

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Método para aplicação de
técnicas de redução de tempos de
Setup como meio para aumento
de produtividade em indústrias
gráficas**

Ruy Victor Barbosa de Souza
Orientador: Prof. Doutor Antonio Freitas Rentes

São Carlos

Novembro/2009

Ruy Victor Barbosa de Souza

**Método para aplicação de técnicas de redução de
tempos de *Setup* como meio para aumento de
produtividade em indústrias gráficas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Engenheiro de Produção Mecânica

Orientador: Prof. Doutor Antonio Freitas Rentes

São Carlos
Novembro / 2009

RESUMO

SOUZA, R. V. B. – *Método para Aplicação de Técnicas para Redução de Tempos de Setup como Meio para Aumento de Produtividade em Indústrias Gráficas.* Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2009.

Aplicações de métodos que visem aumento de eficiência e produtividade têm sido uma constante nos sistemas de manufatura das empresas há muito tempo e, com o surgimento do Sistema Toyota de Produção na década de 1950, alguns paradigmas foram quebrados e diversas técnicas elaboradas com o intuito de aumentar a produtividade e eficiência dos sistemas produtivos a um nível inimaginável até então.

Um dos fatores mais importantes para que os sistemas produtivos tornem-se mais eficientes é a redução dos estoques, para redução do capital empulado e da incidência de problemas. Isso pode ser alcançado através de algumas técnicas, e uma delas é o SMED que busca a redução dos tempos de *Setup*, que são os tempos gastos para modificar as máquinas para produzir itens diferentes dos que estavam sendo produzidos. A redução dos tempos de *Setup* pode significar, também, aumento de produtividade, uma vez que se reduzem os tempos improdutivos.

Esta monografia visa mostrar como os conceitos gerais do Sistema Toyota de Produção e as técnicas existentes para redução de tempos de *Setup* foram usados para elaboração do método desenvolvido, e como o método foi estruturado e aplicado em uma indústria do setor gráfico.

Palavras chave: Produção Enxuta, Sistema Toyota de Produção, SMED, redução de tempos de *Setup*

ABSTRACT

SOUZA, R. V. B. – *Method for Application of Techniques to Reduce Setup Times for Productivity Increase in the Printing Industry.* Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2009.

Applications of methods aimed at increasing efficiency and productivity have been a constant in manufacturing systems business for a long time, and with the emergence of the Toyota Production System in the 1950s, some paradigms have been broken and many techniques developed in order to increase productivity and efficiency of production systems to a level previously unimaginable.

One of the most important factors for production systems become more efficient is the reduction of inventories, in order to reduce capital tied up and the incidence of problems. This can be achieved through certain techniques, and one of them is the SMED that seeks to reduce the setup time, which is the time taken to modify the machines to produce different items of those which were being produced. Reducing setup times can also mean increased productivity, since it reduces the unproductive time.

This monograph aims to show how the general concepts of the Toyota Production System and existing techniques for reducing setup times were used to generate the method developed, and how the method was structured and implemented in the printing industry.

Key-words: Lean Production, Toyota Production System, SMED, Setup time reduction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparativo entre lotes grandes e pouca flexibilidade e lotes pequenos com maior flexibilidade em função da redução do tempo de <i>Setup</i> (HOMINISS, 2006).....	12
Figura 2: Perdas em uma linha de montagem de chassis.....	18
Figura 3: Composição das atividades em um fluxo de valor.....	19
Figura 4: Mapa de fluxo de valor de um estado atual.....	25
Figura 5: Definição do tempo de <i>Setup</i>	30
Figura 6: Passos no processo de <i>Setup</i>	32
Figura 7: Conseqüências dos altos tempos de <i>Setup</i>	35
Figura 8: Conseqüências dos baixos tempos de <i>Setup</i>	35
Figura 9: Exemplos de <i>Checktables</i>	39
Figura 10: Padronização da altura da matriz e aba de fixação.....	41
Figura 11: Guias de centralização de matriz.....	41
Figura 12: Caminhadas evitadas devido a implantação de operações em paralelo com dois operadores	43
Figura 13: Furo em forma de pêra.....	44
Figura 14: Método do encaixe em U	44
Figura 15: Método do grampo	45
Figura 16: Fixador hidráulico	45
Figura 17: Exemplo de um banner de marketing interno.....	64
Figura 18: Exemplo de folha de padrão de trabalho.....	69
Figura 19: Exemplo de Quadro-sombra de Ferramentas	70
Figura 20: Exemplo de um Quadro de Gestão Visual de Acompanhamento de <i>Setup</i>	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tempo de produção por peça com tempo de Setup fixo e tamanho de lote variável.....	11
Tabela 2: Estrutura do Método de Aplicação Proposto.....	62
Tabela 3: Parte do cronograma das implantações	74
Tabela 4: Rotina das da aplicação do método (pré-implantações)	75
Tabela 5: Resumo dos ganhos obtidos nas 4 principais máquinas do setor de impressão	80

SUMÁRIO

RESUMO-----	3
ABSTRACT-----	4
1. INTRODUÇÃO -----	8
1.1. OBJETIVOS E MÉTODO -----	8
1.2. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA -----	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -----	14
2.1. HISTÓRIA DA PRODUÇÃO ENXUTA -----	15
2.2. CONCEITOS CHAVE DA PRODUÇÃO ENXUTA-----	17
2.2.1. <i>Atividades que Agregam Valor e que Não Agregam (Necessárias e Desnecessárias)</i> -----	17
2.2.2. <i>Os Sete (ou Oito) Desperdícios</i> -----	20
2.2.3. <i>Os Cinco Princípios da Produção Enxuta</i> -----	22
2.2.4. <i>Mapa de Fluxo de Valor (Value Stream Map)</i> -----	23
2.2.5. <i>Melhoria Contínua – Kaizen</i> -----	27
2.2.6. <i>Gestão Visual de Processo</i> -----	27
2.3. SMED – TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE TEMPOS DE SETUP -----	30
2.3.1. <i>Alta Variedade de Produtos e Pequenos Lotes</i> -----	33
2.3.2. <i>Estudo Científico de Tempos e Métodos e padronização do trabalho</i> -----	36
2.3.3. <i>Estágios de Aplicação do SMED</i> -----	37
2.3.4. <i>Ganhos Obtidos com o SMED</i> -----	47
2.3.5. <i>Técnicas complementares ao SMED</i> -----	48
2.3.6. <i>Análise Crítica ao SMED</i> -----	49
2.4. O MODELO PARA MELHORIAS - DMAIC-----	51
3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO MERCADO E DA EMPRESA-----	53
3.1. O MERCADO GRÁFICO NO BRASIL -----	53
3.2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA -----	55
4. DETERMINAÇÃO DO MÉTODO -----	58
4.1. ESCOLHA DAS ETAPAS DE APLICAÇÃO -----	58
4.2. ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO -----	60
4.3. ETAPAS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO-----	63
4.3.1. <i>Etapas aplicadas antes do Evento Kaizen</i> -----	63
4.3.2. <i>Etapas aplicadas durante o Evento Kaizen</i> -----	68
4.3.3. <i>Etapas Aplicadas Depois do Evento Kaizen</i> -----	71
5. APLICAÇÃO NO CASO-----	73
5.1. PLANEJAMENTO E APLICAÇÃO-----	73
5.2. RESULTADOS POSITIVOS -----	76
5.3. ASPECTOS NEGATIVOS-----	80
6. CONCLUSÃO -----	82
BIBLIOGRAFIA-----	84

1. Introdução

Cada vez mais as empresas necessitam de respostas rápidas em seus sistemas produtivos para se adequarem à crescente variedade na demanda de seus clientes. Em alguns setores da indústria onde a produção é feita sob encomenda para os clientes, como no setor gráfico, fica mais evidente a necessidade das fábricas responderem mais rapidamente aos pedidos.

Nas indústrias gráficas onde a maioria dos itens produzidos são os chamados itens comerciais, ou seja, revistas e jornais periódicos que sempre mudam sua estrutura de acordo com a edição a ser impressa e cujas tiragens (lotes) são pequenas, a programação da produção a longo prazo e padronizada é bastante dificultada, porém vários desperdícios atrelados à produção podem ser muito reduzidos e até eliminados.

Tendo em vista a grande variedade de produtos (cada edição de revista ou jornal é um produto único) e aliando a necessidade de respostas rápidas por parte das fábricas à constante necessidade de aumento de produtividade num mundo cada vez mais competitivo, faz-se necessária a adoção de técnicas para redução e eliminação dos desperdícios do sistema produtivo.

Será apresentado no decorrer deste trabalho o efeito da utilização de algumas ferramentas importantes do chamado Sistema Toyota de Produção, ou Produção Enxuta, numa empresa de grande porte, do setor gráfico, localizada na região do ABC paulista, de grande variedade de produtos e inserida num mercado altamente competitivo.

1.1. Objetivos e Método

Neste trabalho será possível enxergar alguns desperdícios que podem ser encontrados em qualquer setor da indústria e o objetivo principal é mostrar que a aplicação de ferramentas da Produção Enxuta, como: 5S, Kaizen, Gestão

Visual de Processos e SMED (*Single Minute Exchange of Die*), traz muitos benefícios que auxiliam o aumento de produtividade.

Será mostrada também a possibilidade de criar uma rotina de implantação dessas ferramentas de modo padronizado, evidenciando a utilização de técnicas do Sistema Toyota de Produção.

Para isso será apresentado um estudo de caso feito na gráfica mencionada anteriormente no período de implantação das técnicas enumeradas – Fevereiro a Julho de 2009.

De acordo com Gil (1994) o principal objetivo da pesquisa é “descobrir respostas para problemas, mediante o emprego de procedimentos científicos”. E para isso serão seguidos dois tipos de pesquisa, segundo Roesch (1999):

- a. *Pesquisa Qualitativa*, porque o pesquisador é um membro participante do caso a ser estudado e alguns dados serão colhidos provenientes da observação do participante, e;
- b. *Pesquisa Quantitativa*, porque opiniões, informações e dados serão transformados em números para classificar os resultados, através de recursos estatísticos.

O método de pesquisa pode ser denominado *Avaliação Formativa*, ainda de acordo com Roesch (1999), devido ao fato de que ela acompanhará as melhorias a serem implantadas na empresa.

1.2. Contextualização e Justificativa

Segundo Ohno (1997), um dos precursores e principais criadores dos conceitos do Sistema Toyota de Produção, o crescimento do mercado e dos concorrentes e as exigências dos consumidores, no início da década de sessenta, impulsionou o desenvolvimento de um sistema de produção diferenciado na indústria automobilística japonesa, visto que esta sofria com

baixa disponibilidade de recursos físicos e financeiros. Esse sistema tornou-se uma filosofia, e passou a ser chamado de Sistema Toyota de Produção.

Hoje em dia, um mercado cada vez mais exigente e globalizado têm exigido de todas as empresas, inseridas no setor automobilístico ou não, a adequação às mais diversas necessidades dos clientes, como: redução de custos, redução de prazos de entrega, aumento de qualidade e maior diversificação dos produtos oferecidos.

Esses quatro fatores combinados podem parecer contrastantes para os paradigmas dos sistemas de Produção em Massa (*Fordismo*), amplamente difundidos e quase que predominantes nas empresas do mundo ocidental até cerca de quinze anos atrás. Porém essa nova filosofia, conhecida também como Produção Enxuta, que começou a ser formada na *Toyota Motor Company*, na década de 40 (pós II Guerra Mundial), com o desenvolvimento de novos conceitos aplicados ao Planejamento e Controle da Produção, surgiu para quebrar tais paradigmas e provar que oferecer ao cliente um produto que lhe seja necessário, de melhor qualidade, a um menor custo e em menor prazo é, não somente possível, como, também, mais benéfico para a empresa.

Os conceitos surgidos na montadora japonesa no pós-guerra foram disseminados para o resto do mundo apenas com a publicação do livro “*A Máquina que Mudou o Mundo*” de Womack e Jones (1992), dois pesquisadores norte-americanos que perceberam que o sistema de Produção em Massa, até então vigente no mundo ocidental, liderado pelos EUA, se tornara obsoleto para a maioria das empresas do mundo. Não era mais possível produzir pouca diversidade de produtos, em grande escala e gerar grande quantidade de estoque, e ainda assim, se manter competitivo no cenário então imposto.

As ferramentas do Sistema Toyota de Produção têm como objetivo eliminar os desperdícios de produção para conseguir atender os clientes, e, portanto, aumentar a diversidade de produtos mantendo baixos custos e alta qualidade. Para isso é necessário que:

- Os níveis de estoque sejam baixos, para que haja pouco custo com armazenagem, e pouco capital empurrado, e os problemas apareçam, e;

- O tempo que cada produto permaneça na fábrica seja curto - *Lead times* pequenos permitem maior giro de estoque, e consequentemente de capital.

O grande paradigma a ser combatido neste caso, é o fato de que, para diversificar a produção e manter baixos níveis de estoque, é necessário realizar mais preparações de máquinas, ou seja, trocar o item a ser produzido em cada máquina mais freqüentemente. O tempo gasto com a preparação das máquinas é chamado *Setup*, e só é viável diversificar a produção a partir do momento em que o tempo gasto com *Setup* é relativamente pequeno.

Na Tabela 1, fica evidente a principal razão por fabricar as peças A, B e C em grandes lotes. O tempo de *Setup* é dividido pelo número de peças produzidas depois de cada *Setup* e somado ao tempo de usinagem. Desta forma, o tempo de produção de uma peça é tão menor, quanto maior for o lote.

Tabela 1: Tempo de produção por peça com tempo de Setup fixo e tamanho de lote variável.

Tipo de peça	A	B	C
Tempo de usinagem	1	1	1
Setup (min)	120	120	120
Tamanho do lote (peças)	10	100	1000
Tempo por peça (min/peça)	$1+120/10 = 13$	$1+120/100 = 2,2$	$1+120/1000 = 1,12$

Na Figura 1, é mostrado como a redução do tempo de *Setup* aumenta a flexibilidade de produção, permitindo que lotes menores de tipos de peça diferentes possam ser produzidos em um mesmo intervalo de tempo que um lote maior de apenas um tipo de produto.

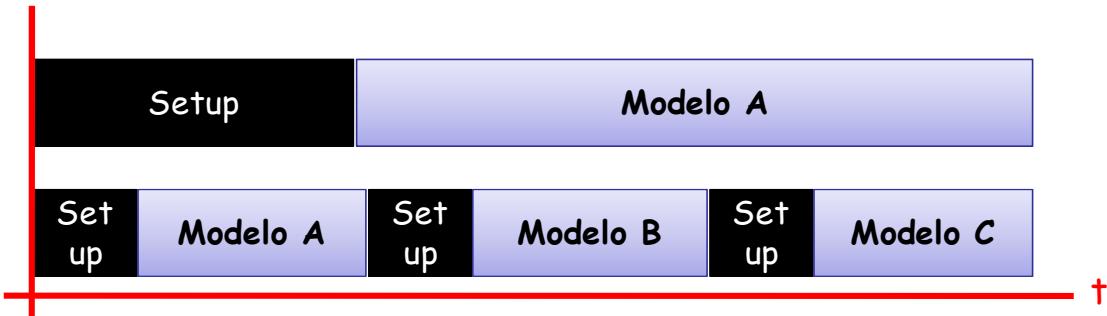


Figura 1: Comparativo entre lotes grandes e pouca flexibilidade e lotes pequenos com maior flexibilidade em função da redução do tempo de Setup (HOMINISS, 2006)

O conceito de Lote Econômico, que significa a quantidade ideal a ser produzida com base na curva de tempo X custos (ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), fundamental para os sistemas de Produção em Massa, é um grande paradigma que cai a partir do momento que os tempos gastos com *Setup* tornam-se irrelevantes no tempo de produção de cada peça, permitindo que possam ser fabricados lotes bem menores de diversos tipos de produtos, em um mesmo período de tempo.

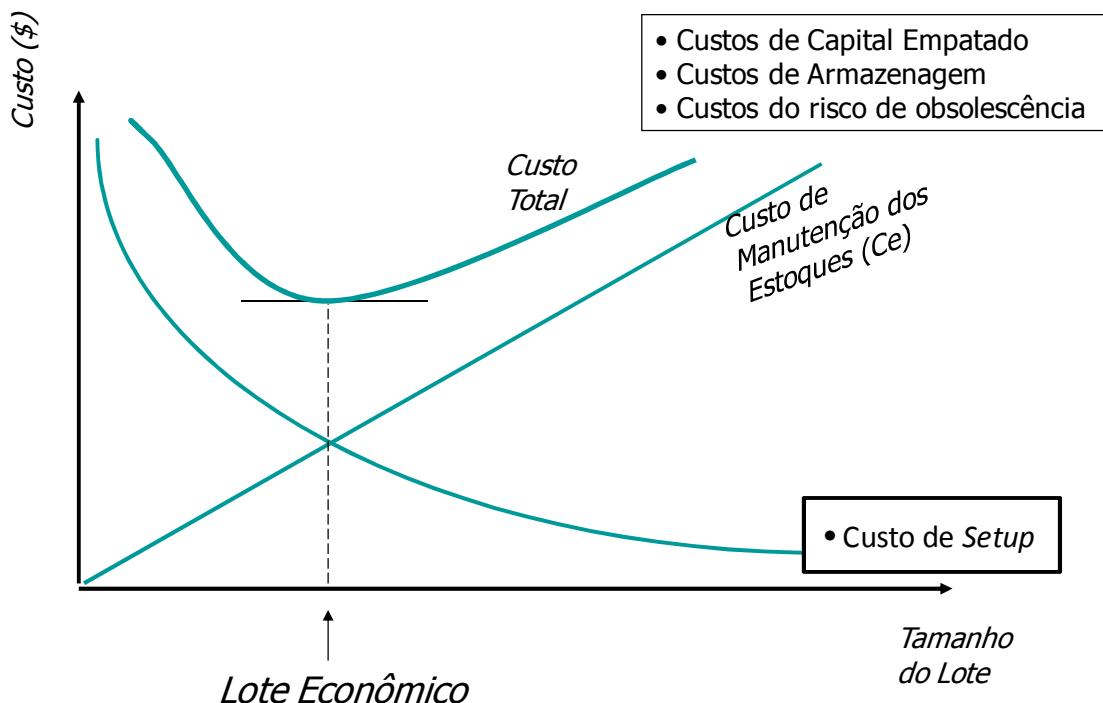


Gráfico 1: Custos em função do tamanho do lote para dimensionamento do Lote Econômico

Em fábricas onde a tipologia de produção é MTS (*Make to Stock*), por exemplo em empresas do setor automobilístico, a redução dos tempos de *Setup*, aliados a uma programação de produção de itens diversificados, permitem redução drástica dos níveis de estoque e dos *Lead times*, atendendo as exigências dos clientes.

Outro benefício advento da redução de tempos de *Setup* é o aumento da produtividade, uma vez que o tempo liberado com a redução dos *Setups* pode ser usado para a produção, ou para outras melhorias. Esse é o caso da empresa a ser estudada.

Nessa empresa, a grande diversidade de produtos e os pequenos lotes já são impostos pelos próprios clientes, uma vez que a produção é feita sob encomenda. Já existe a necessidade de aumentar a velocidade da fábrica, porque os clientes também impõem prazos curtos de entrega. E como será observado no decorrer deste trabalho, os tempos gastos com *Setup* têm enorme impacto na produtividade. Portanto, se fez necessária no sistema produtivo dessa empresa a implantação de técnicas para reduzir os tempos de *Setup*, e assim aumentar a produtividade da fábrica.

2. Revisão Bibliográfica

O objetivo neste capítulo é aprofundar a contextualização da Produção Enxuta e seus idealizadores, citando fatos que foram culminantes para o surgimento de uma nova filosofia e de novos conceitos para gerir os sistemas produtivos nas indústrias automobilísticas japonesas, principalmente na Toyota.

Este capítulo deve, também, proporcionar ao leitor o conhecimento de algumas linguagens e conceitos essenciais para o entendimento do Sistema Toyota de Produção. Deve elucidar como é o funcionamento da sistemática para identificação e resolução de problemas e a mentalidade de longo prazo.

Deve, também, mostrar ao leitor os diversos conceitos envolvidos para a aplicação de técnicas que visam à otimização de atividades, e, por consequência, redução dos tempos gastos com *Setups*.

E, por fim, apresentar uma metodologia de implantação de melhorias, conhecida como DMAIC, desenvolvida na década de 80 pela Motorola.

Assim, a base teórica que dará suporte ao estudo de caso proposto será estruturada em quatro partes:

- **História da Produção Enxuta**, onde será apresentado o contexto do surgimento, os principais responsáveis e a filosofia por trás das ferramentas;
- **Conceitos Chave da Produção Enxuta**, onde serão explicados os principais conceitos que sustentam o Sistema Toyota de Produção. As formas de classificar as atividades, encontrar os problemas e criar rotinas para resolvê-los;
- **SMED – Técnicas de Redução de Tempos de Setup**, onde será definido o conceito de *Setup*, apresentado o idealizador das técnicas desta ferramenta e suas influências e, por fim, explicadas as técnicas propriamente ditas.

- **O Modelo para Melhorias – DMAIC**, onde será apresentada a metodologia a ser utilizada na aplicação do método que será desenvolvido.

2.1. História da Produção Enxuta

A fábrica foi considerada, durante muito tempo, a principal geradora de problemas numa empresa, e, também, muitas vezes taxada como um “mal necessário”. Os outros setores das empresas consideravam que as fábricas relutavam em se alinhar com a estratégia das corporações, criando impasses para adoção de novas diretrizes, mudanças em planejamentos e introdução de novos produtos (CORRÊA & GIANESI, 2007).

Porém, ainda de acordo com Corrêa & Ganesi (2007), no mundo, especialmente no ocidente, esta situação tem mudado nos últimos anos, e a manufatura tem sido considerada, agora, parte fundamental para as empresas quando são traçados os objetivos estratégicos.

Corrêa & Ganesi (2007) destacam, também, a alta competitividade das empresas japonesas, principalmente fabricantes de eletrônicos e automóveis, e alguns fatores que alavancaram o sucesso nas companhias orientais. Excelência em manufatura é o que as empresas japonesas tentam alcançar com suas “inovadoras práticas industriais”. Com isso, altos níveis de qualidade, confiabilidade e eficiência constituem os maiores diferenciais das empresas orientais para as ocidentais. Por exemplo, nas automobilísticas japonesas o tempo para o desenvolvimento de um novo produto chega a ser metade do tempo gasto em empresas do ramo no ocidente.

Esse diferencial competitivo tem origem, sem dúvida, na filosofia e nos conceitos desenvolvidos na *Toyota Motor Company* na época do pós-guerra, em meados da década de 40 e início da década de 50. Essa filosofia pode ser chamada por diversos nomes, e neste trabalho qualquer uma dessas terminologias que segue será usada com o mesmo significado:

- Sistema Toyota de Produção;
- Produção Enxuta, ou Manufatura Enxuta;

- *Lean Production, ou Lean Manufacturing;*

Segundo OHNO, apud Liker (2005), a Produção Enxuta consiste na observação da linha do tempo entre o pedido do cliente e a entrega do produto final, e redução deste tempo através da eliminação de atividades desnecessárias, as quais ele chamou de “atividades que não agregam valor”.

Desde os anos 30, líderes da Toyota já visitavam as duas maiores montadoras dos EUA na época, e consequentemente, as maiores do mundo: Ford e GM. Porém, a grande diferença no tamanho dos mercados americano e japonês tornava impossível a aplicação da maioria das técnicas aplicadas nas montadoras americanas. O país japonês havia sido devastado pela II Guerra Mundial, e, portanto, muitas fábricas tinham sido destruídas, a plataforma de abastecimento não existia e os consumidores tinham pouco dinheiro. E ainda, a demanda do mercado do país oriental não justificava a produção de automóveis em larga escala, devido ao fato de ser um mercado pequeno e bastante fragmentado. O sistema da Ford tinha grandes linhas de produção dedicadas a um único veículo, e estas linhas produziam em larga escala. Para o mercado americano na época, este sistema funcionava muito bem, mas de nada serviu para os líderes da automobilística japonesa que visitaram a América (LIKER, 2005).

De acordo com Liker (2005), a Toyota precisava procurar uma maneira de adaptar o sistema Fordista ao cenário japonês buscando atingir ao mesmo tempo: alta qualidade, baixo custo, menor *lead time* e grande flexibilidade.

Neste contexto, depois de muitas visitas as fábricas norte-americanas, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, primeiramente, e Shigeo Shingo, mais tarde desenvolveram o Sistema Toyota de Produção, uma filosofia nova baseada em conceitos que quebraram paradigmas da Produção em Massa de Ford. Um sistema cada vez mais disseminado, e usado como modelo de gerência da produção para os mais diversos setores atualmente.

Liker (2005) também enumera as principais características da filosofia do Sistema Toyota de Produção, para que o sucesso seja atingido a longo prazo: eliminação do desperdício de tempo e de recursos, qualidade nos sistemas dos locais de trabalho, alternativas de baixo custo para tecnologias novas e

dispendiosas, aperfeiçoamento dos processos administrativos e construção de uma cultura de aprendizagem para a **melhoria contínua**.

Algumas das obras que consolidaram e difundiram este conhecimento para o resto do mundo foram escritas por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo:

- *O Sistema Toyota de Produção – Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção* – Shigeo Shingo
- *Sistema de Produção com Estoque Zero* – Shigeo Shingo
- *O Sistema Shingo de Melhorias Contínuas* – Shigeo Shingo
- *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas – Uma Revolução nos Sistemas Produtivos* – Shigeo Shingo
- *Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala* – Taiichi Ohno

2.2. Conceitos Chave da Produção Enxuta

2.2.1. Atividades que Agregam Valor e que Não Agregam (Necessárias e Desnecessárias)

Todas as atividades de uma empresa podem ser categorizadas em três grupos de acordo com a visão do cliente. Para o cliente, existem algumas atividades realizadas na empresa que tornam o produto final mais valioso, e várias outras que não acrescentam valor algum ao produto. Há ainda as atividades, que, apesar de o cliente não enxergar como atividades que tornam o produto mais valioso, precisam ser realizadas em virtude do processo produtivo usado. Esses três grupos de atividades são chamados:

- **Atividades que agregam valor (AV):** São as atividades que tornam o produto mais valioso, ou seja, as atividades que os clientes estão

dispostos a pagar. Por exemplo: o tempo em que uma furadeira está furando uma peça de forma correta, o tempo em que uma máquina impressora está distribuindo as tintas no papel de forma correta, também, etc.

- **Atividades desnecessárias que não agregam valor (NAV):** São as atividades que não acrescentam valor algum ao produto. Para os clientes, pouco importa se essas atividades foram ou não realizadas, e, então, estes não estão dispostos a pagar por elas. Por exemplo: retrabalhos e tempos de paradas de máquinas em função de quebras.
- **Atividades necessárias que não agregam valor (NAV):** São as atividades, que, apesar de não acrescentar valor ao produto, precisam ser realizadas devido ao processo produtivo. Os clientes também não pagam por essas atividades. Exemplos dessas atividades são: movimentações necessárias devido ao *layout* e ao fluxo de material e, principalmente, **Setups**.

Na Figura 2, exemplifica-se dentro de algumas atividades da montagem de um chassi, quais agregam valor (em vermelho). Todas as outras são NAV.

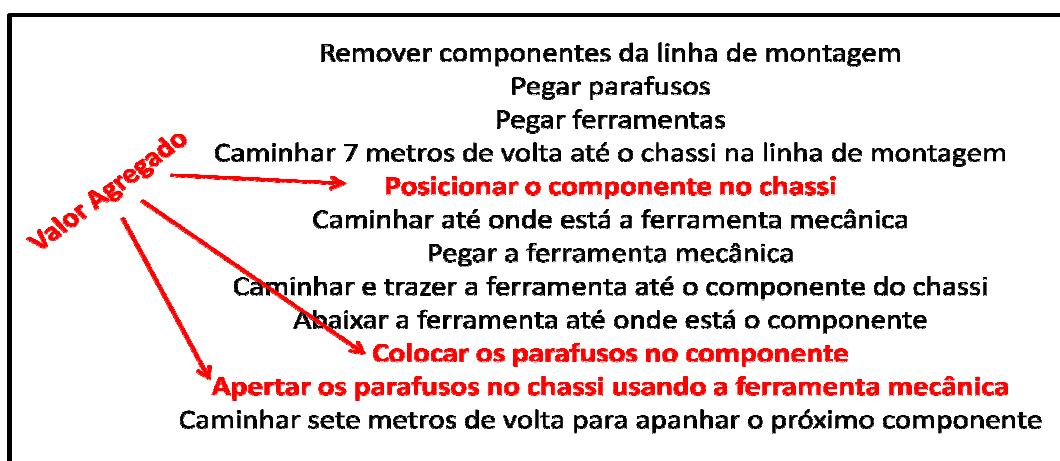


Figura 2: Perdas em uma linha de montagem de chassis

(Adaptado de LIKER, 2005)

De acordo com Hines e Taylor (2000), a grande maioria das atividades se encaixa no grupo das atividades que não agregam valor. Em ambientes de manufatura, apenas 5% do tempo é gasto com atividades que agregam valor, enquanto nos setores administrativos, as NAV correspondem apenas a 1% do tempo total.

Portanto, para aumentar a eficiência da empresa e reduzir os custos, o ganho maior advém da redução e eliminação das atividades que não agregam valor, pelo fato de estas terem um peso muito maior no tempo total.

Na Figura 3 é possível enxergar que, através da redução do tempo, o enfoque da Produção Enxuta aumenta muito mais a eficiência da empresa do que o enfoque tradicional.

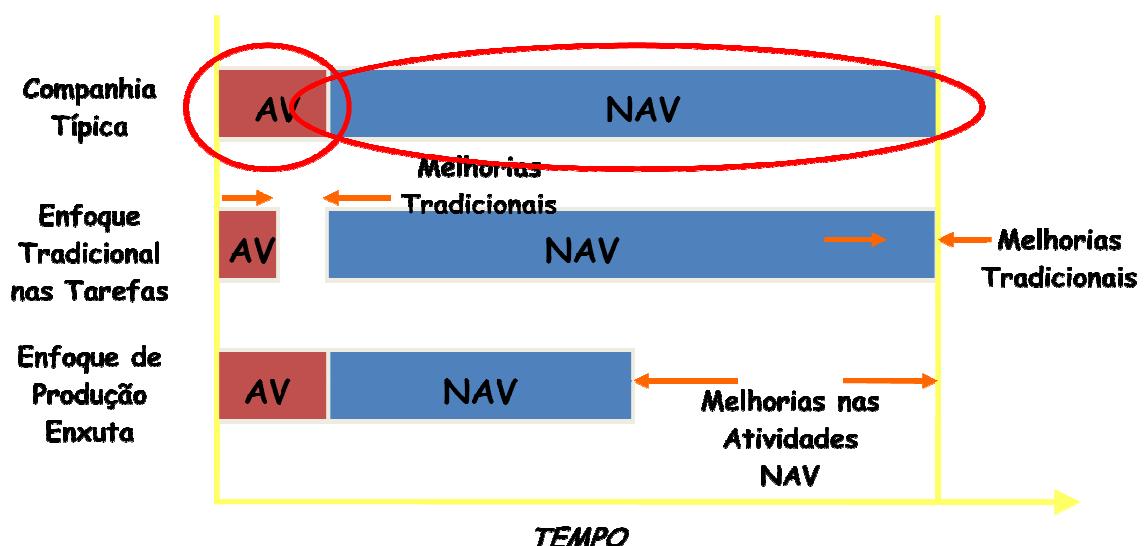


Figura 3: Composição das atividades em um fluxo de valor

(adaptado de Hines e Taylor, 2000)

Todas as atividades que não agregam valor foram chamadas de desperdícios, e eles foram divididos, primeiramente, em sete categorias pela Toyota, e, posteriormente, em oito por Liker (2005).

2.2.2. Os Sete (ou Oito) Desperdícios

De acordo com Liker (2005), Ohno passava a maior parte de seu tempo no chão de fábrica aprendendo a identificar as atividades que agregavam valor e tentando se livrar das atividades que não agregavam valor.

Dessas inúmeras rondas na fábrica, sete tipos de desperdícios foram identificados, e um oitavo desperdício adicionado na obra “*O Modelo Toyota*” de LIKER. Seguem os oito desperdícios do sistema produtivo que compõem as atividades que não agregam valor, segundo Liker (2005):

- a. **Superprodução:** É a produção de itens antes do tempo, ou em quantidade maior do que a demandada. Esse desperdício gera a maioria dos outros desperdícios que seguem. Produzir antes do tempo gera custo adicional com manutenção de estoque e transporte de materiais dos galpões de armazenamentos para os processos de produção.
- b. **Espera (tempo sem trabalho):** Espera por ferramentas, matérias-primas, peças. Operadores que apenas observam o funcionamento de máquinas automáticas ou esperam para realizar seu trabalho devido a interrupções no processo anterior, falta de suprimentos ou existência gargalos de capacidade.
- c. **Transporte desnecessário:** Transporte de materiais por longas distâncias, ineficiência dos meios de transporte das fábricas e excesso de transporte de materiais dos galpões de armazenamento para os processos e vice-versa.
- d. **Superprocessamento ou processamento incorreto:** O superprocessamento corresponde à produção de itens com qualidade superior à necessária e ao processamento incorreto, ao

uso de ferramentas inadequadas, ou a um projeto mal feito, ou ainda à realização de passos desnecessários para o processamento do item.

- e. **Excesso de estoque:** Excesso de matéria-prima, inventários em processo e até produtos finais, aumentando *lead times*, probabilidade de obsolescência, custos com transporte e risco de produtos danificados. O excesso de estoque também esconde problemas como: máquinas quebradas, defeitos, desbalanceamento dos processos e longos tempos de *Setup*.
- f. **Movimento desnecessário:** Longas caminhadas dos operadores ou procura por materiais, ferramentas, etc.
- g. **Defeitos:** Produzir peças defeituosas, retrabalhar peças que necessitem de retrabalho, descartar refugos e inspecionar peças constituem desperdícios de tempo e esforço.
- h. **Desperdício de criatividade dos funcionários:** Devido ao fato de estar sempre consertando erros da produção e realizando movimentos desnecessários os operadores ficam sem tempo livre para aprender novas técnicas e realizar melhorias nos processos.

Ainda de acordo com Liker (2005), Ohno considerava o desperdício da **Superprodução** como o maior deles, e o desperdício que desencadeava todos os outros. A produção a mais do que o demandado pelo cliente criava, invariavelmente, estoque em alguns lugares, seja em processos, seja em galpões de armazenamento.

2.2.3. Os Cinco Princípios da Produção Enxuta

Atingir maturidade em Produção Enxuta exige mais do que aplicações de técnicas e ferramentas. Existem muitas ferramentas que podem ser aplicadas nos mais diversos setores, algumas delas são, relativamente, de fácil aplicação, porém a filosofia do Sistema Toyota de Produção vai além.

Womack e Jones (1996) conseguiram identificar cinco princípios fundamentais para o sucesso do Sistema Toyota de Produção. Seguem os estes cinco princípios, na ordem que devem ser considerados:

- a. **Encontrar o valor:** Determinar o valor através da necessidade do cliente. É comum que as próprias empresas definam o que é valor ao seu produto, porém quem realmente define são os clientes, uma vez que esses escolhem entre os produtos concorrentes de acordo com suas próprias necessidades. Qualidade certa, no tempo certo com o custo certo.
- b. **Enxergar o fluxo de valor:** Identificar dentre todas as atividades realizadas ao longo das cadeias de atividades de desenvolvimento, gerenciamento e transformação de matéria-prima em produto final, quais são as atividades que podem ser categorizadas nos três grupos – Atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor, necessárias e desnecessárias.
- c. **Garantir o fluxo contínuo:** A partir da categorização das atividades, proceder com a eliminação de desperdícios que impeçam que o valor possa fluir continuamente. Ou seja, eliminar as atividades que não agregam valor, para buscar um fluxo sem interrupções.
- d. **Implantar produção puxada:** Onde não for possível fazer o valor fluir sem interrupções, deve ser implantada a lógica de puxar a produção. O responsável por puxar a produção de certo processo é seu cliente, seja interno (próximo processo), seja externo (cliente final).

e. Buscar a perfeição: Fazer com que os desperdícios que forem identificados, à medida que o fluxo de valor é interrompido, sejam reduzidos buscando sempre a eliminação total.

Com a adoção dos quatro primeiros princípios, em ordem cronológica, é possível enxergar todos os problemas e desperdícios que são os obstáculos no caminho da empresa à excelência em Produção Enxuta. Deste modo, eliminar os desperdícios continuamente é a idéia do quinto princípio e funciona como principal metodologia para sustentabilidade da filosofia *Lean*.

2.2.4. Mapa de Fluxo de Valor (Value Stream Map)

O Mapa de Fluxo de Valor (MFV) é uma das principais ferramentas do Sistema Toyota de Produção, porque, a partir de seu uso, é possível diagnosticar uma situação atual e entender quais são as reais fontes de desperdícios que impedem que o valor possa fluir com o menor número de interrupções possíveis.

Para aplicar o método do MFV, considerando apenas a planta da fábrica, de modo que se obtenha uma visão do estado atual, deve ser selecionada uma família de produtos, ou seja, produtos que são processados nas mesmas máquinas, e seguir o caminho que o produto faz desde a chegada na planta até a chegada no cliente. Através disso, deve ser possível representar de forma visual os processos do fluxo de material e de informação e, consequentemente, enxergar as fontes de desperdícios. (STEFANELLI, 2007)

Rother & Shook (1999) explicaram porque o MFV é uma ferramenta indispensável para guiar a implantação de técnicas que diminuam as atividades que não agregam valor:

- a) Ajuda a enxergar a relação entre os diversos processos e não cada processo individualmente.
- b) Ajuda a enxergar além dos desperdícios, evidenciando as fontes que os causam.
- c) Unifica a linguagem que trata dos processos de manufatura.

- d) Fornece uma imagem que evidencia detalhadamente as decisões a serem tomadas.
- e) Pelo fato de fornecer uma visão sistêmica, ajuda a evitar que técnicas sejam implantadas separadamente.
- f) É o primeiro passo para um plano de implantação. O MFV fornece uma visão geral do fluxo
- g) Fornece a visão da relação entre o fluxo de material e o fluxo de informação.
- h) Ao invés de fornecer muitos dados que não são necessários, o MFV é uma ferramenta qualitativa usada para descrever detalhadamente como o sistema produtivo deve operar para orientar o fluxo.

De acordo com Rother & Shook (1999), primeiramente deve-se desenhar o mapa do estado atual, com dados coletados diretamente no chão de fábrica, e à medida que as idéias de estado futuro forem surgindo, destacá-las, para logo depois desenhar o mapa do estado futuro. Não há sentido para Rother & Shook (1999) desenhar o mapa do estado atual e não desenhar o do estado futuro, uma vez que o MFV deve servir de guia para o projeto e implantação de um fluxo enxuto de valor.

Alguns ícones padrão são utilizados no desenho do estado atual e do estado futuro. E na confecção do MFV atual é importante coletar os dados pessoalmente para apontá-los no mapa. Dados dos processos como tempos de ciclo (tempo entre a saída da primeira peça e da segunda), tempos de *Setup* e disponibilidade, dados de quantidade de estoques finais, intermediários e de matéria-prima e dados da demanda dos clientes são os dados mais importantes de serem obtidos.

A Figura 4 é um exemplo de um MFV atual onde o tempo de valor agregado é insignificante perto do *lead time*.

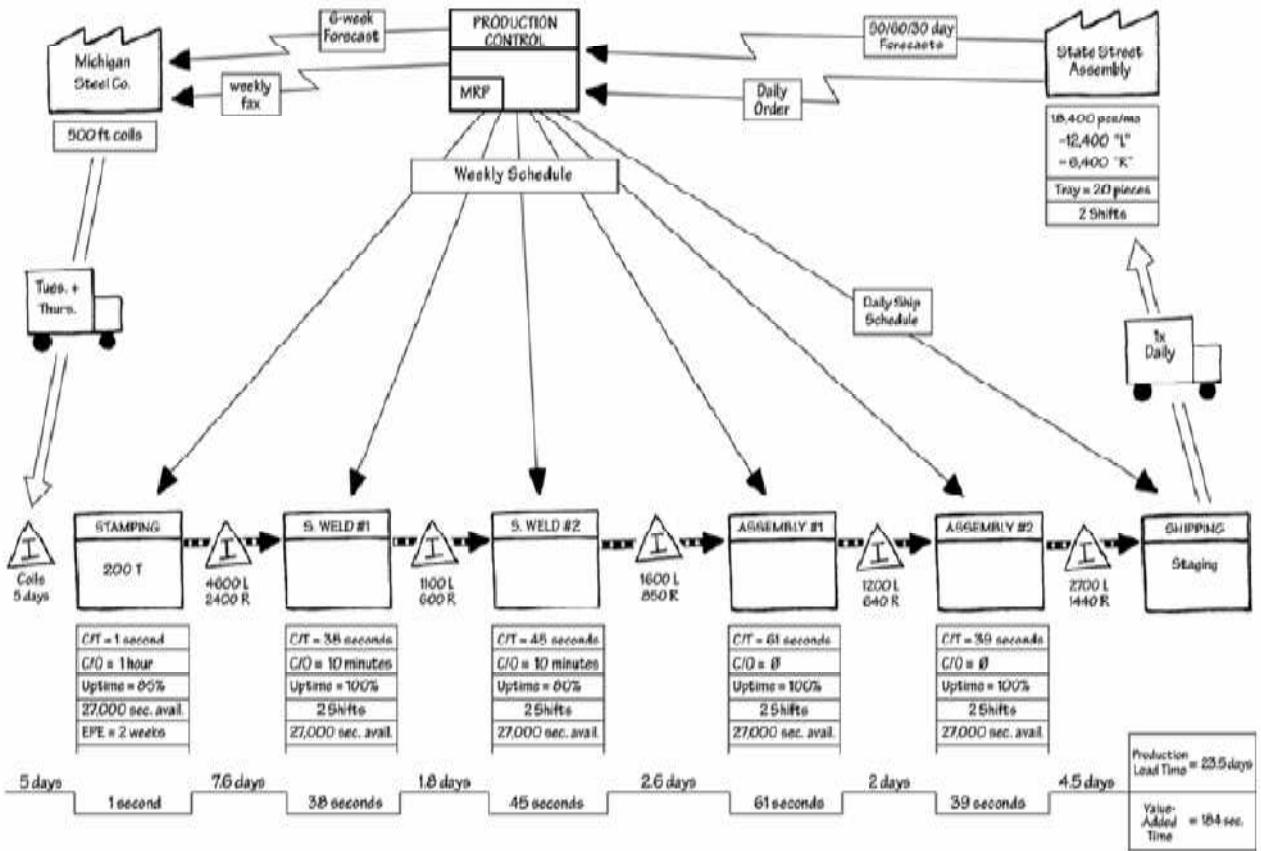


Figura 4: Mapa de fluxo de valor de um estado atual

(Fonte: Rother & Shook, 1999)

Tendo a visão do estado atual, Rother & Shook (1999) propuseram sete recomendações que devem ser seguidas para o desenho do estado futuro:

- 1- Produzir de acordo com o *takt time*:** O *takt time* é o ritmo em que os produtos estão sendo vendidos, e este ritmo deve ser o mesmo em que os produtos são produzidos para evitar que se produza antes ou depois do necessário. O *takt time* é calculado dividindo o tempo total de um período disponível para a produção pela demanda total desse período.
- 2- Desenvolver fluxo contínuo onde possível:** Produzir em fluxo contínuo, balanceado, elimina estoques entre processos.
- 3- Usar supermercados para controlar a produção onde não é possível criar fluxo contínuo:** Os supermercados auxiliados por *kanban* (sistema de quadro e cartões que gerenciam visualmente a

quantidade em estoque e fornecem a informação para os processos anteriores do que deve ser produzido) constituem o que é chamado de produção puxada.

- 4- Tentar enviar a programação do cliente para apenas um processo:** O processo que recebe a programação é chamado de processo puxador, e ele deve ser o último processo gerenciado por supermercado, isto é, todos os processos posteriores ao processo puxador devem estar em fluxo contínuo.
- 5- Distribuir a produção de produtos diferentes ao processo puxador de maneira uniforme no decorrer do tempo:** Nivelar a produção fazendo com que sejam produzidos lotes menores de cada produto e assim diminuir o tempo de resposta ao cliente. Porém o esforço é grande, já que mais *Setups* devem ser realizados e todos os tipos de componentes, freqüentemente, estarão na linha. A recompensa é a eliminação de grande quantidade de desperdícios.
- 6- Liberar e retirar um incremento de trabalho pequeno e uniforme no processo puxador:** Esse tempo entre cada liberada e retirada de incremento de trabalho é chamado *pitch*, que, freqüentemente, é a multiplicação do *takt time* pelo tamanho da embalagem (quantidade de peças que cabem na embalagem). Normalmente, um *pitch* varia de 5 a 60 minutos. O *pitch* pode ser considerado como a freqüência com que a administração toma conhecimento do desempenho dos processos em relação à demanda dos clientes.
- 7- Desenvolver a habilidade de fazer “toda parte todo dia” nos processos anteriores ao puxador:** O TPT (“toda parte todo ...”) indica com que freqüência um tipo de peça volta a ser processado. Ou seja, quanto menor for o TPT, menores serão os lotes.

2.2.5. Melhoria Contínua – *Kaizen*

Kaizen é uma palavra japonesa que significa mudança boa, literalmente. Depois de os conceitos do Sistema Toyota de Produção terem sido difundidos no mundo ocidental, o termo vem sendo utilizado como sinônimo para melhoria contínua. Muitas organizações hoje em dia utilizam uma ferramenta denominada Evento *Kaizen* como principal metodologia de implantação de melhorias.

Para IMAI apud Slack *et al* (2008), *kaizen* significa melhoramento que pode ser aplicado na vida social, doméstica, pessoal e no trabalho, onde, especificamente, significa melhoramento contínuo que envolvem todos na organização, tanto operadores como administradores.

De acordo com Corrêa & Corrêa (2005), as ações de *kaizen* podem ser utilizadas de diversas formas, e são essencialmente orientadas para equipes de trabalho, que, inteiramente focadas em um objetivo, sugerem, analisam, propõem e implantam melhorias em processos, fluxos de trabalho, arranjos físicos, métodos e divisões do trabalho e equipamentos e instalações.

Os Eventos *Kaizen* ocorrem geralmente de três a oito dias com equipes formadas por pessoas de diferentes áreas da empresa inteiramente focadas em otimizar um processo, que de preferência, seja a restrição para o aumento do desempenho global do sistema produtivo da empresa.

Segundo Goldratt (1990) a restrição do sistema é o processo que impede que o sistema, como um todo, atinja um desempenho maior em relação à sua meta. As restrições são chamadas também de “gargalos” do sistema.

Essa importante definição foi difundida nos estudos de Goldratt, e se for aliada à metodologia dos Eventos *Kaizen*, confere grande poder à filosofia de melhoria contínua da Produção Enxuta.

2.2.6. Gestão Visual de Processo

A gestão visual dos processos é uma ferramenta importante para evidenciar problemas e auxiliar a tomada de decisões, porque, segundo Mello

(1998), a Gestão Visual traduz a realidade através de uma imagem que representa o que está acontecendo no processo.

Segundo Liker (2005), controle visual pode ser entendido como “qualquer dispositivo de comunicação usado no ambiente de trabalho para nos dizer rapidamente como o trabalho deve ser executado e se há algum desvio de padrão.”

Uma ferramenta básica para a implantação de diversas outras ferramentas do Sistema Toyota de Produção é o 5S, que ajuda a evidenciar problemas e sustentar um fluxo suave para o *takt time*. Se usado da maneira certa, o 5S torna-se parte de um sistema bem elaborado de gestão visual em um ambiente enxuto bem planejado. (LIKER 2005)

Liker (2005) define o 5S (em japonês as cinco letras “S” correspondem a *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*) como:

- ***Seiri (Classificar)***: Classificar os itens de uma operação, descartar o que for desnecessário, para manter apenas o que realmente é usado naquele local.
- ***Seiton (Organizar)***: Ter um lugar definido e único para cada item classificado como necessário e mantê-lo no lugar.
- ***Seiso (Limpar)***: Criar uma rotina de limpeza e inspeção que auxilia a expor condições anormais e falhas que, potencialmente, acarretarão em baixa qualidade e quebras de equipamentos.
- ***Seiketsu (Padronizar)***: Elaborar regras e procedimentos (se possíveis visuais) para manter e controlar os três primeiros “S”.
- ***Shitsuke (Disciplinar)***: Criar um senso de autodisciplina para manter um ambiente de trabalho estável e favorável à melhoria contínua.

Um exemplo de sistema de Gestão Visual que tem como objetivo controlar o fluxo inteiro é chamado de *Andon*, o qual é composto por sinais luminosos que têm como função indicar a todos onde está o problema que pode estar atrapalhando o andamento do fluxo. Uma luz verde indica que o fluxo caminha dentro do ritmo. Uma luz amarela deve ser acionada pelo operador para informar que este não está sendo capaz de cumprir sua

atividade no tempo pré-determinado, ou necessita fazer algum ajuste na linha. Os operadores posicionados nos processos mais próximos são treinados para ajudar caso isso aconteça. Em último caso, geralmente quando peças defeituosas estão sendo produzidas, ou máquinas param de funcionar, uma luz vermelha é acionada com o intuito de parar a linha de produção e convocar todos os operadores para o foco do problema, de modo que uma solução seja rapidamente encontrada e que defeitos similares não voltem a acontecer. (MONDEM, 1998)

Grief (1991) afirma que três etapas devem ser seguidas para que um sistema de Gestão Visual funcione adequadamente:

- a) Visibilidade dos problemas:** Permite que, rapidamente, qualquer pessoa que possa exercer influência sobre o processo, possa reconhecer os problemas que atrapalham o andamento ideal das atividades deste processo. Sinais luminosos, sinais sonoros e gráficos de acompanhamento com linhas de limites (superior ou inferior) ou linhas de meta podem ser utilizados.
- b) Visibilidade do sistema de respostas:** Um sistema de respostas deve ser previamente desenvolvido para que os problemas mais freqüentes possam ter resolução mais rápida. Escalas de pressão e temperatura demarcadas com cores que permitam interpretação intuitiva podem ser utilizadas. Por exemplo: os números pintados de verde são ideais, de amarelo, perigosos e de vermelho proibidos.
- c) Registro dos problemas:** Devem ser criados documentos padrão que acumulem registros dos problemas freqüentes e esporádicos para permitir análise e correção futura. Diagramas de Pareto são bons exemplos.

Slack *et al* (2008) destaca a gestão visual como uma das principais técnicas da Produção Enxuta, e enumera algumas medidas que podem ser tomadas para deixar a informação à vista:

- Exibir medidas de desempenho no posto de trabalho;
- Utilizar luzes para indicar paradas;
- Exibir gráficos de controle de qualidade;
- Deixar visíveis *checklists* e técnicas de melhoria;

- Deixar à vista, em uma área separada, exemplos de produtos bons e defeituosos, tanto da empresa, como dos concorrentes;
- Utilizar sistema de controle de produção visual, como *kanbans*, e;
- Promover *layouts* sem divisórias entre os postos de trabalho.

2.3. SMED – Técnicas de Redução de Tempos de Setup

Primeiramente, deve-se entender um conceito fundamental que muitas vezes é confundido, a definição do tempo de *Setup*. A menos que se queira dedicar cada máquina a apenas um item (uma peça), e com isso gerar altas quantidades de estoque e comprar cada vez mais máquinas quando novos itens surgirem na carteira da empresa, vários *Setups* devem ser feitos ao longo do período disponível para a produção.

Para Kannenberg (1994), o tempo de *Setup* será entendido como a soma de todos os tempos de todas as atividades que ocorrem a partir do momento em que a produção de um item A é finalizada até o momento em que a primeira peça do item B com qualidade seja produzida.

A Figura 5 exemplifica, genericamente, atividades que costumam ser feitas durante o tempo de *Setup*.

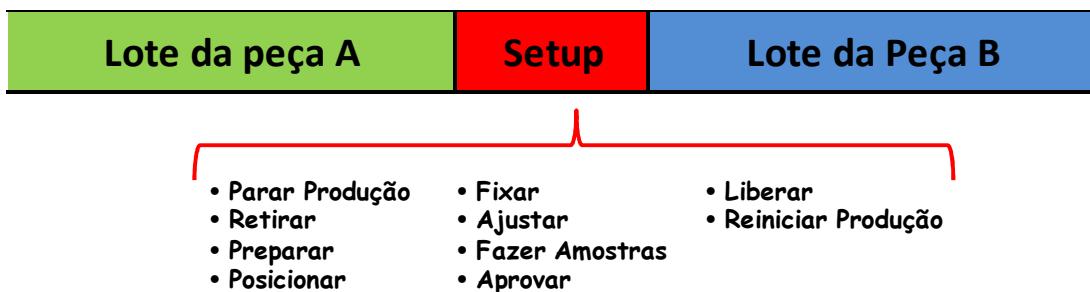


Figura 5: Definição do tempo de Setup

(HOMINISS, 2007)

O principal idealizador e pioneiro em estudos e aplicações de técnicas para redução de *Setup* foi o engenheiro industrial japonês Shigeo Shingo, famoso por suas habilidades em melhorias de processos produtivos. Shingo consolidou suas técnicas em 1983 em uma versão japonesa do livro posteriormente traduzido para o inglês: *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Desde então as técnicas para redução dos tempos de *Setup* passaram a ser chamadas SMED (*Single Minute Exchange of Die*) o que em português significa: Troca de Matrizes em um Tempo Inferior a Dez Minutos, ou, simplesmente, Troca Rápida de Ferramentas.

Alguns outros autores sobre técnicas de redução de tempos de *Setup* foram consultados, como: Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991) e Black (1998), porém as diferenças entre as propostas desses autores e de Shingo eram pequenas e de ordem estrutural apenas, e não conceitual. Por isso, o que segue sobre a metodologia de SMED é baseado, basicamente, nas idéias de Shingo.

Shingo (1985) começou seu estudo em redução de tempos de *Setup* em 1950 em uma planta da *Toyo Kogoyo's Mazda*, onde os gargalos de produção eram as prensas de 350, 750 e 800 toneladas. O responsável pela fábrica já tinha alocado seus melhores operadores nessas máquinas e não acreditava que fosse possível reduzir os tempos gastos com *Setup*, porém SHINGO insistiu e obteve permissão para realizar um estudo de tempo de uma semana, inteiramente focado nessas máquinas e já no terceiro dia observou uma correria em busca de uma matriz que seria usada para a próxima peça. Shingo não se conformou com o fato de que a procura pela matriz só começou após a parada da máquina.

De acordo com Shingo (1985), sua segunda experiência ocorreu em 1957 em uma planta da *Mitsubishi Heavy Industries* para aumentar a produtividade de uma plaina. Observando o *Setup* da máquina percebeu que as operações de centrar e dimensionar o motor eram feitas na mesa da própria máquina. Ele teve então a idéia de disponibilizar outra mesa para que essas operações fossem feitas enquanto a máquina ainda estava em produção. Mais tarde, o resultado foi um aumento de 40% na produtividade da máquina.

Shingo (1985) ainda contou sua terceira experiência, esta realizada na *Toyota Motor Company* quando o gerente lhe propusera o desafio de reduzir o

Setup de uma prensa de 1000 toneladas de quatro horas para menos de duas horas (tempo que já era alcançado pela alemã Volkswagen). O resultado foi um tempo de uma hora e meia, porém apenas um mês depois o desafio era bem maior: reduzir o tempo para 3 minutos. Neste momento a idéia que surgiu foi tentar transformar atividades que eram realizadas com a máquina parada em atividades a serem realizadas com a máquina ainda em funcionamento, produzindo lotes de outras peças. Depois de três meses o sucesso foi alcançado.

Depois de muitas experiências e muitos anos de análises e estudos, Shingo (1985) separou as atividades necessárias para a realização de um *Setup* em quatro grupos. A Figura 6 mostra as atividades que fazem parte de cada passo e a proporção de tempo gasto em cada um.

Passos de um Setup	Proporções do tempo de setup antes do SMED
Preparação e checagem de dispositivos de montagem, ferramentas, acessórios, etc.	30%
Fixação e remoção das matrizes e ferramentas	5%
Centragem, calibração e determinação das dimensões das ferramentas.	15%
Testes, ensaios, ajustes e processamentos iniciais.	50%

Figura 6: Passos no processo de *Setup*

Shingo era um engenheiro muito aplicado, e além de todas as idéias que teve ao longo de seu árduo estudo sobre o *Setup*, teve influência de estudos desenvolvidos por outro famoso engenheiro industrial, este, norte-americano: Frederick Taylor.

Taylor ficou famoso por aplicar estudos científicos aos processos de administração no começo do século XX nos EUA. De seus estudos surgiu uma metodologia de análise e otimização de processos conhecida como Tempos e Métodos, que, basicamente visava melhorar os processos de manufatura através da padronização de atividades em virtude de estudos de tempos

detalhados e escolha das melhores formas de se realizar cada elemento de trabalho.

A metodologia de Tempos e Métodos teve grande participação nas técnicas para redução de tempos das atividades realizadas pelos operadores nos *Setups* com máquinas paradas, e principalmente, máquinas em funcionamento.

2.3.1. Alta Variedade de Produtos e Pequenos Lotes

De acordo com Slack (2008), pode-se dividir a manufatura em cinco tipos diferentes de processos:

- **Processos de Projeto:** possuem características de baixo volume e alta diversificação. Os produtos são geralmente muito customizados.
- **Processos de *jobbing*:** como no item anterior, também se caracterizam por ser de baixo volume e alta diversificação.
- **Processos em lotes:** possuem menor diversificação, porque os itens são feitos em repetição.
- **Processos de produção em massa:** se caracterizam pelo alto volume e baixa diversificação. As operações são repetidas durante longos períodos de tempo.
- **Processos contínuos:** tem diversificação quase nula e volumes muito grandes.

Slack (2008) enquadra a produção de carros em **Processos em lotes**, justamente porque, hoje em dia, a variedade de produtos e componentes do setor automobilístico aumentou consideravelmente em relação à época do auge do Fordismo.

O aumento na variedade destes produtos se deu em virtude da diversificação da demanda, porém o volume demandado não diminuiu, ao

contrário, aumentou. Isso fez com que surgisse um desafio para as empresas: aumentar a produtividade e diversificar a produção.

A saída mais clara para enfrentar este problema é produzir em pequenos lotes para atender esses clientes e isso exige a realização de uma quantidade maior de *Setups*. E, para aumentar a produtividade e aumentar a quantidade de *Setups*, os tempos gastos com estes devem ser muito menores.

Shingo (1985) define pequenos lotes como lotes de 500 peças ou menos. Lotes médios são os que se encontram entre lotes de 501 a 5.000 peças, e lotes grandes são os que possuem mais de 5.000 peças.

Essa definição é válida para o mercado automobilístico, uma vez que todas as experiências do engenheiro foram realizadas em empresas do setor.

Porém, os dois conceitos que são definidos logo depois evidenciam ainda mais a necessidade de se produzir pequenos lotes.

Para Shingo (1985), **inventário em excesso** é tudo aquilo que é produzido a mais do que o pedido pelo cliente. Por exemplo, se um pedido de 300 itens foi feito, foram fabricados 330 considerando os defeitos, e apenas 20 eram defeituosos, 10 irão ser descartados ou estocados. Esses 10 excedentes eram geralmente estocados à espera de um novo pedido do mesmo item.

Shingo (1985) também define **produção antecipada**, que significa produzir antes do tempo em que o item é necessário. Produzir antes do tempo também é um gerador de estoque.

Inventário em excesso comumente é classificado como desperdício pelos gerentes, diferentemente de **produção antecipada**. Como já foi visto anteriormente, produção antecipada também é um desperdício e deve ser evitado.

A Figura 7 mostra as consequências geradas por altos tempos de *Setup*, e a Figura 8 mostra o contrário. O resultado final é uma grande diferença em competitividade para a empresa. Note que o SMED é fundamental para a produção em pequenos lotes.

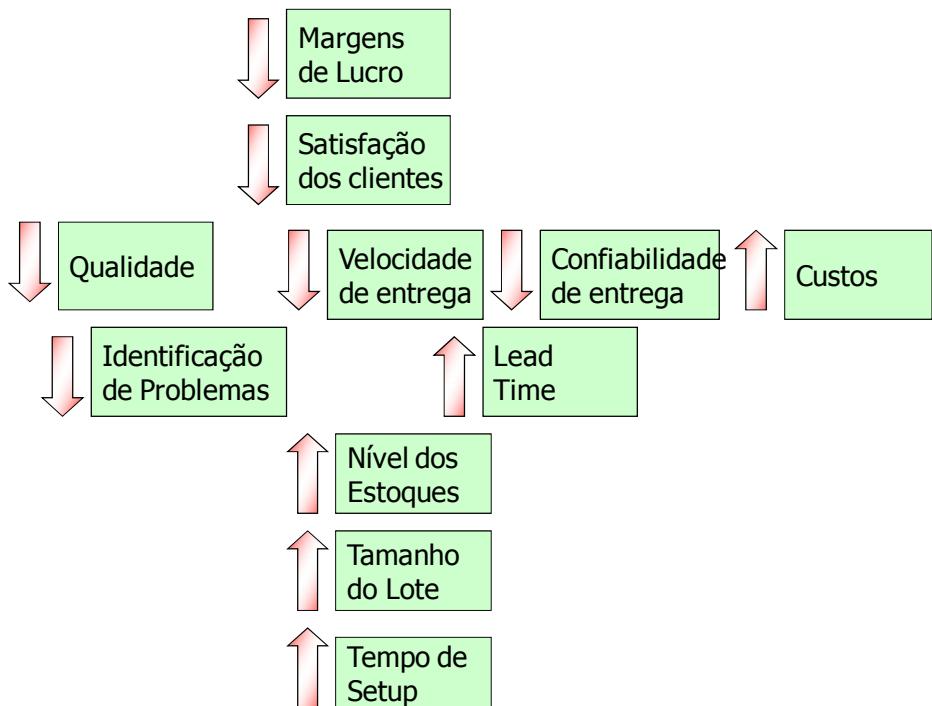


Figura 7: Conseqüências dos altos tempos de Setup

(Fonte: Mardegan et al, 2006)

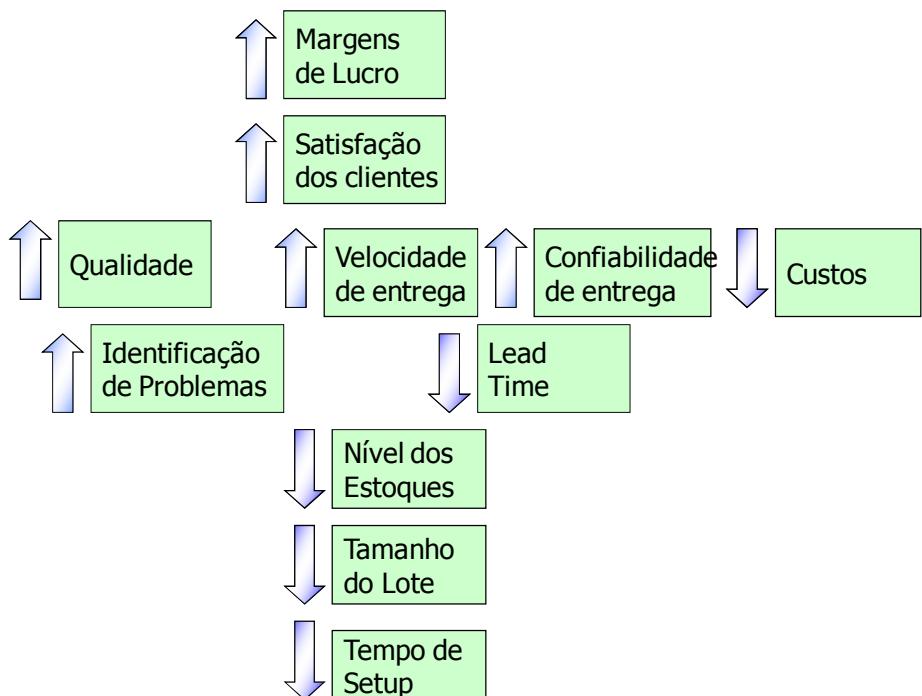


Figura 8: Conseqüências dos baixos tempos de Setup

(Fonte: Mardegan et al 2006)

2.3.2. Estudo Científico de Tempos e Métodos e padronização do trabalho

Alguns conceitos propostos por Frederik Taylor foram importantes influências para técnicas propostas, posteriormente, por Shingo. O SMED tem como objetivo reduzir os tempos gastos com *Setups*, o que é alcançado através da realocação de atividades para serem realizadas antes que as máquinas parem e da simplificação dos processos de troca. O Estudo de Tempos e Métodos tem como principal objetivo simplificar as operações e, por isso, pode auxiliar muito a aplicação das técnicas do SMED.

De acordo com Taylor (2008), a ciência por trás dos ofícios é simples, demandando apenas estudo sistemático dos movimentos e tempos atrelados a um determinado ofício a ser analisado. Para construir um padrão de trabalho o estudo deve ser realizado de acordo com a ordem que segue:

- a) Selecionar de 10 a 15 trabalhadores hábeis a realizar o ofício e de diferentes regiões;
- b) Analisar o ciclo exato dos movimentos elementares feitos pelos operadores assim como os instrumentos utilizados durante a realização do ofício;
- c) Cronometrar o tempo gasto em cada um dos movimentos elementares e, assim, escolher os meios mais rápidos de realizá-los;
- d) Descartar todos os movimentos inúteis, lentos e falhos, ou seja, os que não agregam valor para a realização do ofício, e;
- e) Reunir e reorganizar os melhores e mais rápidos movimentos que sobraram e escolher os melhores instrumentos.

Taylor (2008) ressalta que o ciclo de movimentos encontrado depois das cinco etapas descritas é o novo padrão de trabalho, e substitui as diversas maneiras diferentes que poderiam estar sendo utilizadas anteriormente.

Ainda de acordo com Taylor (2008), a escolha da melhor ferramenta a ser utilizada também exige estudo aprofundado. Ao invés de se ter vários tipos de ferramenta para realizar a mesma operação, as características de cada uma

devem ser analisadas e resumidas em uma única ferramenta que passa a ser o padrão.

Um problema surgiu ao longo dos anos em que as técnicas de Taylor foram aplicadas: os trabalhadores começaram a perceber que, compartilhando as melhores maneiras de se realizar uma tarefa com os engenheiros, passariam a trabalhar mais e continuariam a ganhar o mesmo. Portanto, passaram a trabalhar em ritmo desacelerado, propositalmente, e principalmente quando sentiam que estavam sendo monitorados pelos estudiosos dos tempos e movimentos. Vários atritos surgiram nessa época entre os administradores e os trabalhadores, e o sistema de Taylor foi posto à prova. (LIKER 2005)

Muitos anos depois as idéias de Taylor e as de Ford (que defendia que a padronização era a base para melhorias futuras) serviram de base para a abordagem de padronização desenvolvida pela Toyota.

De acordo com Liker (2005), é preciso que um processo seja padronizado para que possa ser melhorado, senão qualquer melhoria implantada acabará se transformando em mais uma das inúmeras variações do processo e, invariavelmente, será incorporada à desorganização do mesmo. O trabalho padronizado também é base para o aumento da qualidade. Sempre que um defeito é descoberto, deve ser feita uma análise para verificar se o padrão foi seguido, e se, porventura, o defeito surgiu mesmo com a aplicação do padrão, este deve ser alterado para evitar que o mesmo defeito se repita.

2.3.3. Estágios de Aplicação do SMED

De acordo com Shingo (1985), existem três estágios de evolução do SMED e um estágio preliminar encontrado tradicionalmente nas operações de *Setup*, neste estágio o principal defeito é a falta de diferenciação entre atividades que podem ser realizadas com a máquina em operação e as atividades que devem ser realizadas com a máquina parada.

Existem dois tipos fundamentais de atividades. As atividades que podem ser feitas antes de a máquina parar, ou depois de finalizada a produção, como por exemplo, levar matrizes para o estoque ou trazê-las, são chamadas ***Setup Externo (SE)***. Já as atividades que devem ser realizadas apenas com a máquina parada, como montar ou remover as matrizes, são chamadas ***Setup Interno (SI)***. (SHINGO, 1985)

Estágio Preliminar

No estágio preliminar, por não haver diferenciação entre *Setup Externo* e *Setup Interno*, vários tipos de desperdícios podem ocorrer, relata Shingo (1985):

- Produtos acabados e matérias-primas são transportados apenas quando a máquina finaliza um lote. Geralmente as máquinas são desligadas neste momento gerando grande perda de tempo.
- Ferramentas que devem ser montadas nas máquinas, como matrizes ou lâminas são entregues depois que a máquina já parou e está gastando tempo do *Setup Interno*. Ou ainda, ferramentas defeituosas são entregues, e os defeitos são percebidos apenas quando a corrida de testes e ajustes começa.
- Parafusos, gabaritos, calços não estão precisos e devem ser trocados ou consertados.
- E muitos outros.

Primeiro Estágio de Evolução: Separação de Setup Interno e Externo

Shingo (1985) enumera técnicas simples que ajudam a identificar e realizar as tarefas de *Setup Externo* de modo a reduzir de 30% a 50% o tempo de *Setup*.

O uso de um *checklist*, que contenha especificações do item a ser produzido, quantidade e tipo das ferramentas a serem utilizadas, valores

precisos das dimensões e medições, condições de temperatura, pressão e outros aspectos, é fundamental para o controle das atividades que podem ser feitas no *Setup Externo*. Outra ferramenta que é um grande aditivo ao uso do *checklist* é o *checktable*, que consiste numa mesa com sombras desenhadas de todos os elementos que devem estar disponíveis para o *Setup* antes que a máquina pare. (SHINGO, 1985)

O *checklist* não pode ser completamente substituído pelo *checktable*, porque, de acordo com Shingo (1985), outra atividade importante de ser realizada no *Setup Externo*, que é a checagem das condições de funcionamento das ferramentas, parafusos, matrizes não pode ser feita no *checktable*.

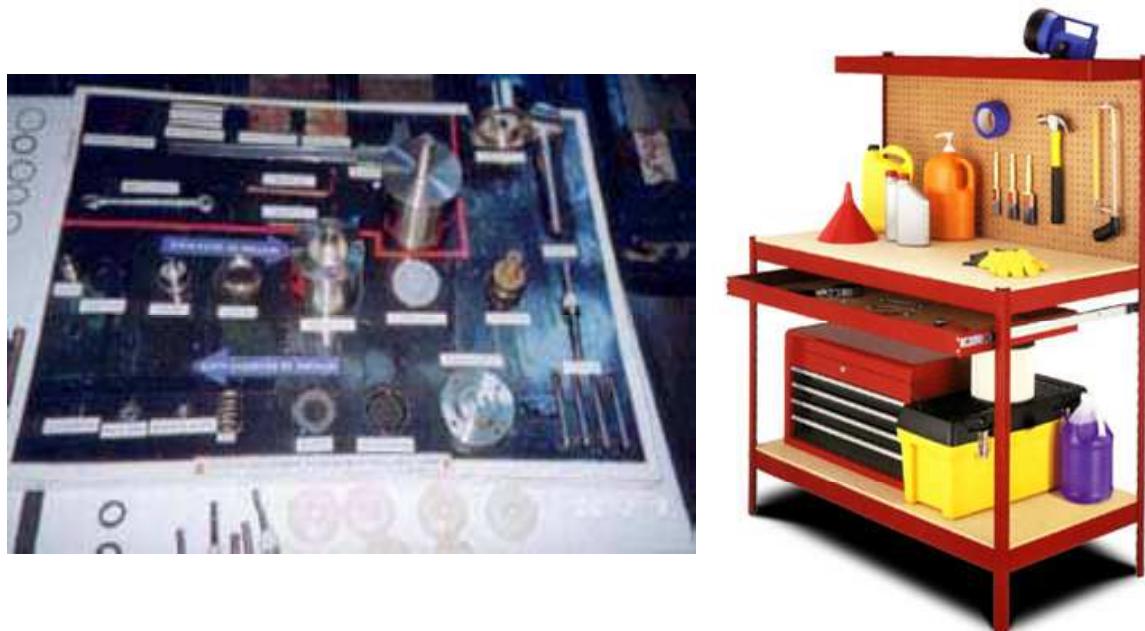


Figura 9: Exemplos de *Checktables*

(França, M. V. & Souto M. S. (2008))

Segundo Shingo (1985), a checagem das condições das ferramentas, matrizes, parafusos, etc., é extremamente importante para evitar grandes perdas de tempo durante o *Setup*, uma vez que a maioria dos defeitos só são descobertos na fase de testes, depois que todos os componentes já estão montados nas máquinas. É importante também dimensionar o tempo que será

gasto para verificar e, eventualmente, efetuar reparos nas ferramentas e componentes.

A terceira técnica facilmente aplicável é a melhora no transporte de matrizes, componentes e outros insumos do processo. Essas atividades de transporte devem ser facilitadas e realizadas por pessoas que não sejam os operadores de máquina, ou que se forem estes, que sejam feitas as atividades de transporte depois que a máquina esteja em operação. (SHINGO, 1985)

Segundo Estágio de Evolução: Transformar Setup Interno em Externo

Segundo Shingo (1985), a primeira coisa que se deve pensar para transformar atividades de *Setup Interno* em *Setup Externo* é encontrar meios de preparar as condições de operação antes de precisar parar a máquina.

Alguns elementos de algumas máquinas precisam de certa condição de velocidade, pressão ou temperatura para que funcionem de forma adequada. Pré-aquecer uma matriz, por exemplo, é possível fazer com a máquina em operação com outra matriz, se algum dispositivo de aquecimento estiver disponível.

Shingo (1985) cita o exemplo do fato de que os primeiros ensaios de peças são feitas dentro do SI. E as primeiras peças fabricadas, com a matriz ainda fria, não são aproveitadas, devendo ser retrabalhadas posteriormente. A solução é utilizar um aquecedor a gás ou elétrico para que a matriz já seja montada na máquina na temperatura correta e, assim, evite que peças defeituosas sejam fabricadas e que o tempo de *Setup* reduza em torno de trinta minutos.

Padronizar todas as partes e ferramentas é um caminho a ser seguido, porém, não é o melhor, uma vez que gera custos desnecessários. O melhor a se fazer é padronizar apenas as dimensões das partes e ferramentas que sejam importantes para as operações de *Setup*. Pode-se, por exemplo, construir um calço para as matrizes de uma prensa com dimensões diferentes em cada face, permitindo ajustes diferentes com o mesmo calço. Duas matrizes que precisam ser utilizadas numa prensa são fixadas a mesma a uma altura de 30 mm, porém elas têm tamanhos diferentes, neste caso há a

necessidade de calços. Com um calço de dimensões 30 X 30 X 50 mm, por exemplo, é possível fixar ambas as matrizes à prensa. A Figura 10 ilustra a situação. (SHINGO, 1985)

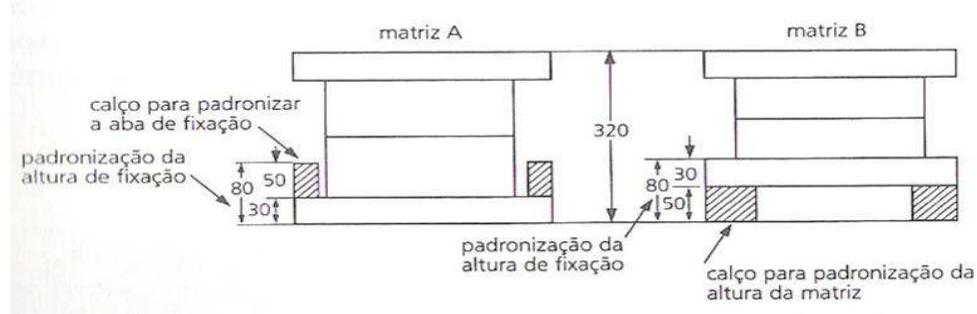


Figura 10: Padronização da altura da matriz e aba de fixação

(Shingo, 1985)

Segundo Shingo (1985), outra técnica para transformar SI em SE é eliminar a necessidade de centralização de uma matriz, utilizando guias por exemplo. Se numa face da matriz que não tem uso são feitos dois pinos que correspondem, exatamente, a dois furos na face da prensa em que a matriz deve ser centralizada, e dessa forma, quando encaixados, a matriz já fica na posição correta, a operação é simplificada. A matriz é centralizada no momento do encaixe. A Figura 11 ilustra esta situação.

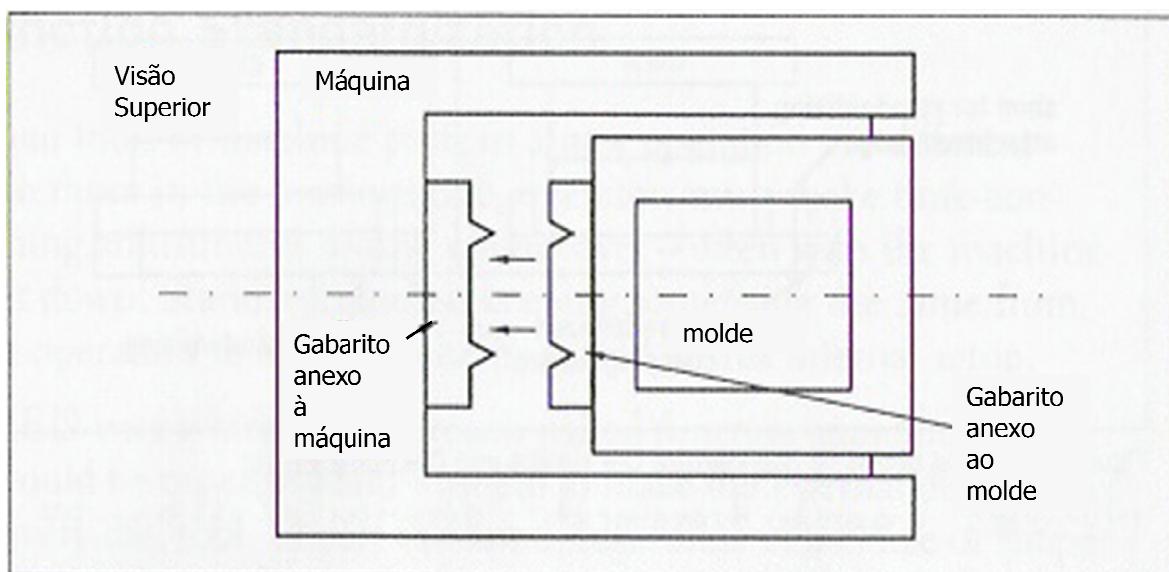


Figura 11: Guias de centralização de matriz

(Shingo, 1985)

Terceiro Estágio de Evolução: Otimizar Atividades do Setup Interno e do Setup Externo

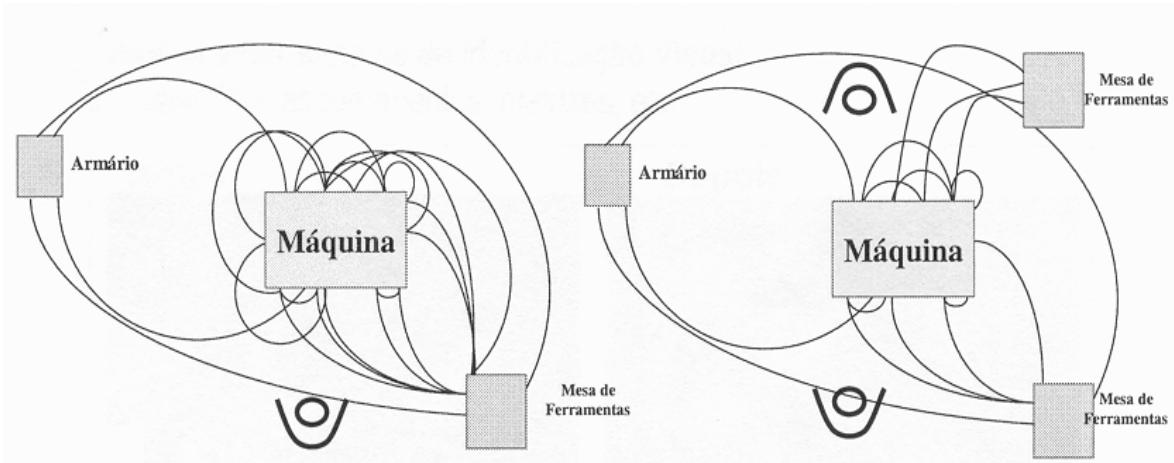
Uma forma de otimizar as operações de SI é melhorar, radicalmente, as condições de armazenamento e transporte de materiais, ou seja, melhorar o SE. Ter os materiais mais próximos, melhor armazenados e condições de transporte mais favoráveis contribui para isso, porém não são suficientes. É necessário aplicar técnicas para reduzir, também, as operações de SI. (SHINGO, 1985)

Algumas técnicas simples e outras complexas são usadas neste estágio. A grande diferença para as técnicas apresentadas até o momento é a necessidade de investimentos maiores no terceiro estágio. Eliminação de ajustes e mecanizações nas máquinas demandam investimentos em aparelhos extras, e possíveis mudanças de projetos das máquinas. As reduções de tempo nos segundo e terceiro estágios de evolução podem chegar a 50% do tempo total de *Setup*.

De acordo com Shingo (1985), a primeira medida a ser tomada neste estágio é implantar operações em paralelo. Em muitas máquinas, as operações de *Setup* devem ser feitas tanto na parte da frente, como na parte de trás da máquina. Um operador realizando todas as operações necessita se deslocar muito de um lugar para o outro, e desperdiça boa parte do tempo caminhando. Porém, deve-se ter cuidado para evitar esperas desnecessárias em operações em paralelo, criando sistemas de comunicação sonora, como buzinas.

Para o sucesso de operações em paralelo no *Setup*, até para máquinas que precisem de mais que dois operadores, é preciso dar atenção ao balanceamento do tempo das operações de cada operador e padronizar a melhor forma de executá-las, como numa célula de produção em U, por exemplo.

A Figura 12 exemplifica as caminhadas evitadas com a implantação de outro operador no *Setup* para ajudar o primeiro.



**Figura 12: Caminhadas evitadas devido a implantação de operações em paralelo com dois operadores
(HOMINISS, 2007)**

Métodos de fixação de uma volta podem diminuir, e até eliminar esses tempos perdidos.

Um parafuso de quinze roscas deve ser girado quinze vezes para ser fixado corretamente, quatorze voltas não são suficientes, portanto, apenas a última volta fixa o parafuso, as outras são desperdícios de tempo. (SHINGO, 1985)

Seguem alguns exemplos desses métodos em Figura 13, Figura 14 e Figura 15:

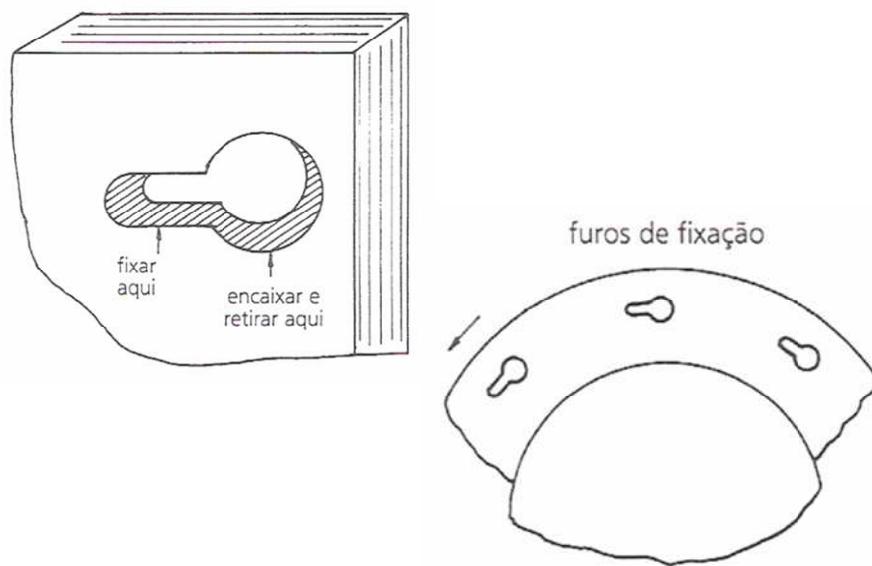


Figura 13: Furo em forma de pêra

(Shingo, 1985)

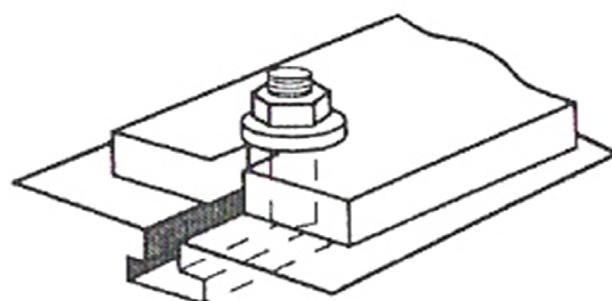


Figura 14: Método do encaixe em U

(Shingo, 1985)

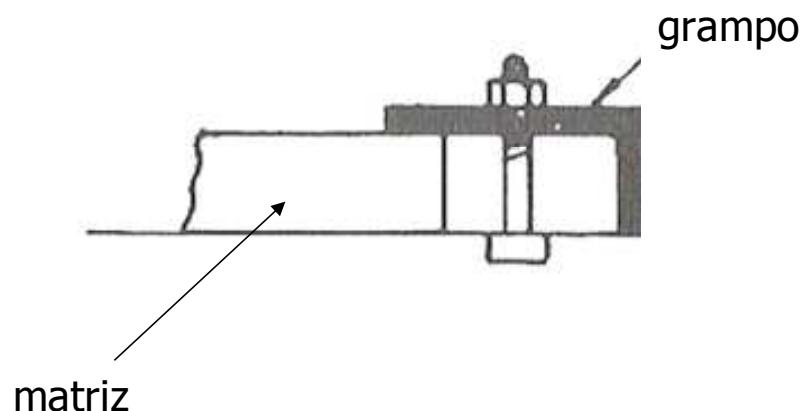


Figura 15: Método do grampo

(Shingo, 1985)

Existem, também, os fixadores hidráulicos, que têm custos maiores, porém evitam completamente o uso de parafusos. Na Figura 16 observa-se um dispositivo hidráulico para fixação da parte vermelha que se encontra acima na figura.



Figura 16: Fixador hidráulico

(HOMINISS, 2008)

Shingo (1985) ainda cita, como eficientes, os métodos magnéticos e de sucção para fixar peças que terão, em todas suas superfícies, operações de transformação.

O próximo passo é reduzir e, possivelmente, eliminar os ajustes. De acordo com Shingo (1985), as corridas de testes são necessárias devido a centralizações, dimensionamentos e posicionamentos incorretos em fases preliminares do *Setup*. Por isso, é extremamente importante que se dê atenção às melhorias realizadas nos estágios anteriores.

Shingo (1985) evidencia que ajustes baseados em intuição devem ser evitados e valores numéricos devem ser fixados, começando, por exemplo, através de calibrações que permitam a todos saber que valor deve ser ajustado todas as vezes. Devem, também, ser criados pontos de referência nas máquinas, tais como, linhas de centro. Outro aspecto a ser tratado é o fato de evitar troca de mecanismos das máquinas e incentivar o uso de mecanismos que possuam mais funções. Por exemplo: braços que tenham em cada face uma ferramenta, e assim, quando uma ferramenta diferente tiver que ser usada, basta girar este braço, ao invés de retirá-lo e colocar outro na máquina.

É importante fixar escalas numéricas nas máquinas para evitar o uso de régulas, paquímetros e micrômetros para o posicionamento de mecanismos e ferramentas. Outro detalhe importante é documentar os ajustes feitos, marcando, principalmente, os posicionamentos dos mecanismos e das ferramentas, para que os *Setups* de produtos que já tenham sido previamente fabricados possam ser realizados de forma mais rápida com a utilização dos documentos gerados.

O último passo na aplicação do SMED é a mecanização, e deve ser considerado apenas depois que todas as técnicas descritas até o momento tiverem sido aplicadas. As técnicas descritas até aqui representam uma redução da ordem de 90% ou mais do tempo de *Setup*, enquanto a mecanização representa, em torno, de 1% a 2%, por isso é o último estágio a ser considerado. (SHINGO, 1985)

Mecanização do transporte, manuseio e posicionamento de peças pesadas, como matrizes de grandes prensas, de acordo com SHINGO (1985), é o único tipo de mecanização que justifica seu custo.

2.3.4. Ganhos Obtidos com o SMED

O primeiro resultado visível da aplicação das técnicas do SMED é a própria redução dos tempos de *Setup*, que são tempos improdutivos. Segundo Shingo (1985), grandes ganhos de tempo já tinham sido conseguidos até 1975, e, ao fim dos dez anos seguintes, os tempos de *Setup* caíram para uma média de 2,5 % do tempo que era gasto originalmente.

A principal consequência dos ganhos de tempo com o SMED é a possibilidade de ser produtivo em um ambiente que exige grande diversidade de produtos e impõe pedidos de baixos volumes. Isso significa produzir em pequenos lotes o que ainda possibilita: giro de capital maior, melhor utilização da planta da fábrica, produtividade maior devido à redução de operações de movimentação do estoque, redução de obsolescência devido a lotes menores e agilidade maior para produzir um *mix* mais variado de produtos. (SHINGO, 1985)

Shingo (1985) ainda enumera diversos outros ganhos:

- **Aumento na produtividade das máquinas:** Se o número de *Setups* não aumenta, tempo de máquina é liberado, o que aumenta a produtividade.
- **Eliminação de erros no Setup:** A quantidade de erros durante o *Setup* diminui, e a eliminação de corridas de testes diminui a incidência de erros nas peças.
- **Melhora na qualidade:** devido à grande padronização das atividades no *Setup* e à eliminação de erros.
- **Aumento de segurança:** Operações mais simples são mais seguras.
- **Organização facilitada:** A padronização de parafusos diminui a quantidade de ferramentas e a organização funcional das que sobram facilita a organização do ambiente.
- **Diminuição dos custos:** Os custos de máquina parada devido aos longos tempos de *Setup* diminuem consideravelmente.

- **Diminuição do nível de habilidade requisitado dos operadores:** Operações mais simples podem ser feitas por qualquer um.
- **Eliminação de espera por processamento:** As primeiras peças do lote esperam menos pela produção das últimas do mesmo lote.
- **Produção em pequenos lotes:** Os tempos de produção do lote diminuem, melhorando o atendimento aos clientes.
- **Aumento na flexibilidade de produção:** O aumento da flexibilidade ajuda a melhorar o atendimento aos diversos clientes.
- **Revolução nos métodos de produção:** Novos horizontes são apresentados aos gestores, que passam a ter a possibilidade de escolher entre produzir em pequenos lotes ou grandes lotes, em função das variáveis de decisão que julgarem necessárias.

2.3.5. Técnicas complementares ao SMED

Existem algumas abordagens para redução de tempos de *Setup* que defendem a utilização de técnicas complementares ao modelo proposto por Shingo e alteração na ordem de aplicação das técnicas do SMED.

Harmon & Peterson (1991) adicionam técnicas que podem ajudar a combater o excesso de tempo gasto com corridas de testes e ajustes: documentação de ajustes já realizados previamente, calibragem de dispositivos e manutenções preventivas nas máquinas.

Já Goldacker & Oliveira (2008) recomendam que o primeiro passo para análise do *Setup* seja a filmagem e a cronometragem das atividades. A filmagem e a cronometragem realizadas devem ser submetidas à análise dos operadores responsáveis pelas atividades filmadas, e é importante que as atividades que forem filmadas e cronometradas sejam realizadas da forma

como comumente são, de modo que as oportunidades reais de melhoria possam ser identificadas.

Claunch (1996) e Martins (2006) e algumas consultorias como HOMINISS (2008) e SMED/SR (2005) também propõem a utilização de filmagens para a análise do estado atual das operações de *Setup*.

Além disso, a consultoria HOMINISS (2008) propõe ênfase em treinamentos para os operadores da máquina onde a implantação será realizada.

McIntosh *et al* (2000) defendem que técnicas apresentadas no estágio conceitual 3, como melhorias nos equipamentos e dispositivos, ou seja, melhorias no projeto deveriam ser aplicadas antes de tudo, para evitar que as ferramentas padronizadas no estágio em que não havia melhorias no projeto das máquinas não se tornem inadequadas. Algum retrabalho pode surgir como consequência da aplicação tardia do estágio 3.

2.3.6. Análise Crítica ao SMED

Muitos autores que analisaram o trabalho de Shingo encontraram muitas lacunas em seu modelo, e, como foi visto, alguns deles propuseram a adoção de técnicas que podem ser aliadas às do SMED, ou abordagens diferentes para a aplicação das mesmas. Além disso, vários dos críticos discordam quanto à aplicação seqüencial dos estágios conceituais de Shingo.

Mondem (1983), por exemplo, divide as técnicas de implantação da Troca Rápida de Ferramentas em seis abordando quatro estratégias: distinguir as ações de preparação interna e externa, eliminar ajustes na fase e padronização das ferramentas, eliminar o processo de troca de ferramentas por meio da intercambiabilidade entre peças e produção simultânea de várias peças.

Sugai *et al* (2007) criticam o enfoque exclusivo ao setor metal-mecânico da metodologia de Shingo e dos exemplos mostrados em seu livro. Evidenciam, também, a dificuldade de se avançar para os últimos estágios do SMED em indústrias do setor farmacêutico, onde algumas operações regidas por lei demoram, invariavelmente, mais que dez minutos.

De acordo com Sugai *et al* (2007), alguns dados de porcentagem causam falsa impressão quanto ao seu real ganho na implantação de determinadas técnicas. Por exemplo, mensurar o tempo gasto com ajustes e corridas de testes como 50% do tempo total e sacramentar que a realização de operações em paralelo, com dois operadores ao invés de um, pode reduzir mais de 50% do tempo de *setup*, leva a crer que a implantação dessa técnicas isoladamente pode, praticamente, eliminar o *Setup*.

Outra corrente de pensamento, apresentada por Sugai *et al* (2007), critica a falta da abordagem quanto a influência do seqüenciamento da produção nos tempos de *Setup*. Quando uma peça similar será produzida na seqüência, a tendência é que o tempo gasto seja menor do que quando uma peça muito diferente é a próxima a ser processada.

Existem diferentes modos de abordar as técnicas propostas por Shingo, e vale salientar alguns pontos:

- A ordem de implantação de técnicas descrita em seu livro segue uma abordagem de realizar pouco investimento no começo para dar grandes saltos, e eventuais investimentos pesados posteriormente se pequenos passos adiante são requeridos;
- As ordens de grandeza dos ganhos apresentados com a adoção de cada técnica são baseadas em experiências e não contrariam o fato de que todas as técnicas devem ser aplicadas conjuntamente;
- A simples adoção dos exemplos citados pode não ser aplicável diretamente em outros setores, que não o metal-mecânico, porém os conceitos que embasam as técnicas são universais;
- Shingo defende amplamente a implantação do SMED aliada às outras técnicas do Sistema Toyota de Produção, e considera sua metodologia como parte integrante deste Sistema. Apesar de não mencionar algumas combinações possíveis, como práticas de gestão visual e manutenção preventiva agregadas ao SMED, também não se opõe a isso.

“Eu gostaria de salientar que o SMED é baseado em teorias e anos de experiências práticas. É uma abordagem científica da redução do tempo de *Setup* que pode ser aplicada a qualquer máquina de qualquer fábrica” (SHINGO, 1985).

2.4. O Modelo para Melhorias - DMAIC

O DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) é um modelo utilizado no processo de melhoria da metodologia desenvolvida na Motorola na década de 80, conhecida como Seis Sigma.

De acordo com Hahn (2000) e com a consultoria HOMINISS (2007), cada etapa da metodologia pode ser traduzida em uma ação, e segue uma ordem cronológica do processo de raciocínio:

- **Define (Definir):** Nesta etapa, é escolhido o processo que será melhorado, definidos os pré-requisitos técnicos e as metas estratégicas.
- **Measure (Medir):** Nesta etapa, é realizado um levantamento da situação atual, mapeados os processos e definidas as medidas-chave (variáveis a serem analisadas e controladas).
- **Analyze (Analisar):** Nesta etapa, é feita uma análise da situação atual para identificar as causas raízes dos problemas encontrados no levantamento da situação atual. Uma visão futura também é construída nesta etapa.
- **Improve (Melhorar ou Implantar):** Nesta etapa, é planejada e realizada a implantação da visão futura desenvolvida.
- **Control (Controlar):** Nesta etapa, é feito um controle estatístico das medidas-chave definidas para acompanhar o progresso da implantação.

Segundo Rechulski & Carvalho (2004), o modelo DMAIC não contempla um ciclo, ou seja, em nenhum momento ele retorna a fases já completadas,

portanto a melhoria contínua é atingida desenvolvendo diversos projetos para o mesmo processo, até que este atinja um estado ideal desejado.

O modelo DMAIC, por ser uma metodologia de aplicação e implantação de melhorias de processos, pode ser facilmente mesclado à aplicações de métodos que tenham como objetivo melhorar processos, produtivos ou administrativos.

3. Contextualização do Mercado e da Empresa

3.1. O Mercado Gráfico no Brasil

De acordo com Bernardes (2009), a história da indústria gráfica no Brasil se mistura com a história do país, e, hoje em dia, as mais de 14 mil empresas que compõem o setor representam 1% do PIB brasileiro e 3,3% do PIB industrial.

A evolução tecnológica do setor também é notável. Máquinas que imprimiam um volume de no máximo, 1,2 mil cópias por hora, nos anos 40, são capazes de produzir, atualmente, entre 45 e 50 mil.

Outra dificuldade que era imposta aos empresários do setor antigamente era a falta de capacitação dos funcionários. De acordo com Pedro Nascimento, fundador da Gráfica Brasil, o funcionário precisava aprender tudo, e as próprias gráficas ensinavam. Não havia cursos de especialização para as funções desempenhadas nas empresas, o que hoje já não acontece mais. (BERNARDES, 2009)

Pedro Nascimento também citou os serviços que, na época, eram os mais procurados: impressão de notas fiscais, talão de recibos e folhetos simples para lojas, que continham no máximo duas cores. (BERNARDES, 2009)

Hoje, a evolução tecnológica do setor e da indústria como um todo, e a crescente exigência por melhores níveis de qualidade, fez surgir diversos segmentos no setor, além de demandar que as gráficas se especializassem em poucos segmentos.

De acordo com a ABIGRAF - Associação Brasileira da Indústria Gráfica (2009), os segmentos do setor gráfico são:

- Cadernos;
- Envelopes;
- Embalagens;
- Formulários Contínuos;
- Editorial (livros e revistas - itens comerciais);
- Impressos Fiscais;
- Impressos Publicitários;
- Impressão Mídia Externa (*outdoors*, placas, etc.)

- Etiquetas;
- Impressão Digital, e;
- Cartões Impressos.

Alguns números do setor indicam crescimento no segmento Editorial que não era esperado. Segundo a Folha de S. Paulo (12/08/2009), uma pesquisa realizada pela FIPE (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas) mostra que o número de exemplares vendidos em 2008 foi de 211,5 milhões, o que superou os 200,7 milhões de exemplares comercializados em 2000. O que impressiona deste dado é o fato de que, até 2003 a venda de exemplares estava em queda, e, a partir de então, foi seguida de boa recuperação até 2008. Além disso, o estudo realizado demonstra evolução positiva em todos os segmentos. (FOLHA DE S. PAULO, 12/08/2009)

Ainda sobre a mesma pesquisa, a CBL – Câmara Brasileira do Livro (2009) evidenciou a queda no preço médio do livro, mas, por outro lado, crescimento de 9,7% no faturamento, no comparativo de 2008 em relação a 2007. (CBL, 2009)

Apesar do crescimento do segmento editorial, os jornais e revistas sofreram queda no faturamento publicitário, 10% para os primeiros e 8,7% para os últimos, no primeiro semestre de 2009. Grande parte desta queda deve-se ao impacto da crise econômica global, e a expectativa dos executivos da mídia é que o ano feche com um crescimento de 3%. (MEIO & MENSAGEM, 25/08/2009)

Em final de crise, um resultado positivo aparece: a edição comemorativa da ISTOÉ GENTE, bateu recorde de faturamento com crescimento de 112% em relação a 2008. O número de páginas de publicidade na edição também aumentou.

O mercado gráfico no Brasil é cada vez mais competitivo. Muitas gráficas vêm surgindo, como, por exemplo, no estado de Pernambuco, onde, durante a década de 1990, foram instaladas 45% das unidades, e de 2000 a 2003, 22% (período onde o crescimento do setor foi de 28%). Portanto, a capacidade de atender às expectativas do cliente não vem sendo tratada como diferencial competitivo, mas sim como fator qualificador. A crescente busca por melhores

práticas tem aumentado, fomentando ainda mais a busca por melhorias na eficiência e qualidade do sistema produtivo das empresas do setor.

3.2. Apresentação da Empresa

A empresa onde o método foi aplicado é uma gráfica industrial que possui duas plantas produtivas, uma em Barueri, a oeste da capital paulista, e outra em Diadema, região do ABC de São Paulo. A aplicação foi realizada na unidade de Diadema, uma gráfica editorial, onde grande parte dos produtos são os itens comerciais (revistas periódicas), com produção sazonal de livros didáticos e produção relativamente pequena de outros tipos de livro. Hoje em dia, a empresa conta com, aproximadamente, 1300 colaboradores divididos nos setores administrativos, produtivos e de suporte das duas unidades.

A empresa está no mercado há mais de três décadas, e com investimentos da ordem de R\$ 80 milhões, cresceu nos últimos dez anos, oito vezes. O crescimento no período da aplicação do método foi de 31,5% (fonte: website da empresa). O crescimento foi impulsionado por estratégias comerciais, pelos investimentos em equipamentos e pessoal, além do aumento de produtividade advento da aplicação das técnicas de redução de *Setup*.

É a primeira gráfica brasileira a oferecer para os clientes serviço de aprovação via Internet, possui também um software moderno para controle de densitometria de cor, além de uma unidade gráfica digital para trabalhos de tiragens pequenas. Isso tudo contribui para constituir a mais avançada tecnologia do mercado nacional.

O processo produtivo é dividido basicamente em 3 setores: Pré-impressão, Impressão e Acabamento. Na Pré-impressão são gravadas as chapas que serão utilizadas como moldes nas máquinas de Impressão. No setor de Impressão existem as máquinas planas e rotativas. As planas imprimem as capas e trabalhos especiais que demandem maior qualidade de impressão, enquanto as impressoras rotativas produzem grandes volumes de miolos de livros e revistas a uma velocidade aproximada de 45.000 cadernos por hora. Cada caderno pode conter 16 ou 32 páginas, e alguns cadernos juntos

comporão um livro ou uma revista. Na unidade de Diadema são feitos dois tipos básicos de acabamento: livros ou revistas brochuras ou grampeados. O acabamento de brochura é mais utilizado para livros e revistas com bastantes cadernos. Enquanto o acabamento de grampo é recomendado para itens com menor espessura.

A unidade de Diadema possui 4 gravadoras de chapas que alimentarão as 4 impressoras planas e 7 rotativas. Para o acabamento dos produtos, o setor conta com 4 lombadas quadradas (máquinas que fazem o acabamento de brochura) e 6 grampeadeiras. Juntas, essas máquinas produzem em média 10,5 milhões de exemplares de livros e revistas por mês, gerando um faturamento médio de R\$ 12,5 milhões.

A empresa ainda conta com uma frota própria para transporte de produtos acabados e semi-acabados, entre as duas fábricas e para os clientes finais.

No portfólio de produtos constam: encartes, livros, revistas, folders, catálogos, etc. Trabalhos de grandes e pequenas tiragens, ou que exigem precisão nos detalhes, como nos acabamentos de livros.

Devido à alta velocidade das máquinas de impressão e às baixas tiragens dos produtos impressos na unidade de Diadema, uma quantidade grande de preparações de máquinas devem ser realizadas, aumentando consideravelmente a porção dos tempos gastos com *Setups* no total do tempo disponível para a produção.

A necessidade de reduzir os tempos de *Setup* para ganhar capacidade produtiva era clara, e um estudo dos tempos improdutivos *versus* tempos produtivos foi realizado para medir a influência dos *Setups* na produtividade da fábrica.

Primeiramente foi medida a relação entre os tempos produtivos e os tempos de parada. Para as impressoras rotativas, os tempos produtivos representavam, em média, apenas 50% do tempo total disponível. Os tempos improdutivos foram divididos em manutenção corretiva, manutenção preventiva, *Setups* e situações especiais (que englobavam problemas com a matéria prima, reimpressões, falta de energia elétrica, etc.). O Gráfico 2 mostra que grande parte dos tempos improdutivos eram consequências dos tempos de *Setup*.

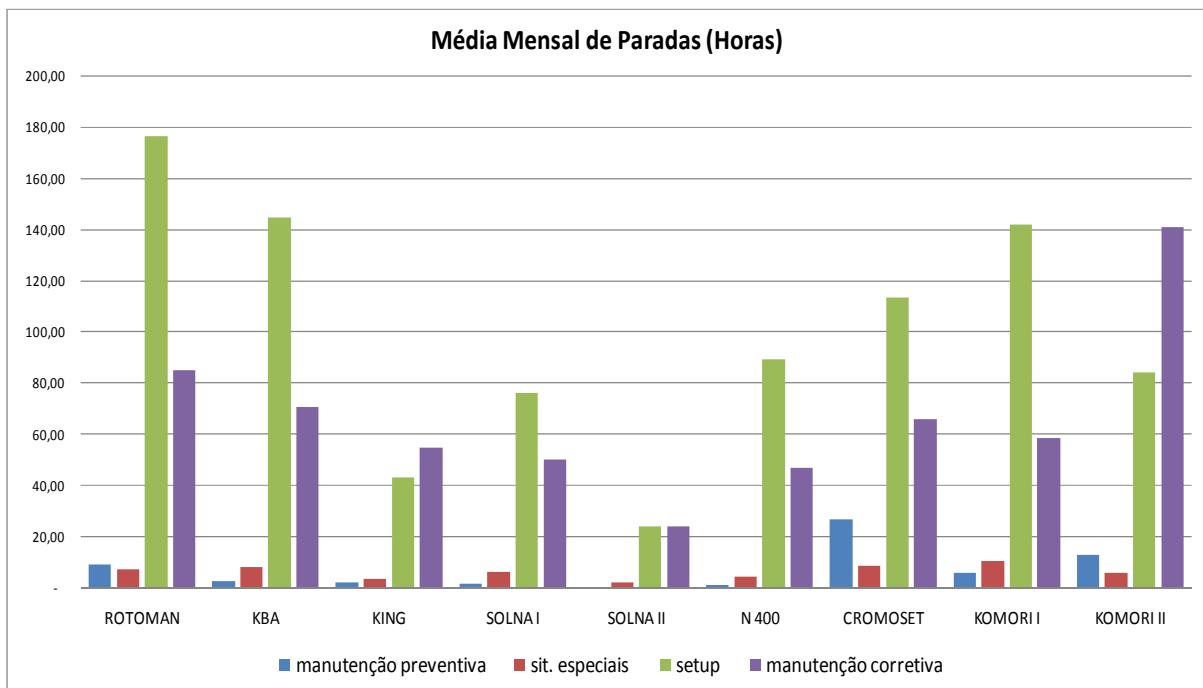


Gráfico 2: Total de horas gastas no mês com os Tempos Improdutivos nas Impressoras Rotativas

Uma conta simples mostra que, em média, 65% dos tempos improdutivos são representados por *Setups*, portanto, 65% multiplicado por 50% (tempos improdutivos sobre tempo total) indicam que 33% do tempo total disponível para a produção era gasto com *Setups*, ou seja, diminuir pela metade esses tempos significaria aumentar a capacidade produtiva do setor de impressão rotativa da fábrica em 16,5%.

4. Determinação do Método

Neste capítulo será apresentado o método de aplicação de técnicas para redução de tempos de *Setup*, proposto pelo autor desta monografia. O método foi desenvolvido ao longo de diversas aplicações de modelos preliminares em um projeto de implantação de sistemas enxutos em uma indústria do setor gráfico.

O método foi desenvolvido, principalmente, para aplicação em empresas que não possuam sistemas de controle e otimização de tempos de *Setup*, por se tratar de um método que consiste, basicamente, em desenvolver uma mentalidade e uma cultura de aprendizado e propor a aplicação de técnicas simples capazes de reduzir consideravelmente os tempos de troca das máquinas.

Será apresentada a forma como foram escolhidas as características presentes no método, a estruturação do mesmo quanto à metodologia de aplicação e, por fim, explicadas, uma a uma, as etapas para aplicar o método de forma correta, e obter os resultados esperados.

4.1. Escolha das Etapas de Aplicação

A revisão bibliográfica e a experiência do autor, adquirida durante as primeiras implantações do método, formaram a base para a escolha de quais etapas seriam adequadas para aplicação de técnicas para redução de tempos de *Setup* na empresa onde o método foi aplicado. O método é sustentado por dois pilares: Técnicas Específicas para Otimização das Atividades do *Setup* e Técnicas para Implantação, Controle e Sustentabilidade das Melhorias.

A pesquisa das referências bibliográficas, tanto de autores com trabalhos publicados sobre conceitos gerais do Sistema Toyota de Produção, quanto de autores com publicações específicas sobre reduções de tempos de *Setup*, permitiu que fossem levantadas diversas técnicas aplicáveis às máquinas

existentes na empresa, e muitas outras referentes a métodos de aplicação e controle.

Para formular o primeiro pilar (Técnicas para Otimização das Atividades do *Setup*), durante a pesquisa, foi observado que a maioria dos autores baseou-se em conceitos propostos por Shigeo Shingo na concepção de seu modelo, o SMED, ou tinham certa influência das técnicas apresentadas no livro do engenheiro japonês.

O outro pilar (Técnica para Implantação, Controle e Sustentabilidade das Melhorias) teve grande influência de muitas características importantes observadas em publicações sobre conceitos gerais de Produção Enxuta, baseadas, essencialmente, nos princípios 5, 6 e 7 referentes a melhorias nos processos e no princípio 14, referente a aprendizagem organizacional, do livro “O Modelo Toyota” de LIKER (2005):

- **Princípio 5:** Construir uma Cultura de Parar e Resolver Problemas, para Obter a Qualidade Desejada Logo na Primeira Tentativa;
- **Princípio 6:** Tarefas Padronizadas são a Base da Melhoria Contínua e da Capacitação dos Funcionários;
- **Princípio 7:** Usar Controle Visual para que Nenhum Problema fique Oculto;
- **Princípio 14:** Tornar-se uma Organização de Aprendizagem pela Reflexão Incansável (*Hansei*) e pela Melhoria Contínua (*Kaizen*).

Pelo fato de que a empresa não possuía um sistema enxuto em operação, e, também, nenhuma ferramenta (5S, SMED, *Poka-yoke*, *Kanban*, etc.) aplicada ao processo produtivo, a escolha das etapas deveria ser fundamentada em técnicas de fácil aprendizagem, em virtude de que dois dos objetivos principais do método são: desenvolver uma cultura de aprendizagem e uma sistemática para resolução de problemas.

Além, disso, a demanda da empresa exigia que muitas máquinas fossem contempladas em um curto espaço de tempo, e que o retorno em produtividade fosse atrativo financeiramente. Portanto a escolha das etapas deveria ser baseada, também, em técnicas que não necessitassem de muito tempo e muito dinheiro para serem aplicadas. Mecanizações nas máquinas e

mudança nos projetos das mesmas (técnicas que aparecem na bibliografia), por exemplo, foram desconsideradas.

4.2. Estruturação do Método

Para organizar e criar uma lógica para implantação das etapas escolhidas, o método teve de ser estruturado. As etapas deveriam seguir uma ordem lógica para impulsionar a aprendizagem das equipes de implantação.

Foi decidido que as implantações seriam feitas via Eventos *Kaizen*, porque esta metodologia é a mais aceita e mais utilizada em processos de aplicação de ferramentas do Sistema Toyota de Produção, e, também, porque é eficaz (atingindo, quase sempre, todos os objetivos propostos) e eficiente (promovendo o desenvolvimento das pessoas envolvidas e gerando uma cultura de aprendizagem).

Para utilizar Eventos *Kaizen* como metodologia de implantação, deveriam ser feitos cronogramas de implantação de uma semana (5 dias úteis), tempo insuficiente para aplicação completa de um método abrangente e eficaz de redução de tempos de *Setup*, portanto o primeiro passo foi dividir quais etapas deveriam ser aplicadas em uma fase anterior à modificação do estado atual, denominada “Pré-Implantação”, quais etapas deveriam ser aplicadas na fase de modificação do estado atual, o Evento *Kaizen* propriamente dito, fase denominada “Implantação”, e, por fim, quais etapas deveriam ser aplicadas após o Evento *Kaizen* para manutenção do estado futuro, fase denominada “Pós-Implantação”.

Dentro de cada fase destas, foram alocadas as etapas do DMAIC, metodologia escolhida por ser comprovadamente eficaz, e por possuir uma lógica de fácil entendimento.

Na Pré-Implantação deveriam ser realizadas as etapas de Definir, Medir e Analisar, onde seriam aplicadas as etapas de: montagem das equipes, treinamento, filmagem das operações, divisão das atividades realizadas no *Setup* e aplicação dos conceitos do SMED e de outras técnicas para otimização das atividades do *Setup*.

Na Implantação seriam realizadas as etapas de modificação do ambiente físico (5S), conserto da máquina, criação dos documentos de padrão de trabalho, projeto de sistemas de controle visual e treinamento dos operadores de máquina nas novas funções.

Finalmente, na Pós-Implantação deveriam ser realizadas as etapas de controle e sustentabilidade das melhorias, como auditorias do ambiente e do novo padrão.

Tabela 2: Estrutura do Método de Aplicação Proposto

Passos do DMAIC	Etapas para Aplicação do Método	Fontes Bibliográficas
Pré-implantação	1.1. Escolha da máquina restrição do sistema	GOLDRATT (1990)
	1.2. Divulgação do próximo Evento Kaizen (Banner)	-
	1.3. Montagem das equipes Kaizen (inteiramente focadas na melhoria)	IMAI (2008), SLACK (2008), CORRÊA & CORRÊA (2005)
	1.4. Treinamento da equipe em SMED	HOMINISS (2008)
	2.1. Filmagem das operações realizadas por todos os operadores	GOLDACKER & OLIVEIRA (2008), CLAUNCH (1996), MARTINS (2006), HOMINISS (2008), SMED/SR (2005)
	2.2 Análise da filmagem e separação de cada atividade (com os operadores)	GOLDACKER & OLIVEIRA (2008), HOMINISS (2008)
	2.3. Diferenciação dos tipos de setup (tempos diferentes para os padrões diferentes - influência do sequenciamento da produção de itens parecidos)	SUGAI <i>et al</i> (2007)
	2.4. Medição da média de tempos de setup atual	HAHN (2000), HOMINISS (2007)
	3.1. Identificação das atividades possíveis de serem realizadas em Setup externo	SHINGO (1985), MONDEM (1983), MCINTOSH <i>et al</i> (2000), HARMON & PETERSON (1991)
	3.2. Identificação das ferramentas e insumos que podem ser disponibilizados antes de parar a máquina	SHINGO (1985), MONDEM (1983), MCINTOSH <i>et al</i> (2000), HARMON & PETERSON (1991)
Implantação	3.3 Identificação dos encaixes e montagens que podem ser padronizados com gabaritos	SHINGO (1985), MONDEM (1983), HARMON & PETERSON (1991)
	3.4. Identificação da possibilidade de utilização de encaixes rápidos (hidráulicos)	SHINGO (1985), MONDEM (1983), HARMON & PETERSON (1991)
	3.5. Padronização dos tamanhos dos parafusos para padronização das ferramentas	SHINGO (1985), MONDEM (1983), TAYLOR (2008)
	3.6. Criação de sistemática para documentação dos ajustes realizados	HARMON & PETERSON (1991)
	3.7. Balanceamento das atividades entre os operadores e padronização das funções de cada um	SHINGO (1985), TAYLOR (2008), LIKER (2005)
Pós-Implantação	4.1. Criação de folhas padrão de trabalho para os diferentes tipos de setup	SUGAI <i>et al</i> (2007), LIKER (2005)
	4.2. Conserto das partes da máquina quebradas que influenciam o setup	HARMON & PETERSON (1991)
	4.3. Organização 5S do ambiente, ferramentas e insumos do processo	LIKER (2005)
	4.4 Projeto e instalação de um quadro de gestão visual para acompanhamento da evolução dos tempos de Setup	LIKER (2005), MELLO (1998), MONDEM (1998), GRIEF (1991), SLACK <i>et al</i> (2008)
	4.5. Treinamento dos operadores nas novas funções a serem desempenhadas	HOMINISS (2008)
5. CONTROLAR	5.1. Acompanhamento, no quadro de gestão visual, dos tempos e problemas atrelados aos Setups que não atingem as metas de tempo	LIKER (2005), MELLO (1998), MONDEM (1998), GRIEF (1991), SLACK <i>et al</i> (2008)
	5.2. Realização de planos de ação semanais para resolução dos problemas	LIKER (2005), HOMINISS (2008)
	5.3. Realização de checklists para auditoria 5S	LIKER (2005), HOMINISS (2008)
	5.4. Realização de checklists para auditoria do padrão de trabalho do Setup	LIKER (2005), HOMINISS (2008)
	5.5 Filmagem das operações realizadas no novo padrão, para documentação deste novo padrão e controle (cultura de aprendizagem)	GOLDACKER & OLIVEIRA (2008), CLAUNCH (1996), MARTINS (2006), HOMINISS (2008), SMED/SR (2005), LIKER (2005)

4.3. Etapas de Aplicação do Método

Para que o método seja aplicado de maneira correta, e possa promover os resultados que se esperam, cada etapa deve ser aplicada no momento certo e tratada com a importância de uma peça fundamental da sistemática de implantação.

Cada etapa escolhida tem um embasamento teórico amplamente aceito, e conceitos consagrados na literatura pesquisada, e a seguir seguem as explicações, baseadas na bibliografia, de cada etapa do método:

4.3.1. Etapas aplicadas antes do Evento *Kaizen*

1.1. Escolha da máquina restrição do sistema: Segundo Goldratt (1990) se a produtividade da máquina restrição do sistema, chamada também de gargalo, aumenta, a produtividade do sistema como um todo aumenta também. Uma maneira simples e visual para encontrar a máquina restrição do sistema é observar os níveis de estoque em processo, em um sistema em regime. A máquina gargalo caracteriza-se por acumular estoque em processo antes dela e nenhum estoque em processo depois.

1.2. Divulgação do próximo Evento *Kaizen*: Essa etapa, em especial, não foi pesquisada na literatura, pelo fato de que provém de uma área de conhecimento, o *Marketing*, bastante ampla e constituída de diversos conceitos que não são relevantes para o objetivo principal do método – reduzir os tempos gastos com *Setup*. Entretanto, essa etapa é de suma importância para promover e alavancar a cultura da Produção Enxuta dentro da empresa. O meio para divulgação usado foi o *banner*, onde constava uma pequena explicação das Técnicas de Otimização das Atividades do *Setup* e um campo para que as pessoas se candidatassem a futuros Eventos *Kaizen*.



Figura 17: Exemplo de um banner de marketing interno

1.3. Montagem das Equipes Kaizen: Diversos autores, como Slack (2008) e Corrêa & Corrêa (2005), enaltecem a importância da montagem de equipes inteiramente focadas no projeto de melhoria, alegando o fato de que os resultados são obtidos mais rapidamente e, geralmente, as metas agressivas propostas são cumpridas com qualidade. Estudos mostram que implantações com equipes completamente imersas no projeto têm maior probabilidade de sucesso que implantações feitas com cronogramas espaçados e encaixados nas lacunas das rotinas dos integrantes da equipe.

1.4. Treinamento da equipe em SMED: A consultoria HOMINISS (2008) preza pela qualificação da equipe de projeto e implantação. É importante que os conceitos que formam a base do método sejam bem explicados e alinhados com a equipe para que os integrantes adquiram o conhecimento necessário para ter senso crítico e gerar idéias inovadoras para a aplicação do método na máquina escolhida. A principal ferramenta sobre técnicas de redução de Setup utilizada para a formulação do método é o SMED, e por isso foi a ferramenta escolhida para ser ensinada aos integrantes da equipe.

2.1. Filmagem das operações realizadas por todos os operadores:

Diversos autores e consultorias apóiam essa etapa, em virtude de ser importante para repetidas análises em um ambiente onde seja possível tirar os operadores de suas rotinas. As filmagens devem compreender a realização de todas as atividades (realizadas por todos os operadores) referentes ao *Setup*: tanto as atividades que eventualmente sejam realizadas em *Setup Externo*, quanto, obviamente, as atividades realizadas em *Setup Interno*. Os operadores que serão filmados devem estar cientes de que a análise a ser realizada tem o objetivo de identificar ganhos na realização das atividades, e não apontar possíveis erros deles, portanto as atividades devem ser realizadas exatamente da forma como comumente são, e é recomendado, também, que se filmem as mãos dos operadores.

2.2. Análise da filmagem e separação de cada atividade: Esta etapa também é recomendada pela consultoria HOMINISS (2008) e pelos autores Goldacker & Oliveira (2008), e tem como função dividir os elementos de trabalho das operações realizadas durante o *Setup*. O tempo de cada atividade deve ser considerado separadamente, por exemplo, cada caminhada, cada aperto de parafuso, cada ajuste no monitor do computador da máquina, etc. deve ter seu tempo medido para que, após as futuras análises, o tempo projetado para o novo padrão a ser estabelecido possa ser estimado.**2.3. Diferenciação dos tipos de *Setup*:** É nesta etapa que são identificados os diferentes tipos de *Setup* que podem ocorrer na máquina. Sugai et al (2007) enfatizam a influência que itens parecidos exercem sobre o *Setup*, por exemplo, nas máquinas de impressão rotativa, quando um caderno de um mesmo livro ou revista será impresso na seqüência, não há a necessidade de se ajustar a dobradeira da máquina, já que as dimensões de cadernos do mesmo livro ou revista são as mesmas. Por outro lado, os tempos gastos para preparar a máquina para a produção de algum caderno de outro livro

são maiores em função do ajuste da dobradeira. Por esse motivo, devem ser identificados os diferentes tipos de *Setup* para que as metas estabelecidas para o novo padrão não sejam subestimadas ou superestimadas.

2.4. Medição das médias de tempos de *Setup* atual: É importante colher dados sobre os tempos gastos com *Setup* antes da aplicação do método, para posterior documentação de eventual melhoria obtida. A documentação da evolução do processo é importante para que as melhorias não sejam esquecidas e não ocorra um retrocesso na operação onde o método foi aplicado.

3.1. Identificação das atividades possíveis de serem realizadas em *Setup Externo*: Este é o conceito que compartilha de maior aceitação entre os autores sobre técnicas de redução de tempos de *Setup*. Todos os autores pesquisados nesta monografia mencionam a identificação e segregação dessas atividades como uma poderosa técnica para reduzir os tempos de *Setup*. A análise da filmagem tem o intuito de dividir a operação do *Setup* nos elementos de trabalho realizados durante a mesma, e nesta etapa cada elemento de trabalho será analisado separadamente, e os que forem possíveis de serem realizados antes da parada da máquina para troca da produção serão retirados do tempo de *Setup* e programados para serem realizados nos momentos em que a máquina estiver funcionando. Nesta etapa os elementos de trabalho que forem classificados como desnecessários deverão, também, ser excluídos do tempo de *Setup*.

3.2. Identificação das ferramentas e dos insumos que podem ser disponibilizados antes de parar a máquina: Depois da análise das atividades possíveis de serem realizadas em *Setup Externo*, devem ser analisadas quais ferramentas e insumos devem estar disponibilizados no posto de trabalho para que os elementos passíveis de serem realizados com a máquina em funcionamento possam, efetivamente, serem realizados. Muitos autores englobam essa etapa na etapa anterior, mas

neste método escolheu-se por dividi-las, pelo fato de que o posicionamento antecipado de ferramentas e insumos é bastante importante para a realização do *Setup Externo*.

3.3. Identificação dos encaixes e montagens que podem ser padronizados com gabaritos: Essa etapa também é bastante discutida na literatura. Em máquinas grandes ela promove bom ganho de tempo, pelo fato de que posicionamento de matrizes e chapas pesadas em tolerâncias apertadas pode demandar muito tempo se feito visualmente ou com auxílio de instrumentos de medida soltos. Possíveis melhorias são: soldar réguas e escalas nos locais das máquinas onde as matrizes ou chapas devem ser posicionadas ou soldar pinos guia para que o encaixe e posicionamento sejam concomitantes.

3.4. Identificação da possibilidade de utilização de encaixes rápidos: É necessário analisar cada montagem que deve ser feita na máquina e o dispositivo usado em cada uma delas. Sempre que possível, é benéfico trocar um sistema de rosca e parafuso por um sistema de engate rápido, como os apresentados na literatura: encaixe hidráulico, encaixe em forma de “U”, etc.

3.5. Padronização dos parafusos para padronização das ferramentas: Numa máquina podem existir diversos tamanhos de parafuso, em função do projeto da mesma, que é feito para minimizar os custos da fabricação da mesma. Porém o projeto não leva em conta os custos do processo dificultado que o excesso de tamanhos diferentes de parafusos causará com a máquina em funcionamento. É viável superestimar alguns parafusos e assim diminuir os custos com desperdício de tempo nos processos e os custos com a necessidade de ter diversos tamanhos de ferramenta.

3.6. Criação de sistemática para documentação dos ajustes realizados: Cada ajuste diferente deve ser documentado de modo que quando haja a necessidade de se repetir um ajuste já realizado não

ocorra demora em função de tentativas e erros. Devem ser documentados os dados das dimensões principais do item que foi produzido e em quais posições exatamente os dispositivos das máquinas foram colocados para produzir o item com a qualidade desejada.

3.7. Balanceamento das atividades entre os operadores e padronização das funções de cada um: Nesta etapa as análises feitas até aqui para cada operador devem ser tratadas em conjunto, de modo que as atividades sejam divididas entre os mesmos, levando em conta as habilidades de cada um, fazendo com que não haja gargalo entre eles, e todos trabalhem a mesma quantidade de tempo durante os diferentes tipos de *Setup*. Depois de balanceadas as atividades devem ser padronizadas as atividades para cada tipo de *Setup* identificado, sendo um padrão para cada operador. O intuito é eliminar dúvidas do que fazer e em que momento fazer

4.3.2. Etapas aplicadas durante o Evento *Kaizen*

4.1. Criação de folhas padrão de trabalho para os diferentes tipos de *Setup*: Com os diferentes padrões definidos para cada operador, depois de divididas as tarefas entre eles, devem ser criadas as folhas de padrão de trabalho que serão disponibilizadas para consulta no posto de trabalho. Quanto mais visual e de fácil acesso for essa informação, menos desperdício de tempo haverá.

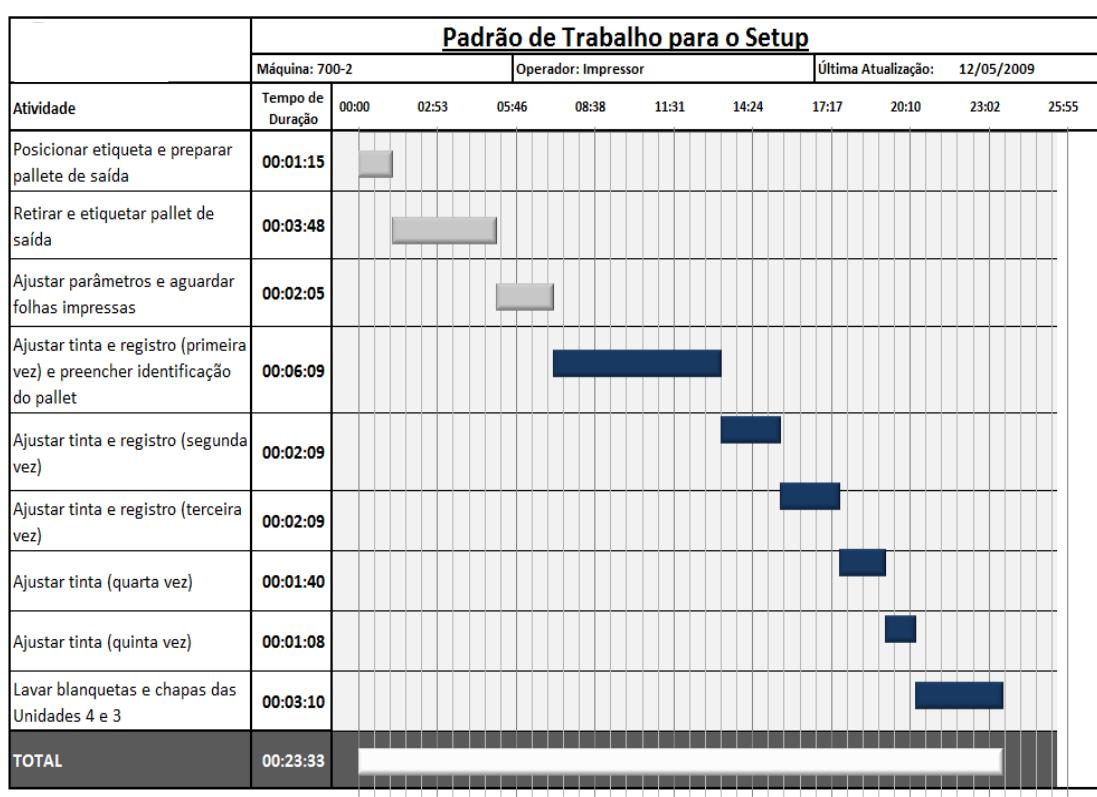


Figura 18: Exemplo de folha de padrão de trabalho

4.2. Conserto das partes da máquina que estejam quebradas e influenciem o tempo de Setup: Devem ser identificados nas máquinas os dispositivos que estejam em mau-funcionamento, porque, certamente, esses são alguns dos responsáveis por desperdício de tempo durante o *Setup*. Dispositivos automáticos para trocas de matrizes e chapas, ou para ajuste de velocidade e densidade de pintura, são comumente sujeitos a quebras e devem ter cuidado especial, porque além de serem suscetíveis às quebras, conferem grande ganho de tempo na troca de produção.

4.3. Organização 5S do ambiente, das ferramentas e dos insumos do processo: Durante a semana de implantação o ambiente deve ser modificado, e uma ferramenta poderosa para esse processo é o 5S. Organizar o ambiente, demarcando locais únicos e visuais para cada item que, depois de uma análise cuidadosa, foi classificado como necessário no posto de trabalho auxilia a garantia de realização das tarefas de *Setup Externo* com a máquina em funcionamento. As

ferramentas podem ser organizadas em quadros-sombra, os locais para posicionamento dos palletes devem ser demarcados, e portanto se alguma coisa estiver faltando, bastará uma rápida olhada para descobrir o que é. A organização do ambiente é base para a maioria das ferramentas da Produção Enxuta, se não todas.

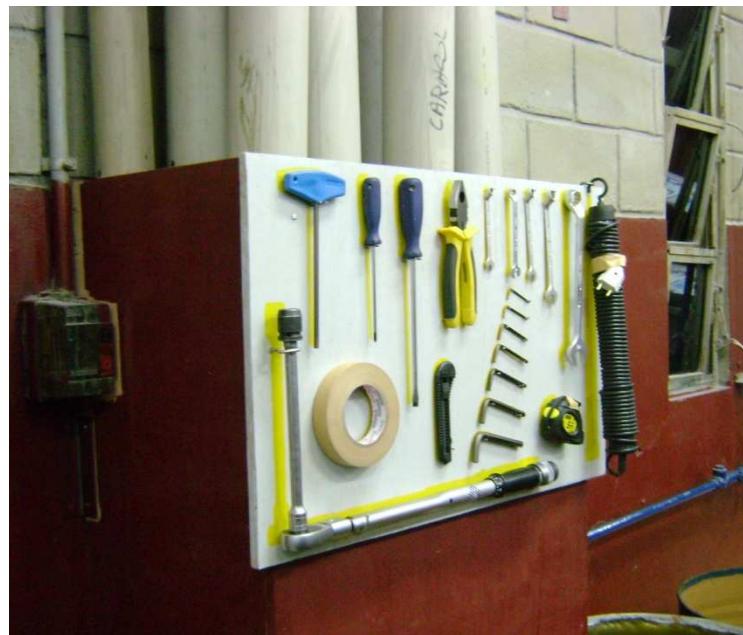


Figura 19: Exemplo de Quadro-sombra de Ferramentas

4.4. Projeto e instalação de um quadro de gestão visual para acompanhamento da evolução dos tempos de Setup: Nesta etapa deve ser projetado e confeccionado um quadro de gestão visual que tem como principais objetivos deixar a informação sobre a evolução do tempo de Setup visual no posto de trabalho e evidenciar problemas que possam estar impedindo que a meta de tempo seja cumprida. O quadro deve ser preenchido pelos próprios operadores. Esse conceito é um dos conceitos chaves do Sistema Toyota de Produção.

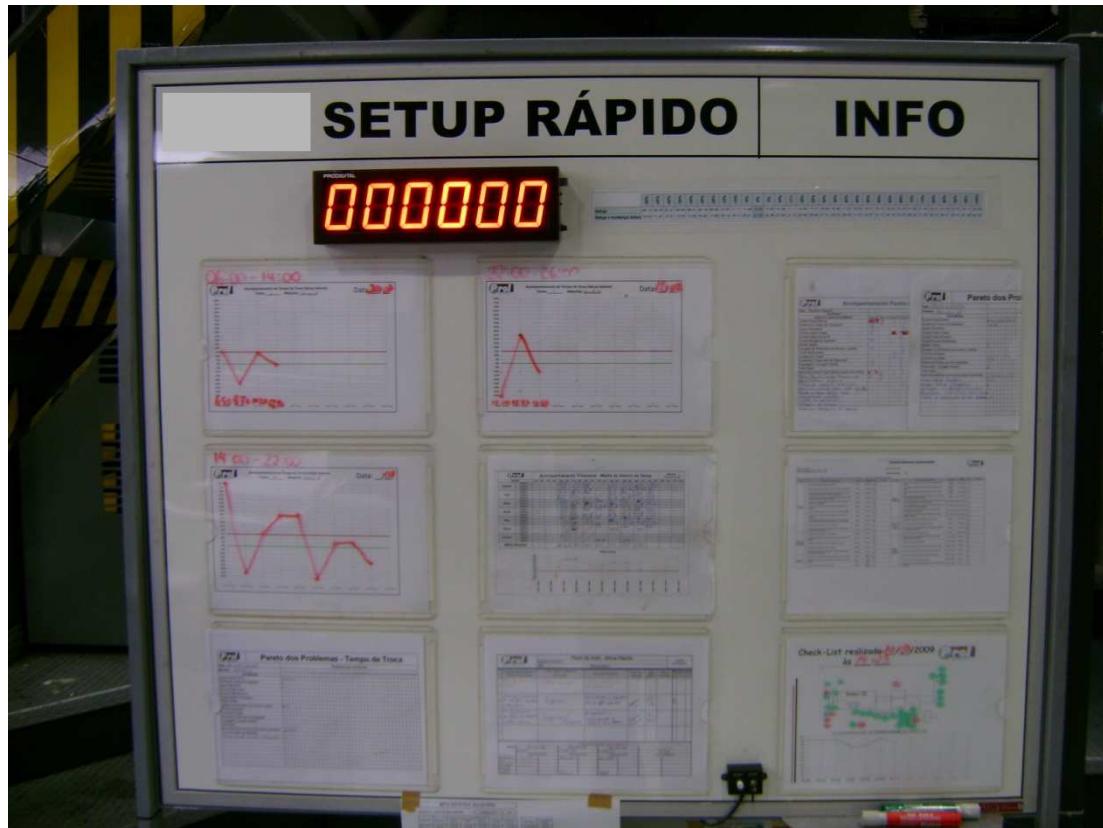


Figura 20: Exemplo de um Quadro de Gestão Visual de Acompanhamento de Setup

4.5. Treinamento dos operadores nas novas funções a serem desempenhadas: Nesta etapa devem ser treinados os operadores (da máquina onde o método está sendo aplicado) que não puderam participar da Equipe de Implantação. Devem ser explicados os conceitos usados para a implantação da melhoria, de forma sucinta, e devem ser mostradas as novas atividades que cada um deve desempenhar. É fundamental, também, que seja ensinado como preencher o Quadro de Gestão Visual.

4.3.3. Etapas Aplicadas Depois do Evento Kaizen

5.1. Acompanhamento, no quadro de gestão visual, dos tempos e problemas atrelados aos Setups que não atingem as metas de tempo: As etapas a partir dessa são as etapas de controle da implantação, e devem ser realizadas rotineiramente, com maior freqüência nas primeiras semanas pós-implantação, e diminuição da

freqüência ao longo do tempo. A compilação dos tempos de *Setup* e a identificação e resolução dos problemas, por outro lado, deve ser constante.

5.2. Realização de planos de ação semanais para resolução dos problemas: Nesta etapa são planejadas ações corretivas para os problemas que forem identificados no quadro de gestão visual. Cada vez que a meta de tempo de *Setup* calculada não é atingida, um ou mais problemas devem ser apontados no quadro, e ao fim de uma semana, é feita uma classificação Pareto dos problemas e escolhido o mais relevante para ser resolvido. Essa sistemática deve ser repetida rotineiramente.

5.3. Realização de *checklists* para auditoria 5S: Devem ser feitas auditorias internas para verificar o cumprimento e manutenção da organização 5S implantada. O intuito é garantir que o processo não regresse para a situação anterior, ou seja, para que as melhorias sejam mantidas.

5.4. Realização de *checklists* para auditoria do padrão de trabalho do *Setup*: Devem ser feitas auditorias, também, para verificar o cumprimento das atividades segundo o padrão desenvolvido. Freqüentemente, devem ser observados os *Setups*, desde a realização das atividades de *Setup Externo* até o começo da produção de itens com qualidade, e verificar se as atividades estão sendo realizadas na ordem e no tempo certo.

5.5 Filmagem das operações realizadas no novo padrão para documentação: O *Setup* no novo padrão deve ser filmado também, para que o novo padrão seja documentado para futuros treinamentos e para criar uma cultura de aprendizagem.

5. Aplicação no Caso

Neste capítulo será apresentado o planejamento desenvolvido para aplicações seguidas do método, e de que maneira foi estruturada a equipe e o cronograma.

Serão apresentados, por fim, os resultados positivos e, em seguida, os resultados negativos. Sobre os últimos, serão discutidas formas de sanar os problemas que surgiram de forma a garantir a sustentabilidade.

5.1. Planejamento e Aplicação

O método foi elaborado com a premissa de ser fácil e rapidamente aplicável. No ambiente competitivo que a empresa está inserida, a necessidade de adequação rápida e aumento de flexibilidade para atender os requisitos do cliente deveriam ser adquiridos o mais rápido possível.

A empresa contava com pouco tempo e muita vontade de implantar técnicas que a ajudassem a acompanhar o ritmo acelerado de mudanças do mercado e a aumentar sua produtividade.

Primeiramente foi feita uma análise para projetar os impactos que teriam a aplicação do método nas diversas máquinas dos 2 setores produtivos principais da empresa (Impressão e Acabamento). O resultado da análise foi a decisão de aplicar o método em uma impressora rotativa que possuía grande volume de trabalho, e pela qual passava grande parte dos itens pertencentes à família de produtos que era mais representativa em termos de demanda e faturamento: revistas comerciais grampeadas.

Essa aplicação foi considerada a aplicação piloto, e com base nos resultados obtidos no curto prazo decidiu-se replicar a aplicação para mais 15 máquinas, 4 impressoras rotativas, 3 impressoras planas, 6 grampeadeiras e 2 lombadas quadradas.

Para cumprir essa demanda da empresa, a equipe de planejamento das aplicações teve de ser aumentada e foi montado um cronograma das implantações baseado em uma padronização do projeto de estudo para cada máquina. O *takt time* de implantações, segundo a demanda da empresa, era de uma aplicação do método por semana, e então, a equipe optou por padronizar o trabalho, definindo as atividades que deveriam ser realizadas na pré-implantação e em que momento deveriam ser feitas. Um cronograma bastante ousado foi elaborado com cuidado para que os objetivos pudessem ser cumpridos dentro do prazo.

Tabela 3: Parte do cronograma das implantações

Ao longo da semana deveriam ser cumpridas as tarefas agendadas de forma padronizada, o que na Tabela 3 corresponde às linhas “Tratar dados”. Assim, todas as semanas as mesmas atividades eram realizadas: filmagem, análise das atividades, segregação de atividades desnecessárias e passíveis de serem realizadas em *Setup Externo*, padronização das atividades e montagem do cronograma da semana de aplicação.

Tabela 4: Rotina das da aplicação do método (pré-implantações)

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Documentar (tabular as atividades)	Separar setup interno/externo e converter interno em externo	Balancear e Padronizar o trabalho	Elaborar cronograma do EK/Compras/Check List	Filmar/coletar tempo
	Desenvolver Banner de endomarketing	Programar Filmagem	Realizar os Checklist's de Sustentabilidade	

A estratégia escolhida para aplicação do método foi o *Kaizen*. Para cada projeto era montada uma equipe de 4 ou 5 pessoas para participarem da pré-implantação fornecendo sugestões nas análises dos vídeos e atividades, e para participarem, inteiramente focadas, de treinamentos e da modificação do processo e ambiente de trabalho propriamente ditos.

Para montar as equipes foi desenvolvido um modelo de marketing interno que divulgava as implantações e buscava pessoas interessadas em participar das equipes. No *banner*, etapa 1.2 do método proposto, como já foi mostrado, havia uma breve explicação do método de aplicação das técnicas de otimização das atividades do *Setup* e, também, um campo onde as pessoas podiam se candidatar para participar de futuros Eventos *Kaizen*. A grande importância desta etapa era montar equipes com pessoas que não haviam participado de outras implantações, com o intuito de envolver o máximo de pessoas e poder difundir o máximo possível a cultura de melhoria contínua.

5.2. Resultados Positivos

Os benefícios mais palpáveis da aplicação do método foram medidos através de gráficos das médias diárias dos tempos de *Setup*, principalmente do setor de impressão. Tanto as impressoras rotativas, como as planas, constituíam o setor gargalo da fábrica, já que as chapas usadas como moldes para a impressão dos cadernos e capas eram produzidas rapidamente e acumuladas como estoque intermediário (WIP - *Work In Process*) antes da impressão, e os cadernos e capas que eram impressos seguiam diretamente para o setor de acabamento, sem acumular WIP. Quando o livro ou revista possuía poucos cadernos, o gargalo era a impressão plana para a produção das capas, e quando o livro ou revista possuía muitos cadernos, demorava-se mais para imprimi-los todos, do que para imprimir uma única capa por produto.

Depois da análise feita para identificar o gargalo do sistema produtivo da gráfica, foram planejadas prioridades para implantação do método nas máquinas de impressão, e postergadas as implantações nas máquinas de acabamento. Desta forma, a base de dados gerada e analisada para compilação dos gráficos de evolução dos tempos de *Setup* justificava que uma análise das máquinas do setor de acabamento produziria, eventualmente, informações falsas, em virtude da insuficiência de uma quantidade relevante de dados gerados no período das implantações. Além disso, o volume de *Setups* diários nas máquinas de impressão era consideravelmente maior em relação as máquinas de acabamento, evidenciando maior ganho nas implantações no primeiro setor, e maior disponibilidade de dados para análise gráfica.

Assim, os gráficos que seguem neste tópico referem-se, todos, a máquinas do setor de impressão, onde se pode verificar um ganho de tempo suficiente que, consequentemente, reflete um ganho de capacidade produtiva considerável.

É importante notar também, que a tendência dos gráficos é de queda, e as metas de tempo calculadas para os novos padrões de trabalho não são alcançadas imediatamente após os Eventos *Kaizen*. Grande parte do ganho advém da adequação dos operadores ao novo padrão de atividades do *Setup*.

(o que demora certo tempo) e, principalmente, da resolução dos diversos problemas possíveis atrelados às operações do *Setup*. Por isso a importância do acompanhamento dos quadros de gestão visual.

O Gráfico 3 é a compilação dos dados obtidos antes e depois da primeira implantação. A aplicação do método na impressora rotativa Rotoman foi o projeto piloto, e os resultados obtidos foram satisfatórios a ponto de criar uma expectativa para implantação do método em diversas outras máquinas da empresa. O Evento *Kaizen* para implantação das técnicas nesta máquina aconteceu entre 02/03/2009 e 06/03/2009. O período pré-implantação foi maior do que os que sucederiam essa aplicação, e o resultado imediato foi mais impactante, porém os tempos voltaram a subir quando problemas na máquina requereram investimento para serem sanados, por exemplo: quebra no porta-bobina de papel e no sistema de troca automática das chapas. Mesmo assim, a média de tempos de *Setup* caiu de 36 minutos, antes do *Setup*, para 25 minutos, depois.

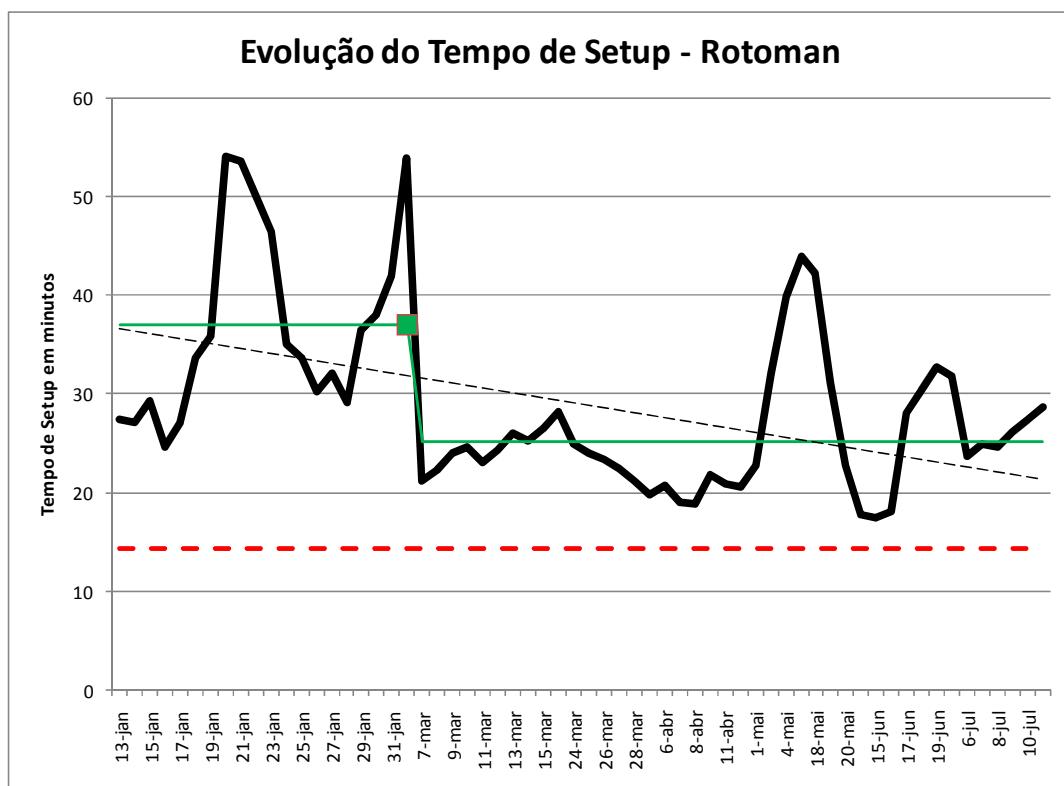


Gráfico 3: Evolução dos tempos de Setup da impressora rotativa Rotoman

A tendência de queda continua evidenciada nos gráficos que seguem. No Gráfico 4, por exemplo, o período que segue a implantação apresenta forte tendência de queda, atinge a meta (linha pontilhada vermelha) e volta a subir. A média de tempos nesse caso, caiu de 31 minutos para 22.

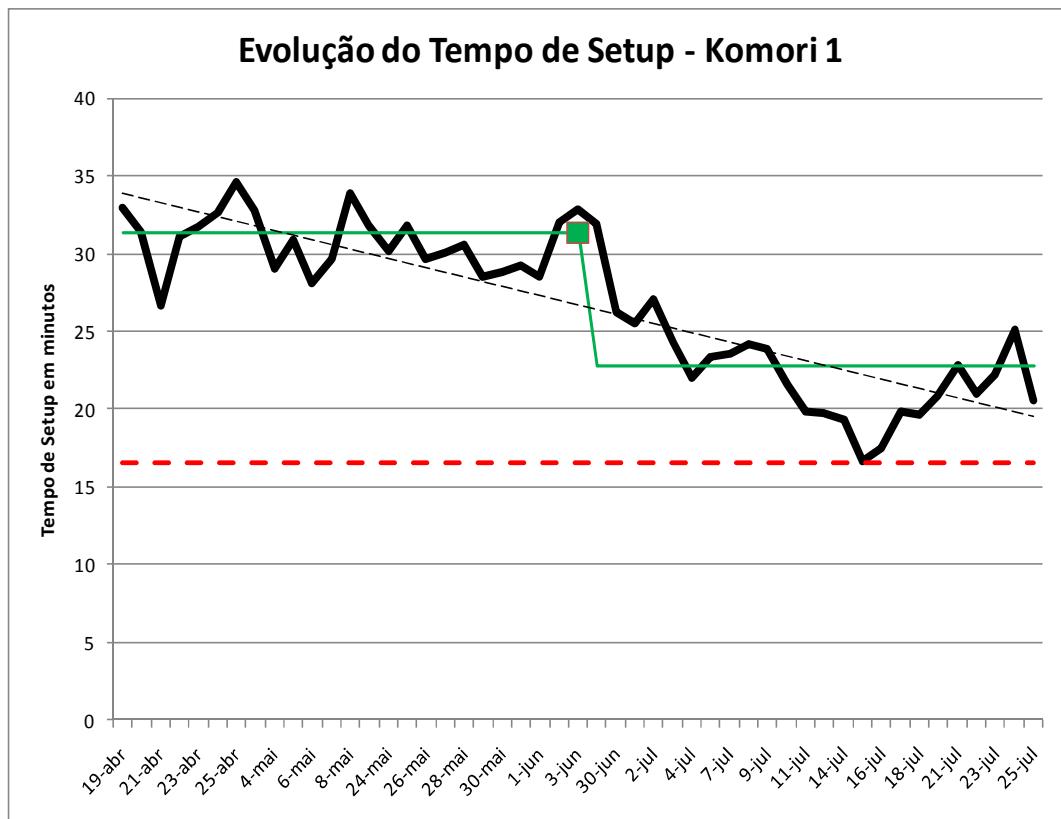


Gráfico 4: Evolução dos tempos de Setup da impressora rotativa Komori 1

A máquina rotativa Komori 2 apresenta um resultado muito positivo (Gráfico 5), se observarmos os últimos dados compilados no gráfico, podemos ver que a meta foi atingida apenas 10 semanas após a implantação do método, e por se tratar de uma máquina com grande volume de produção (a Komori 2 imprime cadernos de 32 páginas, diferente das outras impressoras rotativas que imprimem cadernos de 16) grande ganho de capacidade produtiva foi obtido. A média de tempos de *Setup* caiu de 43 minutos para 29, para essa impressora rotativa.

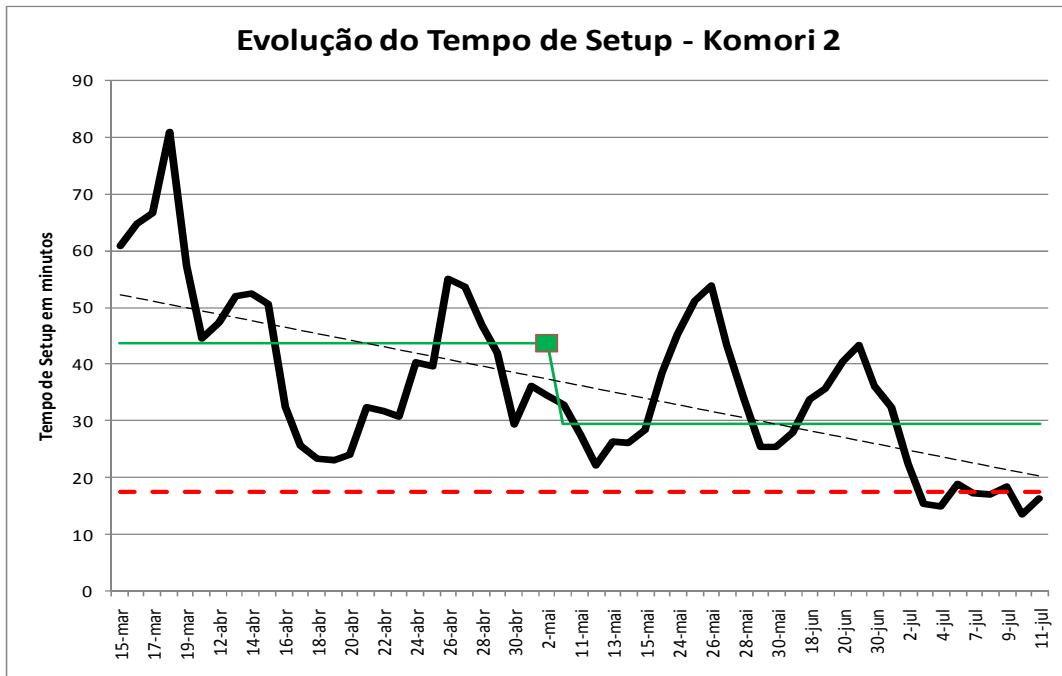


Gráfico 5: Evolução dos tempos de Setup da impressora rotativa Komori 2

Única máquina impressora plana analisada mostra tendência de aproximação à meta de tempo. Os tempos de *Setup* que duravam em média 68 minutos passaram a durar 53.

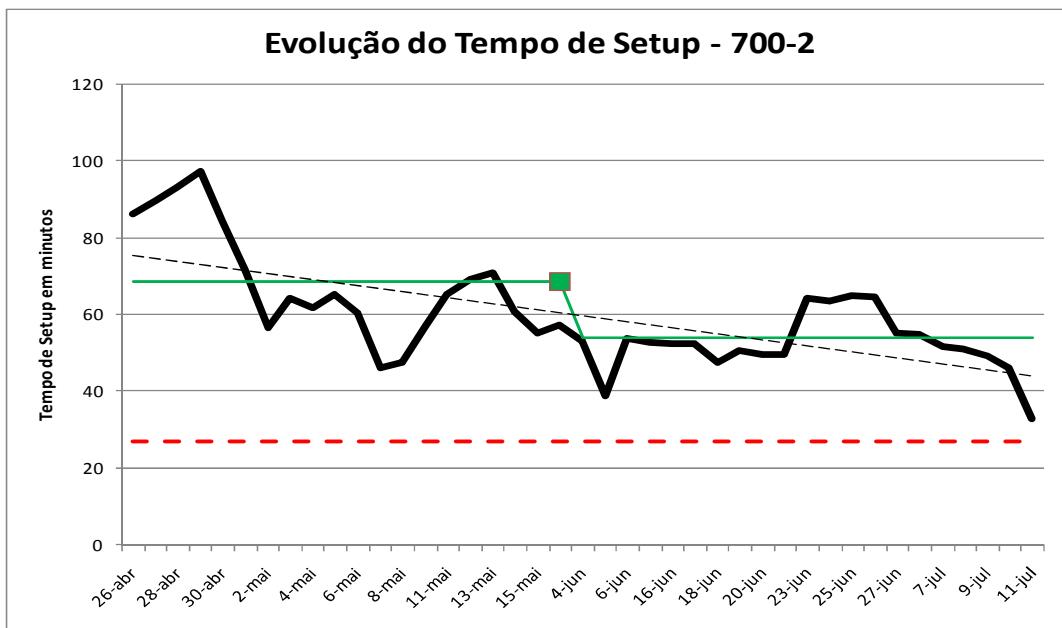


Gráfico 6: Evolução dos tempos de Setup da impressora plana 700-2

Um resumo dos ganhos obtidos nessas máquinas em porcentagem de diminuição dos tempos de *Setup* e aumento de capacidade produtiva são

apresentados na Tabela 5. As colunas “Projetado” indicam o ganho quando as metas forem atingidas, e as colunas “Real” representam os ganhos obtidos até o momento das análises.

Resumo - Impressão				
Máquina	Redução do Setup		Aumento de Capacidade Produtiva	
	Projetado	Real	Projetado	Real
Rotoman	61%	32%	69%	36%
Komori 1	47%	27%	30%	17%
Komori 2	60%	32%	22%	12%
700-2	60%	21%	43%	15%

Tabela 5: Resumo dos ganhos obtidos nas 4 principais máquinas do setor de impressão

Uma análise feita ao final das implantações refletiu um ganho projetado de 37% de aumento da capacidade produtiva da fábrica como um todo, em função de uma redução de 51% da soma dos tempos de *Setup* de todas as máquinas (tais cálculos tiveram como base a situação futura em que todas as metas tivessem sido atingidas). Até o momento das últimas análises realizadas tinha sido registrado um ganho de 12% de capacidade produtiva, referente a uma diminuição de 18% do tempo total gasto com *Setup* por todas as máquinas.

5.3. Aspectos Negativos

A representatividade dos resultados positivos foi extremamente satisfatória, do ponto de vista do autor e, também, da empresa onde o método foi aplicado, porém alguns aspectos negativos foram observados. Possíveis lacunas no método podem ter permitido o aparecimento dos resultados indesejados.

O primeiro efeito indesejável enxergado foi a discrepância entre o ritmo da evolução do setor de impressão em relação ao setor de acabamento. Dois pontos principais foram levantados como justificativa para o fato de o setor de impressão ter progredido mais rapidamente que o setor de acabamento: falta de comprometimento da liderança do acabamento e a quantidade pequena de

Setups do setor de acabamento como limitante para a identificação e resolução dos eventuais problemas. Apesar de o setor de impressão ter sido identificado como o setor gargalo, ganho de capacidade produtiva no setor de acabamento poderia significar ganhos financeiros através da venda dessa capacidade produtiva para terceiros que necessitassem de serviços de acabamento de cadernos já impressos.

Outro resultado negativo, observado em todas as implantações, foi a demora para resolução dos problemas de máquina que necessitavam de grande investimento, e que influenciavam diretamente o tempo de *Setup*. Alguns problemas que acabavam sendo identificados eram ignorados pela alta gerência, que apesar de cobrar o atendimento das metas não compreendia a relevância destes problemas. Isso foi refletido, principalmente, pela perda de foco da alta gerência nas implantações. Um dos princípios fundamentais da filosofia *Lean*, o de ver onde as coisas acontecem (*genchi gembutsu*) passou a ser desrespeitado pela gerência, que, apesar de no começo das implantações ter acompanhado os quadros de gestão visual no posto de trabalho, parou de buscar as informações na fonte, perdendo a visão dos principais problemas das máquinas.

Um problema de ordem operacional começou a acontecer depois de um tempo, em função de uma programação de produção que impôs aumento significativo do número de *Setups* realizados em algumas máquinas. Com a compra de mais uma impressora rotativa de cadernos de 32 páginas, os itens de maior tiragem passaram a ser produzidos nas duas impressoras mais robustas, as outras, por sua vez, passaram a produzir itens de pequenas tiragens, causando aumento significativo na quantidade de *Setups*. Com essa imposição feita, o ritmo da operação nessas máquinas passou a ser mais acelerado e o *Setup Externo* passou a ser negligenciado, influenciando, diretamente, no aumento dos tempos de *Setup* que já haviam sido reduzidos, ou impedindo que as metas fossem atingidas.

Esses problemas foram tratados com bastante cuidado e estudo teórico, porém nenhuma correção foi implantada, porque a empresa entrou em seu período de alta demanda e não dispunha mais de tempo para melhorias. Entretanto, no próximo capítulo são discutidas algumas técnicas para tentar resolver esses problemas, ou impedir que eles surjam.

6. Conclusão

Em suma, o objetivo do trabalho foi alcançado. Foi criado um método para aplicação de técnicas para reduzir tempos de *Setup* baseado nos conceitos da Produção Enxuta e observou-se, também, que é possível criar um padrão de trabalho para orientar os projetos de melhorias, criando uma rotina de atividades a serem realizadas em cada fase de pré-implantação.

Os resultados finais apresentados no capítulo anterior evidenciam o ganho que advém da aplicação de técnicas para redução de tempos de *Setup*, tanto em fábricas com tipologia MTS (***Make To Stock***), quanto em fábricas com tipologia MTO (***Make To Order***), comprovando a eficácia do método.

Alguns dos aspectos negativos citados no capítulo anterior não chegaram a ser tratados a tempo de serem modificados no método proposto, porém algumas discussões do autor com os envolvidos nas implantações fizeram surgir idéias possíveis de serem acrescentadas a um futuro método a ser desenvolvido.

Na primeira etapa do método, poderia ser estudado mais a fundo o conceito de máquina, ou processo, restrição do sistema, de modo que o método possa ser aplicado onde, realmente, os benefícios maiores podem ser obtidos. Uma forma de realizar um estudo estatístico, com uma base de dados relevante, seria uma proposta a ser levada em conta, e seria de grande valia para que a primeira aplicação do método pudesse “fazer o certo na primeira vez”.

Atrelar os *Setups* a uma programação de produção, de forma visual, para que os operadores pudessem ter a informação dos próximos itens a serem produzidos antecipadamente, possivelmente, acabaria com negligência na realização das atividades de *Setup Externo*. Um espaço no quadro de gestão visual, onde pudesse ser visualizada a programação dos *Setups* e onde fossem afixados *checklists* que controlasse a realização das atividades de *Setup Externo*, poderia ajudar a combater retrocessos das melhorias obtidas com a aplicação do método.

Uma etapa que poderia ser acrescentada, também, seria a realização de competições entre as máquinas, que levassem em conta para a pontuação os

resultados das auditorias *versus* a evolução da redução dos tempos de *Setup*. Assim, os operadores sentir-se-iam motivados a manter os progressos alcançados e buscar novas fontes de melhoria no processo.

Algumas outras coisas ainda devem ser tratadas para completar o método. Várias técnicas relatadas na literatura poderiam ser encaixadas se fosse realizado um estudo para desenvolver métodos para aplicar rapidamente técnicas mais difíceis. Mecanizações podem constituir grande ganho de tempo, e por isso merecem atenção. O objetivo do método (ser de fácil aplicação e aprendizagem para reduzir tempos de *Setup*) não precisa ser alterado para que mais técnicas, mesmo que mais complicadas, sejam acrescentadas.

Outro aspecto a ser tratado sobre o método é a necessidade de serem realizados testes em outros setores da indústria, para comprovar sua eficácia para utilização nos mais diversos tipos de sistema produtivo.

Bibliografia

- BERNARDES, A (2009). Indústria Local Imprime sua História em Letras Capitais. *Revista Super Meio & Mídia*, Uberlândia, MG, Brasil.
- BEZERRA, D. K. (2008) – *Aplicação do método de nivelamento de produção e demanda em empresas de tipologia de produção ETO com baixo volume a alta diversidade de produtos*. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2008.
- CORRÊA, H. L. & CORRÊA, C. A. (2005). *Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: um enfoque estratégico*. São Paulo. Atlas.
- CORRÊA, H.L. & GIANESI, I.G.N. (2007). *Just in Time, MRP II e OPT – um enfoque estratégico*. São Paulo, Atlas.
- FRANÇA, M. V. & SOUTO M. S. (2008). *Proposta de Aplicação da TRF em uma linha de envase de bebidas – Estudo de caso*. XXVIII Encontro de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, RJ.
- GIL, A.C. (1994). *Administracção de recursos humanos: um enfoque profissional*. São Paulo: Atlas, 1994.
- GOLDACKER, F. & OLIVEIRA, H. J. (2008). *Set-up: ferramenta para a produção enxuta*. Revista FAE, v.11, n.2, p.127-139. Curitiba, PR, Brasil.
- GOLDRATT, E. (1990). “What this thing called Theory of Constraints, and how should it be implemented”, Croton-on-Hudson, North River Press, 1990.73
- GREIF, M. (1991). *The Visual Factory. Building Participation Through Shared Information*. Productivity Press, Inc. Cambridge, Massachusetts.
- HAHN, G.J. (2000). *The Evolution of Six Sigma*. Series Quality Engineering, Milwaukee, 12 (3), 317-326, mar./2000.

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

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

KANNENBERG, G. (1994). *Proposta de Sistematica para Implantação de Troca Rápida de Ferramentas*. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

LIKER, J. K. (2005). *O Modelo Toyota*. Porto Alegre, RS. Editora Artmed.

MARDEGAN et al (2006). *Estudo de Caso de Implementação de Troca Rápida de Ferramenta em uma Empresa Metal Mecânica*. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil.

MARTINS, F. E. (2006). *DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS VISUAIS EM LINHAS DE PRODUÇÃO ENXUTA NO SETOR AUTOMOTIVO*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, Brasil.

McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R (2000). *A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology*. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.

MELLO, CARLOS H. P. (1998). *Auditória Contínua*, Itajubá.

MOCCELIN, F. & MUSSETTI M. A. (2004), *Lean Thinking: aplicação em um ambulatório hospitalar*. XI SIMPEP, Bauru, SP.

MONDEM, Y. (1998). *Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time*. 3. ed. Industrial Engineering and Management Press.

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

OHNO, T. (1997). *O sistema Toyota de produção – além da produção em larga escala*. Bookman.

RECHULSKI, K. D. & CARVALHO, M. M. (2004). *Programa de Qualidade Seis Sigma – Características Distintivas do Modelo DMAIC e DFSS*. Revista PIC-EDUSP, nº 2.

ROESCH, S. M. A. (1999). *Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração: Guia para Estágios, Trabalhos de Conclusão, Dissertações e Estudo de Caso*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROTHER, M. & SHOOK, J. (1999). *Aprendendo a Enxergar – Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

SHINGO, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland, OR. Productivity, Inc.

SLACK, N. et al (2008): *Administração da Produção*. Atlas, São Paulo.

STEFANELLI, P. (2007). *Utilização da Contabilidade dos Ganhos como Ferramenta para a Tomada de Decisão em um Ambiente com Aplicação dos Conceitos de Produção Enxuta*. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos –USP, 2007.

SUGAI, M et al (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335

TAYLOR, F.W. (2008). *Princípios de Administração Científica*. São Paulo, SP, Atlas.

WOMACK, J. P. & JONES, D.T. (1996). *Lean thinking – banish waste and create wealth in your corporation*. New York, Simon & Schuster.