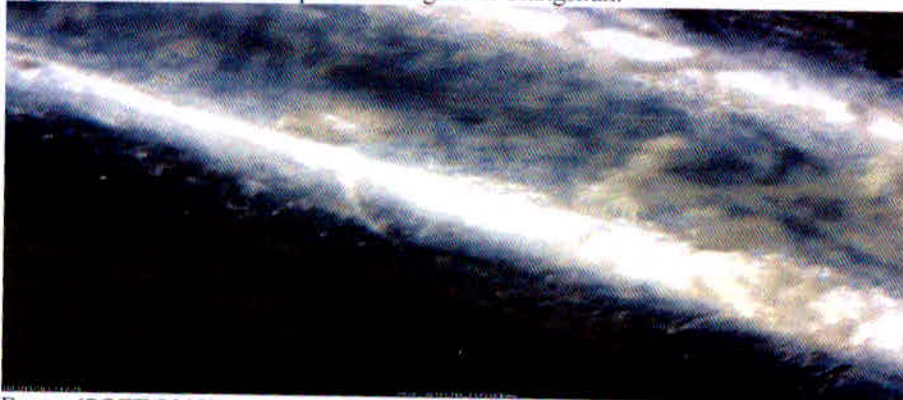
A fim de reduzir o percentual de defeito no componente magnético foi feito um estudo, no qual foi realizada uma análise microscópica do componente do fornecedor anterior e no fornecedor atual (Kangshun) para verificar as condições de soldabilidade, já que os componentes magnéticos do fabricante Kangshun após o processo automático de solda os terminais do componente apresentavam uma baixa aderência ao estanho.

Figura 17 Terminal do componente magnético (Amostra do antigo fornecedor).



Fonte: (SOFT,2012)

Figura 18 Terminal do componente magnético Kangshun.



Fonte: (SOFT,2012)

Como mostra a imagens 27 e 28 foi feita uma comparação dos terminais dos componentes do fornecedor anterior com o atual Kangshun, foi constatado que os terminais

do componente magnéticos do fornecedor antigo teriam 30% a mais de estanho do que o fornecedor Kangshun.

Com menos estanho em seu terminal, o componente magnético Kangshun teria uma baixa soldabilidade e assim aumentado às taxas de retrabalho desde fevereiro de 2011.

Esse estudo realizado foi enviado a esse fornecedor e após analisar os resultados enviados, o fornecedor conseguiu melhorar o seu processo e garantir que os seus terminais apresentassem a quantidade ideal de estanho em seus terminais para uma correta soldagem.

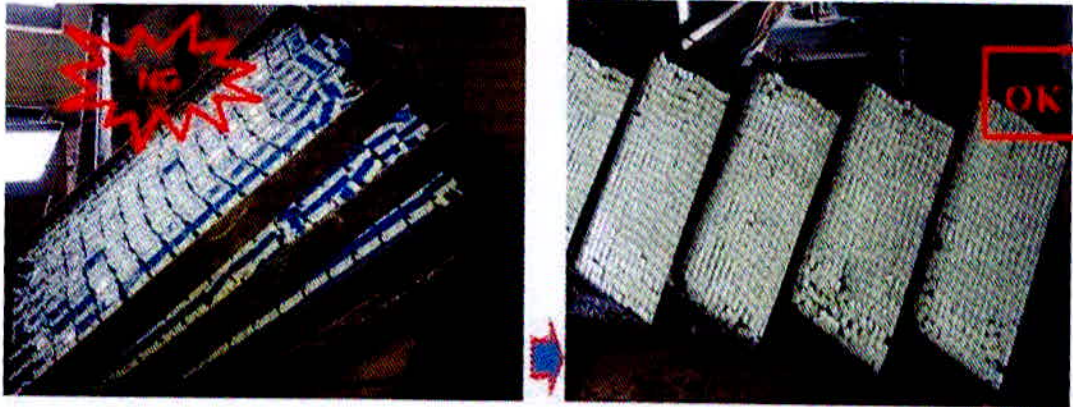
Ele descobriu quem em seu processo intermediário de fabricação, um verniz escorria para os terminais devido à maneira de armazenagem, ou seja, o verniz impedia a adesão de estanho no terminal durante o banho. Por conta desse fato apresentava baixa soldabilidade.

A alteração da forma de armazenagem dentro do processo de fabricação, de forma a impedir o escorrimento do verniz para os terminais, garantiu a soldabilidade dos componentes magnéticos.

Figura 19 Processo do fornecedor Kangshun e a identificação do problema verniz.

3. Description of root cause (根本原因) :

By checking varnish process, we find that, carriers are piled up. Then, varnish drips down from top layer down and contaminate the parts' pin in lower layers.



Fonte: (Kangshun,2012)

A partir desse momento os componentes magnéticos passaram a apresentar boa soldabilidade. No processo de soldagem automática onde as juntas de solda ficavam completamente preenchidas, assim reduzindo as taxas de retrabalho do posto Touch UP.

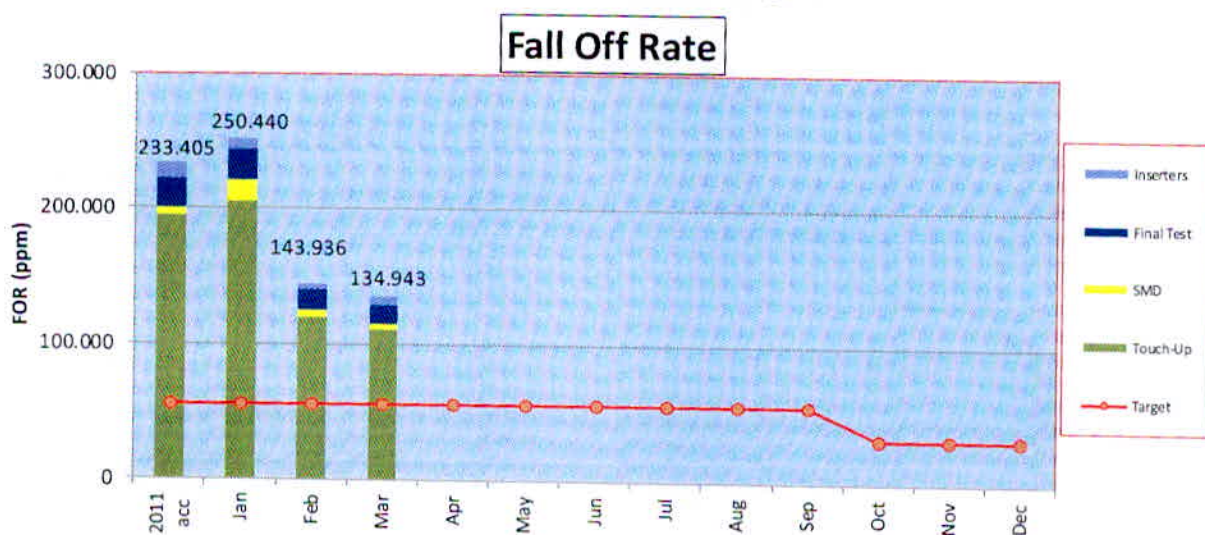
Figura 20 Juntas de solda perfeita de um painel



Fonte: O Autor

A baixa soldabilidade dos componentes magnéticos era caracterizada pelo preenchimento incompleto entre os seus terminais e a junta de solda, ou seja, espaços vazios entre terminais e circuito eletrônico da placa, o que em muitos casos não permite o contato elétrico fazendo com que o produto apresentar defeito ou até mesmo não funcione.

Gráfico 6 - Resultado do retrabalho após o estudo do componente Kangshun



Fonte: O Autor

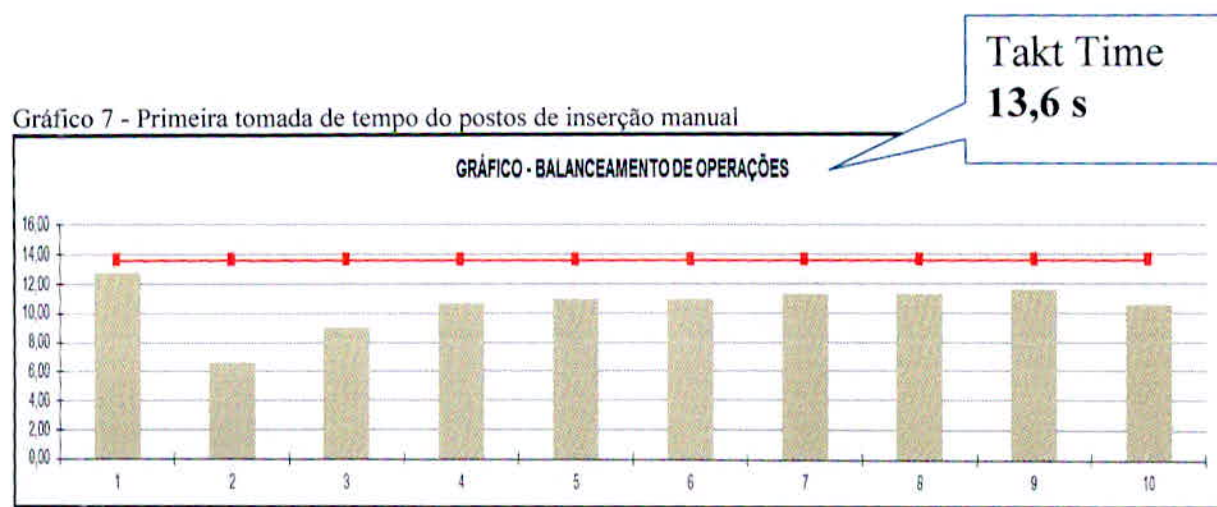
Com essa ação implantada as taxas de retrabalho decaíram após o mês de janeiro em aproximadamente 60% para o mês de fevereiro de 2012 como mostra gráfico.

#### 4.6 Balanceamentos das Linhas

O terceiro passo deste trabalho foi verificar ciclos de tempo de cada posto de trabalho da linha de inserção de componentes manuais e balancear a linha de acordo Lean Manufacturing. Onde o ultimo posto deve ficar com um tempo relativamente menor, com o objetivo de controlar a qualidade dos demais postos da linha.

Para isto foi mensurado todos os tempos de cada posto de trabalho, onde foram utilizadas técnicas para verificar o tempo e os métodos de cada pessoa da linha. Foi utilizado um cronômetro e uma câmera filmadora a fim de colher os dados iniciais e ajustar a linha de montagem.

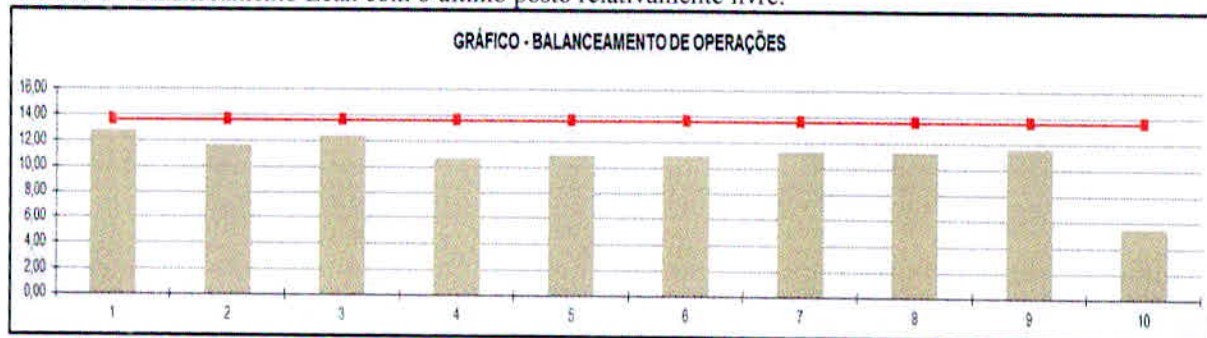
Como mostra o gráfico a seguir onde foi feita a primeira tomada de tempos da linha de inserção de componentes manuais, onde o ultimo posto está com um tempo próximo ao Takt Time, impossibilitando o operador de garantir a qualidade do setor.



Fonte: O Autor

O segundo passo do balanceamento das linhas foi à identificação dos componentes que tem dificuldade de inserção como componentes de dimensões menores e componentes que deve ser levado em consideração sua polaridade. Após vários estudos de tempos e movimento de cada posto de trabalho da linha chegou a melhor tomada de tempo já com uma nova distribuição e deixando o operador mais experiente no ultimo posto.

Gráfico 8 - Balanceamento Lean com o ultimo posto relativamente livre.

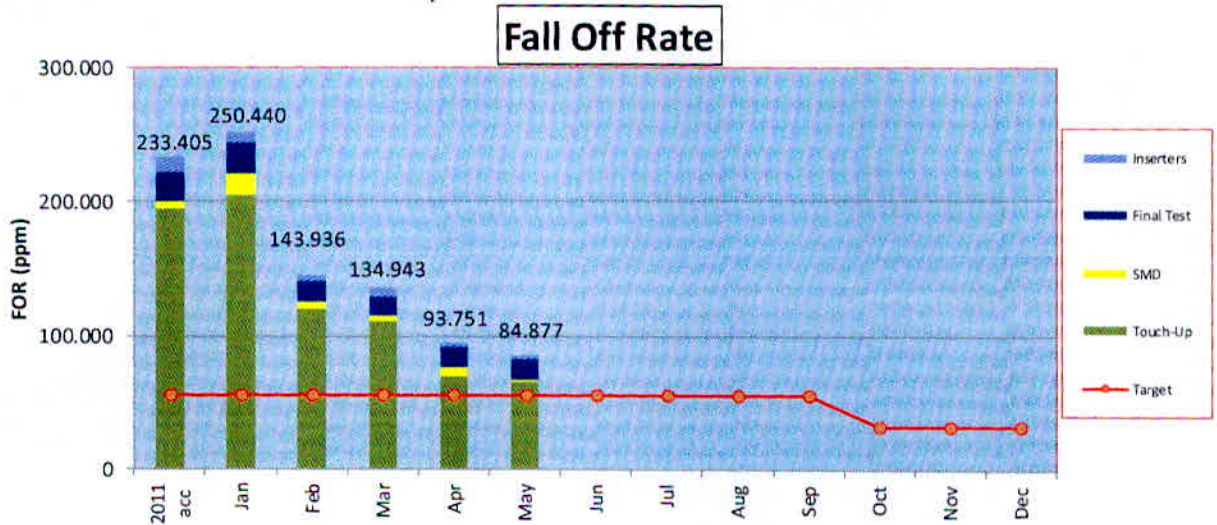


Fonte: O Autor

Em resultado da nova distribuição foi reduzido o retrabalho de componentes mal inseridos no posto Touch Up, como mostra o próximo gráfico.



Gráfico 9 - Resultado do retrabalho após o novo balanceamento da linha manual.



Verificou-se que as taxas de retrabalho decaíram de 134 mil para 93 mil nos meses março a abril.

#### 4.7 Resultados Gerais

Como mostrou os estudos feitos na linha de inserção de componentes manuais, após o término dos estudos em maio de 2012 como mostra o gráfico 9 onde tivemos uma grande evolução em reduzir as taxas de retrabalho em aproximadamente 65% em relação ao acumulado de 2011 não possíveis atingir a meta de 35 mil PPM de retrabalho. Embora não atingir a meta no final desse estudo, isso não significa que o trabalho não foi um sucesso, onde hoje adquirimos experiência e as tendências de redução dos níveis de retrabalho tenham continuado onde controlamos os níveis mensalmente. E hoje com outros estudos aplicado as maquinas de inserção automática e a experiência adquirida pelos funcionários e principalmente o engajamento de toda a equipe fez com que as taxas de retrabalho continuassem em declínio.

## 5 CONCLUSÃO

Ao termino desse trabalho, podemos concluir que os níveis de retrabalho da empresa de reatores foram reduzidos, apesar de não atingir a meta imposta pela gestão fabril, podemos dizer que o trabalho foi satisfatório. Sendo assim, é possível verificar a eficácia das ferramentas da manufatura Lean, onde em um curto espaço de tempo tivemos uma redução de 65% energia desperdiçada em um posto de retrabalho, onde a função de retrabalhar não agrega valor ao produto e aumenta o custo do processo. Com a redução do retrabalho, foi possível reduzir a quantidade de operadores no posto Touch-Up de 4 para 2 pessoas, assim reutilizando em outros processos, ajudando a aumentando a produtividade e melhorar a eficiência fabril.

Todos os ganhos obtidos nesse projeto de eficiência somente foram expressivos por cada funcionário estar ligado aos valores da organização, onde não foi imposta nenhum tipo de resistência já que os valores são: junto superamos, donos do negocio e garra pra vencer.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R. R. **TAKT-TIME: Conceitos e contextualização dentro do sistema Toyota de produção.** Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n1/v8n1a01.pdf>> Acesso em: 02 julho 2012.
- WOMACK, J.; JONES, T. & ROOS, D.: **The Machine that Changed the World.** Macmillan Publishing Company, Inc, EUA, 1990.
- ARNOLD, J. R. T. *Administração de Materiais*, São Paulo: Atlas, 1999.
- TUBINO, Dalvio F. *Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica.* Porto Alegre: Bookman, 1999
- BARNES, Ralph Mosser. *Estudo de Movimentos e de Tempos, Projeto e Medida de Trabalho.* Tradução da 6ª edição Americana, Editora Edgard Blücher Ltda, 1977.
- CARVALHO, Nilson. **PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO.** Varginha: UNIS/MG, 2008.
- DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas & CHASE Richard.** *Fundamentos da Administração da Produção.* Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DEMING, W. Edwards. **Qualidade, Produtividade e Posição Competitiva.** Tradução Apócrifa, 1990
- FARIA Daniel. **IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTO DE PRODUTIVIDADE EM UMA EMPRESA DE REATORES.** Centro Universitário do Sul de Minas-UNIS-MG. 2011.
- GAITHER, Norman & FRAZIER, Greg. **Administração da Produção e Operações.** 8ª ed. São Paulo: Editora Pioneira, 2001.
- GOMES, J. E. **BALANCEAMENTO DE LINHA DE MONTAGEM NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA - UM ESTUDO DE CASO.** Universidade Federal do Ceara-UFC. 2008. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/biblioteca>>. Acesso em: 06 junho 2012.
- GONÇALVES, Eliandra da Silva Oliveira, **Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM):** Aprenda a identificar e eliminar desperdícios. Varginha: UNIS/MG, 2012.
- INTERBRAND. Foundation is a corporation DBA.* Disponível em: <<http://www.interbrand.com/en/best-global-brands/2012/Best-Global-Brands-2012.aspx>>
- KAMADA, Sérgio. **Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil.** Disponível em: <[www.lean.org.br/download/artigo\\_44.pdf](http://www.lean.org.br/download/artigo_44.pdf)>. Acesso em: 06 junho 2012.
- LAVILLE, A. **Ergonomia.** Tradução: Márcia Maria Neves Teixeira. São Paulo: EPU: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1977. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/psicologia/pages/resenhas/RES01-EDIC13-ANOVI-NOV2009.pdf>>. Acesso em: 20 agosto 2012.

LORIVAL, Roberto. **Cronoanálise**. Varginha: UNIS/MG, 2012.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Saraiva, 2000.

**MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando P.** Administração da Produção. São Paulo: Saraiva 2003.

MIRANDA, Ivete Klein de. A ergonomia no sistema organizacional ferroviário. **Rev. Bras. de S. Ocup.**, v. 8, n. 29, p.63-70, jan/mar., 1980. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta97/more/biblio.htm>>. Acesso em: 09 maio 2012.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**. 3ª ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1998.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**. Bookman, Porto Alegre, RS, 1996.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SAAD, Eduardo Gabriel. **CLT Comentada**. 27. ed. São Paulo: LTR, 1993. Disponível em: <[http://www.tjrj.jus.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=171d613b-9b2f-4d66-8bb3-0018af6f41d3&groupId=10136](http://www.tjrj.jus.br/c/document_library/get_file?uuid=171d613b-9b2f-4d66-8bb3-0018af6f41d3&groupId=10136)>. Acesso em: 20 maio 2012.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípio de Administração Científica**. São Paulo: Atlas, 7ª edição, 1970.

**TOYOTA MOTOR COMPANY**: Disponível em: <[www.toyota.com.br/sobre\\_toyota](http://www.toyota.com.br/sobre_toyota)>

VIDAL, M. C. **INTRODUÇÃO A ERGONOMIA**. Universidade do Brasil COPPE - UFRJ. 1994. Disponível em: <[www.ergonomia.ufpr.br/introducaoergonomia](http://www.ergonomia.ufpr.br/introducaoergonomia)> acesso em: 20 maio 2012.