

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**

**Redução do *Setup* de Ferramentas e aplicação da  
Ferramenta *Lean* em uma Indústria Metal-mecânica.**

*Ana Paula Fernandes Koeke*

**TCC-EP-05-2012**

**Maringá - Paraná**  
**Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**Redução do *Setup* de Ferramentas e aplicação da  
Ferramenta *Lean* em uma Indústria Metal-mecânica.**

*Ana Paula Fernandes Koeke*

**TCC-EP-05-2012**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de  
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da  
Universidade Estadual de Maringá.  
Orientador: Prof. João Batista Sarmiento dos Santos Neto

**Maringá - Paraná  
2012**

## RESUMO

O aumento da competitividade remete os empresários a repensarem seus processos produtivos, para que se possa encontrar uma maneira de produzir mais com uma maior qualidade e com menor custo. Produzir com menor custo nem sempre é uma tarefa fácil, pois o custo da produção está relacionado com muitos fatores, como mão de obra, matéria prima, etc. Mas, um fator que se destaca é o fator tempo. Produzir em um menor tempo com os mesmos recursos reflete na diminuição dos custos. Para se produzir com um menor tempo é necessário atuar em cima dos pontos onde ocorre perda deste tempo durante o processo produtivo. Um grande causador desta perda de tempo durante o processo produtivo é o *Setup* (Troca de Ferramenta). Por esta razão o seguinte trabalho teve como objetivo implantar a troca rápida de ferramentas a partir da filosofia *lean* para reduzir o tempo de preparação em prensas no setor de estamperia e a elaboração de um referencial teórico sobre a filosofia *Just in time*, TRF e *setup*. Após aplicação da metodologia, foi constatado a redução de cerca de 50% do tempo de *setup* e a elaboração de um referencial teórico sobre a filosofia *Just in time*, TRF e *setup*. Também ocorreu de forma positiva e decisiva, pois as inserções destas técnicas se constituíram na etapa mais importante do modelo, ou seja, a aplicação das técnicas de TRF.

**Palavras-chave:** Redução do *Setup*, Melhoria, Processos Produtivos, TRF.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	8
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA .....	9
1.3 OBJETIVOS .....	9
1.3.1 <i>Objetivo geral</i> .....	9
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	9
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	10
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	11
2.2 MANUFATURA ENXUTA – FERRAMENTA <i>LEAN</i> .....	13
2.3 JUST IN TIME.....	18
2.4 <i>SETUP</i> .....	22
2.5 MÉTODOS PARA A REDUÇÃO DO TEMPO DE <i>SETUP</i> .....	23
2.5.1 <i>Proposta metodológica de redução de setup – A filosofia Moura e Banzato</i> .....	23
2.5.2 <i>Proposta de metodologia de redução de setup – A filosofia Shingo</i> .....	25
2.5.3 <i>Proposta metodológica de redução de setup segundo Mondem (1983)</i> .....	28
2.5.4 <i>Proposta metodológica de redução de setup segundo Hay (1992)</i> .....	29
2.5.5 <i>Proposta metodológica de redução de setup - A filosofia Kannenberg (1994)</i> .....	30
2.5.6 <i>Proposta metodológica de redução de setup - A filosofia Black (1998)</i> .....	30
2.6 A TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF).....	32
2.7 TÉCNICAS PARA APLICAÇÃO DA TRF.....	34
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	37
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	37
3.3 O SISTEMA DE PRODUÇÃO .....	38
3.4 MODELO PROPOSTO.....	40
3.4.1 <i>Etapa 1: Conscientização e Apoio da Direção da Empresa</i> .....	42
3.4.2 <i>Etapa 2: Formação da Equipe de Trabalho</i> .....	43
3.4.3 <i>Etapa 3: Conscientização da Equipe</i> .....	43
3.4.4 <i>Etapa 4: Conhecer os tempos Atuais de Setup e Estabelecer Meta</i> .....	44
3.4.5 <i>Etapa 5: Aplicação das Técnicas de TRF</i> .....	44
3.4.6 <i>Etapa 6: Padronização</i> .....	45
3.4.7 <i>Verificação Periódica dos Resultados</i> .....	45
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>47</b>
4.1 O PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR DE ESTAMPARIA .....	47
4.2 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO PROPOSTO .....	47
4.2.1 <i>Conscientização e Apoio da Direção da Empresa</i> .....	48
4.2.2 <i>Formação da Equipe de Trabalho</i> .....	48
4.2.3 <i>Conscientização dos colaboradores</i> .....	49
4.2.4 <i>Investigar os Tempos Atuais de Setup e Estabelecer Meta</i> .....	50
4.2.5 <i>Aplicação das Técnicas de Melhoria de Setup</i> .....	51
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>61</b>
6.1 CONCLUSÕES.....	62
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	62
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS.....	12
FIGURA 2 - OS PRINCÍPIOS DE GESTÃO DO MODELO TOYOTA.....	16
FIGURA 3. FERRAMENTA PARA SE TORNAR UMA EMPRESA <i>LEAN</i> .....	17
FIGURA 4. CONCEITOS E TÉCNICAS DA FILOSOFIA JIT/TQC.....	20
FIGURA 5. COMPOSIÇÃO DO LEAD TIME PRODUTIVO.....	21
FIGURA 6. FORMULÁRIO PARA O VÍDEO.....	24
FIGURA 7. CHECKLIST DO VÍDEO.....	24
FIGURA 8. BASES PARA A IMPLANTAÇÃO DO SMED.....	27
FIGURA 9. SEQUÊNCIA DE UM <i>SETUP</i> TANTO NA MANUFATURA QUANTO NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS.....	28
FIGURA 10. COMPARATIVO ENTRE OS AUTORES MENCIONADOS.....	31
FIGURA 11. ESQUEMA GRÁFICO REPRESENTANDO NO SMED.....	34
FIGURA 12. SETOR DE ESTAMPARIA DA EMPRESA M.LAMON.....	39
FIGURA 13. SETOR DE ESTAMPARIA DA EMPRESA M.LAMON.....	39
FIGURA 14. FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DO MODELO PROPOSTO.....	41
FIGURA 15. CAUSAS DE DEMORA DE <i>SETUP</i> .....	52
FIGURA 16. FERRAMENTAS DE FURO SEM IDENTIFICAÇÃO.....	53
FIGURA 17. DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA FIXAÇÃO DE FERRAMENTAS.....	54
FIGURA 18. BANCADA DE FERRAMENTAS.....	56
FIGURA 19. TEMPOS DE <i>SETUP</i> MAIO/2012.....	58
FIGURA 20. TEMPOS DE <i>SETUP</i> JUNHO/2012.....	58
FIGURA 21. TEMPOS DE <i>SETUP</i> JULHO/2012.....	59
FIGURA 22. TEMPOS DE <i>SETUP</i> AGOSTO/2012.....	59
FIGURA 23. FICHA DE ACOMPANHAMENTO DOS TEMPOS DE <i>SETUP</i> UTILIZADA PELOS OPERADORES.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UEM	Universidade Estadual de Maringá
TRF	Troca rápida de ferramenta
JIT	<i>Just in time</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange Of Die</i>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade, o grande desafio das empresas atualmente tem sido se manter no mercado. A pergunta que surge é: O que faz tantas empresas desaparecerem? A resposta desta pergunta é muito complexa, pode estar associada a fatores externos (como o mercado, a economia) ou a fatores internos (como a qualidade do produto, o tempo de entrega).

Na atual realidade, em que todo setor de manufatura industrial sofre efeitos da globalização dos mercados consumidores, está ocorrendo uma forte concorrência para a redução dos preços de venda dos produtos produzidos por todos os tipos de indústrias de transformação. Com esta acirrada competitividade, estudos para a redução de custos internos de fabricação são realizados.

O mercado atual exige baixos preços e também um prazo de entrega cada vez menor dos produtos e as empresas buscam cada vez mais tornar estas exigências de seus clientes uma realidade nas empresas para conseguirem um diferencial competitivo perante suas concorrentes.

Para conseguir um preço mais baixo e um tempo para entrega dos produtos menor, as empresas precisam investir em técnicas para redução do custo de fabricação destas peças em diversas frentes para atender os requisitos especificados pelos clientes, desde simples melhorias produtivas até grandes transformações em estruturas produtivas.

Desta forma é muito importante que as empresas trabalhem com o foco nos clientes, entenda as suas necessidades e acompanhe as suas mudanças continuamente.

Como hoje as empresas que são concorrentes estão na maioria equivalentes quanto aos equipamentos utilizados, deve-se trabalhar em outros fatores que afetam a produtividade. Para isso, entra em cena a TRF (Troca Rápida de Ferramenta), um dos principais métodos que auxiliam na implantação da filosofia *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta).

Com isso, este estudo tem por objetivo diminuir em 50% o *setup* de prensas do setor de estamparia de uma empresa de metal mecânica.

## 1.1 Justificativa

Maringá é uma cidade que possui em torno de 350 mil habitantes e a agricultura continua a ser fundamental para a cidade. A atividade agrícola diversificou-se, e além do café, hoje se plantam milho, trigo, algodão, rami, feijão amendoim, arroz, cana-de-açúcar e principalmente soja. Dentro dos vários segmentos no setor industrial na cidade de Maringá, temos o de metal mecânico.

Nos dias atuais vivencia-se uma era marcada pela pressão competitiva. A necessidade de melhorar, aperfeiçoar ou modificar o processo nunca foi tão urgente quanto agora. Nos últimos anos, tem havido um grande crescimento no conhecimento e nas atividades globais relacionadas ao gerenciamento da qualidade e ao papel dos clientes e fornecedores. Segundo Campos (1992):

uma empresa não pode ser competitiva de forma isolada. Ela faz parte de uma cadeia de compradores e fornecedores, onde todas as empresas da cadeia buscam a máxima taxa de valor agregado, repassando ganhos de custo e qualidade, de forma a tornar toda a cadeia competitiva.

Com esse acirrado aumento de competitividade, o grande desafio das empresas atualmente tem sido se manter no mercado. É importante que as empresas trabalhem com o foco nos clientes, entendam as suas necessidades e acompanhem suas mudanças continuamente.

Ultimamente, a diminuição dos tempos de preparação de equipamentos é colocada por várias empresas como um importante passo no aumento da eficiência do sistema produtivo e, conseqüentemente, no ganho de competitividade.

Existem diversos obstáculos que precisam ser superados dentro de uma empresa de metal mecânica para que a redução na troca de ferramenta seja por completo executada. Este trabalho, através de algumas ferramentas de melhoria de produtividade vai mostrar a redução de custos de fabricação e também aumento de produtividade que são atingidas através de uma metodologia proposta.

Considerando que as máquinas produzem itens diversos e possuem elevado tempo de troca entre cada item, a necessidade de reduzi-lo é primordial. Os desperdícios durante o tempo de troca são inúmeros, sendo esses as principais causas de produtividade.

Para atender estas necessidades, as empresas têm criado novos métodos e sistemas de produção ou se baseado em métodos já existentes. Um dos sistemas de produção mais aplicados é o sistema Toyota de produção que tem como um de seus pilares de sustentação a

produtividade. Este sistema propõe vários meios para eliminar desperdícios, destacando-se dentre estes a Troca Rápida de Ferramentas (TRF).

## **1.2 Definição e delimitação do problema**

Será desenvolvido um estudo no setor de estamparia de uma indústria metal mecânica, situada na cidade de Maringá – PR chamada M.Lamon Implementos Agrícolas.

A empresa está implantando um novo sistema de produção conhecido como sistema *lean* ou produção enxuta.

Implantando este novo sistema o setor irá produzir uma maior variedade de lotes com tamanhos menores fazendo com que a quantidade de *setups* realizados diariamente aumente.

Para execução deste estudo primeiramente foi levantada a média dos tempos de *setups*, traçando-se um plano de medidas para a sua redução. A meta estabelecida pela direção da empresa foi de diminuir em pelo menos 40% os tempos de *setups* realizados no setor de estamparia.

Este trabalho limitou-se ao estudo de melhoria nos tempos de preparação (*setup*) em duas prensas, onde são produzidas peças para colheitadeiras à diversos clientes.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Implantar troca rápida de ferramentas a partir da filosofia *lean* para reduzir o tempo de preparação em prensas no setor de estamparia.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar os problemas relacionados à troca de ferramentas e *setup*;
- Treinar equipe para implantação da metodologia TRF;
- Identificar os pontos críticos que poderão ser melhorados;

- Aplicar metodologia TRF para propor melhorias no Estado Presente e definir metas a serem alcançadas;
- Validar o cumprimento das metas propostas neste trabalho.

#### **1.4 Estrutura do trabalho**

Este trabalho contemplará 4 capítulos, conforme a exposição a seguir.

O capítulo 01, refere-se a introdução do trabalho, contendo a justificativa do mesmo, objetivos e a estrutura compreendida no todo.

No capítulo 02 será apresentada a revisão da literatura que serve de embasamento a Metodologia que será descrita no capítulo seguinte.

O capítulo 03 trata da metodologia. Será apresentado neste capítulo as características da empresa, o seu sistema de produção e o modelo proposto para que próximo capítulo estudo de caso possa ser executado.

O capítulo 04 trata do estudo de caso. A apresentação de um modelo proposto para implementação de um sistema de melhoria de tempos de *setup*, TRF e implantação da ferramenta *lean*.

O capítulo 05 trata dos resultados. Apresentação de gráficos e tabelas para demonstração desses resultados.

O capítulo 06 trata das considerações finais. Neste capítulo estará presente as conclusões do estudo sobre os resultados demonstrados e referências para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O Sistema Toyota de Produção.

Segundo Womack (1996) o sistema Toyota de produção nasceu nos anos 50, quando Toyoda e Ohno, visitando a Ford, concluíram que o principal produto do modelo de Henry Ford era o desperdício de recursos.

Womack (1996) ainda diz que a filosofia Ford tinha como finalidade a disponibilidade de recursos abundantes, isto para enfrentar qualquer eventualidade. Esta filosofia recebeu o nome de *just in case*, expressão que significa por via das duvida.

Para Maximiano (2004):

esta abundancia de recursos que era vista pelos ocidentais como uma garantia, uma precaução, não era vista com os mesmo olhos pelos orientais, essencialmente depois da segunda guerra mundial, quando o país enfrentava uma grande escassez de recursos. O modelo Ford precisaria ser modificado e simplificado se tornando mais econômico e racional. Foi deste ponto que nasceram os elementos básicos do sistema Toyota. Segundo o sistema Toyota os desperdícios podem ser classificados como sete tipos principais.

- a) Tempo perdido em conserto ou refugo.
- b) Produção além do volume necessário, ou antes, do momento necessário.
- c) Operação desnecessária no processo de manufatura.
- d) Transporte.
- e) Estoque.
- f) Movimento Humano.
- g) Espera.

Maximiano (2004) ainda conclui que o sistema Toyota prega que eliminando os desperdícios, automaticamente está se agregando valor ao produto, pois o desperdício é o contrário de agregação de valor. Um produto fabricado sem desperdício tem o máximo de valor agregado. A Figura 1 ilustra três estratégias para eliminar desperdícios.

**Figura 1. Eliminação de Desperdícios**



Fonte: Maximiano (2004)

Baseadas nos sistemas Toyota de produção, surgiram filosofias de negócio, tais como a filosofia *lean*. Conforme Brasil (2007), é um termo cunhado por James Womack e Daniel Jones para denominar uma filosofia de negócios baseada no Sistema Toyota de Produção que olha com detalhe para as atividades básicas envolvidas no negócio e identifica o que é o desperdício e o que é o valor a partir da ótica dos clientes e usuários.

Womack (2004) coloca que as práticas envolvem a criação de fluxos contínuos e sistemas puxados baseados na demanda real dos clientes, a análise e melhoria do fluxo de valor das plantas e da cadeia completa, desde as matérias primas até os produtos acabados e o desenvolvimento de produtos que efetivamente sejam soluções do ponto de vista do cliente.

E Womack (2004) ainda diz que a adoção dessa filosofia tem trazido resultados extraordinários para as empresas que a praticam. Porém deve-se estar atento às dificuldades na implantação. Para Ohno (1997) poucas empresas têm conseguido replicar totalmente o sucesso e a eficiência operacional da Toyota.

Originalmente concebida por Taiichi Ohno e colaboradores, essencialmente como práticas de manufatura, tem sido gradualmente disseminada em todas as áreas das empresas e também para empresas dos mais diferentes tipos e setores, tornando-se efetivamente uma filosofia uma cultura empresarial.

Os resultados obtidos geralmente implicam em um aumento da capacidade de oferecer os

produtos que os clientes querem, na hora que eles querem, nos preços que eles estão dispostos a pagar, com custos menores, qualidade superior, *lead times* curtos, garantindo assim uma maior rentabilidade ao negócio.

## 2.2 Manufatura Enxuta – Ferramenta *Lean*

Womack e Jones (2003) diz que *Lean* significa literalmente “desperdício”, e o pensamento *Lean* concentra-se na eliminação de tudo o que não acrescenta valor para o cliente. Womack e Jones (1996) sugere uma forma de pensar, através de 5 princípios, que permitem a qualquer organização especificar e definir o que é valor, de forma a conseguir compreender quais as atividades que realmente o acrescentam e alinhar estas obtendo melhores resultados, produzindo mais e melhor usando menos esforço humano, menos máquinas, menos materiais, menos espaço e menos tempo, entregando ao cliente produtos com maior valor, acrescentando na quantidade necessária e no tempo preciso.

Uma revolução na forma de olhar para a produção, ocorreu quando Ohno percebeu a importância do desperdício. Ohno (1997) diz que toda visão da Toyota é dirigida para a eliminação total ou parcial do desperdício. Womack (1996) define o desperdício como:

Desperdício é qualquer atividade que absorve recursos, mas não cria valor como: erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acumulação de mercadorias de estoque, etapas de processamento que na verdade não são necessárias.

Ohno (1997) descreve sua percepção da importância do desperdício, o autor explica como resolveu o problema de aumentar a produção sem aumentar a força de trabalho. Ohno (1997) ainda afirma que numa linha de produção poderíamos reduzir a força de trabalho que mesmo assim era possível manter o nível de produção. No entanto, se voltássemos a acrescentar a força de trabalho retirada, o nível de produção não aumentava. Isto significa que a capacidade estava a ser desperdiçada na forma de trabalho desnecessária e na superprodução.

Ohno (1997) define também que se considerarmos trabalho que acrescenta valor como trabalho, e tudo o resto como desperdício, então podemos dizer que:  $Capacidade = Trabalho + Desperdício$ . Sendo assim, a verdadeira melhoria ocorre quando identificamos os desperdícios e os reduzimos, ou eliminamos, elevando a porcentagem do trabalho para 100%. Para tal, é necessário definir os desperdícios.

Ghinato (2002) define desperdícios como sendo atividades completamente desnecessárias, que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas.

De acordo com Reis (1994), o desperdício é o uso dos recursos disponíveis de forma descontrolada, abusiva, irracional e inconsequente. É o uso sem finalidade, necessidade e objetivo definido.

A produção enxuta parte do princípio de que existem sete tipos de desperdícios dentro de uma organização, que devem ser atacados e eliminados. Ohno (1997) identifica estes sete tipos como:

- Excesso de produção - A produção de produtos para os quais não existe procura, causa perdas com uso de mão de obra excessiva, estoque desnecessário e transporte devido ao estoque excessivo.
- Tempo disponível – Tempo morto causado por espera de processos, ferramentas, vigia de máquinas automáticas, falta de fornecimento, atrasos no processamento, avaria de equipamentos (todo tipo de tempos parados), gargalos de capacidade.
- Transporte – Movimentação desnecessária, ineficiente ou dificultada de materiais, peças e produtos acabados entre estoques e processos.
- Processamento – Processamento desnecessário na produção de peças, ineficiências do processo como consequência de falha de ferramenta ou projeto (produz defeitos e movimentos desnecessários), produtos com qualidade superior à necessária.
- Excesso de estoque – Estoque de matéria prima, processo ou produtos acabados causa custos de armazenagem e de transporte, *lead times* mais longos, produtos danificados e obsolescência. De acordo com Liker (2005) o excesso de estoque também oculta problemas como o desbalanceamento da produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, equipamentos em manutenção e longos tempos de *setup*.
- Movimento – Qualquer movimento que não seja necessário para a execução de uma operação é uma perda. Procurar, agarrar, andar, empilhar peças ou ferramentas são exemplo disso.
- Defeitos – Produção de componentes defeituosos. Retrabalhos, reparar, rejeitar ou substituir a produção e inspecionar significam perdas de tempo, manuseio e esforço.

Womack (1996) define ainda um novo tipo de desperdício:

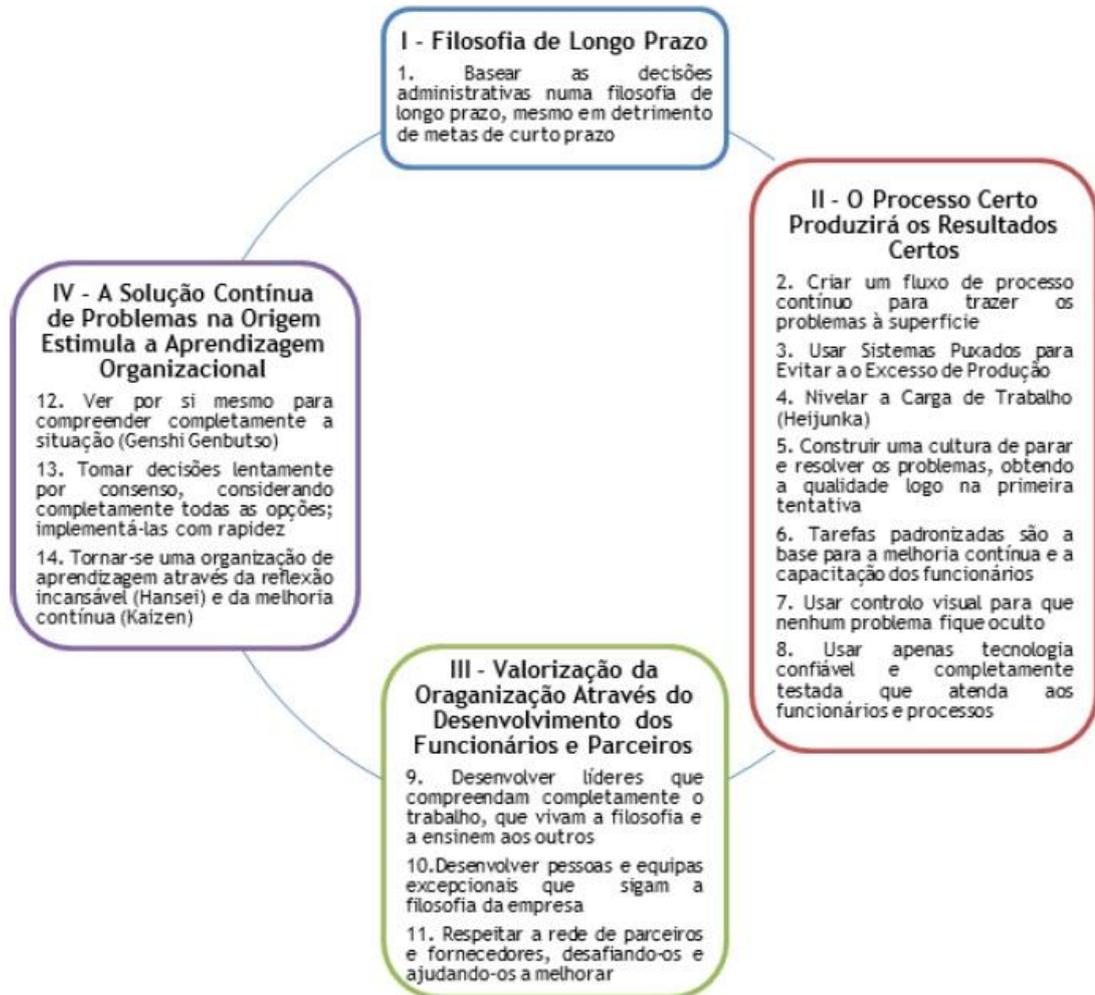
- Criatividade dos funcionários – O não envolvimento e não ouvir os funcionários pode causar perdas de ideias, habilidades e melhorias.

Para Ohno (1997), o desperdício está presente em toda a produção, e a sua identificação poderá ser por vezes muito complicada. No entanto, Ohno orienta para na análise total de desperdício se ter em conta os seguintes pontos:

1. O aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos. Para obter isso, temos que começar a produzir apenas aquilo que necessitamos usando um mínimo de mão de obra.
2. Observe a eficiência de cada operador e de cada linha. Observe então os operadores como um grupo, e depois a eficiência de toda a fábrica (todas as linhas). A eficiência deve ser melhorada em cada estágio e, ao mesmo tempo, para a fábrica como um todo.

Embora a filosofia *Lean* tenha nascido na linha de produção, esta foi evoluindo e está a ser aplicada nas mais diversas áreas e seções de uma organização. Liker (2005) define 14 princípios de gestão que constituem o sistema Toyota de produção. Dividimos em 4 categorias, definidas pelo modelo dos 4P's (Filosofia; Processos; Pessoas e Parceiros; Solução de Problemas), os 14 princípios estão na figura a seguir, e fornecem uma visão clara de como gerir uma organização *Lean*.

Figura 2 - Os princípios de gestão do modelo Toyota



Fonte: Liker (2005)

Segundo Womack e Jones (1996), há cinco pilares principais da manufatura enxuta. São eles:

- a) Especificar o valor;
- b) Identificar a cadeia de valor dos produtos e remover as etapas que geram desperdícios;
- c) Fazer com que as etapas que criam valor fluam;
- d) Fazer com que a produção seja “puxada” pela demanda;
- e) Gerenciar para se buscar a perfeição.

Conforme Miyake (1998) expõe na figura, para se tornar *lean* uma empresa precisa melhorar e implantar diversas ferramentas para atingir o efeito esperado por todos os colaboradores.

Figura 3. Ferramenta para se tornar uma empresa *Lean*

<b>Ferramenta</b>	<b>Efeito</b>
◆ Disciplina JIT e <i>Kanban</i>	→ <i>Pull System</i>
◆ <i>Heijunka</i>	→ Nivelamento da produção
◆ <i>Takt Time</i>	→ Balanceamento
◆ Célula de manufatura	→ Redução de espaço
◆ <i>One Piece Flow</i>	→ Redução de <i>WIP</i>
◆ Troca Rápida de Ferramenta (TRF)	→ Redução do tempo de <i>setup</i>
◆ Auto-controle e <i>Poka Yoke</i>	→ Garantia de qualidade
◆ Manutenção autônoma	→ Maior disponibilidade
◆ Operador polivalente	→ Flexibilidade da M.O.

Fonte: Miyake (1998)

Deming (1990) afirma que “o estilo atual de administração é o maior causador de desperdícios, causando perdas cuja gravidade não pode ser avaliada ou medida”, e destaca que é de extrema importância solucionar as “doenças fatais da administração”.

Dentro desse contexto, Hines & Taylor (2000) afirmam que quando pensamos sobre desperdício é comum definir três diferentes tipos de atividades quanto à sua organização:

- Atividades que agregam valor: são atividades que, aos olhos do consumidor final, agregam valor ao produto ou serviço. Ou seja, atividades pelas quais o consumidor ficaria feliz em pagar por elas.
- Atividades desnecessárias que não agregam valor: são atividades que, aos olhos do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço e que são desnecessárias em qualquer circunstância. Estas atividades são nitidamente desperdícios e devem ser eliminadas a curto e médio prazo.
- Atividades necessárias que não agregam valor: são atividades que, aos olhos do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço, mas que são necessárias. Trata-se de desperdícios difíceis de serem eliminados em curto prazo, e que, portanto necessitam de um tratamento em longo prazo, ao menos que sejam submetidos a um processo de transformação radical.

Hines & Taylor (2000) acrescentam que nas empresas de manufatura, estes três tipos de atividades foram encontrados, em média, na seguinte proporção:

- 5% de atividades que agregam valor;
- 60% de atividades que não agregam valor;
- 35% de atividades que não agregam valor, porém necessárias.

Isso sugere a existência de um ambiente propício para a realização de esforços voltados para redução do desperdício.

### **2.3 Just in Time**

A expressão *Just in Time* significa na hora certa, no tempo certo. Ela procura reduzir ao máximo possível o tempo de fabricação e o volume de estoques. O princípio é produzir um fluxo contínuo e programado para minimizar as necessidades de estoque. Mas para que isto de certo é necessário que o fornecedor se comprometa a entregar os suprimentos no momento

exato. As empresas que adotam o *Just in Time* devem desenvolver parcerias com poucos fornecedores, para fortalecer a cadeia de suprimentos.

Conforme lembra Tubino (2000), a filosofia JIT (*Just in Time*), foi aplicada inicialmente em uma indústria automobilística, e os seus princípios gerais foram se consolidando aos poucos. Os seus conceitos foram difundidos para o ramo da autopeças e eletrônica, em que o Japão passou a ser conhecido como padrão de excelência. Nos anos 80, com avanço da economia japonesa, a filosofia JIT passou a receber uma maior atenção dos estudiosos em sistemas de produção e a filosofia foi universalizada e implantada com sucesso no mundo ocidental.

Conforme Shingo (2000), o JIT é um fim, e não um meio, e sem a compreensão das técnicas que o compõem, o JIT por si só não tem nenhum sentido. Desta forma, os principais conceitos estratégicos da filosofia JIT podem ser desmembrados, na sua forma operacional, em técnicas específicas.

Segundo Moura e Banzato (1994, p. 7), o JIT é “a organização total do processo de produção, de modo que as peças e submontagens, tanto compradas quanto manufaturadas, encontram-se disponíveis no piso da fábrica somente quando necessárias, nem antes, nem depois do tempo certo”. Na Figura 2 constam os principais conceitos da filosofia JIT/TQC, que em sua forma operacional são desmembradas em técnicas específicas.

**Figura 4. Conceitos e técnicas da filosofia JIT/TQC**

<i>Filosofia JIT / TQC</i>	
Satisfazer as necessidades do cliente Eliminar desperdícios Melhorar continuamente Envolver totalmente as pessoas Organização e visibilidade	
<i>JIT</i>	<i>TQC</i>
Produção focalizada. Produção puxada. Nivelamento da produção. Redução de <i>lead times</i> . Fabricação de pequenos lotes. Redução de <i>setups</i> . Manutenção preventiva. Polivalência. Integração interna e externa, etc.	Produção orientada pelo cliente. Lucro pelo domínio da qualidade. Priorizar as ações. Agir com base em fatos. Controle do processo. Responsabilidade na fonte. Controle a montante. Operações a prova de falhas. Padronização

**Fonte: Tubino, 2000. p.44**

De acordo com Tubino (2000), um ponto importante na focalização da produção é quando os processos produtivos podem ser efetivamente organizados por um produto dentro de uma estrutura verticalizada. Esta questão está ligada entre o balanceamento, a capacidade produtiva dos recursos e a demanda esperada. Em fábricas novas, este balanceamento pode ser alcançado com um projeto voltado para o equilíbrio dos recursos produtivos, com a demanda negociada com o cliente que busquem um relacionamento estável de longo prazo calçado na filosofia JIT. Em fábricas já instaladas, muitas vezes este balanceamento é dificultado pela característica instável da demanda ou pelo superdimensionamento de determinados grupos de recursos.

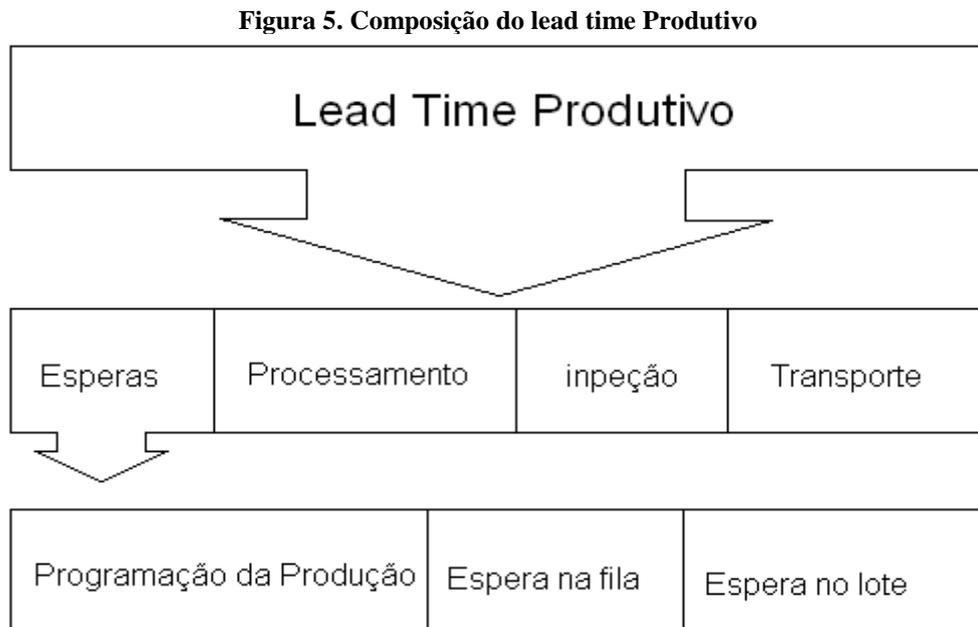
A produção puxada é o sistema de programação da produção que por meio das informações constantes do plano-mestre de produção dos produtos acabados, emite ordens de produção apenas para o último estágio do processo produtivo. Este último estágio utiliza-se de estoques dos processos fornecedores (chamados de supermercados), dimensionados também a partir do PMP, para produzir seus produtos. Na medida em que os lotes nos supermercados são consumidos, ordens pré-formatadas autorizam estes fornecedores a repor os itens consumidos,

“puxando” assim a produção. A operacionalização desse tipo de produção é realizada pelo sistema de programação conhecido como kanban (TUBINO 1999).

Para Tubino (1999), *lead time*, ou tempo de atravessamento, é um tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados. Como o *lead time* é uma medida de tempo ele está associado com a flexibilidade do sistema produtivo em responder a solicitação do cliente.

Seguindo este pensamento, quanto menor o tempo de *lead time*, menores serão os custos de produção. Os objetivos das técnicas aplicadas pela filosofia JIT é buscar a redução contínua dos *lead times* produtivos para atender as solicitações dos clientes. Não se deve confundir *lead time* com tempo de ciclo, *lead time* é o tempo para transformar matéria prima em produto acabado, e ciclo é o tempo entre as saídas de produtos acabados.

A Figura 5 ilustra a composição do *lead time* produtivo.



**Fonte: Tubino (1999)**

O JIT busca continuamente o aumento de flexibilidade, seja por forma estrutural, de distribuição dos recursos em unidades de negócios focalizadas, com células de fabricação e montagens operadas por funcionários polivalentes, seja pela diminuição dos lotes de produção a partir da redução dos tempos de *setup* e a eliminação das tarefas que não agregam valor aos produtos, ou ainda, pela sincronização das demandas dentro da cadeia produtiva em que a empresa está inserida (TUBINO, 1999).

## 2.4 Setup

Para entender a redução do tempo de *setup*, primeiro é necessário examinar a razão de sua importância. Para que as aplicações de medidas de redução tenham resultados é importante que seus princípios sejam bem compreendidos e aplicados.

Moura e Banzato (1994, p.13), definiram *setup* como: “Todas as tarefas necessárias desde o momento em que tenha completado a última peça do lote anterior, até o momento em que dentro do coeficiente normal de produtividade, se tenha feito a primeira peça do lote seguinte.”

Moura e Banzato (1994) ainda diz que por causa do tamanho dos lotes, muitas empresas passam a produzir com base na demanda prevista, e esta é uma das razões dos estoques excessivos. Para que se possa atuar nas causas de demora de *setup* é necessário entender alguns passos básicos para a redução deste.

Começando pela análise do método existente, considera-se a análise detalhada dos operadores e líderes do processo atual de *setup*, registrando todos os elementos que sobressaem como irregulares e externos. Tendo esta análise em mãos é importante separar os elementos internos dos elementos externos.

Segundo Moura e Banzato (1994) os elementos internos referem-se a ações do *setup* em que a máquina necessita ser parada para executá-los. Os elementos externos referem-se às ações a serem efetuadas enquanto a máquina está operando sem afetar o processo produtivo. É importante que estes dois elementos sejam rigorosamente separados. Elementos externos do *setup* têm atividades de buscar dispositivos e ferramentas, trazer matéria prima, disponibilizar o plano de produção e ações de aproximar e colocar o ferramental ao lado da máquina. E elementos internos devem ocorrer, somente, a remoção da ferramenta e a colocação da nova ferramenta na máquina. Lembrando que ajustes, modificações e conserto das ferramentas devem ser feitos com antecedência.

Uma das ações mais importantes que ocorre na redução do tempo de *setup* é a atividade de converter as operações de *setup* que se executa com a máquina parada (elementos internos) para operações com a máquina operando (elementos externos). E por último reduzir ou eliminar os elementos internos é crucial para redução de *setup*. Este consiste em padronizar ferramentas, além de padronizar ferramentas deve-se padronizar os tamanhos de parafusos e porcas, introduzir canais e guias de pré-ajustagem, trazer dispositivos e ferramentas ao lado da máquina que os utilizam, codificá-los e diferenciá-los por cores.

Mas porque a redução do tempo de *setup* se faz tão importante? Para responder esta pergunta Moura e Banzato (1994) diz que deve-se entender que com a redução do tempo de *setup*, podemos passar a produzir na demanda real, ao invés de produzir na demanda prevista. Como o objetivo da maioria das empresas é atingir o tamanho ideal dos lotes, produzindo assim pequenas quantidades frequentemente torna-se imprescindível a redução do tempo de *setup*.

## **2.5 Métodos para a redução do tempo de *setup*.**

### **2.5.1 Proposta metodológica de redução de *setup* – A filosofia Moura e Banzato.**

Segundo Moura e Banzato (1994), sem contar com um método ou um sistema, a redução do *setup* poderá acabar se mostrando acidental ou sendo reduzida por completo.

Para a redução dos tempos de *setup* Moura e Banzato (1994), propõem métodos e itens que merecem atenção. Estes métodos e itens são: Fazer um vídeo para encontrar as perdas geradas pelo *setup*, definição dos tempos de *setup*, documentação do *setup* atual, transformar elementos internos do *setup* em elementos externos, ajustes de *setups*, *setups* programados.

Moura e Banzato (1994) diz que:

O vídeo de *setup* deve ser feito com o objetivo de encontrar as perdas geradas pelo *setup*. É necessário que se faça um vídeo completo. Este vídeo deve acompanhar desde a última peça do lote anterior até ser aprovada a primeira peça do lote seguinte. Este procedimento deve ser feito para garantir que a filmagem acompanhe uma operação normal de *setup*. O vídeo permitirá visualizar os esforços feitos pelo funcionário, servindo de base para sua redução. É muito importante que o processo de filmagem seja planejado pela equipe e tudo deve ser feito para que se escolha para a filmagem um *setup* correto. Para que a filmagem do *setup* seja válida é necessário um formulário para o vídeo e um *checklist* do vídeo.

A seguir as Figuras 6 e 7 ilustram um modelo de formulário para o vídeo e um modelo de *checklist*, respectivamente.

**Figura 6. Formulário para o vídeo**

<b>FORMULÁRIO PARA O VIDEO</b>	
Sirva-se deste documento; ele ajuradá você a filmar o Setup em sua forma atual.	
Operaror da filmadora:	_____
Assistente do operador:	_____
Data do Video:	___ / ___ / ___
Duração do Video:	_____
Local do Video:	_____
Pessoa que executa o setup:	_____
Quantidades de Fitas Virgens Necessarias:	_____
Quantidades de Baterias necessarias:	_____
Localização da tomada de força mais proxima:	_____
Comprimento do fio de extenção:	_____

**Fonte: Moura e Banzato (1994)**

**Figura 7. Checklist do vídeo**

<b>CHECKLIST DO VIDEO</b>	
<input type="checkbox"/>	As pilhas novas para o cronometro da filmadora foram estaladas
<input type="checkbox"/>	As baterias para a filmadora estão a disposição com carga plena
<input type="checkbox"/>	O fio de exteção esta a disposição
<input type="checkbox"/>	As fitas pa o video estão a diposição
<input type="checkbox"/>	Foi feito o acerto com a pessoa que sera filmada
<input type="checkbox"/>	Foi feito o acerto com os operadores proximos
<input type="checkbox"/>	Foi feito o acerto com o supervisor

**Fonte: Moura e Banzato (1994)**

Moura e Banzato (1994, p.59) definem os tempos relativos ao *setup* da seguinte maneira:

- a) Elementos = Todas as providências necessárias para o *setup*.

- b) Ficar pronto = Todas as providências relativas á preparação que antecede a retirada de um artigo ou a introdução de um novo.
- c) Retirar serviço antigo = Todas as providências que, em relação ao serviço que acaba de ser completado, digam respeito a retirada de peças, dispositivos e ferramentas, ás mudanças no maquinário e a limpeza.
- d) Instalar um novo serviço = Todas as providências que em relação ao serviço seguinte, digam respeito á instalação de peça, dispositivos e ferramentas e as mudanças no maquinário.
- e) Parar para funcionar = são todas as demais providências que forem necessárias antes de o maquinário estar pronto para fabricar a primeira peça do próximo lote.
- f) Testes = Todas as providências tomadas na obtenção da primeira peça que seja aceita.
- g) Aprovação = Todas as providências tomadas para a fiscalização e aprovação da primeira peça de um lote.

Para que o trabalho de redução de *setup* tenha sucesso, é necessário obter um *setup* com menor tempo, menor custo e de fácil execução.

### **2.5.2 Proposta de metodologia de redução de setup – A filosofia Shingo**

Shingo (1996) define a Troca Rápida de Ferramentas como algo estratégico em uma instituição, posteriormente técnicas práticas de implantação destes conceitos além de técnicas para análise e apoio às melhorias. Dois grupos de estratégias são levantadas para redução no tempo de troca de ferramentas:

- a) Estratégias envolvendo habilidades – onde as pessoas que detêm o conhecimento empírico no processo de preparação da máquina (operador ou preparador);
- b) Estratégias envolvendo tamanho do lote – devido aos tempos altos de setup, empresas preferem fazer muitas peças em cada preparação (estoque). A TRF permite redução dos custos de *setups*.

Shingo (2000) ainda demonstra que o processo de melhoria de *setup* é dividido em quatro etapas:

- a) Estágio preliminar – onde irá analisar e estudar a operação *setup* atual nos mínimos detalhes com o auxílio dos operadores. Nesta tarefa, algumas maneiras para abordar esta questão podem ser cronoanálise da operação, entrevistas ou até mesmo a filmagem da operação.

- b) Estágio1 – onde é dividido as operações de setup entre internos e externos, onde o autor menciona a possibilidade de, já neste estágio o ganho de 30 a 50% de tempo de preparação;
- c) Estágio 2 – neste estágio são feitas análises para transformar *setups* em externos;
- d) Estágio 3 – e por fim neste estágio, após feitas as divisões de *setups* externos e internos, são realizados estudos para otimizar estes tempos de preparação.

Estes estágios mostram que TRF são compostas por duas ações principais: análise e implantação. Para implantação destas melhorias são utilizadas oito técnicas:

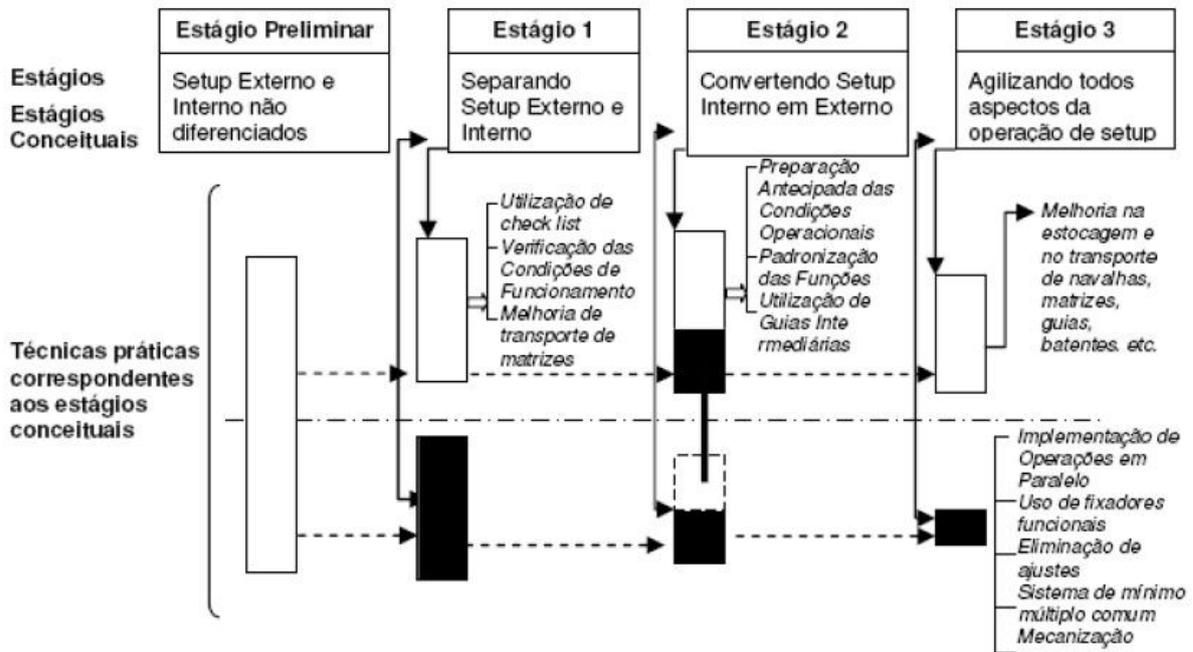
- a) Separar operações externas e internas;
- b) Transformar *setup* interno em externo;
- c) Padronizar as operações do *setup*;
- d) Utilizar fixadores funcionais ou não usar nenhum fixador;
- e) Utilizar dispositivos intermediários para eliminar ajustes;
- f) Utilizar operações paralelas;
- g) Otimizar operações;
- h) Mecanizar as operações.

Ainda Shingo (1996) afirma que se o método *Just in time*, ponto chave do sistema Toyota de produção, não teria sido desenvolvido se o TRF não existisse. Para o autor, o TRF começa primeiramente no ambiente estratégico, e somente depois entram em cena o desenvolvimento e aplicações dos conceitos com o intuito de implantar seus conceitos e técnicas. Para Shingo (1996) as bases para a implantação do SMED<sup>1</sup> são mostradas resumidamente na figura 08:

---

<sup>1</sup> *Single-Minute Exchange of Die*: este conceito introduz a ideia de que qualquer mudança no processo de inicialização da máquina ou geral não deve demorar mais de 10 minutos, daí a frase único minuto.

Figura 8. Bases para a implantação do SMED



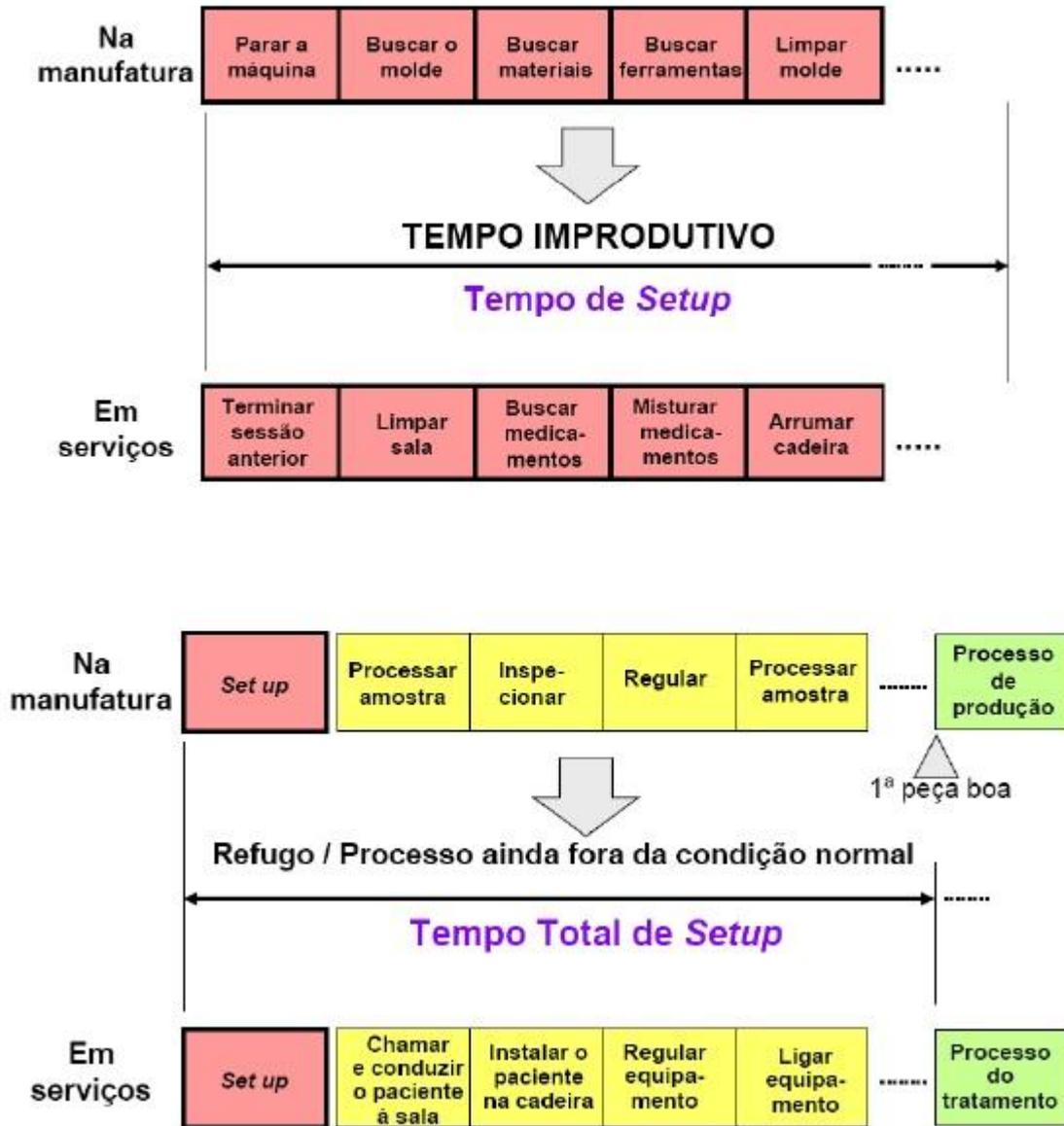
Fonte: Shingo (1996)

Segundo Shingo (1996), o SMED se baseia no fato de que os *setups* internos e externos ainda não estejam implantados, e então a primeira etapa seria analisar o *setup* e todos os pontos de possíveis ganhos de tempos (esta operação é muito importante que seja realizada com os operadores e preparadores envolvidos com o equipamento).

Com este passo realizado é separado todos os pontos que podem ser divididos em *setup* interno e externo. Após isso ocorre a transformação de todas as etapas possíveis em *setups* externos e também a eliminação do maior número possível de ajustes. E por fim cada operação definida como interna e externa é treinada para ser executada com mais facilidade.

Na figura 9 Shingo (1996) mostra esquematicamente a sequência de um *setup* tanto na manufatura de produtos quanto na prestação de serviços:

Figura 9. Sequência de um *setup* tanto na manufatura quanto na prestação de serviços



Fonte: Shingo (1996)

### 2.5.3 Proposta metodológica de redução de setup segundo Mondem (1983).

O modelo proposto por Modem (1983) segue o mesmo princípio abordado por Shingo, diferenciando as estratégias e técnicas de implantação.

O autor considera a diferenciação entre preparação interna e externa como o conceito mais importante para a realização da Troca rápida de Ferramenta. Posterior a isso vem a eliminação dos ajustes, que consomem em média 60% do tempo total do *setup* interno. Nestes ajustes, já deve ser observado, segundo o autor, as etapas do projeto. O terceiro passo seria a busca pela padronização das ferramentas, buscando a intercambialidade de ferramentas.

Ainda segundo Modem (1983) há seis principais técnicas para a realização das melhorias:

- a) A padronização de função e conversão de *setup* interno em externo;
- b) Padronização das peças necessárias do equipamento;
- c) Utilização de fixadores rápidos;
- d) Utilização de ferramenta de fixação suplementar;
- e) Operações paralelas;
- f) Mecanização.

#### **2.5.4 Proposta metodológica de redução de *setup* segundo Hay (1992).**

Segundo Hay (1992) o modelo proposto se inicia com o compromisso da alta administração da empresa junto ao projeto, o que pelo autor é considerado um fator crítico para o sucesso da implantação da TRF. Este modelo segue técnicas diferenciadas dos autores citados anteriormente, sendo mais abrangente.

A segunda etapa é a escolha do processo a ser melhorado, sendo nestas propostas considerada o melhor retorno frente ao impacto potencial da melhoria a ser atingida. No terceiro passo é importante a definição da equipe multidisciplinar a ser responsável pela melhoria a ser desenvolvida. O quarto passo será a capacitação da equipe com treinamentos sobre conceitos de TRF, e também todos os objetivos da melhoria que será realizada no processo. As demais etapas definidas pelo autor são bastante parecidas com as dos demais autores já mencionados no trabalho, sendo que os principais são:

- a) Separação de *setup* em interno e externo;
- b) Conversão de *setup* interno para externo;
- c) Eliminação dos ajustes.

A última etapa é garantir a fluência das operações de *setup* eliminando os problemas encontrados na realização das atividades, tais como a falta de ferramentas, dispositivos ou elementos de fixação.

### **2.5.5 Proposta metodológica de redução de *setup* - A filosofia Kannenberg (1994).**

Kannenberg (1994), da mesma forma que Hay (1992), propõe um modelo de implantação da TRF bastante semelhante conforme os pontos listados. O primeiro passo é a criação de um ambiente favorável para implantação da técnica começando pelo convencimento da alta direção da empresa. O autor divide seus métodos nos níveis estratégicos: tático e operacional.

- a) No nível estratégico, o autor vê a necessidade de observar a aderência do método ao sistema produzido em visão em longo prazo. Os três passos propostos são: a obtenção do comprometimento da alta direção, promover a formação de uma equipe responsável pelo planejamento e controle da implantação e por fim uma avaliação do processo produtivo quanto à visão do futuro e crescimento.
- b) No nível tático, é necessário segundo o autor, a difusão das políticas da empresa a médio e longo prazo, em especial quanto a investimentos, projetos de produtos, definição de metas e treinamento.
- c) O nível operacional não difere das técnicas já propostas por Shingo (1996, 2000) e Mondem (1983).

### **2.5.6 Proposta metodológica de redução de *setup* - A filosofia Black (1998).**

Black (1998) propõe uma abordagem que consiste no estudo de tempos e movimentos aplicados aos problemas de redução do tempo de *setup*. O autor divide sua metodologia de implantação em sete etapas, destacando os seguintes passos:

- a) Diagnosticar a situação vigente (através de estudos de tempos e movimentos);
- b) Separação do *setup* interno do externo;
- c) Migração de atividades para o *setup* externo;
- d) Racionalização das atividades internas;
- e) Análise dos métodos utilizados;
- f) Padronização e eliminação de ajustes;
- g) Eliminação do *setup* quando possível.

Assim como os outros autores, Black (1998) sugere diversas técnicas específicas a serem aplicadas para implementação da redução de *setup*. Para a análise do método existente o

autor propõe a elaboração de um *check-list* objetivando a racionalização da análise. Outras propostas são a utilização de filmagens, para cálculo de tempos de movimentos.

Na figura 10 há um comparativo do trabalho desenvolvido:

**Figura 10. Comparativo entre os autores mencionados**

Questões/ autores	Moura e Banzato (1994)	Shingo (1996 e 2000)	Mondem (1984)	Hay (1992)	Kennerberg (1994)	Black (1998)
<b>Sistemática e principais contribuições do autor</b>	Define tempos relativos ao setup em 7 estágios.	Criação da metodologia SMDE através de 4 estágios conceituais e 8 técnicas	Segue Shingo nos 4 estágios conceituais e 6 técnicas.	Ênfase na equipe de liderança. Método em 9 etapas.	Método em 9 etapas dividido em estratégico, tático e operacional.	Método 7 etapas, ênfase no estudo de tempos e movimentos.
<b>Criação de ambiente favorável à implantação da TRF</b>	-	Parte do pressuposto da existência do STP	-	Procura desenvolver a alta administração, time de projeto e treinamento.	Procura envolver a alta administração.	-
<b>Determinação do método existente</b>	Filmagem, cronoanálise, documentação do setup	Estágio preliminar, cronoanálise, entrevista e filmagem.	Idem a Shingo	Uso das técnicas proposta por Shingo e Mondem.	Uso das técnicas propostas por Shingo e Mondem	Estudo dos tempos e movimentos.
<b>Separação setup interno e externo</b>	Um dos métodos utilizados pelo autor.	Corresponde ao estágio 1, uso do check list, organização e eliminação de transporte.	Considerado o conceito de maior importância pelo autor.			Uso das técnicas proposta por Shingo
<b>Conversão setup interno em externo</b>	Feito a partir da otimização das operações documentadas	Estágio 2, consiste na análise das atividades realizadas, aplicando técnicas de melhoria.	A conversão do setup interno para externo é analisada junto à padronização de funções.			
<b>Racionalização de atividades</b>	Análise dos processos através de filmagem e check list das filmagens	Estágio 3, aplicando técnicas específicas de melhoria.	Propõe 5 técnicas para melhoria	Estudo de sistemas de fixação e redução de movimento		Análise de métodos e eliminação de ajustes.
<b>Padronizar práticas de setup</b>	Uso da documentação obtida no processo (check list, filmagem)	A cada nova melhoria, no chão de fábrica conforme método científico.	Sem grande ênfase neste tópico	Preocupa-se com a fluência das atividades e a repetibilidade.		Uso da documentação obtida no processo (check list, filmagem)
<b>Eliminar ajustes</b>	Verificar antes todas as providências necessárias para o setup.	Abordagem na racionalização de atividade.	Ênfase ao optar pela eliminação de ajustes desde o início do projeto.	Auto-posicionamento de ferramenta, eliminar corrida de teste.		Idem a Shingo
<b>Eliminar setup</b>	Contar com um método que o setup seja reduzido por completo.	-	Através da mecanização e intercambialidade de ferramenta.	-		Propõe análise de viabilidade econômica para eliminação de setup

Fonte: o autor

## 2.6 A Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

Shingo (2000) diz que a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) pode ser descrita como uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipamentos, possibilitando a produção econômica em pequenos lotes. E Shingo (2000) ainda complementa que a TRF auxilia na redução dos tempos de atravessamento (*lead time*), possibilitando à empresa resposta rápida diante das mudanças do mercado. Outra vantagem que Shingo (2000) aponta da TRF é a produção econômica de pequenos lotes de fabricação, o que geralmente exige baixos investimentos no processo produtivo.

Além disso, a TRF reduz a incidência de erros na regulagem dos equipamentos Harmon & Peterson (1991).

Segundo Garcia (2001) o *lead time* é fator diferencial no custeio de um processo de manufatura. Sua redução resulta em menores custos de operação e agrega benefícios ao consumidor. Movimentações de materiais por meio de operações mais rápidas resultam em sistema mais enxuto e produtivo.

Para Slack (1993) a redução do *lead time* proporciona aproximação entre requisitos do cliente e resposta da empresa, resultando em fidelidade de clientes e em menor complexidade gerencial. E Slack (1993) ainda diz que o tempo ganho com a redução do *lead time* é um investimento na satisfação do consumidor e na redução dos custos da manufatura.

Harmon & Peterson (1991) aponta três razões sobre a importância da redução do tempo gasto em *setup*.

1. Quando o custo de *setup* é alto, os lotes de fabricação tendem a ser grandes, aumentando o investimento em estoques;
2. As técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas diminuem a possibilidade de erros na regulagem dos equipamentos;
3. A redução do tempo de *setup* resultará em aumento do tempo de operação do equipamento.

E Harmon & Peterson (1991) diz ainda que a TRF é essencial para a obtenção das qualidades necessárias à manutenção da estratégia competitiva das empresas em relação aos clientes e mercados e, principalmente, para atingir uma produção *just in time*, em que tais qualidades dependem da redução do *lead time*. A redução do *lead time* depende da redução dos estoques intermediários, da sincronização da produção e do tamanho dos lotes de fabricação. Harmon

& Peterson (1991) complementa também que a redução do tamanho dos lotes é função da redução dos tempos de *setup*, isto é, possui elevado grau de dependência na TRF.

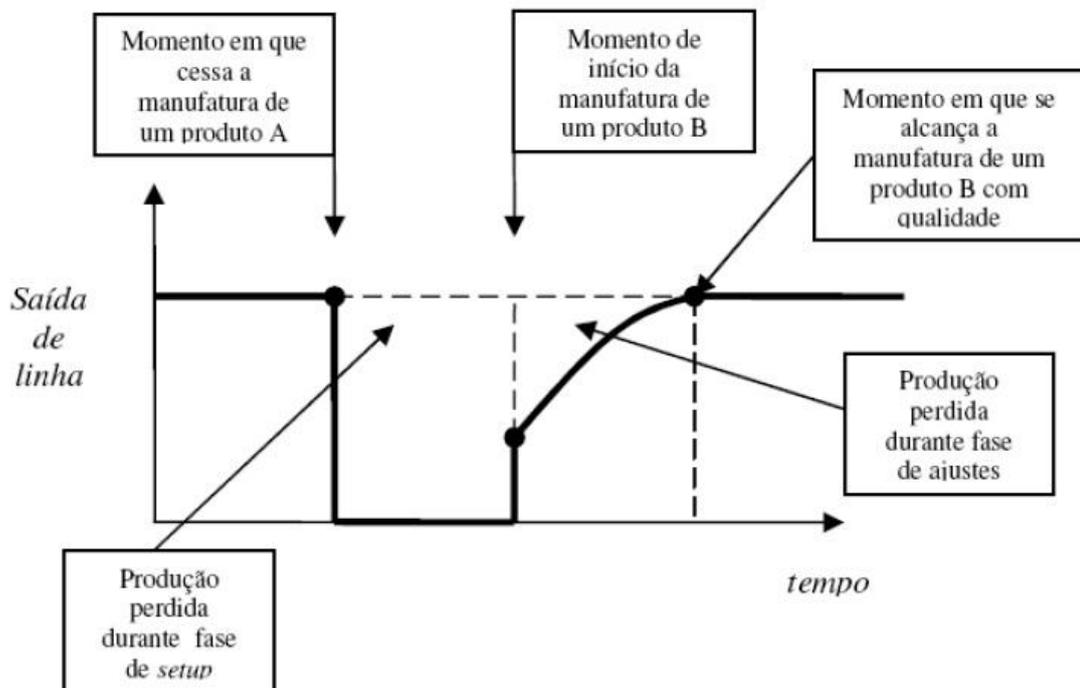
Shingo (2000) define TRF a partir de uma visão primeiramente estratégica, seguida de conceitos para implantação da ferramenta e técnicas de apoio. Propõe dois grupos de estratégias que são sugeridas para minimizar as perdas decorrentes da troca de produtos em uma operação:

1. Estratégias envolvendo habilidades: procedimentos eficientes no *setup* resultam do conhecimento sobre o equipamento em estudo e da habilidade e experiência do operador nas tarefas inerentes ao procedimento de *setup*. Em máquinas mais complexas, utiliza-se o conceito do preparador (operador especialista em preparação de máquina), ficando o operador do equipamento com as tarefas auxiliares da preparação.
2. Estratégias envolvendo tamanho de lote: para reduzir as perdas decorrentes de *setups* longos sobre o desempenho do sistema, uma solução é aumentar o tamanho do lote para compensar a parada do equipamento. A fabricação de grandes lotes, entretanto, pode ser indesejável se resultar em produção antecipada ou formação de estoques. A TRF permite a redução os custos de *setup* dos lotes, resultando em lotes de fabricação de tamanho reduzido.

Shingo (2000) também diz que as melhorias de *setup* normalmente obtidas dependem do tamanho do lote ou da habilidade desenvolvida pelo operador. Nos sistemas convencionais de produção, o *setup* é tido como uma espécie de “mal necessário” e consome uma grande parte da capacidade produtiva de um setor industrial.

E Shingo (2000) complementa que nos sistemas JIT de produção, as operações de *setup* são desenvolvidas, com resultados muito interessantes para a competitividade de uma empresa, através de uma técnica chamada SMED (*Single – Minute Exchange of Die*), o termo em inglês se refere às técnicas para realizar operações de *setup* em um número de minutos expresso num único dígito, que nada mais é do que o tempo decorrido entre a saída do último produto A da máquina, até a saída do primeiro produto B com qualidade e que foi posteriormente chamado de Troca Rápida de Ferramenta (TRF). Isto é demonstrado na Figura 07 abaixo:

Figura 11. Esquema gráfico representando no SMED



Fonte: Shingo (2000)

Shingo (2000) afirma que embora nem todo e qualquer tempo de preparação (*setup*) seja realizável em menos de dez minutos, este é o objetivo do sistema aqui descrito, e ele pode ser atingido em uma surpreendente porcentagem de casos. Mesmo onde isto não é possível, reduções drásticas do seu tempo são normalmente possíveis.

É pertinente dizer que dentre as principais técnicas que compõem a filosofia JIT, o sistema de TRF é seguramente uma das mais importantes. Como afirma Shingo (2000), prefaciando sua obra, acredita-se firmemente que o sistema de TRF é o método mais efetivo para se atingir a produção JIT.

## 2.7 Técnicas para Aplicação da TRF

Com uma vasta experiência em trabalhos com TRF, Shingo (2000) desenvolveu algumas técnicas que atuam nos quatro estágios da TRF, e são fundamentais para sua aplicação. Algumas dessas técnicas são resumidamente apresentadas a seguir:

Estágio inicial:

Neste estágio, um *setup* pode ser encarado como uma tarefa muito árdua, pois os acessórios não estão próximos à máquina, os parafusos estão em quantidades insuficientes, não há carrinhos para transporte de ferramentas ou acessórios que por sua vez estão longe da

máquina, a chave para a retirada de um componente não esta na máquina e uma série de outros problemas contribuem para retardar o processo.

A principal técnica nesse estágio é obter um forte envolvimento da gerência, diretoria ou engenharia, pois, apenas delegar a tarefa aos operadores é o mesmo que transferir o desenvolvimento do sistema de TRF para os mesmos. Conforme Shingo (2000), esta é “uma atitude que constitui certamente uma das principais razões pelas quais, até pouco tempo atrás, não surgia nenhum grande progresso nas melhorias do *setup*”.

Estágio 1:

As técnicas aqui usadas devem garantir que as operações que possam ser executadas como *setups* externos sejam de fato, realizadas somente enquanto a máquina estiver trabalhando.

Seguem algumas destas técnicas:

- a) Utilização de um *checklist* que tem a função de verificar se todos os componentes necessários para o *setup* estão próximos à máquina, como: ordem de produção, cartelas de referência de cores e *lay out*, ferramentas, acessórios, etc.
- b) Verificação das condições de funcionamento de todos os componentes conferidos no *checklist*. É desnecessário relacionar os prejuízos causados num *setup* decorrente de uma ferramenta ou acessório que não está funcionando e tem que ser trocado ou reparado.
- c) Melhoria no transporte de acessórios ou materiais deve ocorrer durante o *setup* externo, através de um auxiliar ou com a máquina trabalhando automaticamente. Contudo, há processos que exigem movimentações durante o *setup* interno, e devem ser minimizados.

Estágio 2:

São as técnicas que auxiliam na conversão de *setup* interno em externo, seguem algumas delas:

- a) Preparação antecipada das condições operacionais, pois há operações de *setup* originalmente internas, que podem ser previamente preparadas, possibilitando a redução do seu tempo ou até mesmo sua conversão em *setup* externo.
- b) Padronização de funções, onde a mais comum é a padronização de tamanhos de acessórios ou ferramentas como, por exemplo, os diâmetros dos parafusos para usar

uma única chave, o pré-aquecimento de um molde numa máquina de fundição que antes era feito com a mesma parada.

### Estágio 3:

Trata-se literalmente da melhoria ou até da eliminação de operações, sejam elas internas ou externas conforme algumas técnicas apresentadas a seguir:

- a) Melhorias radicais nas operações de *setup* externo que são todas as melhorias realizadas no periférico da máquina, como: armazenagem e movimentação de componentes e ferramentas, estantes e áreas para limpeza de acessórios, etc. Embora estas melhorias, não reduzem diretamente o tempo de *setup* final, auxiliam ao operador a realizar suas tarefas de forma mais inteligente, evitando desgastes físicos desnecessários.
- b) Melhorias radicais nas operações de *setup* interno que são todas as técnicas utilizadas para simplificar as operações ao ponto em que as mesmas possam ser eliminadas ou pelo menos executadas facilmente por um operador inexperiente. Seguem alguns exemplos: "Operações Paralelas: uma operação realizada por um operador leva vinte minutos, se realizada por dois operadores, não necessariamente levará dez minutos, mas talvez sete minutos, pois há normalmente uma grande economia nas funções de movimentação. Fixadores Funcionais: são dispositivos de fixação que servem para prender objetos em um determinado local, com o mínimo de esforço possível". Exemplos: eliminar voltas do parafuso, furo em forma de pêra, arruela em "U", manoplas e outras várias facilidades técnicas. Eliminação de Ajustes: mudanças simples de projeto de equipamento ou acessório que elimina o ajuste, fazendo com que "qualquer um" possa realizar a operação. Como exemplo, pode-se citar uma guia de centragem de peça em formato de V com encaixe macho/fêmea para ajuste instantâneo.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

Essa pesquisa enquadra-se como um estudo de caso que, de acordo com Silva e Menezes (2005, p. 21), “... envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.”.

A pesquisa tem natureza exploratória e qualitativa, em que o processo, seus significados e medida são focos da abordagem e o ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados. Quanto aos objetivos, a pesquisa se caracteriza como exploratória. E quanto sua natureza, objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática.

Para a coleta de dados foram realizadas observações *in loco* e através de reuniões com a diretoria, foram feitas buscas de informações em livros da área, em artigos e em meio eletrônico.

Inicialmente, para o desenvolvimento do trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica dos assuntos pertinentes, seguida pela caracterização do ambiente de estudo. Sendo então, diagnosticados os pontos críticos e finalmente realizado um plano de melhoria para as falhas identificadas.

#### **3.2 Caracterização da empresa**

A empresa foco da do estudo de caso é uma indústria de metal mecânica, que produz implementos agrícolas para colheitadeiras e tratores, presente na cidade de Maringá-PR há 33 anos. Hoje é considerada uma das maiores fabricantes de peças agrícolas do Brasil e da América Latina.

A M.Lamon Implementos Agrícolas possui uma produção em grande escala aliada a um grande mix de produtos. A marca Lamon está presente em todo território nacional levando satisfação, qualidade e confiabilidade aos clientes através da sua excelente equipe de representantes que atua em todo Brasil e no MERCOSUL.

Todos os setores da M.Lamon possuem um mesmo objetivo no que se refere à investimentos em melhoria de qualidade, tecnologia, inovação e capacitação de equipes. Tudo isso se alinha com sua missão que é satisfazer as necessidades dos clientes em peças de reposição com

rapidez, qualidade, excelência no atendimento, contribuindo para o desenvolvimento agrícola do país.

A empresa em questão tem dois setores para a produção de suas peças. O setor de usinagem, onde ocorre o processo de operações de torneamento, fresamento, mandrilamento, furação, rosqueamento. E possui o setor de estamparia, onde ocorrem processos de corte, estampagem de chapas, dobras entre outros. E para finalização do produto acabado a empresa possui mais dois setores, o de solda, para montagem e finalização do produto acabado e o setor de pintura.

A Estamparia é o setor do estudo em questão. Ele está preparado para produzir peças feitas de chapas e tubos. Fornece produtos diretamente à linha de montagem de seus clientes. Para suas operações, dispõe de equipamentos como guilhotina, prensas hidráulicas e mecânicas, furadeiras, que funcionam em conceito de células flexíveis.

### **3.3 O Sistema de Produção**

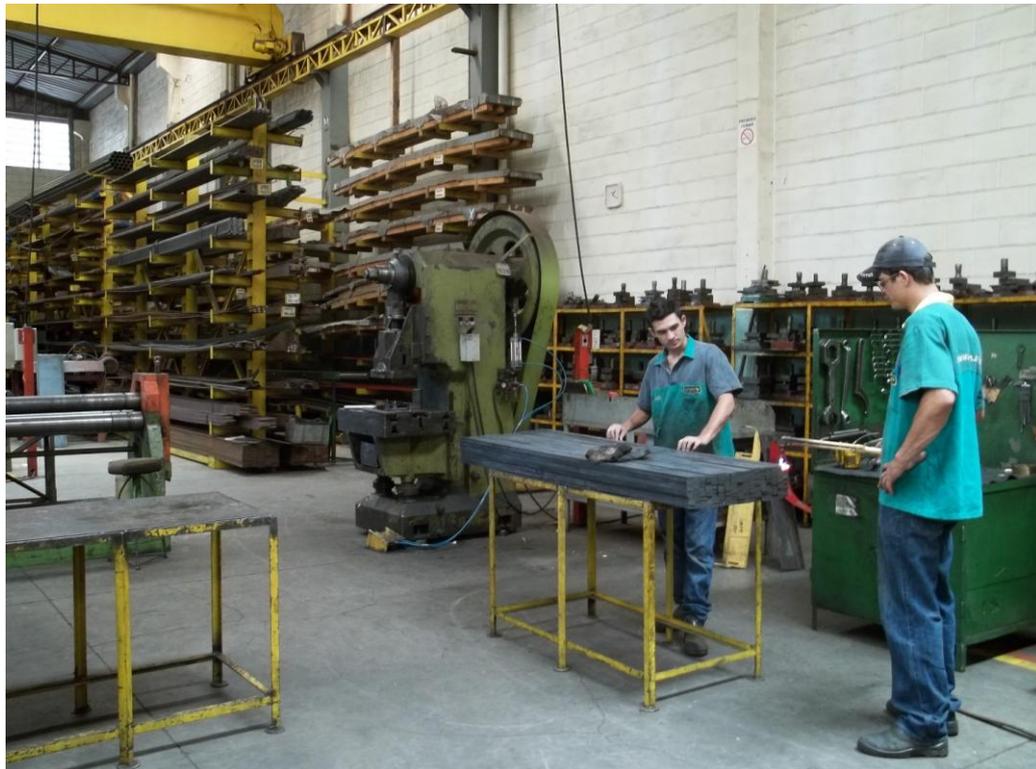
No processo produtivo do setor de estamparia as chapas são transformadas em peças que poderão ser usadas tanto na montagem final quanto na pré-montagem. Dentro do setor de estamparia são realizadas operações de corte, furo, estampo e dobra. Para realização destas tarefas o setor pode contar com guilhotinas, prensas, dobradeiras, blanqueadeiras, oxicorte. As figuras 12 e 13 a seguir mostram como é o setor de estamparia da empresa:

**Figura 12. Setor de estamparia da empresa M.Lamon**



Fonte: O autor

**Figura 13. Setor de estamparia da empresa M.Lamon**



Fonte: O autor

Paralelamente com o setor de perfilados existe o setor de usinagem, este setor é formado principalmente por tornos, furadeiras e máquinas de corte, como serras.

O setor de solda se encarrega de receber as peças dos dois setores, estamparia e usinagem, para realizar a montagem dos implementos. Pode-se dizer que é neste setor que o produto ganha vida, todas as peças são encaixadas e soldadas formando assim o produto final. Para facilitar o trabalho de solda, usa-se gabaritos, o que otimiza o processo de produção.

Por fim o produto passa pelo setor de pintura. O setor de pintura é dividido em jato de granalha, pintura e secagem. Depois de pintada a peça segue para inspeção de qualidade.

### **3.4 Modelo Proposto**

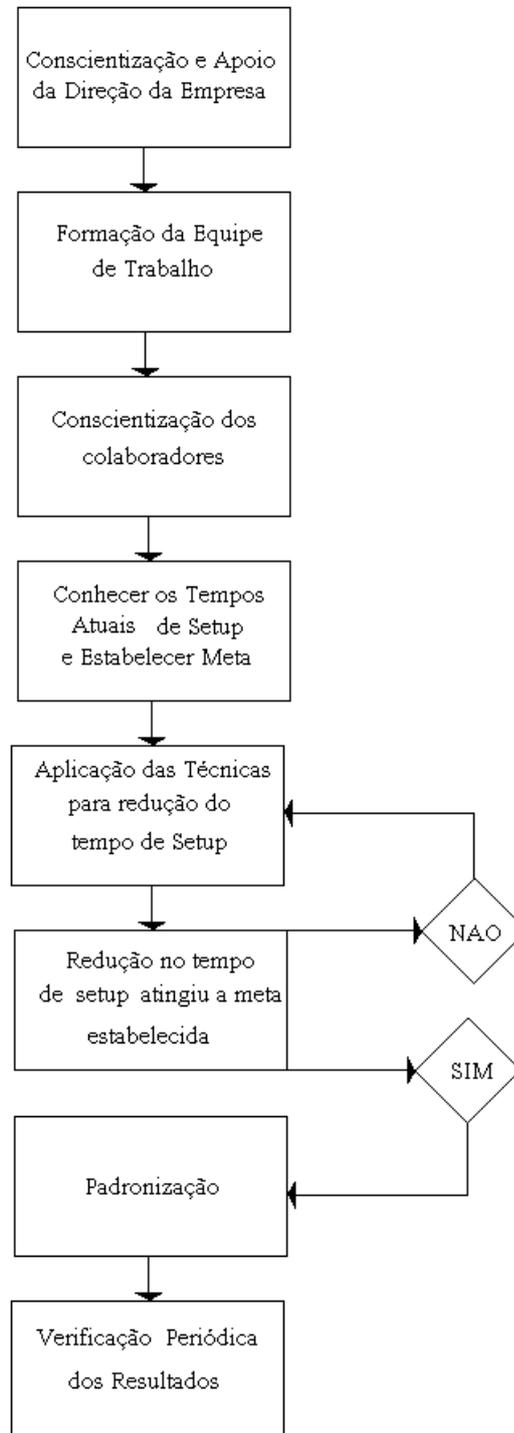
Neste tópico pretende-se apresentar um modelo para a implantação da melhoria de *setup* numa empresa de implementos agrícolas, mas especificamente no setor de estamparia. Este modelo e todas as suas etapas são aqui descritos.

Não foi encontrado nenhum modelo completo de implementação e melhoria de *setup* em empresas produtoras de implementos agrícolas. Embora saiba que algumas empresas deste segmento possuam conhecimento deste conceito, sabe-se também que muitas outras não tem ciência. Portanto, o modelo utilizado para este estudo surgiu a partir de análises feitas em revisões bibliográficas escritas por Shingo, Womack, Ohno, autores que revolucionaram a TRF, otimização de *setup*, manufatura enxuta. Em paralelo a isso houve análises das condições encontradas na empresa onde o estudo foi realizado.

O modelo proposto, cujo fluxograma esquemático apresenta-se na figura 12, se inicia com a etapa de conscientização e apoio da direção da empresa, onde são apresentadas as vantagens competitivas e retornos financeiros estimados com a implantação do sistema.

Uma vez conscientizada a direção da empresa, a etapa seguinte será a formação da equipe de trabalho que é responsável pela operacionalização e difusão dos conhecimentos gerados neste projeto. Na etapa seguinte, conscientização dos colaboradores, onde se pretende a primórdio deixa-los ciente do projeto que será realizado e das facilidades operacionais que este traz para o setor em que trabalham.

**Figura 14. Fluxograma esquemático do modelo proposto**



Fonte: O autor.

Com a equipe formada, e os colaboradores conscientizados passa-se para a etapa de conhecer os tempos atuais de *setup* e estabelecer meta, que como o próprio nome afirma, trata-se de um levantamento realizado pela equipe de trabalho que visa conhecer os tempos necessários para

se efetuar um *setup* e, a partir destes tempos definir a meta a ser atingida. Conhecido os números atuais e a meta a ser atingida, inicia-se a etapa de aplicação das técnicas para redução do tempo de *setup*, onde a equipe de trabalho fará uso da sua experiência profissional e, principalmente, da revisão bibliográfica.

Após a aplicação dos trabalhos desenvolvidos pela equipe, se faz uma avaliação, que questiona se a redução no tempo de *setup* atingiu a meta estabelecida. Caso a resposta seja negativa, a equipe retorna à etapa de aplicação das técnicas. Caso a resposta seja positiva, segue-se para etapa de padronização que tem o objetivo de padronizar todas as operações envolvidas no *setup*. Na etapa de verificação periódica dos resultados, checa-se o tempo de execução do *setup* a fim de constatar se o mesmo se mantém regular e abaixo da meta estabelecida.

#### **3.4.1 Etapa 1: Conscientização e Apoio da Direção da Empresa**

A conscientização da necessidade de implantação de um sistema de melhoria de *setup* deve ser realizada primeiramente junto à diretoria da empresa, a fim de se obter da mesma o apoio e o comprometimento necessário para o sucesso do projeto. Todo este processo de conscientização deve estar focado no aumento da competitividade da empresa no mercado, através da conquista de algumas vantagens importantes para este setor produtivo, tais como: aumento da flexibilidade de mix na produção pela redução dos tamanhos dos lotes econômicos; aumento da capacidade produtiva pela redução do tempo parado de máquina com *setups*; melhor utilização dos recursos produtivos associados ao processo em si, como homens e materiais; diminuição dos estoques de almoxarifado, produto acabado e expedição; diminuição do *lead time* produtivo em função da redução do tamanho dos lotes, com melhor desempenho de entrega de produtos; aumento da garantia da qualidade pela padronização das tarefas de *setup*.

Outro ponto muito importante a ser esclarecido junto à diretoria da empresa é o baixo custo de investimento, pois as maiores reduções nos tempos de *setup* ocorrem por conta de soluções que estão disponíveis dentro da própria produção. Normalmente os custos dos investimentos realizados são superados rapidamente. A medida que os trabalhos de redução de tempos de *setup* avançam, é possível que os investimentos necessários possam ser maiores, no entanto, deve-se realizar uma análise de custo-benefício para decidir se a redução do tempo específico é viável ou não.

Por fim, espera-se que a diretoria da empresa esteja convencida dos benefícios competitivos que a implantação do sistema traria para sua empresa e que a mesma dê apoio e as condições necessárias para a sequência do projeto.

### **3.4.2 Etapa 2: Formação da Equipe de Trabalho**

Uma vez que a diretoria esteja consciente das mudanças pretendidas, pode-se passar para a formação da equipe de trabalho. Esta equipe deve reunir pessoas de reconhecida competência, habilidade e ser respeitada pelos colegas provenientes das áreas de maior interação com o setor.

Esta equipe multifuncional tem o objetivo de operacionalizar e difundir todos os conhecimentos e técnicas desenvolvidas na implantação do sistema, bem como ditar o ritmo da sequência das etapas desta implantação. A formação básica da equipe de trabalho para implantação de melhorias de *setup* deve apresentar um gerente de produção, ou outra pessoa com função similar, que tenha noções sobre TRF como líder da equipe; colaborador do PC, um colaborador da manutenção; e pelo menos um encarregado, caso houver. Uma das primeiras providências da líder é dar a equipe uma ideia geral sobre o sistema de TRF.

### **3.4.3 Etapa 3: Conscientização da Equipe**

A conscientização da necessidade da implantação de um sistema que melhoraria o tempo de *setup* deve ser realizada junto à equipe de colaboradores. O intuito maior nesta etapa do processo é deixar toda equipe ciente dos trabalhos que estão sendo realizados à sua volta.

É comum que os colaboradores fiquem inseguros, temerosos ou desconfiados, pois irão encontrar situações de filmagens, tomada de tempos, irão ser questionados. Caso não saibam exatamente o que está acontecendo, tal fato pode prejudicar o bom andamento dos trabalhos.

Outro ponto importante nesta conversa é expor as vantagens que serão adquiridas pela empresa em que eles trabalham, já citadas anteriormente, assim como algumas outras vantagens que diz respeito diretamente à sua rotina de trabalho, como seguem:

- a) aprendizado de um novo conceito de trabalho;
- b) maior facilidade na execução das operações de *setup*;
- c) aumento da produtividade que pode reverter-se em incentivos salariais;
- d) melhor ambiente de trabalho;
- e) menor desgaste físico;

f) melhor qualidade de vida.

Desta forma, pretende-se que, esclarecendo os objetivos e as vantagens deste trabalho, obtenha-se a maior cooperação possível da equipe.

#### **3.4.4 Etapa 4: Conhecer os tempos Atuais de *Setup* e Estabelecer Meta**

A equipe de trabalho depois de formada deve fazer um levantamento geral em relação às atividades e seus tempos necessários atualmente para se executar o *setup* do processo. O recurso da filmagem pode ser usado neste momento. Além de passar a conhecer detalhadamente as atividades e os tempos do *setup* atual, a equipe deve posteriormente definir a meta em termos de tempo total de *setup* a ser alcançada com o desenvolvimento dos trabalhos.

#### **3.4.5 Etapa 5: Aplicação das Técnicas de TRF**

Esta etapa ocorreu durante as reuniões periódicas do grupo de trabalho. Sob orientação do líder a reunião inaugural deve avaliar as respostas obtidas nas questões colocadas na etapa anterior e realizar alguns estudos a fim de determinar dados a serem relatados a diretoria da empresa. Este relatório, além de trazer um plano de ação inicial a ser seguido pela equipe, traz também importantes informações sobre o panorama atual do setor de estamparia da empresa.

Sua estrutura deve trazer:

- a) O conceito de *setup* para a equipe;
- b) O tempo de máquina parada na empresa;
- c) Custo da hora máquina parada;
- d) O plano de ação inicial.

As informações referentes ao custo da máquina parada vinculada ao tempo de *setup* atual da empresa são extremamente importantes para justificar, sob a ótica da relação custo/benefício, os investimentos necessários no processo de redução de tempo de *setup*, bem como mostrar os ganhos da empresa com a evolução do trabalho.

É muito importante que a equipe esteja preparada em relação aos paradigmas existentes na empresa, pois é comum que algumas pessoas em trabalhos desta natureza acreditem que muito pouco poderá ser feito. A equipe deve ser persistentes e persuasiva, e a medida que as primeiras reduções de tempos são conquistadas, os antigos paradigmas vão se desfazendo.

Após esta etapa espera-se que a meta de redução no tempo de *setup* tenha sido alcançada. Neste caso segue-se para a etapa seguinte de padronização, caso contrário, conforme proposto na metodologia da figura 12, retorna-se a etapa de aplicação das técnicas para redução de tempos de *setup*, para novas reduções.

### **3.4.6 Etapa 6: Padronização**

Nesta etapa a equipe realizou a padronização do processo de *setup*, que ocorre de duas formas: padronização de peças, acessórios ou partes em relação a tipos de materiais, ou padronização das operações que ocorrem no *setup*.

É fato que, neste modelo proposto, a parte que diz respeito à padronização de peças, acessórios não ocorrem necessariamente no final do processo. Entende-se que, qualquer alteração em componentes do processo de *setup* proposta pela equipe e que comprovadamente apresente resultados de redução de tempo, pode e deve ocorrer em qualquer etapa do processo. Faz-se necessário apenas a realização de registros a fim de que o aprendizado se estenda para os demais equipamentos, ou até que se transforme em item de especificação técnica na aquisição de novas máquinas.

No que diz respeito à padronização das operações envolvidas no *setup*, trata-se de transformar em procedimento a sequência ideal de operações, levando em conta todos os testes e combinações de operações, assim como os aprendizados adquiridos nas reuniões periódicas da equipe.

Com a etapa de Padronização pretende-se por fim garantir que as operações ideias definidas pela equipe, e de uma certa forma pelos próprios colaboradores, não se percam na rotina do dia-a-dia.

### **3.4.7 Verificação Periódica dos Resultados**

Após esta etapa é mais difícil a existência da equipe, pois a partir deste ponto as conquistas em termos de redução de tempo são cada vez menores, e a participação de cada membro da equipe em sua área específica dentro da empresa traz maiores retornos.

O principal objetivo da etapa de Verificação Periódica dos Resultados é fazer tomadas de tempo a fim de constatar se os resultados conquistados estão sendo praticados normalmente no processo de *setup*.

Caso se visualize a possibilidade de estabelecer uma nova meta, retorna-se a etapa de Aplicação das Técnicas para melhoria de *setup*, em contrapartida mantém-se a etapa de Verificação Periódica dos Resultados.

## **4 ESTUDO DE CASO**

O presente tópico descreve a aplicação do modelo proposto na empresa objeto deste estudo, que vem passando por um processo de reformulação.

Esta reformulação acontece devido a implantação de um novo sistema produtivo, o sistema de manufatura enxuta. Aos poucos a empresa iniciou o processo de mudança, contratando profissionais qualificados para as áreas técnicas e produtiva, realizando treinamentos motivacionais e de liderança com os funcionários, adquirindo novos equipamentos e direcionando sua área comercial para novos mercados.

Anteriormente, como os lotes eram produzidos em grandes volumes, o tempo de *setup* era pouco percebido, contudo, neste novo cenário, o *setup* ganhou grande importância para os negócios da empresa. Desta forma, a fim de aumentar a competitividade da empresa em questão nestes novos mercados, iniciou-se em maio de 2012 a implantação do sistema para melhoria de *setup*.

### **4.1 O Processo Produtivo do Setor de Estamparia**

O processo produtivo desta empresa constitui-se basicamente de quatro setores como foi dito anteriormente. O sistema de melhorias de *setup* foi aplicado inicialmente no setor de estamparia. Este setor foi escolhido para iniciar o processo de implantação de manufatura enxuta, pois nele se apresenta o gargalo da empresa. Onde ocorre o maior atraso na entrega de peças, é neste setor que se tem maiores quantidades de peças refugadas, maior tempo de *setup*, e este setor que dá a maior margem de lucro para empresa. Por este motivo o setor de estamparia neste trabalho apresenta-se com uma maior importância em relação aos demais.

Neste setor existem cinco prensas excêntricas, duas prensas hidráulicas e uma de fricção. O setor de estamparia trabalha com chapas e o operador precisa ser extremamente capacitado para estar neste setor, pois os processos são de muita precisão.

### **4.2 Aplicação Prática do Modelo Proposto**

Seguindo as etapas do fluxograma apresentado na figura 12 compreendendo toda a fase de implementação, cada uma das etapas será descrita.

#### **4.2.1 Conscientização e Apoio da Direção da Empresa**

De acordo com o primeiro passo da metodologia proposta, foi necessário primeiramente conscientizar e justificar a diretoria da empresa sobre a importância da implantação de um sistema de melhoria de *setup*, a fim de obter da mesma, total apoio para desenvolver o trabalho.

Naquele momento, a empresa vislumbrava atender novos mercados com perfis diferenciados. Em contrapartida a esta realidade, a empresa contava com altos tempos de *setup* no setor de estamparia por consequência alto *lead time*, atraso nas entregas, entre outros problemas decorrentes dos grandes lotes de produção.

Todo esse panorama favoreceu, embora na prática não tenha sido preciso citar tantos motivos, para convencer a diretoria que a necessidade da implantação do sistema no setor de estamparia era uma questão imprescindível, tendo em vista que a mesma:

- a) diminuiria estoques em geral;
- b) diminuiria o tempo de *setup*, e por consequência o *lead time*;
- c) aumentaria a capacidade produtiva do setor;
- d) melhoraria o desempenho de entrega;
- e) aumentaria a flexibilidade;
- f) aumentaria a garantia de qualidade através da padronização de tarefas.

#### **4.2.2 Formação da Equipe de Trabalho**

Esta etapa ocorreu rapidamente, pois de certa forma já se tinha em mente as pessoas que fariam parte desta equipe multifuncional que foi formada por pessoas do próprio setor e de setores relacionados. Evidentemente, foram feitos esclarecimentos gerais sobre por que seria implantado este sistema, por que aquelas pessoas haviam sido escolhidas e como se desenvolveria o trabalho. A equipe apresentou a seguinte constituição:

- a) dois encarregados de produção;
- b) um colaborador do PCP;
- c) um colaborador da manutenção;
- d) um colaborador da área de engenharia;

- e) um consultor que implantava o sistema de manufatura enxuta no setor.

### 4.2.3 Conscientização dos colaboradores

A terceira etapa da metodologia proposta ocorreu na forma de reuniões, estendendo estas reuniões para o chão de fábrica onde ocorreria de fato o desenvolvimento maior daquela implantação.

Estas reuniões ocorreram a fim de levar ao conhecimento de todos, os motivos pelos quais empresa necessitava implantar o sistema de melhoria de *setup*, bem como um resumo geral de como ocorreriam as etapas seguintes deste trabalho, deixando bem claro que o sistema não visava avaliar um turno ou um colaborador específico, mas sim fazer ajustes no processo de *setup* a fim de diminuir seu tempo.

Por fim, além de prepara-los de maneira geral, foi comentado sobre alguns benefícios próprios que seriam conquistados com o andamento da implantação do sistema como:

- a) aprendizado de um novo conceito de trabalho;
- b) maior facilidade na execução das operações de *setup*;
- c) aumento da produtividade que poderia reverter-se em incentivos salariais;
- d) melhor ambiente de trabalho;
- e) menor desgaste físico;
- f) melhor qualidade de vida.

Apesar da explanação da proposta daquela reunião ter ocorrido da forma mais clara possível, ainda assim, se percebeu alguns sinais de resistência por parte de alguns colaboradores, ou mesmo comentários em relação à possibilidade de se reduzir o tempo de *setup* atual. Contudo optou-se em deixar com que os resultados convencessem os menos entusiasmados com a proposta.

Estas reuniões foram realizadas em conjunto com o consultor responsável pela implantação do projeto em geral.

Pode-se considerar que esta etapa foi realizada com sucesso, pois apesar das resistências apresentadas, as importâncias da implantação do sistema foram transmitidas a todos.

#### 4.2.4 Investigar os Tempos Atuais de Setup e Estabelecer Meta

Assim como nas três etapas anteriores, conhecer os tempos atuais e estabelecer metas também foi uma etapa relativamente fácil de ser executada. No decorrer de 4 meses ocorreram em média 5 medições por dia do tempo de *setup*. O que gerou uma média de 440 medições totais de tempo de *setup*.

As avaliações realizadas pela equipe proporcionou:

- a) conhecer os tempos atuais de *setup*;
- b) obter uma referência para estabelecer uma meta inicial de tempo;
- c) familiarização com as operações envolvidas na troca de pedidos.

Para auxiliar no levantamento dos tempos de *setup*, foram realizadas fotos que possibilitaram apontar possíveis melhorias. Estas fotos foram mostradas aos colaboradores. Ao final de cada apresentação era discutida possível melhoria de *setup*. As fotos foram úteis para reforçar a necessidade de redução destes tempos. Os mesmos possibilitaram que os colaboradores pudessem visualizar como realizavam os seus trabalhos, sem vícios do dia-a-dia.

De maneira geral, percebeu-se nestas trocas uma série de problemas que comprometiam o desempenho do *setup* como um todo, tais como:

- a) falta de organização no setor;
- b) falta de ferramentas no local;
- c) falta de acessórios limpos para reposição;
- d) falta de informações;
- e) falta de sincronismo;
- f) atropelos, etc.

Contudo, ao contrário do que poderia se pensar, a equipe ficou otimista, pois percebeu inúmeras oportunidades de melhorias que poderiam ser alcançadas através do ajuste de pequenos detalhes e com um bom trabalho.

No que diz respeito a definição da meta, foi um consenso da equipe estabelecer o tempo de 10 minutos para realização de *setup* da ferramenta de furo, tendo em vista que este não se tratava de um número final, e sim um degrau com plenas possibilidades de ser alcançado e

posteriormente revisado. Tendo em mãos que o tempo inicial de *setup* era em torno de 20 a 30 minutos nas duas prensas hidráulicas, as quais eram o foco do estudo.

#### **4.2.5 Aplicação das Técnicas de Melhoria de *Setup***

Esta etapa foi sem dúvida a mais importante da implantação do sistema no setor de estamparia da referida empresa e se desenvolveu através de reuniões semanais, realizadas pela equipe de trabalho.

A primeira reunião tratou de passar uma ideia geral sobre o conceito de *setup* e as técnicas desenvolvidas por Shingo aos demais membros da equipe. Além disso, baseado em números obtidos na etapa anterior, a equipe gerou e discutiu algumas informações que foram reportadas num relatório entregue posteriormente à diretoria da empresa. O objetivo maior deste relatório era passar à diretoria o “status” do setor.

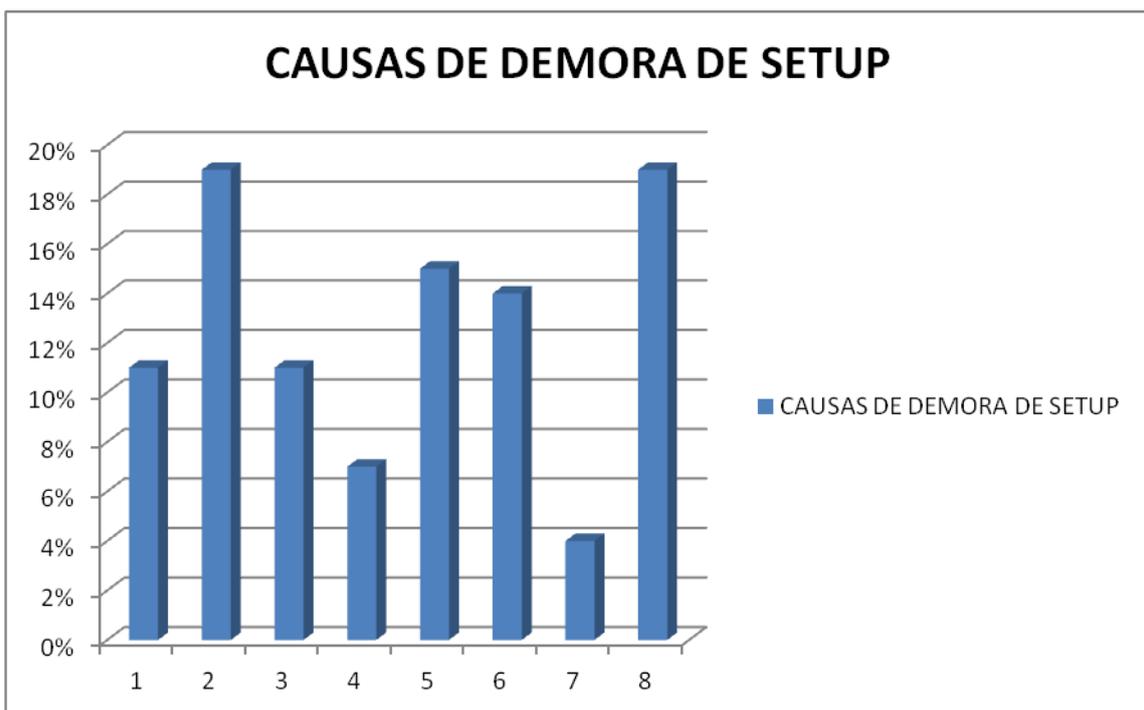
Para facilitar a obtenção de dados a equipe decidiu desenvolver uma planilha de anotações dos tempos de *setup*. Esta planilha era entregue ao operador que ficava responsável pelo preenchimento. No início, os operadores resistiam em preencher a planilha, mas aos poucos este quadro foi se invertendo. Na planilha o operador marcava o início e o fim do *setup* e a respectiva ferramenta que foi trocada. No último dia da semana as planilhas eram substituídas por nova. As planilhas obtidas eram convertidas em dados. O modelo de planilha encontra-se no ANEXO A.

Além de levantar os tempos de *setup*, a equipe se empenhava em levantar os fatores que geraram as causas de demora. Semanalmente eram observados os tempos de demora mais significativos e anotada as suas respectivas causas. Estes dados estão expostos no quadro 1 e representados em forma de gráfico, conforme figura 13 :

Quadro 1. Causas de Demora de *Setup*

LEGENDA (CAUSAS)	OCORRÊNCIAS EM %
1 - Demora da empilhadeira	11%
2 - Demora para achar a ferramenta a ser trocada	19%
3 - Demora para encontrar ferramentas utilizadas na troca (ex: chaves)	11%
4 - Ferramenta de difícil colocação	7%
5 - Demora para regular ferramenta	15%
6 - Demora para achar paleteira disponível	14%
7 - Falta de habilidade na troca	4%
8 - Outros fatores	19%
TOTAL	100%

Fonte: Autor.

Figura 15. Causas de Demora de *Setup*

Fonte: Autor.

Com o levantamento das causas de demora de *setup* a equipe propôs algumas melhorias, as quais seguem relacionadas:

- 1) Organização das prateleiras de ferramentas;
- 2) Elaboração de um guia para localização das ferramentas;

- 3) Padronização do ferramental utilizado na troca;
- 4) Padronização das garras utilizadas para fixação das ferramentas;
- 5) Realizar *setups* planejados;
- 6) Organização do local de trabalho.

1- *Organização das prateleiras de ferramentas*: O setor de estamparia possui 8 prateleiras, onde ficam alocadas as ferramentas utilizadas nas produções de peças. O que ocorria é que as ferramentas não possuíam locais fixos, assim o colaborador perdia muito tempo na hora da troca procurando a ferramenta que iria utilizar.

O trabalho foi identificar cada ferramenta e alocá-la em uma posição fixa. Para isto a equipe analisou cada ferramenta individualmente, na tentativa de mantê-la em uma posição estratégica em relação às máquinas que a utilizavam, assim reduzindo a distância e o tempo para transportá-la. A figura 14 mostra como as ferramentas eram alocadas e sem nenhuma identificação.

**Figura 16. Ferramentas de furo sem identificação**



Fonte: Autor.

As identificações das ferramentas foram feitas com plaquinhas que se dividiam em três cores. Verdes para ferramentas leves, azuis para ferramentas intermediárias e vermelhas para ferramentas pesadas. Isto serviu de auxílio para os colaboradores na hora de decidir se necessitaria de ajuda para transportar a ferramenta. Além de identificar as ferramentas, foram identificadas as prateleiras.

Depois de identificadas e organizadas as ferramentas, a preocupação era em mantê-las organizadas. Para isto foi desenvolvido um guia, onde constava a posição de cada ferramenta. Os operários então podiam consultar este guia antes e pegar a ferramenta, assim não se perdia mais tempo procurando. Com o passar do tempo, os colaboradores aprenderam a posição de cada ferramenta, não fazendo mais tanto uso do guia.

2- *Padronização das ferramentas e das garras:* Foi possível observar que os colaboradores perdiam muito tempo na fixação das ferramentas devido ao grande número de chaves e garras utilizadas para fixação das ferramentas. A figura ilustra uma ferramenta de uma prensa com vários dispositivos diferentes.

**Figura 17. Dispositivos utilizados para fixação de ferramentas**



Fonte: Autor.

Como existiam vários dispositivos, eram necessárias várias ferramentas para trocar os dispositivos. O grande desafio foi produzir uma garra que substituía todas as demais. A garra foi projetada e desenvolvida dentro da empresa no setor de ferramentaria.

3- *Setup planejado*: Esta foi uma parte muito importante do projeto que consistiu em treinar os colaboradores e líderes a planejar o *setup*. O *setup* planejado funciona da seguinte forma: pouco antes de o colaborador terminar um lote ele informa o líder que tem a função de verificar qual será o próximo lote e, conseqüentemente qual a próxima ferramenta a ser utilizada. O líder trará a ferramenta até o operador, assim quando o operador terminar o lote a próxima ferramenta já estará pronta para ser trocada.

Isto fez com que os operadores ganhassem ritmo de trabalho, diminuindo o *lead time* e o tempo de *setup*.

4- *Organização do local de trabalho*: O local de trabalho deve estar sempre organizado facilitando o colaborador de realizar o *setup*. Foi possível identificar que um fator que comprometia o tempo de *setup* era a organização das bancas de ferramentas. A figura 16 ilustra uma bancada de trabalho em um dia comum.

**Figura 18. Bancada de ferramentas**



Fonte: Autor.

A fim de organizar o local de trabalho e melhorá-lo para o operador a equipe desenvolveu um armário onde cada ferramenta tinha o seu local específico. Esta foi uma mudança muito representativa para os colaboradores, pois com o seu local de trabalho mais organizado, isto agilizou e facilitou o processo de troca de ferramenta.

Os dados e informações com respeito a evolução dos tempos de setup encontram-se descritos no capítulo subsequente.

## 5 RESULTADOS

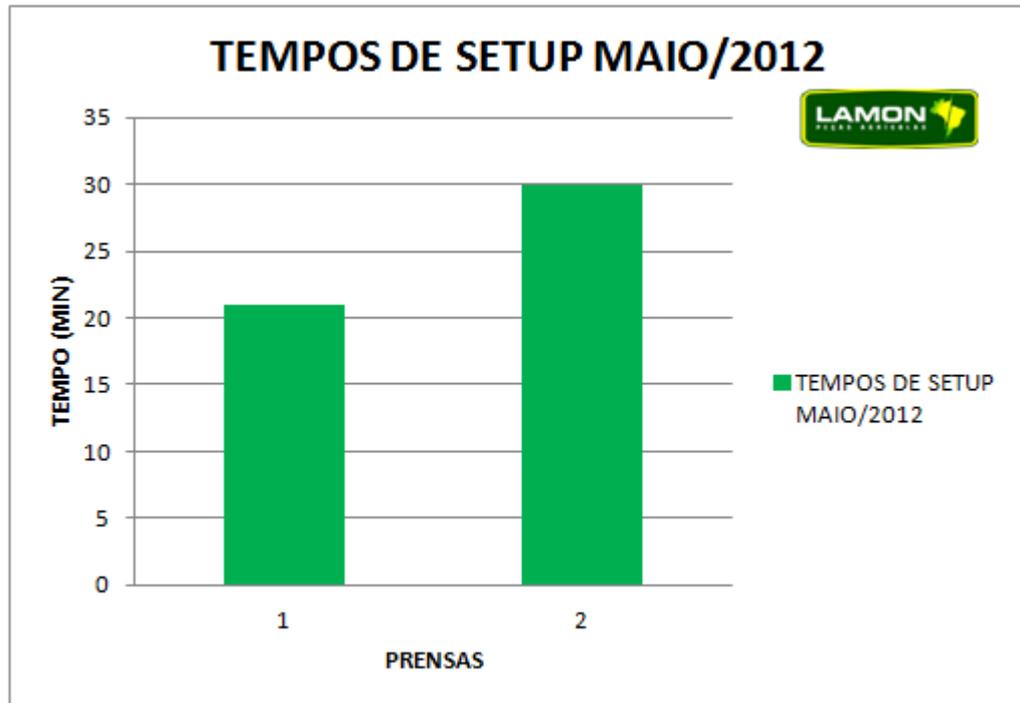
Depois de aplicadas as medidas citadas acima se verificou que o tempo de *setup* reduziu significativamente, mas não atingiu a meta estabelecida, por tal motivo voltou-se a etapa de “Aplicação de técnicas para a redução do tempo de *setups*”. A partir do acompanhamento e tabulação dos tempos de *setup*, na fase de implementação e na consolidação desta, constatou-se que em média, no período de Maio a Agosto um percentual de redução conforme demonstrado na tabela 1.

O acompanhamento e evolução da redução aos tempos de *setup*, na fase da implementação do módulo, referente ao período de Maio de 2012 a Agosto de 2012 estão apresentados nas figuras 17, 18, 19 e 20. Em cada um destes gráficos os tempos estão estratificados por máquina e por cor, conforme a legenda.

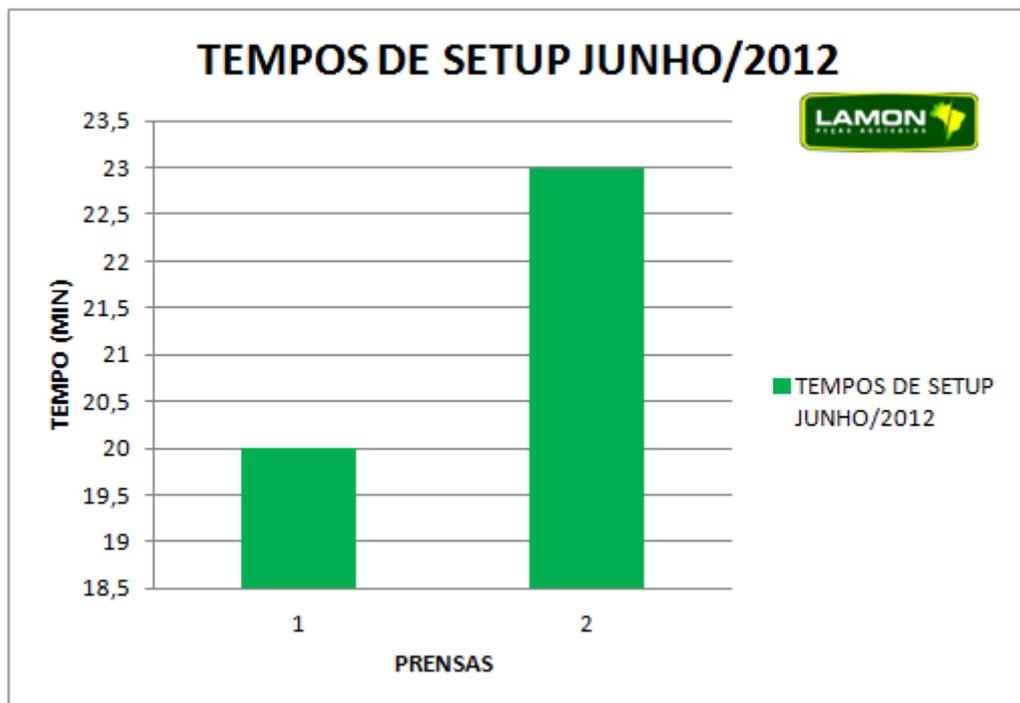
**Tabela 1. Redução no tempo de Setup Maio a Agosto**

Período/Máquinas	Maio	Agosto	Redução do <i>setup</i> em minutos	Redução do <i>setup</i> em %
	Tempos Minutos			
PRENSA 1	21	11,5	9,5	45,24%
PRENSA 2	30	13	17	56,67%

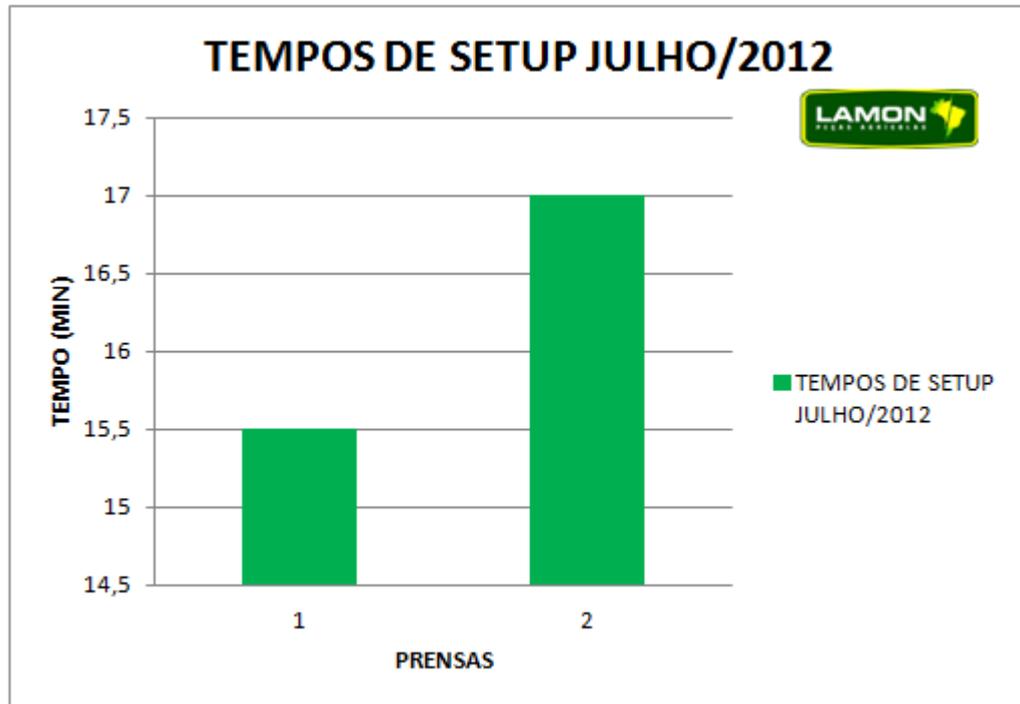
Fonte: Autor

Figura 19. Tempos de *setup* Maio/2012

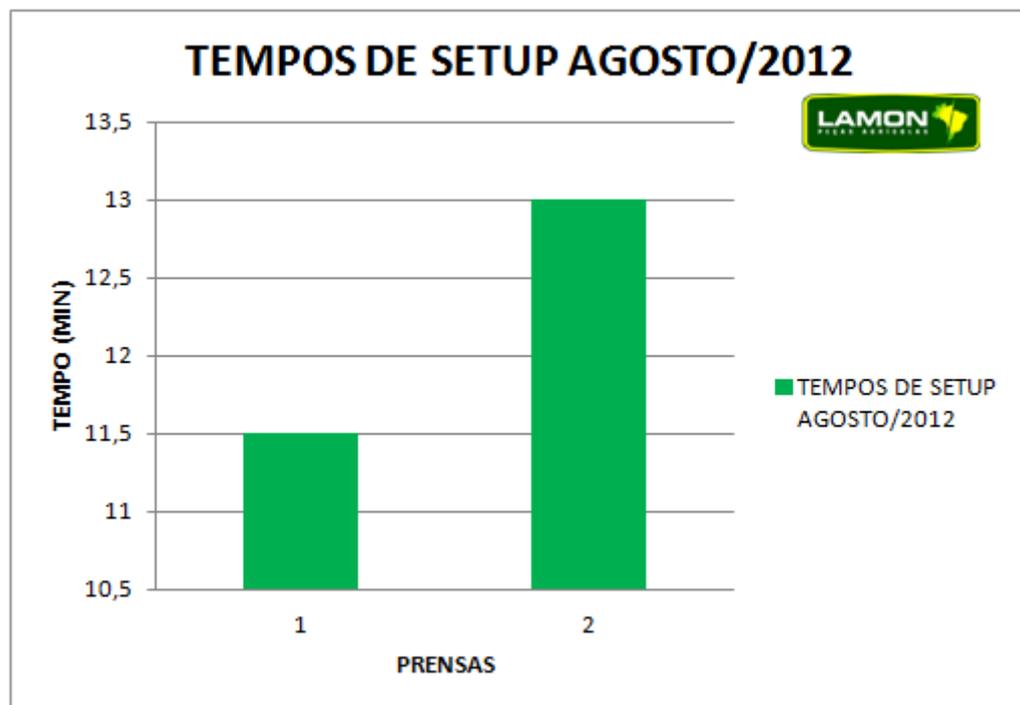
Fonte: Autor

Figura 20. Tempos de *setup* Junho/2012

Fonte: Autor

Figura 21. Tempos de *setup* Julho/2012

Fonte: Autor

Figura 22. Tempos de *setup* Agosto/2012

Fonte: Autor

Após análise dos gráficos acima pôde-se observar uma considerável redução no tempo de *setup*. Como pôde ser observado em Maio de 2012 a prensa 1 apresentava um *setup* de 21 minutos e no decorrer dos meses teve seu *setup* diminuído e em Agosto pôde-se observar um *setup* de 11,5 minutos. Assim também ocorrer com a prensa 2. No mês de Maio a prensa 2 apresentou um *setup* de 30 minutos e no decorrer dos meses pôde-se observar um *setup* de 13 minutos em Agosto.

Esta redução de tempos foi diretamente refletida nos custos. Tendo em mãos que a fábrica trabalha em média com um total de 18 funcionários e que a folha mensal de pagamento é de R\$22.000,00 em média, pôde-se calcular o custo hora homem (HH) no setor, que é de R\$5,56, e o custo hora máquina (HM) é de R\$17,40.

**Tabela 2. Economia gerada pela redução de *setup***

	<b>Economia (min/dia)</b>	<b>Economia (hora/dia)</b>	<b>Economia HH/dia(R\$)</b>	<b>Economia HM/dia(R\$)</b>	<b>Economia HH/mês(R\$)</b>	<b>Economia HM/mês(R\$)</b>
<b>PRENSA1</b>	<b>57</b>	<b>0,95</b>	<b>5,28</b>	<b>16,53</b>	<b>116,60</b>	<b>363,66</b>
<b>PRENSA2</b>	<b>102</b>	<b>1,70</b>	<b>9,45</b>	<b>29,58</b>	<b>207,90</b>	<b>650,76</b>

Fonte: Autor

Constatou-se que a variação de resposta encontrada deste setor, deve-se as particularidades do processo e, a maneira como o operador estava trabalhando em seu posto de trabalho.

O setor de prensa é um setor cujas as ferramentas ficam alocadas em prateleiras, por isso se perde tempo na locomoção das mesmas. O maior ganho de tempo neste grupo foi devido a reorganização do local de trabalho, bem como a facilidade em localizar as ferramentas devido a organização das prateleiras. Mas não podendo esquecer que esta organização só se manteve devido a conscientização dos colaboradores.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pôde ser constatado, o processo de implantação de um sistema de melhorias de *setup* passou por várias etapas envolvendo profissionais de níveis hierárquicos diferentes que atuam em várias áreas da empresa.

O modelo proposto quando aplicado no setor de estamperia confirmou boa parte das expectativas quanto à aceitação dos envolvidos, desde a diretoria da empresa até os funcionários do setor. Esta etapa confirma também uma certa resistência às mudanças por parte de algumas pessoas, mesmo sem saber ao certo o que as mudanças representarão no dia-a-dia delas.

Verificou-se que a redução no tempo de *setup* gerou um aumento na capacidade produtiva, melhor utilização dos recursos produtivos associados ao processo em si, como homens e materiais e diminuição do estoque em processo.

Ao final, cabe ressaltar que apesar dos bons resultados alcançados nesta empresa, alguns contratempos e limitações também fizeram parte do desenvolvimento deste trabalho, como:

- a) Os paradigmas enraizados em algumas pessoas com relação a uma nova proposta de trabalho, ou seja, a resistência inexplicável à mudança;
- b) A tendência natural de alguns membros do processo em voltar a trabalhar da forma antiga, contrapondo-se ao modelo proposto e aumentando em alguns casos o tempo médio de *setup*.
- c) A descontinuidade dos trabalhos após um determinado período de atuação da equipe, em que foram alcançados bons resultados.

A experiência acumulada através da participação em outros trabalhos e, principalmente, a fundamentação teórica e os diversos trabalhos realizados de diferentes formas e em diversos segmentos produtivos conhecidos através da revisão da literatura presente no capítulo 2 deste trabalho, deu a segurança necessária ao pesquisador de que um modelo abordando os conceitos de TRF poderia ser aplicado não só na empresa em questão, mas também em outras empresas de outros segmentos.

Com o trabalho realizado pode-se constatar que é possível a aplicação de conceitos de *setup* rápido e TRF.

A partir desta confirmação foi possível também levantar algumas conclusões sobre este trabalho, bem como algumas recomendações para trabalhos futuros que serão apresentados no decorrer deste capítulo.

### **6.1 Conclusões**

Foi verificado que todos os objetivos propostos no início do estudo foram atingidos. O objetivo específico, que pretendia a elaboração de um referencial teórico sobre a filosofia *Just in time*, TRF e *Setup*, também ocorreu de forma positiva e decisiva, pois as inserções destas técnicas se constituíram na etapa mais importante do modelo, ou seja, a Aplicação das Técnicas de TRF.

Outro objetivo era a aplicação de um conjunto de medidas para a redução do tempo de *setup* no setor de estamparia de uma empresa de metal mecânica produtora de implementos agrícolas. Este objetivo, pode se considerar alcançado mesmo não atingindo a meta desejada em minutos, mas a porcentagem de redução estipulada pela diretoria foi atingida satisfatoriamente, pois através da revisão de literatura e da própria aplicação prática, percebeu-se que com os devidos arredondamentos este modelo pode se adaptar bem não só em empresas produtoras de implementos agrícolas, mas também em qualquer outra empresa.

### **6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros**

Apesar dos inúmeros benefícios gerados a partir da implantação do conceito, constatou-se também algumas limitações no decorrer dos trabalhos, que devem ser encaradas como oportunidades de melhorias e de novas pesquisas.

Levando-se em conta a experiência adquirida na realização deste trabalho e na efetiva participação em cada etapa do mesmo, podem-se citar algumas recomendações que poderiam contribuir no desenvolvimento de trabalhos futuros, como seguem:

- a) Ao invés de estabelecer somente uma meta ou tempo padrão para o *setup* total, depois de um tempo, pode-se também estabelecer metas ou tempos padrões individuais por operações, que compõem o *setup*, a fim de aumentar o domínio e a atuação sobre as mesmas;

- b) Estender o trabalho aplicado no setor, para os demais setores da empresa. Além de aumentar os ganhos da empresa, proporciona um estudo amplo sobre os benefícios que a mesma pode adquirir com o sistema operando em todos os setores;
- c) Criar paralelamente ao processo de implantação do conceito de TRF, uma política de participação nos resultados da empresa, gerenciados através de indicadores tradicionais como produtividade, diminuição de perdas, entregas no prazo, faturamento, etc. a adoção de uma política de participação bem elaborada, certamente evitaria a descontinuidade do trabalho, pois a TRF é comprovadamente uma excelente ferramenta para superar os indicadores citados, e certamente seria explorada ao máximo pelos colaboradores, trazendo resultados ainda mais interessantes e uma nova oportunidade de pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **A teoria das restrições como balizadoras das ações visando a troca rápida de ferramentas.** Revisão Produção vol.03, nº02, pg 73-85, nov/1993.

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Bookman, 1998.

BRASIL, Lean Intitute (Ed.). **O que é Lean Thinking?** Disponível em: <www.lean.org.br>. Acesso em: 17 junho 2012.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da qualidade total:** (no estilo japonês). 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. 220 p.

DEMING, W. **QUALIDADE: A REVOLUÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO.** Rio De Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. Revista Tecnológica, v. 63, p. 36-42, 2001.

GHINATO, P. **Lições práticas para implementação da produção enxuta.** Caxias do Sul: Educ - Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2002.

HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática.** Rio De Janeiro: Campus, 1991.

HAY, E.J. **Any machine set-up time can be reduced 75%.** Industrial Engineering, v.19, p.62-67, 1992.

HINES, P.; TAYLOR, D. (2000) **Going Lean. A guide to implementation. Lean Enterprise.** Research Center: Cardiff, UK.

KANNENBERG, G. **Proposta de sistemática para a implantação de Troca Rápida de Ferramentas.** Porto Alegre, 1994 – dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIKER, Jeffrey K.. **O modelo toyota: 14 principios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

M.LAMON (Brasil). **Http://mlamon.com.br/.** Disponível em: <Av. Mauá, 1888>. Acesso em: 12 jun. 2012.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração:** da revolução urbana a revolução digital. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MIYAKE, D.I. **The JIT, TQC and TPM paradigms: contributions for planning integrated aplications in manufacturing firms.** Thesis Submitted in Partial Fulfillment of

the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (P.H.D), Department of Industrial Engineering and Management Tokyo Institute Technology, Tokyo, Japan, March 26, 1998.

MOURA, Reinaldo A.; BANZATO, Eduardo. **Redução do Tempo de Setup: troca de ferramentas e ajustes de máquinas.** São Paulo: IMAM, 1996. 110p.

MONDEM, Y. **O sistema Toyota de produção.** São Paulo: IMAM, 1983.

OHNO, T. **Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

REIS, H. L. (1994) Implantação de Programas de Redução de Desperdício na Indústria Brasileira - um Estudo de Caso. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas Instituto de Pesquisa e Pós-Graduação em Administração: Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado).

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero.** Porto Alegre: Bookman 1996.

SHINGO, Shingeo. **Sistema de troca rápida de ferramenta: Uma revolução nos sistemas produtivos.** São Paulo: Bookman, 2000. 321 p.

SILVA, Menezes. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 3. ed. Florianópolis: Laboratorio de Ensino À Distancia da Ufsc, 2005.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura.** São Paulo: Atlas, 1993.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1999. 180 p.

TUBINO, D.F., **Manual de planejamento e controle da produção.** São Paulo: Atlas, 2000.

WOMACK, Jones. **A máquina que mudou o mundo.** 6. ed. Petrópolis: Vozes Ltda, 1996.

