

Iana Araújo Rodrigues

Implementação de técnicas da produção
 enxuta numa empresa de manufatura
 contratada do setor eletroeletrônico

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da
 Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção
 do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Samuel Vieira Conceição

Belo Horizonte - MG

31 de março de 2006

Iana Araújo Rodrigues

Implementação de técnicas da produção
enxuta numa empresa de manufatura
contratada do setor eletroeletrônico

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção
do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador:

Prof. Samuel Vieira Conceição

MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
LINHA DE PESQUISA: ENGENHARIA LOGÍSTICA E DE MANUFATURA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ESCOLA DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Belo Horizonte - MG

31 de março de 2006

Dedicatória

Dedico este trabalho a toda minha família.

Agradecimentos

Muitas foram as contribuições que recebi para a concretização desta dissertação. Gostaria de agradecer algumas pessoas de forma especial:

À minha família pelo incentivo, confiança, dedicação e apoio incondicionais.

Ao André pelo incentivo, carinho e compreensão.

Ao meu professor orientador, Dr. Samuel Vieira Conceição, pelos conhecimentos, apoio e confiança em mim depositada.

Aos integrantes da banca pelo interesse e tempo disponibilizado.

Aos companheiros de trabalho pela amizade e força nos momentos de dificuldade.

Aos funcionários da empresa pesquisada por tanto acrescentarem na minha formação profissional.

Aos meus colegas do mestrado pela amizade e apoio.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais pelos conhecimentos transmitidos nas várias disciplinas cursadas.

Resumo

Esta pesquisa foi realizada numa empresa de manufatura contratada do setor de eletroeletrônicos e informática. Nesse setor, é comum a divisão das empresas em OEM (*Original Equipment Manufactures*) e EMS (*Electronic Manufacturing Service*). As OEMs são responsáveis pelo *marketing*, vendas e desenvolvimento de produtos. As EMSs são responsáveis pela produção e distribuição dos produtos. Por isso, chamadas de empresa de manufatura contratada.

As empresas desse setor fabricam uma grande variedade de produtos, sendo esses de alto valor agregado, porém com um curto ciclo de vida. Além disso, o cliente está cada vez mais exigente, indicando que a empresa que apresentar maior flexibilidade para acompanhar a demanda se tornará mais competitiva.

Com isso, a produção enxuta surge como uma alternativa para melhorar o atendimento ao cliente. Ela tem como principal objetivo eliminar todas as atividades que não agregam valor ao produto final. Isso é possível através de um fluxo contínuo de produção, com altas taxas de qualidade, custos reduzidos e agilidade na introdução de mudanças.

O conceito da produção enxuta é extremamente amplo, sendo, portanto, aplicável nas diversas áreas de uma organização. Adicionalmente, são inúmeras as técnicas utilizadas nesse modelo de produção, tais como: SMED (*Single Minute Exchange of Die*), *Just in Time*, TPM (*Total Productive Maintenance*), 5S, *Six Sigma*, *Pokayoke*, Controle Visual, entre outras. Diante desse contexto, foi estabelecido como foco desse estudo a linha de produção

SMT (*Surface Mount Technology*) e limitada à aplicação das técnicas SMED e TPM.

Um dos objetivos deste estudo é a redução do tempo de *changeover*, que é a troca de ferramentas e ajuste das máquinas quando da troca de produto. A diminuição desse tempo é extremamente relevante. Possibilita a redução da necessidade de estoques intermediários, aumenta a flexibilidade de produção com lotes e *lead times* menores, respostas rápidas ao cliente e melhora a programação da produção. Além disso, com o desenvolvimento da metodologia TPM, pretende-se integrar as atividades do *changeover* e manutenção, visando uma melhoria da produtividade.

Abstract

This research was done in a manufacturing contract company of the electronic and informatics sector. In this sector, it is common for the companies to divide in OEM (Original Equipment Manufactures) and EMS (Electronic Manufacturing Service). The OEMs are responsible for the marketing, sales and products development. The EMSs are responsible for the production and products distribution.

The companies of this sector produce a great variety of products which have a high aggregate value; however they also have a short life cycle. Also, the client is more demanding, indicating that the company that will be more flexible to follow the demand will become more competitive.

Then, the lean manufacturing appeared as the alternative to optimize the client attendance. It has as the main objective to eliminate all the activities that don't aggregate value to the final product. This is possible by a continuous production flow with high quality level, reduction costs and fast at the changes introduction.

The lean manufacturing concept is extremely ample, then applicable in the several areas in the organization. Additionally there are many techniques for utilization in this kind of production systems as such as SMED (Single Minute Exchange Die), Just in Time, TPM (Total Productive Maintenance), 5S, Six Sigma, Pokayoke and others. With this context it was established the focus of this study in the SMT (Surface Mount Technology) line production and limited to SMED and TPM techniques application.

One of the objectives of this study is the changeover time reduction, which

is the exchange of dies and machine adjust when there is a product change. This time reduction is extremely relevant because it makes possible the reduction of intermediary stocks, increases the production flexibility with small batch and lead times, it speeds up the service for the client it optimizes the production programming. Also, the development of TPM methodology is aimed to integrate the changeover and maintenance activities, for an improvement in productivity.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Estrutura da dissertação	2
1.2	Justificativa	3
1.3	Objetivos da dissertação	4
1.3.1	Objetivo geral	4
1.3.2	Objetivos específicos	4
2	Revisão bibliográfica	5
2.1	Manufatura contratada	5
2.2	Produção enxuta	8
2.3	Redução de <i>setup/changeover</i>	13
2.3.1	Definição de termos	13
2.3.2	Razões da redução de <i>setup/changeover</i>	13
2.3.3	Programas de melhoria do <i>setup/changeover</i>	15
2.4	Manutenção	20
2.4.1	A evolução da manutenção	22
2.4.2	Manutenção Produtiva Total	23
3	Metodologia	29
3.1	Metodologia de pesquisa Pesquisa-Ação	29
3.2	Estratégia de pesquisa adotada	31
3.2.1	Desenvolvimento e implementação da metodologia SMED para redução de <i>changeover</i>	32
3.2.2	Desenvolvimento da metodologia TPM	35

4	Caso	36
4.1	O cenário	36
4.2	A empresa	40
4.3	O processo produtivo	42
4.4	O processo de <i>changeover</i>	45
4.4.1	O Desenvolvimento e implementação da metodologia SMED na Empresa X	46
4.4.2	Dificuldades enfrentadas na implantação da metodologia SMED	54
4.4.3	Análise dos resultados	57
4.5	O atual sistema de manutenção da Empresa X	65
4.5.1	A metodologia TPM desenvolvida	67
4.6	Implicações práticas e teóricas do estudo	80
5	Conclusões e Recomendações	84
5.1	Conclusões	84
5.2	Considerações Finais	87
	Referências Bibliográficas	88

Lista de Figuras

2.1	Etapas Conceituais e Técnicas Práticas da Metodologia SMED	18
2.2	A relação das seis perdas e o cálculo do OEE	28
4.1	Faturamento do Setor Eletroeletrônico.	38
4.2	Balança Comercial do Setor Eletroeletrônico.	39
4.3	Fluxo de Produção	43
4.4	Linha de Produção SMT	44
4.5	Produto do SMT	45
4.6	Operações típicas de <i>changeover</i> da <i>Printer</i>	47
4.7	Operações típicas de <i>changeover</i> das <i>Insersoras</i>	48
4.8	Processo Geral de Implementação do SMED	48
4.9	Etapas de implementação do SMED na Empresa X	49
4.10	Kit <i>Changeover</i>	50
4.11	Gabarito desenvolvido	51
4.12	Peças individuais utilizadas na máquina <i>Printer</i>	51
4.13	Identificação do <i>Stencil</i>	51
4.14	Metodologia SMED desenvolvida	53
4.15	Tempo Médio de <i>Changeover</i> - Linha 1	58
4.16	Tempo Médio de <i>Changeover</i> - Linha 2	59
4.17	Tempo Médio de <i>Changeover</i> - Linha 3	59
4.18	Tempo Médio de <i>Changeover</i> - Linha 4	60
4.19	Tempo Médio de <i>Changeover</i> - Linha 5	60
4.20	Tempo Médio de <i>Changeover</i> - Linha 6	61
4.21	Tempo Médio de <i>Changeover</i> - Linha 7	61

4.22 Tempo Médio de Changeover - Linha 8	62
4.23 Estrutura Organizacional de Implementação do TPM	68
4.24 Etapas da Manufatura Enxuta	81

Lista de Tabelas

2.1	Atividades e Responsabilidades das EMS e OEM	6
2.2	Comparação das estratégias de redução de <i>changeover</i>	16
2.3	Os papéis e responsabilidades na Manutenção Produtiva Total	24
3.1	A metodologia de pesquisa Pesquisa-Ação	31
4.1	Características dos diferentes ambientes de produção	41
4.2	Políticas básicas de implementação do TPM	71

Lista de Abreviaturas

CM	<i>Contract Manufacturer;</i> Manufatura Contratada.
EI	<i>Employee Involvement;</i> Envolvimento dos Empregados.
EMS	<i>Electronic Manufacturing Service;</i> Serviço de Manufatura Eletrônica.
HMLV	<i>High-Mix, Low-Volume;</i> Grande-Variedade, Baixo-Volume.
JIT	<i>Just in time;</i> Justo ao tempo.
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness;</i> Índice de Eficiência Global.
OEM	<i>Original Equipment Manufactures;</i> Fabricantes de Equipamentos Originais.
OTED	<i>One-Touch Exchange of Die;</i> Troca Rápida de Ferramenta.
PCB	<i>Printed Circuit Board;</i> Placa de Circuito Impresso.

PTH	<i>Pin Through Hole;</i> Pino Através do Furo.
SMD	<i>Surface Mount Design;</i> Modelo de Montagem em Superfície.
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die;</i> Troca Rápida de Ferramenta.
SMT	<i>Surface Mount Technology;</i> Tecnologia de Montagem em Superfície.
TPM	<i>Total Productive Maintenance;</i> Manutenção Produtiva Total.
TQM	<i>Total Quality Management;</i> Gerenciamento da Qualidade Total.
WIP	<i>Work in process;</i> Estoque em processo.

Definições

- **Conveyor:** Esteira rolante localizada na linha de produção para transporte dos produtos em fabricação.
- **Changeover:** Tempo decorrido entre a produção do último produto A e o primeiro bom produto B, ou seja, dentro dos padrões especificados pela qualidade.
- **Kaizen:** Melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se agregar valor ao serviço oferecido.
- **Lead-time:** Tempo de processamento decorrido desde a chegada da matéria prima até a entrega do produto final.
- **Linha de produção SMT:** Linha de produção responsável pela fabricação de placas de circuito impressos onde todos os pinos dos componentes são soldados, não atravessando as placas, possibilitando que todo o processo de montagem seja automatizado, além de permitir um aumento da densidade de componentes na placa.
- **Stencil** Folha de aço inox perfurada conforme a disposição das ilhas dos componentes SMD (*Surface Mount Device*), ou seja, dispositivo de montagem em superfície.

Capítulo 1

Introdução

Atualmente, a presença de produtos comercializados mundialmente tem aumentado a exigência dos clientes quanto à diversidade, nível de qualidade, preço e velocidade de entrega. Diante dessa realidade, a flexibilidade se torna crucial à sobrevivência das empresas no mercado globalizado e competitivo.

Segundo Upton (1995), flexibilidade pode ser definida de duas formas: (i) a habilidade de trocar rapidamente a produção, denominado de mobilidade, e que possibilita uma maior capacidade de resposta às variações da demanda e (ii) a habilidade de produzir uma grande variedade de produtos.

Considerando o foco deste trabalho em uma empresa do setor eletroeletrônico, Cyr *et al.* (1997) ainda destacam que os fabricantes de produtos eletrônicos estão inseridos em um ambiente altamente dinâmico, com demandas diversificadas e mercado evolucionário. Esse dinamismo se deve ao curto ciclo de vida dos produtos com altas taxas de inovações.

Uma outra característica relevante desse setor é a predominância de um modelo organizacional em que as empresas detentoras da marca, OEM (*Original Equipment Manufacturer*), contratam serviços de manufatura às empresas EMS (*Electronic Manufacturing Services*). A utilização dessa estratégia tem sido expressiva, com aumento da oferta dos serviços prestados. Esse fato é mais um agravante da competitividade enfrentada.

Diante desse contexto, a manufatura enxuta, que tem como objetivo eli-

minar todas as atividades que não agregam valor ao produto final, se destaca entre as possíveis alternativas para se enfrentar a concorrência. Além disso, ela permite alcançar uma produção estável, com custos reduzidos, baixos níveis de estoques, qualidade assegurada e agilidade na incorporação de mudanças no sistema produtivo.

Existem diversas técnicas na literatura para a implementação da manufatura enxuta. Neste trabalho, particularmente, foram selecionadas apenas duas: SMED (*Single Minute Exchange of Die*) - Troca Rápida de Ferramenta e TPM (*Total Productive Maintenance*) - Manutenção Produtiva Total.

A introdução dessas técnicas, na empresa de manufatura contratada estudada, são relevantes. Elas possibilitam um fluxo produtivo contínuo, qualidade dos produtos garantida pela confiabilidade do processo, custos reduzidos e produção em pequenos lotes. Isso permite um curto *lead time* e respostas rápidas às variações da demanda. Enfim, asseguram agregação de valor aos produtos ofertados e, conseqüentemente, vantagens competitivas.

1.1 Estrutura da dissertação

Esta seção visa apresentar a forma em que a dissertação está organizada. No **Capítulo 1**, apresenta-se uma breve introdução da pesquisa e descreve-se os objetivos, gerais e específicos, justificando-os.

No **Capítulo 2**, tem-se uma revisão bibliográfica dos principais assuntos abordados, visando conceder um suporte teórico no desenvolvimento do trabalho e agregar valor aos resultados. São discutidos os seguintes temas: manufatura contratada, produção enxuta, redução de *setup/ changeover* e manutenção produtiva total.

No **Capítulo 3**, destaca-se a metodologia de pesquisa e a estratégia utilizadas no desenvolvimento dessa pesquisa.

No **Capítulo 4**, apresenta-se a atual situação das empresas do setor eletroeletrônicos, destacando a empresa em questão. Além disso, descreve-se o desenvolvimento das metodologias propostas e discute-se os resultados

obtidos.

Finalmente, no **Capítulo 5**, apresenta-se as principais conclusões e sugestões para prosseguimento deste trabalho.

1.2 Justificativa

A importância desta dissertação se faz pelo contexto em que a empresa em questão está inserida. Os produtos eletroeletrônicos são caracterizados por um alto valor agregado, curto ciclo de vida e demanda volátil. Os consumidores estão interessados em uma grande variedade de produtos, com alto nível de qualidade e que sejam entregues o mais rápido possível. Ainda, levando-se em consideração que a empresa pesquisada é do tipo de manufatura contratada (EMS), existe a pressão constante das empresas detentoras da marca (OEM) por aumento de produtividade e redução de custos.

Portanto, as características citadas anteriormente, demonstram que as empresas devem apresentar cada vez mais flexibilidade do seu processo produtivo, visar a qualidade dos produtos e redução de custos para acompanhar toda essa dinâmica do mercado.

A implementação das técnicas SMED e TPM da produção enxuta, na empresa em foco, são de extrema relevância. Elas podem proporcionar: aumento da produtividade, aumento da capacidade produtiva, produção de pequenos lotes com a redução do tempo de *changeover* e melhoria da qualidade. Isso é possível através de um processo mais estável e equipamentos em boas condições, reduzindo custos com refugos e retrabalhos.

Conseqüentemente, esses benefícios, conseguidos com a implementação das técnicas supra citadas, asseguram uma maior flexibilidade da produção e capacidade de adaptação às variações inerentes ao contexto descrito. Dessa forma, permite que a empresa consiga uma vantagem competitiva para conquistar novos clientes.

1.3 Objetivos da dissertação

1.3.1 Objetivo geral

Implementar técnicas da produção enxuta nas linhas de produção SMT de uma empresa de manufatura contratada do setor eletroeletrônico e informática. Mas precisamente, por meio do desenvolvimento e implementação da metodologia SMED - Troca Rápida de Ferramenta e desenvolvimento da metodologia TPM - Manutenção Produtiva Total para empresas inseridas nesse tipo de ambiente.

1.3.2 Objetivos específicos

- Revisão da literatura: construção do marco teórico.
- Estudar o atual processo de *changeover* da linha de produção SMT.
- Propor um novo método para a realização do *changeover*.
- Coleta e validação dos dados.
- Padronização e criação de controles para o novo processo.
- Estudar o impacto das atividades de manutenção nas atividades do *changeover*.
- Estudar o atual sistema de manutenção da linha de produção SMT.
- Propor melhores práticas de manutenção através da Manutenção Produtiva Total, visando agregar valor aos resultados.

Capítulo 2

Revisão bibliográfica

Neste capítulo, apresenta-se os principais conceitos referentes aos temas abordados nesta dissertação. O objetivo é fornecer um embasamento teórico ao estudo. Os temas apresentados são: manufatura contratada, produção enxuta, redução de *setup/changeover* e manutenção produtiva total.

2.1 Manufatura contratada

As empresas de manufatura contratada (*Contract Manufacturer - CM*), ou EMS (*Electronic Manufacturing Service*), ou ainda CEMS (*Contract Electronic Manufacturing Services*), dependendo do autor, tiveram suas origens nos anos de 1970, quando as empresas americanas se viram ameaçadas pela competição dos países asiáticos. Em face à dificuldade de responder adequadamente à essa concorrência, as organizações americanas optaram por adotarem um novo modelo organizacional em que terceirizavam as atividades de manufatura dos seus produtos (Sturgeon, 1997). Atualmente, percebe-se que essa estratégia foi bem sucedida. Em 2004, foram realizadas 47 transações, entre fusões ou aquisições, sendo que as cinquenta maiores empresas dividiram um mercado de 94 bilhões de dólares (MMI - 2004¹). Porém, essa atitude não é frequente em OEMs que possuem características de produção

¹Manufacturing Market Insider - <http://www.mfgmkt.com>

em grandes volumes e pequena variedade de produtos (Weber, 2006).

O uso do termo eletrônica, na denominação desse tipo de empresa, se deve, justamente, pela natureza do surgimento, setor eletroeletrônico, que foi liderado pelos fabricantes dos Estados Unidos e Europa. Recentemente, as empresas japonesas têm mostrado interesse na adoção dessa estratégia para fabricação de automóveis (Weber, 2006).

A função das empresas de manufatura contratada, inicialmente, era apenas fabricar os produtos para as empresas Fabricantes de Equipamentos Originais (OEM). Hoje, a presença de mercados mundiais ampliaram seu papel, tornando-as responsáveis, também, pela compra dos materiais, seleção de fornecedores e gerenciamento da cadeia de suprimentos (Chan e Chung, 2002). Pode-se citar, ainda, outras funções como projeto de circuitos integrados sobre encomenda (ASICs) e atendimento pós-venda de garantia e reparos².

A estratégia das OEMs, segundo Sturgeon (1997) e Tanel (2005), é terceirizar todas as funções que não apresentam relação direta com a manutenção do mercado, focando-se nas atividades de desenvolvimento do produto e *marketing*. Na Tabela 2.1, tem-se as principais atividades e respectivas responsabilidades de cada uma dessas empresas.

Tabela 2.1: Atividades e Responsabilidades das EMS e OEM.

Atividades	Responsabilidades
Definição do conceito do produto	OEM
Planejamento do produto	OEM
Projeto do produto	OEM
Protótipo do produto	EMS
Produção em larga escala	EMS
Distribuição no mercado	OEM
Serviços pós-venda	EMS

Adaptado de Alves (2003)

²Informação disponível no site <http://www.inovacao.unicamp.br/report/Sumario-Executivo-Estudo-BNDES.pdf>

Collins e Bechler *apud* Hadaya *et al.* (2000) afirmam que alguns dos elementos dessa mudança são a redução do ciclo de vida dos produtos, a manufatura enxuta e a pressão por respostas rápidas às demandas dos consumidores. Diante desse cenário, Chan e Chung (2002) destacam a importância da tecnologia de informação no desempenho das empresas de manufatura contratada. Eles as definem como: “um provedor de bens e serviços trabalhando colaborativamente com outros provedores de bens e serviços, como sócios de rede de negócios, para satisfazer nichos de mercado, pela troca de informações através de um sistema de informação inter-organizacional”.

Hadaya *et al.* (2000) afirmam que a divisão das atividades entre as empresas detentoras da marca (OEM) e as de manufatura contratada (EMS) é vantajoso para ambas as partes. As OEMs possuem vantagens quanto a rapidez de introdução de novos produtos, agilidade, flexibilidade e baixos custos. As EMSs conseguem baixos custos com a produção em escala. Além disso, seus clientes geralmente são concorrentes diretos, o que proporciona um aprendizado na fabricação dos produtos, possibilitando o aumento dos serviços através da manufatura.

Hunt e Jones (1998) afirmam que as empresas de manufatura contratada necessitam de flexibilidade das operações para responder agressivamente às requisições do cliente em todo o período do contrato. Para tanto, elas devem estabelecer parcerias, demonstrando iniciativas que estejam alinhadas às estratégias de negócio do consumidor.

Essa atitude, não somente possibilita ganhar novos negócios, mas também, manter vantagens. Dentre as vantagens destacam-se: preços competitivos, rápido giro dos estoques, desenvolvimento cooperativo de tecnologia alinhado à evolução do produto e eficiente canal de comunicação com o cliente. Permite também, novas oportunidades com a produção de novos tipos de produtos.

Segundo Tanel (2005), as empresas de manufatura contratada de sucesso serão aquelas que conseguirem ser enxutas em todos os aspectos, sendo hábeis na coordenação dos diferentes serviços oferecidos aos clientes. Dessa forma,

iniciativas na adoção de técnicas da produção enxuta têm sido evidenciadas nas indústrias EMS (MMI - 2004¹).

2.2 Produção enxuta

Womack *et al.* (1992) foram uns dos principais difusores da filosofia da produção ou manufatura enxuta. Eles são os autores do livro “A Máquina que Mudou o Mundo”. O livro baseia-se no *International Motor Vehicle Program* (Programa Internacional de Veículos Automotores), estudo da indústria automobilística mundial do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Eles a resumem numa produção de grande variedade de produtos, caracterizada por um curto *lead time*, alto nível de qualidade e eficiente uso dos recursos. Para isso, conta com a participação de todos dentro da empresa, desde a chefia até o chão de fábrica, que passa a ter uma maior autonomia. Também, conta com a colaboração dos fornecedores, principalmente, no desenvolvimento de produtos.

Warnecke e Hüser (1995) definem a produção enxuta como um sistema de medidas e métodos que, quando adotados simultaneamente, trazem benefícios não apenas na divisão de manufatura, mas na empresa como um todo. Também, proporcionam um sistema produtivo enxuto e, conseqüentemente, competitivo.

De acordo com os autores, o desenvolvimento de produtos, a cadeia de suprimentos, o gerenciamento do chão de fábrica e os serviços pós-venda, são os principais campos de atividades envolvidos nesse modelo de produção.

Shingo (1989) a define como “um sistema de absoluta eliminação de desperdícios”, destacando os princípios apresentados a seguir.

(i) Redução de custos através da eliminação de desperdícios

Qualquer atividade que não agrega valor ao produto final é considerada desperdício (Åhlström, 1998). Ohno (1997) classifica-os em superprodução,

¹Manufacturing Market Insider - <http://www.mfgmkt.com>

espera, transporte, excesso de processamento, estoques, movimentação e fabricação de peças e produtos defeituosos. Shingo (1989) destaca que essa redução de custos permite um aumento do lucro, que é fruto da subtração do preço de venda, determinado pelo mercado, e seu custo de produção.

O estoque é um dos desperdícios mais críticos já que, ainda, escondem problemas dentro da organização. Para sua diminuição, Åhlström (1998) sugere reduzir *setup*, usar manutenções preventivas para aumentar a disponibilidade das máquinas e alteração de leiaute.

A eliminação dos estoques culminou no nascimento do conceito do *Just in Time*, que também é um dos princípios segundo Shingo (1989).

(ii) *Just in Time*

A essência do JIT (*Just in Time*) diz que cada processo deve ser suprido com os itens corretos, nas quantidades exatas e no tempo certo. Para isso, deve-se eliminar a superprodução que pode ser produzir mais que a quantidade necessária ou produzir antes da requisição.

(iii) Produção puxada

A estratégia de produção puxada consiste em liberar a produção somente com a confirmação do pedido do cliente. Assim, a informação é repassada de trás para frente no processo produtivo. Åhlström (1998) destaca a produção de pequenos lotes e a manufatura de peças sem defeitos como pré-requisitos. Shingo (1989), também evidencia curtos ciclos de produção.

(iv) Redução dos tempos de *setup/changeover*

Tempos curtos para a preparação da linha, quando da troca de produção, constitui um pré requisito para a concretização da produção puxada que é caracterizada pela alta diversidade e baixo volume. Como a produção precisa estar de acordo com a demanda, é totalmente inviável a fabricação de grandes lotes. Diante dessa necessidade, Shingo(1989) desenvolveu a técnica SMED.

(v) A eliminação de quebras e defeitos

O processo produtivo deve estar sempre em controle para prevenir problemas desde o começo. Esse princípio garante a qualidade dos produtos e a alta produtividade exigidas na manufatura enxuta (Åhlström, 1998). Além disso, segundo Shingo (1989), a instabilidade da produção, causada pelas quebras e defeitos, exige a formação de estoques, tipo especial de desperdício.

(vi) Nivelamento da produção

Para se garantir um fluxo contínuo de produção, é essencial que haja um balanceamento entre o volume de trabalho a ser executado com a capacidade (máquina, mão-de-obra) disponível. Para tanto, surgiu o Kanban, um sistema de controle visual que tem por finalidade sincronizar o fluxo produtivo em toda a sua extensão.

(vii) Automação

Consiste em transferir a maioria das funções mentais do homem para as máquinas, tornando-as capazes de detectar quaisquer anormalidade na produção. Assim, com a minimização da intervenção do homem, a redução de custos fica mais eficiente.

Åhlström (1998) complementa a definição de Produção Enxuta com os princípios apresentados a seguir:

(i) Equipes multifuncionais

Os funcionários são divididos em equipes de trabalho, geralmente organizados em células de manufatura, onde são responsáveis pela execução de todas as tarefas na fabricação das peças daquele posto de trabalho. Também, realizam atividades indiretas como controle de qualidade e gestão dos materiais. Para isso, recebem vários tipos de treinamentos, transformando-se em trabalhadores multifuncionais.

(ii) Autonomia aos trabalhadores

Há a concessão de uma maior autonomia para os trabalhadores do chão de fábrica. Além de reduzir os níveis de hierarquia numa organização, agilizam o processo de tomada de decisão.

(iii) Líderes de equipe

A passagem de responsabilidades às equipes de trabalho multifuncionais deve ser feita através dos líderes. Eles têm a função de conselheiros, motivadores e suporte.

(iv) Sistemas de informação vertical

O fluxo de informação deve ser simples e confiável, disponibilizando-a rapidamente aos usuários para um rápido retorno e ações corretivas.

(v) Melhoria contínua

O último princípio prega a busca constante da perfeição, ou seja, aperfeiçoamento tanto do processo como produtos através da aplicação de técnicas de resolução de problemas.

Schmenner (1988) constatou que o JIT é um meio efetivo no aumento de taxas de produtividade. A razão desse resultado está, principalmente, na redução do *lead time*. Conseqüentemente, exige redução de estoques, alto nível de qualidade, técnicas participativas de gerenciamento e racionalização do processo, concentrando nas atividades que agregam valor. Outro resultado favorável é ganho de flexibilidade e capacidade de resposta rápida ao cliente. Sugere, ainda, que a redução desse tempo de atravessamento do produto pode ser minimizado. Isto é possível através da utilização de conceitos de células de manufatura, tecnologia de grupo e linhas capazes de produzirem vários modelos de produtos.

Panizzolo (1998) realizou uma pesquisa com 27 empresas de manufatura enxuta. O objetivo era retratar o processo de implementação dos seus princí-

pios. Primeiramente, destacou que os estudos da produção enxuta iniciaram, exclusivamente, na área de manufatura. Porém, com a percepção da influência das demais áreas, houve uma evolução nessa direção culminando, então, nas relações da empresa com consumidores e fornecedores. Diante disso, pesquisou as principais práticas realizadas em cada uma dessas diversas áreas (processo e equipamento, planejamento e controle da produção, recursos humanos, projeto do produto, relações com fornecedores e relação com consumidores). Constatou que a maioria das ações são tomadas dentro do próprio ambiente da organização e, também, que a efetivação de relações externas com fornecedores e consumidores é ainda um desafio a ser vencido.

Krafcik (1988) afirma que o desempenho da produção está diretamente relacionado à política de gerenciamento adotada. Complementa, ainda, que a manufatura enxuta é a mais relevante para se conseguir, simultaneamente, altos níveis de produtividade, qualidade e complexidade dos produtos. Entretanto, compara essa política com as finanças de alto risco, ou seja, sua implementação gera altos riscos, mas também, altas chances de retorno do investimento. Riscos que são atribuídos ao fluxo contínuo de produção com baixos níveis de estoques, onde a ocorrência de qualquer imprevisto promove sua interrupção. Porém, esses riscos podem ser amenizados com uma força de trabalho bem treinada e flexível, projeto de produtos fáceis de serem produzidos com alta qualidade e um bom suporte dos fornecedores (confiabilidade dos produtos e velocidade de entrega).

Em se tratando da implementação da produção enxuta no setor de serviços, a variabilidade para a conclusão das tarefas é um fator dificultador no balaceamento necessário para a geração de um fluxo contínuo. Detectada essa característica, Arbós (2002) desenvolveu um método de análise dessa variabilidade na avaliação das tarefas, aplicando-o com êxito a um caso do setor de telecomunicações.

2.3 Redução de *setup/changeover*

2.3.1 Definição de termos

Van Goubergen e Van Landeghem (2002) definem *setup* como o tempo entre a produção do último produto A e o primeiro bom produto B, ou seja, dentro dos padrões especificados pela qualidade. Severson (1988), define *changeover* como o tempo decorrido entre o último bom produto da corrida anterior e o primeiro bom produto da corrida seguinte. Portanto, percebe-se uma similaridade dos processos descritos, apesar de denominações diferentes.

McIntosh *et al.* (1996) definem *changeover* como a soma do tempo de *setup*, ou seja, o período de parada entre as produções durante a troca de produto e o tempo de *run-up*, que é o tempo gasto para estabilizar a produção referente às taxas de produtividade e qualidade.

Mileham *et al.* (1999) complementam dizendo que os processos de melhoria no tempo de *changeover*, geralmente, se dedicam apenas aos aspectos de *setup* desse, o que faz com que muitas vezes seja definido pelos autores como redução de *setup*.

2.3.2 Razões da redução de *setup/changeover*

Segundo Van Goubergen e Van Landeghem (2002), os principais motivos da redução do *changeover* são a competição global, ou seja, a presença de produtos “mundiais” fabricados por fornecedores locais, a customização dos produtos e o aumento da eficiência dos equipamentos. Atualmente, as empresas enfrentam uma concorrência acirrada. Os consumidores estão cada vez mais exigentes quanto a diversidade, qualidade e prazo de entrega dos produtos. Isso impõem a elas a necessidade da capacidade de responder agilmente às expectativas de seus clientes. McIntosh *et al.* (1996) afirmam que as empresas estão em contínua pressão por aumento de produtividade, flexibilidade e capacidade de responder às demandas do consumidor.

Segundo Diaby (2000) as tecnologias de manufatura (Tecnologia de Grupo,

Sistemas de Manufatura Flexível e *Just in Time*), criadas para sustentar a competitividade no mercado global, têm como pré requisito a redução de *setup*.

Van Goubergen (2000) cita três razões para a redução de *setup*:

- flexibilidade e redução de estoques : redução do tempo de *setup* permite a produção de pequenos lotes e, conseqüentemente, aumento da variedade de produtos ofertados em menores quantidades;
- capacidade do gargalo: redução do tempo de *setup* significa aumento da capacidade produtiva;
- minimização de custos: uma porção do custo de um produto é determinado pelo custo de produção, diretamente relacionado ao desempenho das máquinas, que terá menos tempo ocioso com a redução do tempo de *setup*.

As vantagens alcançadas com a redução do tempo de *setup/changeover* são inúmeras: produção de pequenos lotes, redução do *lead time*, redução de estoques, aumento da qualidade, redução de desperdício e retrabalho, aumento da flexibilidade e responsividade, aumento de produtividade, conscientização das causas que geram erros e espera e, também, aumento da disponibilidade dos equipamentos (Diaby, 2000; Ohno, 1997; McIntosh *et al*, 1996; Mileham *et al.*, 1999; Shingo, 1989; Shingo, 1988).

Severson (1988) acrescenta que grandes lotes escondem problemas. Portanto, a redução dos lotes de produção, conseguidas através dos programas de redução de *setup/changeover* e, conseqüentemente os estoques, possibilitam detectar problemas de qualidade com maior rapidez.

Bicheno (2001) confirma, através de um modelo quantitativo, a possibilidade de reduções significativas de estoque quando se associa políticas de tamanho de lotes de produção combinado com programas de redução de *changeover*.

2.3.3 Programas de melhoria do *setup/changeover*

Geralmente, a melhoria do processo de *changeover/setup* é entendida somente como a redução do tempo gasto na sua realização. McIntosh *et al.* (2001) ressaltam que a melhoria do seu desempenho pode ser também melhoria da sua qualidade. Ou seja, ajustes precisos e na quantidade ideal, ocasionando aumento da qualidade do produto, maior taxa de produção ou redução de rejeitos.

Van Goubergen (2000) considera que um *setup* de qualidade, ou seja, aquele bem executado, é uma atividade sustentada por três pilares: organização (quem faz, quando faz e o que fazer), método (como fazer) e aspectos técnicos dos equipamentos e ferramentas, sendo a motivação das pessoas envolvidas a base de sustentação.

Segundo Mileham *et al.* (1999), existem duas diferentes estratégias para redução de *changeover*: melhorar o sistema já existente ou criar um sistema totalmente diferente. Ainda, pode-se optar pela criação de apenas uma metodologia de execução do processo, isto é, organizar e padronizar as atividades, ou desenvolver, conjuntamente, metodologia e projeto, sendo ele de produtos, máquinas, ferramentas ou sistemas. Na Tabela 2.2 apresenta-se uma comparação dessas estratégias sob diferentes aspectos:

Mileham *et al.* (1999), Van Goubergen e Van Landeghem (2002) e McIntosh *et al.* (2001) fornecem um conjunto de regras que devem ser seguidas no desenvolvimento de novos equipamentos ou melhoria dos existentes. Elas têm como objetivo a redução do excesso de esforço físico, ajustes e variedades no processo de *changeover*. Van Goubergen e Van Landeghem (2002) acrescentam que o fabricante do equipamento deveria considerar, ainda na fase do projeto, aspectos de responsabilidade técnica, métodos e organização, possibilitando um *setup* padronizado e eficiente.

Dentro da perspectiva de criação de uma metodologia para a realização do *changeover*, existe uma ferramenta bastante difundida: o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) ou, ainda, troca rápida de ferramenta. O SMED foi criado no Japão por Shigeo Shingo no começo dos anos 50. Surgiu da necessi-

Tabela 2.2: Comparação das estratégias de redução de *changeover*

	Apenas metodologia (melhoria das práticas existentes)	Projeto e metodologia (novas práticas)
Tempo de alcance de desempenho	Rápido	Longo
Esforço requerido	Baixo-médio	Médio-alto
Custo	Baixo-médio	Médio-alto
Sustentação	Atenção constante	Fácil manutenção
Redução de tempo	40-70%	Mais de 100%

Adaptado de Mileham *et al.* (1999)

dade de se produzir produtos diversificados e em baixos volumes, aumentando o número de equipamentos envolvidos nos *setups* (Moxham e Greatbanks, 2001). Portanto, caso o número de *setup* não possa ser reduzido, é possível diminuir o tempo de parada com a implementação do SMED (Shingo, 1985 *apud* Moxham e Greatbanks, 2001).

Leschke (1997) afirma que o SMED é uma metodologia de redução sistemática de *setup* e custos que são baratos e eficazes.

Shingo (1989) considera o SMED, ou OTED (*One-Touch Exchange of Die*), como sendo o caminho mais efetivo na melhoria do processo de *setup* e relata vários casos de sucesso com a implantação de sua metodologia. Afirma que as reduções do tempo são, em média, 80 a 95%.

A maioria dos autores abordam a metodologia de Shingo ao se tratar da redução de *setup/changeover*. Alguns deles se dedicam exclusivamente à discussão desse tópico: Sharma (2001), Agustin e Santiago (1996), Severson (1988) e Moxham e Greatbanks (2001).

De acordo com Agustin e Santiago (1996), alguns casos de *changeover* são difíceis de serem executados em apenas um dígito como diz a metodologia SMED. Porém, a meta deve sempre ser alcançar esse patamar por meio de

melhorias do sistema.

Para a implementação do SMED é necessário, primeiramente, fazer uma distinção das operações que envolvem o *setup*, separando-as em internas e externas (Shingo, 1988 e Shingo, 1989). As operações internas são aquelas que somente podem ser executadas com a máquina parada (ex: instalando ou removendo um parafuso). As externas são aquelas que podem ser executadas com a máquina em funcionamento (ex: preparando ferramentas, movimentando os materiais utilizados na troca de produção).

Segundo Shingo (1988) e Shingo (1989), a redução de *setup*, com o uso do SMED, contém as seguintes etapas:

- nenhuma distinção é feita entre *setup* interno e externo;
- separar *setup* interno e externo;
- converter, ao máximo, *setup* interno em externo;
- aprimorar o *setup* interno e externo.

Shingo, sugere ainda, algumas técnicas para se alcançar a redução do tempo de *setup*, que são apresentadas a seguir:

- **Usar Gabaritos Intermediários:** facilita na preparação da máquina quando houver troca de produção, diminuindo o tempo com a centralização e posicionamento das partes, ou seja, aprimorando o tempo de atividade interna. Enquanto um está sendo utilizado, o outro está sendo montado para a reposição imediata.
- **Realizar Operações Paralelas:** adotar atividades paralelas provocam economia de movimentos.
- **Padronizar Funções:** a padronização das funções requer a uniformidade apenas das partes necessárias na operação de *setup*, ao contrário da padronização das formas que estabelece a mesma dimensão para todas as partes, sendo assim mais complexa e mais cara.

- **Usar Dispositivos de Aperto Funcionais:** esses dispositivos necessitam de apenas um movimento, reduzindo o tempo de *setup*. Exemplos: método do “buraco de fechadura”, método da arruela em formato de U, dentre outros.
- **Eliminar Ajustes:** os ajustes representam cerca de 50% de todo o tempo de *setup*, por isso sua eliminação é de grande valor. Porém, deve-se lembrar que a precisão das atividades internas anteriores (ex: centralização e dimensionamento) deve ser garantida.
- **Mecanizar:** é aconselhável somente após a aplicação das outras técnicas descritas para melhoria do *setup*. Assim, há a eliminação de ineficiências do processo antes da mecanização.

Na Figura 2.1, tem-se as etapas da metodologia SMED.

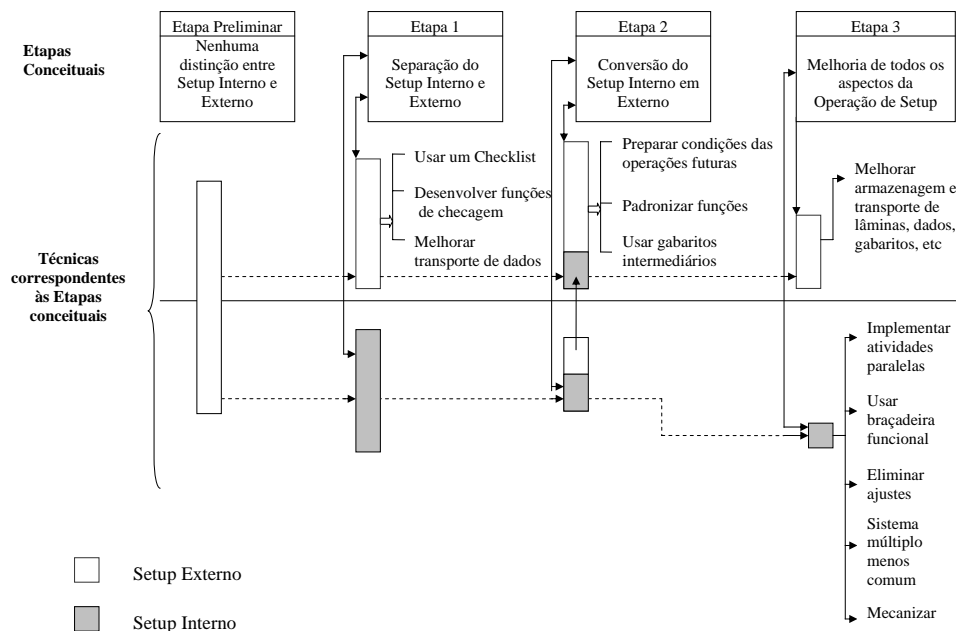


Figura 2.1: Etapas Conceituais e Técnicas Práticas da Metodologia SMED.

Fonte: Shingo (1989)

Monden (1994) também apresenta um conjunto de técnicas para se alcançar a redução do *setup* com o uso do SMED. Além disso, mostra algumas atividades para serem realizadas durante a sua implementação, tais como: conhecer as reais condições das atividades de *setup*, filmar para conhecer melhor as restrições de tempo e movimentos e documentar numa folha a rotina das operações padrões.

Moxham e Greatbanks (2001) afirmam que a implementação efetiva do SMED está condicionada à adoção e implantação de alguns pré-requisitos que devem ser executados antes das etapas que compõem o SMED, etapa essa que ele define como SMED-ZERO. Esses pré-requisitos caracterizam quatro importantes áreas: (i) introdução do trabalho em equipe para comunicação; (ii) controle visual da fábrica; (iii) medidas de desempenho e (iv) *Kaizen*, com o objetivo de simplificar avaliações e medidas. Alguns autores consideram que o trabalho da redução de *changeover* é uma atividade de *kaizen*, ou seja, melhoria contínua, no chão de fábrica (McIntosh *et al.*, 1996 e Diaby, 2000).

Segundo Van Goubergen (2000), apesar do tempo de *setup* estar frequentemente relacionado apenas à área de produção, existem diversas áreas de uma empresa que impactam nesse tempo. Essas áreas e as respectivas falhas são apresentadas a seguir:

- Gerência: treinamentos e programas de conscientização da importância do curto tempo de *setup* são insuficientes e geram desmotivação dos operários; não concedem a infra-estrutura apropriada.
- Desenvolvimento de Equipamentos: os projetos não são realizados levando-se em consideração a facilitação do processo de *setup* aos usuários.
- Compras: a decisão de compra dos equipamentos é baseada nos custos de investimentos, sendo que aqueles mais baratos podem resultar em custos mais elevados com os tempos de *setup* praticados; os materiais são comprados de diversos fornecedores com especificações diferentes.
- Projeto do Produto: padronizações feitas, ainda na concepção do produto, podem eliminar atividades de *setup*, porém essa prática não é

comum.

- Qualidade: especificações de qualidade são muito rigorosas, gerando um acréscimo de tempo com demasiados ajustes.
- Gerenciamento de Materiais: os materiais não são disponibilizados a tempo de uso ou geram uma lista de materias inadequada.
- Manutenção: sistema de manutenção falho, ocasionando paradas durante o processo de *setup*.
- Planejamento e Controle da Produção: mudança repentina da programação da produção ou não fornecimento da informação de qual é a próxima ordem a ser executada.

McIntosh *et al.* (1996) ressaltam a dificuldade de sustentação dos projetos de melhoria de *changeover*, mostrando diversos problemas que podem surgir na condução desse tipo de trabalho.

McIntosh *et al.* (2001) destacam as similaridades das atividades de manutenção e *changeover*, evidenciando os benefícios da integração dessas. A manutenção pode beneficiar o *changeover*, garantindo que os itens utilizados na sua realização se encontram em boas condições. Assim, permite melhoria no seu desempenho e, conseqüentemente, melhor utilização da linha de produção e qualidade do processo. Já o *changeover*, pode beneficiar a manutenção quando suas técnicas de melhoria podem ser aproveitadas nela como, por exemplo, o ajuste de um parafuso.

2.4 Manutenção

Atualmente, tem crescido bastante a preocupação com o sistema de manutenção das empresas. Isso pode estar acontecendo pela conscientização do seu relevante impacto no processo produtivo.

Um eficiente sistema de manutenção acarreta em equipamentos em boas condições durante um maior período de utilização, aumentando sua disponibilidade, qualidade dos produtos, redução de custos de fabricação, diminuição de estoques e aumento de produtividade.

Por outro lado, equipamentos mal conservados estão mais suscetíveis a falhas, elevando os custos e interferindo na qualidade dos produtos. Como as falhas não são previstas, comprometem a programação da produção e, conseqüentemente, o prazo de entrega. Além disso, implicam na não disponibilidade do equipamento para manutenção, favorecendo ao caos.

Segundo Ohno (1997), o valor do equipamento deve ser determinado pelo seu poder de ganho, ou seja, pelo seu rendimento e não pelo tempo de uso ou idade. Assim, ressalta a importância de uma eficiente manutenção.

Existem diferentes estratégias para o gerenciamento da manutenção. Tradicionalmente, as empresas trabalhavam com a manutenção reativa, ou seja, conserto dos equipamentos apenas quando paravam de funcionar. Atualmente, tem sido comumente empregada a estratégia proativa, incluindo a manutenção preventiva e preditiva que previnem defeitos antes mesmo de ocorrerem (Swanson, 2001). As estratégias de manutenção existentes são:

Manutenção Corretiva

Também denominada de manutenção reativa, ela é realizada somente quando o defeito ocorre. Chand e Shirvani (2000) destacam as seguintes desvantagens na sua adoção: paradas inesperadas dos equipamentos com possibilidades de defeitos secundários, nenhum controle das falhas para prevenção de futuros riscos e perda de produtividade com as taxas de esperas para reparo. Segundo Mobley *apud* Chan *et al.* (2005) o custo deste tipo de manutenção é três vezes maior que o da preventiva. É o modo mais primitivo, porém, ainda bastante utilizada pelas empresas.

Manutenção Preventiva

Segundo Nakajima (1989), esse tipo de manutenção baseia-se no tempo de

uso, ou seja, em intervalos fixos de tempo. Para Swanson (2001), esse tipo de manutenção possui a vantagem de reduzir a probabilidade de defeito e aumentar o ciclo de vida dos equipamentos. Por outro lado, tem a desvantagem de ter que interromper a produção em intervalos programados para a execução dessa atividade.

Manutenção Preditiva

É a manutenção centrada na performance e no desempenho (Nakajima, 1989). Semelhantemente à preventiva, reduz a probabilidade de defeitos. Porém, ao invés de ser executada em intervalos fixos de tempo, são feitas somente quando a necessidade é iminente.

Swanson (2001) acrescenta a estratégia Manutenção Produtiva Total, denominando-a de agressiva. Por ser um tema central dessa dissertação, essa estratégia de manutenção será discutida numa seção separadamente.

2.4.1 A evolução da manutenção

O tipo de manutenção pioneiro foi a manutenção corretiva. Primeiramente, nos EUA, houve uma evolução desse para a manutenção preventiva e, posteriormente, para manutenção do sistema de produção (Nakajima, 1989). Portanto, da manutenção realizada somente quando houvesse a falha, passou a se ter preocupação com o desempenho dos equipamentos influenciado pelo tempo de uso. Posteriormente, foram introduzidas noções de confiabilidade e engenharia econômica, culminando na manutenção do sistema de produção.

O contato das empresas japonesas com as empresas americanas permitiu-lhes aperfeiçoar o sistema de manutenção existente fazendo surgir em 1971 a manutenção produtiva total. Nessa fase, houve a incorporação de técnicas da manutenção preditiva para diagnóstico preliminar de defeitos das máquinas.

Atualmente, segundo Tondato (2004), no sistema de manutenção, denominado de gerenciamento da manutenção, há utilização de sistemas computacionais que auxiliam a gestão do estoque de peças de reposição, das ordens

de trabalho relacionadas às atividades de manutenção, além dos treinamentos de cada envolvido.

2.4.2 Manutenção Produtiva Total

A manutenção produtiva total foi lançada por Nakajima no Japão em 1971 e pode ser considerada uma evolução da manutenção preventiva (Nakajima, 1989). Ele a define como “manutenção conduzida com a participação de todos”.

Suzuki (1998), define o TPM como “um processo gerencial que revitaliza o ambiente de trabalho, integra as funções do homem e da máquina, assegura a qualidade do produto e reduz a zero as perdas no processo, aumentando a lucratividade da empresa”.

Perez-Lafont (1997), destaca o TPM como uma poderosa técnica para melhoria da produtividade, qualidade e desempenho da manutenção.

De acordo com Ljungberg (1998), a técnica TPM é baseada em três conceitos básicos:

- maximizar a eficiência dos equipamentos;
- manutenção autônoma feita pelos operadores;
- pequenos grupos de atividades.

A manutenção autônoma, ou voluntária, segundo Nakajima (1989), corresponde às atividades simples de lubrificação, calibração, limpeza e inspeção visual das diversas partes dos equipamentos realizadas pelo próprios operadores.

A formação de equipes de trabalho é fundamental na introdução do TPM. Essas equipes de trabalho devem envolver pessoal de manutenção, produção e engenharia, com o objetivo de melhorar a eficiência dos equipamentos por meio de um bom canal de comunicação na resolução dos atuais problemas e prevenção de futuros (Swanson, 2001). Smalley (2005) destaca o empenho da gerência na busca da eficiência e da participação de todos.

A manutenção produtiva total propõe a integração das atividades do departamento de manutenção e produção, ao contrário do tradicional onde são tratadas de forma independente (Nakajima, 1989; Slack *et al.*, 2002 e Chan *et al.*, 2005). Na Tabela 2.3, tem-se as funções de cada departamento proposta pela TPM.

Tabela 2.3: Os papéis e responsabilidades na Manutenção Produtiva Total

	Pessoal de manutenção	Pessoal de produção
Papéis	Para desenvolver: - ações preventivas - manutenção corretiva	Para assumir: - domínio das instalações - cuidado com as instalações
Responsabilidade	- Treinar os operadores - Planejar a prática de manutenção - Solução de problemas - Avaliar a prática operacional	- Operação correta - Manutenção preventiva de rotina - Manutenção preditiva de rotina - Detecção de problemas

Adaptado de Slack *et al.* (2002).

A seguir, tem-se os significados das letras iniciais da sigla TPM:

T - TOTAL - Eficiência global do processo, ciclo total de vida útil do sistema de produção, todos os departamentos e resultado por toda a empresa como uma equipe.

P - PRODUTIVA - Busca do limite máximo da eficiência do sistema de produção, atingindo zero acidente, zero defeito e zero quebra/falha, ou seja, a eliminação total das perdas.

M - MANUTENÇÃO - Acompanhamento da vida útil do sistema de produção, buscando atingir o melhor desempenho ao longo do tempo, ou seja, gerenciando a empresa baseado no desempenho dos processos.

Para Nakajima (1989), o objetivo do TPM é alcançar o Zero Defeito. Ele ainda afirma que, apesar da crença de muitos, a manutenção preventiva não é suficiente para tal propósito. Portanto, engloba as três estratégias citadas na sessão anterior: corretiva, preventiva e preditiva. Sua implementação significa uma mudança de postura dos indivíduos e equipamentos. Swanson (2001) acrescenta que o TPM requer altos níveis de treinamento de manutenção, recursos e integração.

Atualmente, a implementação do TPM nas empresas tem sido comum e estudos de caso são retratados por alguns autores: Eti *et al.* (2004), Chan *et al.* (2005), Chand e Shirvani (2000) e Perez-Lafont (1997). Nakajima (1989) destaca que os resultados de sua implantação não são instantâneos, levando no mínimo três anos para sua concretização.

Mckone *et al.* (1999) apresentam um *survey* com o intuito de demonstrar quais aspectos influenciam a implementação do TPM. Os aspectos pesquisados foram os de contexto ambiental (país, tipo de indústria), organizacional (características da empresa como tipos de equipamentos, participação dos empregados em sindicatos e outros mais) e gerencial (*Just in Time* - JIT, Programa de Qualidade Total - TQM e Envolvimento dos Empregados - EI). Os resultados obtidos constataram que o país onde a empresa está localizada pode influenciar na implementação do TPM, porém a influência do tipo de indústria não foi constatada. Quanto ao contexto organizacional, supõe-se que as condições dos recursos da empresa não são restritivas e, o contexto gerencial, mais relevante, tem impacto direto na implementação dessa técnica e vice versa.

Em outro artigo, Mckone *et al.* (2001), avaliam o impacto da implementação do TPM no desempenho do processo produtivo. Eles comprovam que o TPM interfere diretamente na redução de custos (medido pelo alto giro de estoques), proporciona alta responsividade na taxa de entrega (medido pela número de entregas realizadas dentro do prazo e pela velocidade de entrega) e alta qualidade dos produtos (medida pela taxa de produtos dentro da especificação). Ainda, sugerem a integração das diferentes práticas de manufatura,

JIT, TQM e TPM, já que uma colabora positivamente com a outra. A seguir tem-se as principais características de cada uma das técnicas.

Técnicas Básicas TQM

- Desenvolvimento de Produtos Multi Funcional
- Gerenciamento de Processo
- Gerenciamento da Qualidade do Fornecedor
- Envolvimento do Consumidor

Técnicas Básicas JIT

- Redução de *Setup*
- Sistema de Produção Puxada
- Entrega JIT pelos Fornecedores
- Layout de Equipamento
- Aderência do Cronograma Diário

Técnicas Básicas TPM

- Manutenção Autônoma e Planejada
- Ênfase Tecnológica
- Desenvolvimento do Equipamento Próprio
- Layout de Equipamento
- Aderência do Cronograma Diário

Ainda, pode-se fazer uma comparação entre elas, mostrando aspectos similares.

- Comprometimento da Liderança

- Planejamento Estratégico
- Treinamento Multi Funcional
- Envolvimento dos Trabalhadores
- Informação e *Feedback*

De acordo com Nakajima (1989), Swanson (2001) e Smalley (2005), o foco das atividades do TPM é a eliminação das “seis grandes perdas”. Perdas essas que são: quebras, tempo de *setup*, velocidade reduzida de produção (perda de ciclo), pequenas paradas que inclui tempo de operação em vazio, sucatas e retrabalho (defeitos no processo) e perdas no início da produção. Smalley (2005) destaca que a produção enxuta tenta eliminar desperdícios em relação às máquinas, mão-de-obra e materiais, enquanto o TPM enfoca o desperdício de equipamentos.

Segundo Chand e Shirvani (2000), o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) mede o aumento da produção através dos equipamentos. Esse método é extremamente utilizado na medição do desempenho produtivo e é tratado por diversos outros autores: Nakajima (1989), Chan *et al.* (2005), Ljungberg (1998) e Van Goubergen (2000). O OEE é uma função da disponibilidade da máquina, eficiência do processo e da taxa de qualidade dos produtos.

Na Figura 2.2, tem-se as relações das perdas com as funções do OEE. É possível deduzir que a diminuição das perdas relacionadas a cada função ajudam a incrementar essas últimas e, também, o OEE resultante, calculado segundo a Equação 2.1. As funções disponibilidade, eficiência de desempenho e taxa de qualidade são calculadas pelas Equações 2.2, 2.3 e 2.4, respectivamente.

$$\text{OEE} = \text{disponibilidade} \times \text{eficiência de desempenho} \times \text{taxa de qualidade} \quad (2.1)$$

$$\text{disponibilidade} = \frac{\text{tempo de carga} - \text{tempo de parada}}{\text{tempo de carga}} \quad (2.2)$$

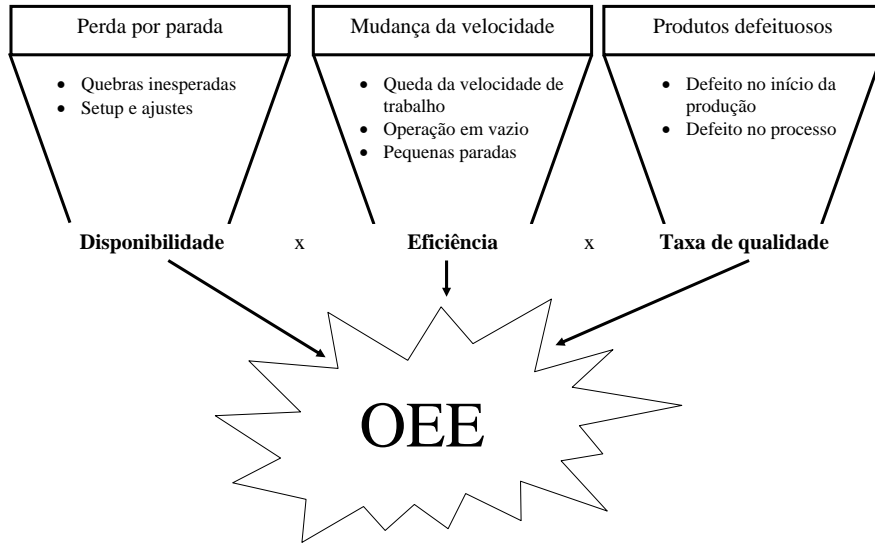


Figura 2.2: A relação das seis perdas e o cálculo do OEE

$$\text{eficiência} = \frac{\text{quantidade produzida} \times \text{tempo de ciclo atual}}{\text{tempo de operação}} \quad (2.3)$$

$$\text{taxa de qualidade} = \frac{\text{quantidade produzida} - \text{quantidade defeituosa}}{\text{quantidade produzida}} \quad (2.4)$$

Perez-Lafont (1997) destaca que o cálculo do OEE deve ser feito separadamente para cada equipamento do chão de fábrica.

Capítulo 3

Metodologia

Neste capítulo descreve-se as principais características envolvidas na metodologia de pesquisa e apresenta-se a estratégia de pesquisa adotada para a concretização deste trabalho.

3.1 Metodologia de pesquisa Pesquisa-Ação

Neste trabalho adotou-se a Pesquisa-Ação. Esse tipo de metodologia engloba a participação dos pesquisadores juntamente com as pessoas envolvidas no processo a ser estudado. As decisões tomadas são implementadas e analisadas ao longo da execução desse. Além disso, os pesquisadores são agentes externos que agem como facilitadores de ação e reflexão dentro de uma organização.

Thiollent (1998) define a Pesquisa-Ação como “um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.

O autor ainda afirma que essa metodologia consiste no relacionamento de dois tipos de objetivos: (i) objetivo prático: entendimento aprofundado do problema a ser solucionado com o levantamento das soluções e plano de

ações para direcionar os agentes no alcance das transformações esperadas; (ii) objetivo de conhecimento: aumentar o conhecimento da situação através da busca de informações com o uso de meios alternativos (representações, reivindicações, etc).

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002), as principais características que definem a Pesquisa-Ação são:

- pesquisa na ação;
- caráter participativo: pesquisadores não são meros observadores, mas atores e agentes de mudança;
- tem como objetivos a resolução de problemas e contribuição para a ciência;
- uma sequência de eventos e uma aproximação para solução de problemas.

Heale (2003) considera cinco diferentes etapas na aplicação da Pesquisa-Ação: detecção do problema, planejamento das ações, execução das atividades, análise dos resultados e reflexão e reformulação da teoria. Afirma ainda, que cada etapa é um ciclo, similarmente ao ciclo de aprendizado reflexivo, onde ocorre a ação direta seguida da reflexão crítica, avaliação e síntese antes da inclusão de mais alterações.

Conjuntamente à fase de diagnóstico, que inclui a etapa de detecção do problema sugerida por Heale (2003), faz-se necessária a análise do ambiente externo e interno da organização, visando situar a empresa no contexto em que está inserida. Adicionalmente, também deve haver uma etapa de revisão do estado da arte que irá contribuir na solução do problema diagnosticado. Finalmente, após a reflexão e reformulação da teoria, tem-se a contribuição para a ciência. Na Tabela 3.1, tem-se um resumo da metodologia Pesquisa-Ação particularmente adotada neste trabalho.

Tabela 3.1: A metodologia de pesquisa Pesquisa-Ação

FASE	ETAPAS
Diagnóstico	- Análise do ambiente externo (estudo das ameaças e oportunidades) - Análise do ambiente interno (levantamento dos pontos fortes e fracos da empresa) - Diagnóstico do problema
Referência teórica	- Revisão do estado da arte
Planejamento	- Planejamento das ações
Implementação	- Execução das ações
Avaliação	- Análise dos resultados
Aprendizado	- Levantamento das implicações práticas e teóricas do estudo - Reflexão e reformulação da teoria

3.2 Estratégia de pesquisa adotada

Iniciou-se a estratégia de pesquisa com a construção do mapa de fluxo de valor, com o objetivo de se fazer uma análise detalhada da situação interna da empresa. Simultaneamente, houve uma contextualização do setor de eletrônico e caracterização das empresas de manufatura contratada. O objetivo era conhecer as principais influências do ambiente externo na realidade da organização. As principais questões destacadas foram: necessidade de aumento de flexibilidade, produção de uma grande variedade de produtos e capacidade de resposta rápida às variações da demanda.

Uma revisão da literatura sobre manufatura enxuta e o levantamento das características da empresa permitiram identificar chances de melhoria do sistema produtivo com a implantação de técnicas desse tipo de produção. Diante disso, identificou-se a vantagem da adoção de um programa para redução de *changeover*, que possibilitaria a produção de pequenos lotes, ocasionando em diminuição do *lead time* e estoques, melhorando, assim, as

perspectivas da empresa em relação às suas concorrentes. Portanto, foi desenvolvida e implementada a metodologia SMED, descrita detalhadamente no próximo item.

3.2.1 Desenvolvimento e implementação da metodologia SMED para redução de *changeover*

O desenvolvimento e implementação do SMED na empresa estudada foi baseada na metodologia de pesquisa Pesquisa-Ação. As etapas correspondentes são apresentadas a seguir:

- Constatação da necessidade de melhoria do processo produtivo devido às dificuldades enfrentadas (aumento da demanda, necessidade de flexibilidade, pressão das OEM por redução de custos e aumento de produtividade) pela empresa pesquisada.
- Avaliação das demandas e oportunidades de melhoria do processo produtivo através da análise do mapa de fluxo de valor da empresa pesquisada. Muitas áreas foram detectadas como passíveis de agregação de valor ao produto final, porém a redução do tempo de *setup/changeover* na área do SMT se destacou. Isso porque possibilitaria uma redução do *lead time*, permitindo aumentar o *mix* de produtos ofertados, além de reduzir estoques e, conseqüentemente, o custo unitário. A escolha dessa área em particular se deu, principalmente, por ser compartilhada pela maioria dos produtos fabricados, aumentando as oportunidades de melhoria para a empresa.
- Revisão bibliográfica sobre os conceitos e estudos de casos de programas de redução de *changeover*. O objetivo é dar um embasamento teórico à pesquisa e permitir uma comparação dos benefícios conseguidos e dificuldades enfrentadas na implementação desses com os resultados alcançados na empresa estudada.

- Conhecimento do processo de realização do *changeover* empregado na empresa para posterior aplicação da técnica SMED e criação de uma metodologia específica para tal processo.
- Desenvolvimento da metodologia para realização do processo de *changeover*.
- Implementação da metodologia SMED desenvolvida para redução de *changeover*.
- Monitoramento das atividades, possibilitando uma avaliação do processo definido e implicando na readaptação da metodologia desenvolvida e padronização das atividades que englobam o *changeover*.
- Coleta e análise dos dados.
- Análise das implicações práticas e teóricas advindas da aplicação da metodologia.
- Geração de conhecimento.

Para o desenvolvimento da metodologia, houve uma preocupação constante em criar algo que fosse compatível com a rotina de trabalho dos envolvidos. Por isso, alguns integrantes do processo foram convocados para fazer parte das discussões efetuadas.

A etapa de implementação da metodologia desenvolvida, foi conduzida considerando, inicialmente, uma equipe “piloto” como modelo em fase experimental e, posteriormente, disseminação para o restante da área de interesse. Dessa forma, readaptações da metodologia foram possíveis antes que os imprevistos tomassem grandes proporções. Acrescentando, essa etapa contou com a realização de treinamentos teóricos e práticos (*on the job*).

Para o monitoramento, utilizou-se de observações e entrevistas não estruturadas com os trabalhadores envolvidos. As entrevistas demonstraram ser de extrema relevância, pois possibilitaram captar fatores negativos para

alcance das metas que, muitas vezes, não eram percebidos apenas pelas observações.

Os dados coletados e analisados foram extraídos do banco de dados da empresa. Todos eles tinham como referência os apontamentos dos operadores durante o processo produtivo.

Vários problemas foram evidenciados com a evolução do trabalho de redução de *changeover*, possivelmente pela redução de estoques. Dentre eles, destaca-se as más condições dos acessórios utilizados na produção, que impactavam negativamente na estabilização do processo produtivo logo após a troca de produção. Conseqüentemente, tem-se frequentes ajustes e/ou mesmo reposição dos acessórios. Além disso, notou-se altas taxas de paradas de equipamentos para manutenção corretiva que, conseqüentemente, afetavam a programação da produção, tornando possível a ocorrência de *changeovers* simultâneos¹ com utilização de recursos comuns.

Esses fatores, juntamente com a exigência de capacidade de resposta rápida às mudanças da demanda, pressão das OEM por redução de custos e aumento de produtividade, evidenciaram a necessidade de melhoria da eficiência do processo produtivo. Diante dessa situação, contactou-se pontos positivos com a introdução da Manutenção Produtiva Total.

Portanto, à estratégia de pesquisa adotada foi acrescentado o desenvolvimento da metodologia TPM. Porém, durante a execução desta etapa, a empresa passou por um processo de crescimento acelerado. Isto provocou uma certa desordem organizacional e inúmeras outras prioridades emergenciais. Esse motivo, acoplado ao tempo de finalização dessa dissertação, postergou a implementação da metodologia TPM criada, ficando como uma sugestão de prosseguimento deste estudo. Portanto, a metodologia TPM foi conduzida somente até a fase de introdução descrita no item seguinte.

¹Como existem várias linhas de produção, pode acontecer que *changeovers* sejam realizados no mesmo instante em mais de uma linha, por isso denominados de simultâneos.

3.2.2 Desenvolvimento da metodologia TPM

O desenvolvimento da metodologia TPM incluiu as seguintes etapas:

- constatação da necessidade de melhoria do processo produtivo devido às dificuldades enfrentadas (aumento da demanda, necessidade de flexibilidade, pressão das OEM por redução de custos e aumento de produtividade) pela empresa pesquisada;
- notificação das altas taxas de paradas de produção devido a problemas ocasionados pela má conservação de máquinas e acessórios utilizados no processo produtivo;
- revisão de literatura sobre o assunto para construção de um marco teórico;
- pesquisa sobre o sistema de manutenção vigente na empresa;
- desenvolvimento da metodologia TPM a ser difundida em ambiente HMLV ((High Mix - Low Volume)), característica predominante da empresa estudada;
- análise das implicações teóricas advindas da aplicação da metodologia.

Capítulo 4

Caso

Neste capítulo, situa-se a empresa pesquisada dentro do contexto em que está inserida, bem como apresenta-se as metodologias SMED e TPM desenvolvidas.

4.1 O cenário

É cada vez maior a difusão de produtos eletrônicos na economia. Estão presentes nos serviços, na indústria em geral, nos setores de informática e telecomunicações, dentre outros. Consequentemente, isso acarreta um aumento significativo da demanda desses produtos.

Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE, a indústria eletrônica compreende os seguintes grupos: fabricação de material eletrônico básico, fabricação de aparelhos e equipamentos de telefonia e radiotelefonia e de transmissores de televisão e rádio e, fabricação de aparelhos receptores de rádio e televisão e de reprodução, gravação ou amplificação de som e vídeo.¹

No Brasil, diversas políticas incentivaram a instalação de um parque industrial, prevalecendo empresas multinacionais de montagem final de equipamentos. Essas políticas permitiram a instalação de muitas empresas nos

¹Informação disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/inventario/27.pdf>>

setores de informática, telecomunicações e eletrônica de consumo, capazes de atender, em grande parte, à demanda interna por produtos acabados. A indústria de componentes foi a única que não conseguiu se consolidar no país, em parte devido à falta de uma política industrial de longo prazo (Tavares, 2006).

Atualmente, “a existência da indústria de bens eletrônicos e de equipamentos para telecomunicações no Brasil está vinculada à Lei 10.176, de 11 de janeiro de 2001, conhecida como Lei de Informática. Ela estabelece que as empresas que utilizam parte da sua receita bruta com bens e serviços de informática em pesquisa e desenvolvimento podem beneficiar-se da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) devido sobre os produtos para os quais estejam cumprindo o Processo Produtivo Básico (PPB) fixado. A redução de IPI, de até 95%, decresce ao longo dos anos, sendo acompanhada pelo percentual destinado a P&D, que parte do teto de 5%. Tal lei está prevista para vigorar até 2009”¹. Porém, essa desoneração tributária não tem sido suficiente para compensar as desvantagens competitivas em relação a outros países (Saab, 2006).

Na Figura 4.1, tem-se a evolução do faturamento desse setor. Ele vem apresentando um avanço ao longo dos anos e tinha perspectivas de faturar, no ano de 2005, cerca de R\$ 94 bilhões. Isto significa 15% a mais que 2004, mas que, na verdade, representa um crescimento real de 8% ao descontar as taxas de inflação. Dentre as áreas integrantes, a de informática foi a mais lucrativa. A perspectiva é que, em 2006, o setor apresente uma porcentagem de crescimento semelhante (Abinee, 2006).

A indústria eletroeletrônica brasileira, está, atualmente, caracterizada por uma sobrecarga tributária, fiscal e trabalhista, valorização do Real frente ao Dólar, juros elevados e pelo chamado Custo Brasil (reduzido prazo de recolhimento de impostos, deficiência de portos, aeroportos, etc). Apesar do baixo custo da mão-de-obra no Brasil, os encargos sociais acabam onerando-os demasiadamente, retirando sua vantagem competitiva inicial (Saab, 2006).

¹Informação disponível em: <www.investimentos.sp.gov.br/setores/eleτρο_telecom.htm>

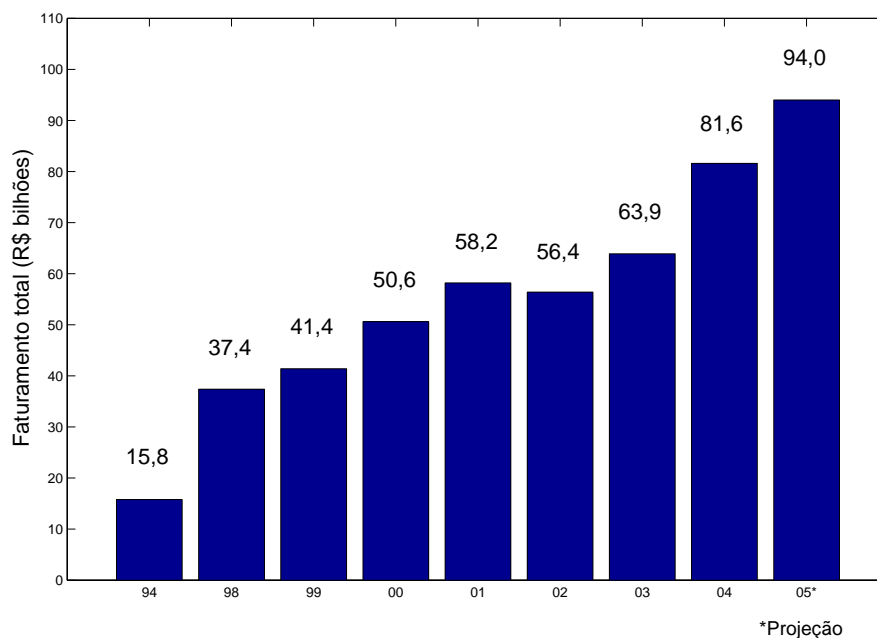


Figura 4.1: Faturamento do Setor Eletroeletrônico.

Fonte: ABINEE (2006)

Esses fatores impactam diretamente sobre o preço do produto final, acarretando em perda de competitividade. Ainda, a forte concorrência com os países do Sudeste Asiático é algo ameaçador. Durante os primeiros sete meses de 2005 foi constatado um aumento de 27,5% nas importações de produtos eletrônicos e de comunicação da China considerando o mesmo período de 2004 (Savasin, 2006).

A balança comercial prevista no ano de 2005 apresentou aumento, tanto das exportações como das importações, em relação a 2004, sendo o primeiro em maior escala. Porém, o saldo total ainda permanece em déficit como mostra a Figura 4.2. A importação de componentes elétricos e eletrônicos são os maiores responsáveis por isso, já que representam cerca de 64% das importações realizadas.

Portanto, as perspectivas de aumento da demanda de produtos eletrônicos são boas, porém as condições de competitividade das indústrias brasileiras

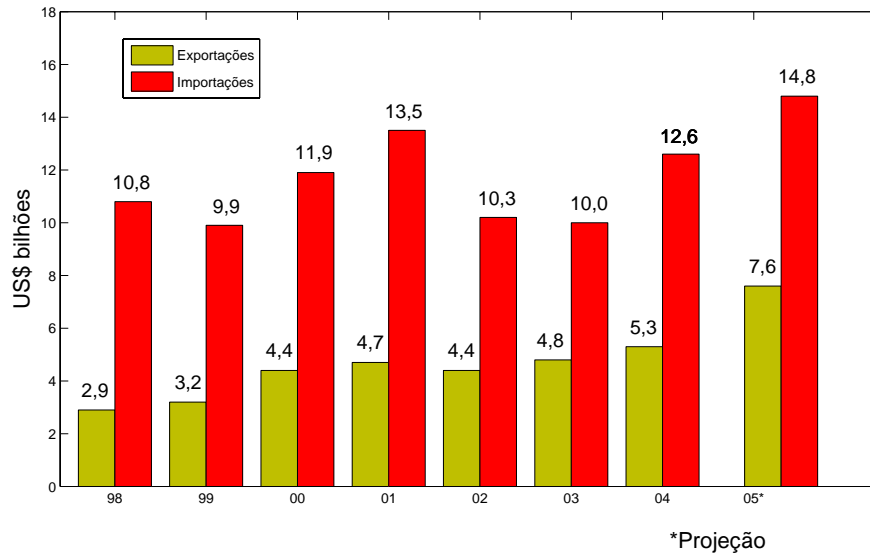


Figura 4.2: Balança Comercial do Setor Eletroeletrônico.

Fonte: ABINEE (2006)

são precárias. Pode-se dizer que as empresas que conseguirão se manter no mercado serão aquelas capazes de oferecerem serviços diferenciados a um baixo custo.

Outra característica relevante deste setor é a forte presença de empresas do tipo de manufatura contratada. Nesse ambiente, as OEMs são responsáveis pelas atividades de fortalecimento da marca como desenvolvimento de produtos, *marketing* e vendas. Já as EMSs assumem o papel referente à gestão da produção e cadeia de suprimentos, cuidando de todo o processo produtivo, desde a aquisição da matéria prima até a entrega do produto final ao cliente (OEM).

As empresas EMS devem ser capazes de responder rapidamente às variações da demanda, que é instável pelo curto ciclo de vida dos produtos. Dessa forma, necessitam ter flexibilidade do processo produtivo tanto em relação à variedade quanto ao volume de produção, prazo de entrega e oferecer produtos de qualidade a um custo reduzido. Atualmente, a expansão desse tipo de empresa, além da alta concorrência dos países asiáticos, têm acirrado ainda

mais a competitividade.

Portanto, a situação das indústrias de manufatura contratada do setor eletroeletrônico evidencia os benefícios em se implementar técnicas da produção enxuta, que possibilitarão um fluxo produtivo contínuo com redução dos custos e ágil para acompanhar o dinamismo característico do setor, mantendo uma vantagem competitiva em relação aos demais concorrentes.

4.2 A empresa

A empresa estudada é uma multinacional do setor de eletroeletrônicos e informática que possui unidades em diversas localidades da Europa, Américas e Ásia¹. Fundada há mais de três décadas, se transformou em empresa do tipo EMS (*Electronics Manufacturing Services*) em 1976. Atualmente, emprega, aproximadamente, 55000 pessoas.

Desde 1995, ela vem apresentando uma taxa de crescimento de 25% no rendimento, receita líquida de operação e sempre se destacando entre os líderes do setor desde o início de suas atividades¹.

No Brasil, existem duas unidades, a Unidade Sul-Sudeste e a Unidade Norte. A unidade Sul-Sudeste, aqui denominada como Empresa X, é a empresa levada em consideração nessa pesquisa. Ela faz montagem de placa circuito impresso-componente convencional, montagem de placa circuito impresso-componente smt, serviço de montagem/teste de produto eletrônico e serviço de reparo/assistência técnica de produto eletrônico (Abinee, 2006). Seus principais clientes são OEMs dos setores de telefonia, bens de informática e eletrônicos¹.

No último ano, a Empresa X apresentou um crescimento significativo e acelerado, passando de aproximadamente 700 para cerca de 1900 empregados. Isso foi resultado da incorporação de novos clientes e aumento da demanda por clientes antigos¹.

O incremento do *mix* de produtos também foi expressivo nesse momento

¹Dados internos da empresa

de expansão da Empresa X, passando de 109 diferentes tipos de produtos para 198. O volume de produção durante três meses (Dezembro/05 a Fevereiro/06) foi de 1,16 milhão produtos do mais diversos modelos². Portanto, a produção predominante é a de pequeno volume e de grande variedade.

De acordo com Farlow (2005), as empresas de montagem de placas de circuito impresso têm transformado cada vez mais em HMLV (*High-mix, Low-volume*), ou seja, produtoras de uma grande variedade de produtos fabricados em pequenas quantidades. Essa tendência pode ser explicada por algumas características predominantes que influenciam as empresas do setor eletroeletrônico como a demanda volátil e curto ciclo de vida dos produtos. Na Tabela 4.1 tem-se as principais características dessa estratégia de produção.

Tabela 4.1: Características dos diferentes ambientes de produção

Características	HMLV	LMHV
Produto	customizado	padronizado
Volume de produção	baixo	alto
Variedade e complexidade dos produtos	alta	baixa
Demanda	imprevisível	previsível
Capacidade	não pode ser planejada	planejada
Lead time de produção	importante para o consumidor	sem importância para o consumidor
Competências-chave	todo o processo	logística
Incerteza da operação	alta	baixa

Adaptado de Samadhi e Hoang (1995)

Porém, o nível de atendimento da demanda confirmada ainda se concentra na casa dos 80%³. Esse índice juntamente com as perspectivas de crescimento do setor de eletroeletrônicos, expansão das empresas de manufatura

²Dados internos da empresa

³Informação concedida pelo gerente de manufatura

contratada e a concorrência dos países asiáticos, demonstram a necessidade de aprimorar o sistema produtivo para conseguir se manter na posição de mercado que se encontra, ou até mesmo captar outros possíveis clientes.

Essa realidade reforça a importância da implantação das metodologias SMED e TPM desenvolvidas por possibilitarem um processo mais estável com *lead times* reduzidos, qualidade dos produtos e flexibilidade para responder rapidamente às variações da demanda que é tão volátil.

4.3 O processo produtivo

Nesta seção, descreve-se, de forma geral, o processo produtivo da Empresa X.

Ela possui dois tipos básicos de processos produtivos: (i) montagem de placas de circuitos impresso (PCB) e (ii) montagem do produto final (impressoras e leitores de cartão de crédito). “Placas de circuito impresso consistem de placas de suporte não condutor (geralmente plásticos como fenolite ou epóxi), com espessura entre 1,5 a 2,0 mm, contendo trilhas de material condutor (geralmente cobre na sua superfície). Cada placa tem definida pelo seu projeto as posições onde componentes eletrônicos, tais como resistores, capacitores, diodos, transistores ou circuitos integrados, deverão ser montados para que ela execute a sua função no sistema a que será destinada” (Rabak e Sichman, 2001).

Na Figura 4.3, tem-se em forma de fluxograma, o sistema produtivo da empresa.

Inicialmente, há o recebimento dos materiais que passam por um controle de qualidade para verificação da quantidade e qualidade dos mesmos, sendo, então, armazenados aqueles em perfeitas condições. De acordo com a programação de produção, os componentes são separados e encaminhados ao SMT ou ao setor de Inserção Manual. O SMT é o setor caracterizado pelo uso da tecnologia que insere os componentes SMD (*Surface Mount Design*) automaticamente na superfície das placas de circuito impresso. O setor de

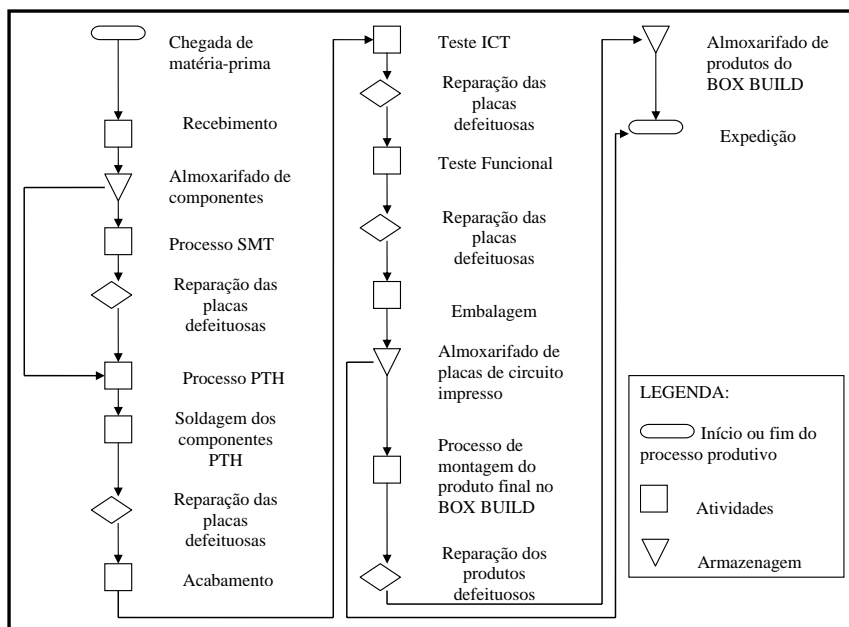


Figura 4.3: Fluxo de Produção

Inserção Manual adapta manualmente, como o próprio nome diz, os componentes PTH (Plated Through Hole) às placas. Portanto, o caminho do fluxo de produção a ser seguido depende da especificação de cada PCB que pode conter somente componentes SMD, somente componentes PTH ou ambos.

Posteriormente ao setor de Inserção Manual, a placa é levada ao processo de soldagem dos componentes PTH. Logo após, está a etapa de acabamento que repassa à sessão de testes. Primeiramente, existe o Teste ICT, que serve para testar o comportamento dos componentes soldados na placa de circuito impresso através da transmissão de sinais de teste e, em seguida, o Teste Funcional, que verifica a funcionalidade da placa fabricada.

A partir de então, o produto final, sendo do tipo (ii), é encaminhado ao setor de montagem de produtos acabados denominado de *Box Build*. Posteriormente, segue para o armazenamento e expedição.

Um aspecto que deve ser evidenciado é que, ao final de cada operação,

há um posto de inspeção para verificação da qualidade dos produtos e outro de reparação daqueles não conformes.

O setor SMT, foco deste trabalho, é composto, atualmente, por oito linhas de produção como a ilustrada pela Figura 4.4, que fabricam produtos como o exemplo mostrado na Figura 4.5.



Figura 4.4: Linha de Produção SMT

Cada linha de produção SMT possui, basicamente, cinco máquinas: uma *Printer*, três *Inseroras* de componentes e um Forno. A *Printer* é responsável pela deposição de pasta de solda na placa onde os componentes vão ser afixados. As *Inseroras* se classificam em duas maneiras: inserora de componentes pequenos e em alta velocidade e inserora de componentes grandes em uma velocidade menor. O Forno tem a função de solidificar a pasta de solda depositada para fixar os componentes na placa.

Geralmente, aos produtos que passam pelo SMT, são inseridos componentes dos dois lados, de forma não simultânea, os quais são denominados de *top side*, ou lado superior, e *back side*, ou lado inferior.

O conhecimento do processo produtivo como um todo é relevante para a percepção das interdependências entre as áreas da empresa. A escolha de atuação no SMT se deu, principalmente, por ser compartilhada pela maioria

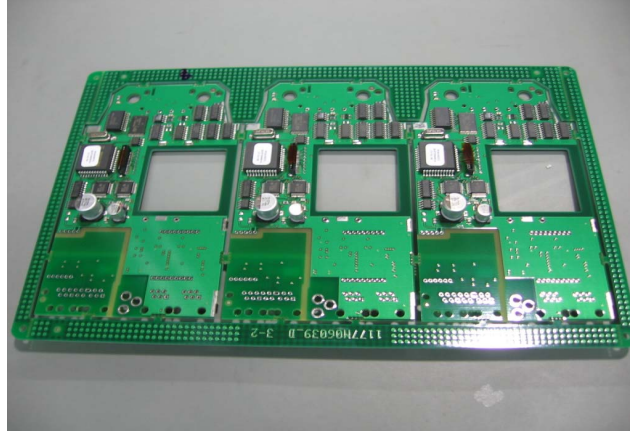


Figura 4.5: Produto do SMT

dos produtos fabricados, aumentando as oportunidades de melhoria para a empresa.

4.4 O processo de *changeover*

Dentro do escopo pré-determinado, o estudo de redução do *changeover* se fez nas linhas de produção SMT. Portanto, um estudo preliminar foi realizado e constatou que o processo era executado com a ocorrência de inúmeros imprevistos. Havia problemas referentes à falta de padronização das tarefas, excesso de movimentação e de ajustes.

Primeiramente, os apontamentos do tempo total despendido no *changeover* era feito por operários que, muitas vezes, sequer sabiam o seu verdadeiro conceito, fazendo com que não houvesse a forma exata de sua medição. Portanto, a precisão dos dados para verificar o real impacto do processo na produtividade não era totalmente confiável.

Outro aspecto levantado, foi a não conscientização quanto à importância do momento, inexistindo qualquer senso de urgência na finalização do processo.

A organização do trabalho para a execução das atividades era nula, sem nenhuma padronização ou mesmo definição de responsabilidades. Esse aspecto, juntamente com a ausência de um lugar apropriado para alocação dos utensílios durante o processo, forçava uma movimentação intensa, afetando diretamente o tempo gasto no *changeover*.

Outra atividade que incrementava o tempo de parada de linha na troca de produção era a construção de um apoio necessário em uma máquina específica (*Printer*), usando partes individuais e ferramentas de ajustes manuais.

A busca por competitividade num ambiente de demanda volátil e pressões dos clientes (OEM), juntamente com as características precárias do processo, revelou a necessidade de intervenção para sua melhoria. Esse objetivo foi reforçado com a análise do mapa de fluxo de valor, quando foi verificado o potencial de progresso.

Diante disso, foi iniciado um programa de redução do *changeover* utilizando a técnica SMED (*Single Minute Exchange of Die*), desenvolvida por Shingo (1989).

4.4.1 O Desenvolvimento e implementação da metodologia SMED na Empresa X

O estudo preliminar do processo produtivo da linha de produção SMT, bem como as atividades constituintes do *changeover*, possibilitou um entendimento de forma minuciosa. Com isso, favoreceu o desenvolvimento da metodologia SMED a ser implementada.

Como descrito anteriormente, a linha de produção SMT contém os seguintes equipamentos: *Printer*, Inersoras e Forno. As atividades de *changeover* da *Printer* inclui mudança de *stencil*, reprogramação, reabastecimento de pasta de solda, ajuste de *conveyor*, ajuste visual de fiduciais ⁴ e mudança do apoio da placa. As máquinas inersoras requerem reprogramação, ajuste de

⁴Marcas fiduciais são pequenas figuras (círculos, quadrados, losangos) de cobre geralmente situadas nas extremidades da placa

conveyor, mudança dos alimentadores e troca dos apoios. Ao forno, cabe a reprogramação e ajuste de *conveyor*.

Segundo Farlow (2005), as *Printers* e as máquinas de inserção de componentes são as que mais consomem tempo durante o *changeover*. O tempo despendido para alteração dos padrões do forno não são expressivos.

Nas Figuras 4.6 e 4.7, tem-se o percentual do tempo gasto na troca de produção das máquinas *Printers* e Inseroras.

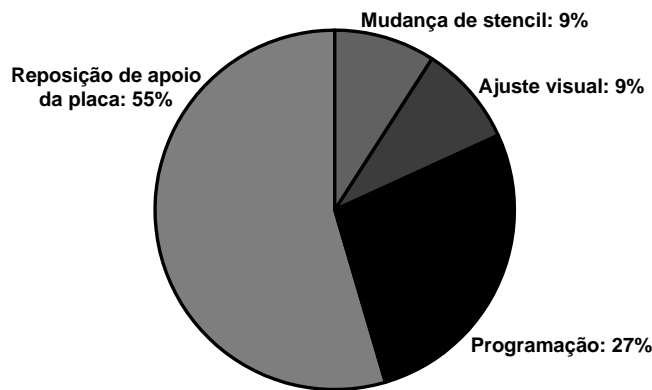


Figura 4.6: Operações típicas de *changeover* da *Printer*.

Fonte: Farlow (2005)

O novo processo de *changeover* foi definido com o uso da técnica SMED de Shingo. De uma forma geral, pode-se adotar a metodologia mostrada na Figura 4.8

No caso da pesquisa específica, a definição do processo a ser seguido constituiu-se das etapas mostradas na Figura 4.9.

Para o desenvolvimento da metodologia para redução de *changeover* foi, inicialmente, formada uma equipe com operadores e técnicos de processo. A participação desses teve o intuito de definir um processo que fosse coerente com a rotina de trabalho deles e ajudar na divulgação para os demais envolvidos.

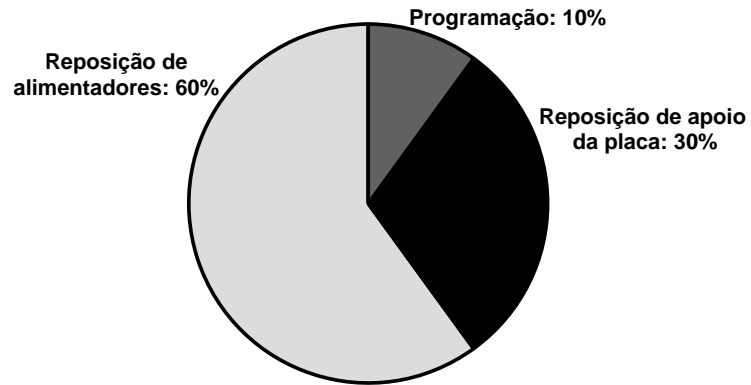


Figura 4.7: Operações típicas de *changeover* das Inseroras.
 Fonte: Farlow (2005)

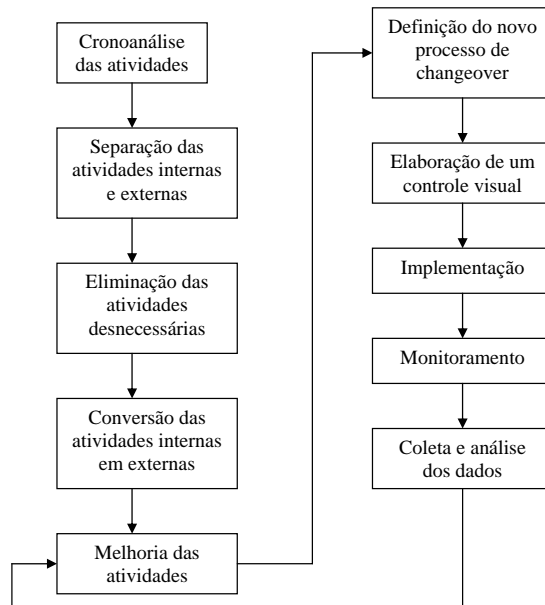


Figura 4.8: Processo de Geral de Implementação do SMED

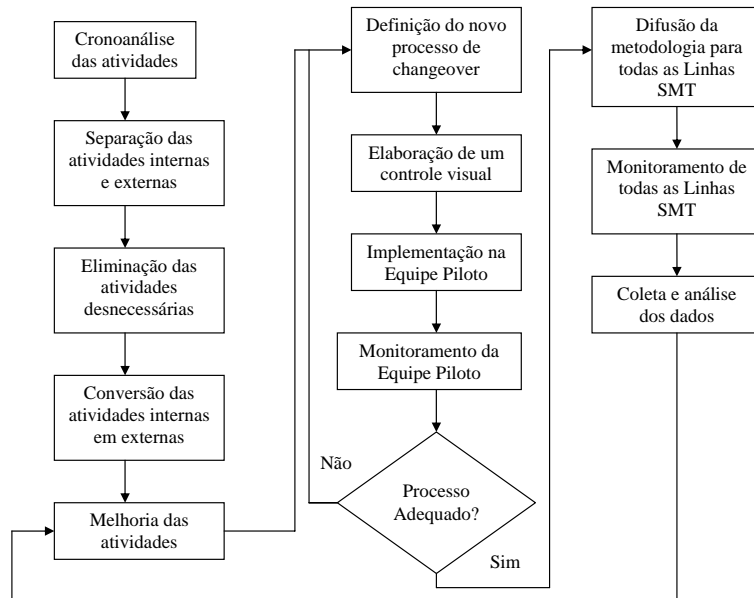


Figura 4.9: Etapas de implementação do SMED na Empresa X

Para o conhecimento do processo de *changeover* executado, o instrumento de pesquisa utilizado foi a observação. O objetivo desta foi o levantamento das atividades do *changeover* com os respectivos tempos e movimentos, ou seja, estudo de cronoanálise. Uma atividade complementar realizada, como sugerido por Monden (1994) e Van Goubergen (2002), foi a filmagem. Esse recurso possibilitou uma análise minuciosa do processo. Notou-se, então, que todas as atividades eram executadas internamente.

Durante a etapa de conversão do *setup* interno em externo, as tarefas de preparação e limpeza de materiais foram todas transformadas em externas, necessitando-se de um local para alocação desses. Para isso, desenvolveu-se um suporte móvel, o qual foi designado como *Kit Changeover*, ilustrado na Figura 4.10. O objetivo era armazenar os itens de consumo durante o *changeover* da máquina *Printer*, o que possibilitou uma redução de movimentação

do operador.

O uso de um dispositivo sonoro, usado para alertar os operadores sobre o início da atividade de *changeover* e chamar uma das inspetoras localizadas ao final da linha de produção, agora incluídas no processo, também proporcionou redução de movimentação.

Adicionalmente, nessa etapa, foram criadas atividades paralelas e definidas as responsabilidades de cada participante do processo.



Figura 4.10: *Kit Changeover*

Na fase de melhoria das operações do *setup*, houve melhoria tanto das atividades internas como das externas. Aprimoramentos internos foram conseguidos com o desenvolvimento de um gabarito, mostrado na Figura 4.11 que é utilizado na *Printer*, eliminando a montagem de partes individuais, Figura 4.12, que consumia um tempo considerável. Essa alteração também resultou na eliminação de uma atividade que consiste na verificação da posição central da placa com os apoios da máquina, já que agora ela encaixa exatamente no centro do gabarito.

Ainda, houve otimização do tempo com a aquisição de parafusadeira elétrica para ajustes de parafusos e um par de rodos sobressalente. Consequentemente, eliminou-se a necessidade de limpeza desses equipamentos no momento do *changeover*. Pode-se citar, também, o uso de identificação dos stencils, Figura 4.13, orientando os trabalhadores sobre a posição correta de inserção desses na máquina, economizando tempo e eliminando possíveis



Figura 4.11: Gabarito desenvolvido.

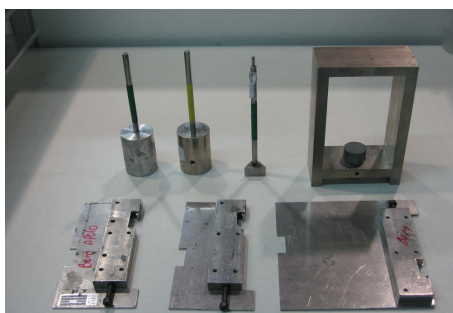


Figura 4.12: Peças individuais utilizadas na máquina *Printer*.



Figura 4.13: Identificação do *Stencil*.

erros.

Outra otimização interna foi a atualização da documentação utilizada na

fabricação dos diferentes tipos de placas. Isso permitiu que as especificações do processo fossem corretamente empregadas, assegurando a qualidade dos produtos. Ainda, a instalação de uma lupa para inspeção ao lado da *Printer* eliminou mais movimentos do operador, já que era feita longe do seu posto de trabalho.

A identificação dos *stencils*, citada anteriormente, pode também ser considerada como uma melhoria externa, pois facilita a localização desses no momento de preparação dos materiais para a troca de produção. Ainda, externamente, foi modificado o formato da documentação que constam os procedimentos de fabricação dos produtos. Assim, cada posto de trabalho passou a possuir uma documentação individual, evitando a competição deste documento, que era de necessidade simultânea. Maior economia de tempo também foi possível com a criação de atividades paralelas e organização do trabalho.

Ao definir o novo processo, foi elaborado um tipo de controle visual), também sugerida por Monden (1994), constituindo basicamente as instruções da sequência das atividades de cada operador em cada estação de trabalho.

A implementação da metodologia desenvolvida foi conduzida com treinamentos teóricos e práticos (*on the job*). Inicialmente, foram treinados somente os integrantes da equipe “piloto” e a metodologia implementada na linha de produção teste. Posteriormente, foram treinados os demais operadores do turno da equipe piloto, passando para os demais turnos e linhas de forma sequencial.

A etapa de monitoramento foi conduzida por meio de observações, entrevistas com os próprios trabalhadores que desempenham a função e reuniões semanais. Assim, foram sugeridas readaptações no processo definido, eliminando as falhas e incoerências. Destaca-se ainda, que essa etapa deve ser constante para acompanhar se o processo está sendo feito como deveria e captar possibilidades de melhoria do que tinha sido planejado, ou seja, realizar a melhoria contínua do processo.

Na Figura 4.14, tem-se a aplicação do SMED na empresa pesquisada.

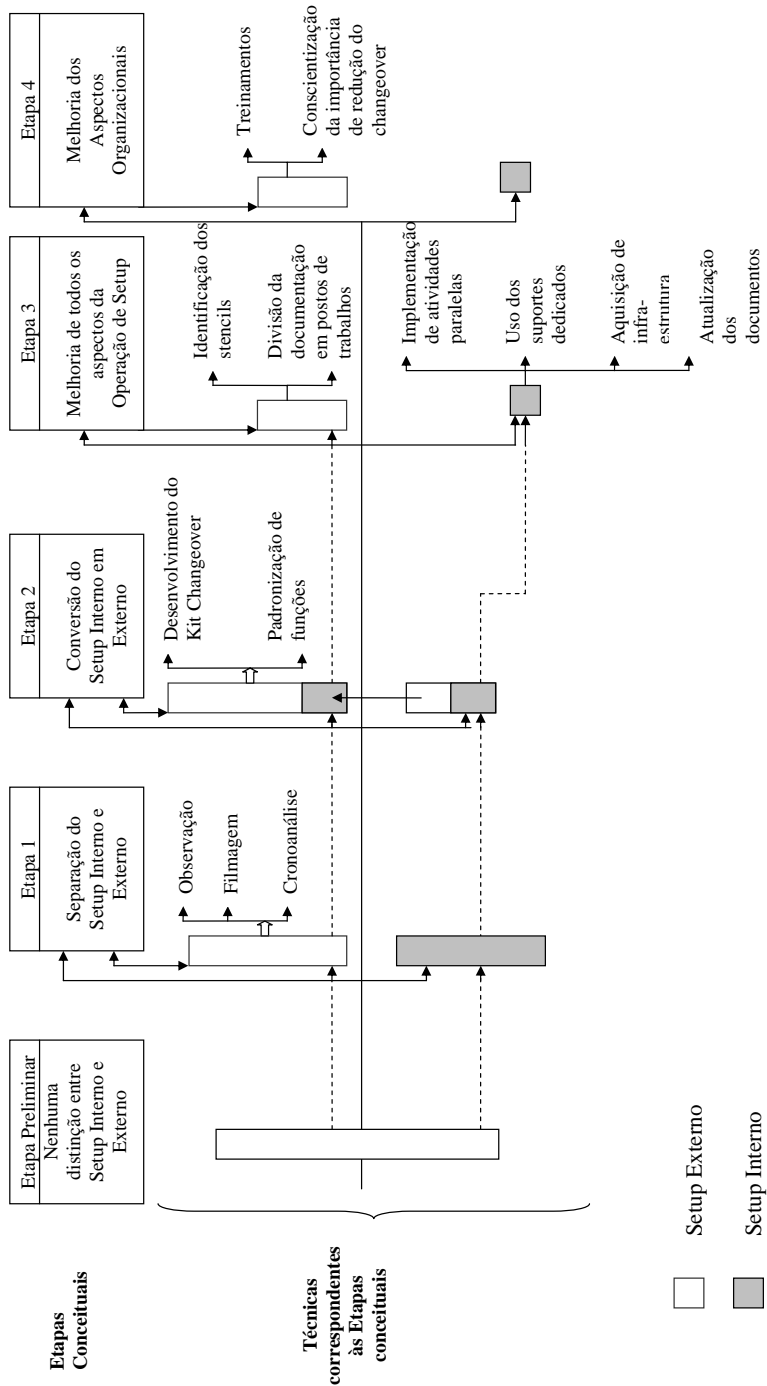


Figura 4.14: Metodologia SMED desenvolvida

4.4.2 Dificuldades enfrentadas na implantação da metodologia SMED

Durante a implementação da metodologia SMED, desenvolvida para o processo de *changeover* da Empresa X, foram constatados alguns problemas que afetavam diretamente o tempo estipulado para a atividade. Essas ocorrências foram detectadas durante a etapa de monitoramento descrita anteriormente. Diante disso, foi desenvolvido um plano de ações com o intuito de eliminar as variantes que prejudicavam a evolução do processo e, assim, torná-lo mais homogêneo. A seguir, são citadas algumas dessas variantes:

- Resistência à mudança

Alguns trabalhadores demonstraram uma certa resistência em seguir os procedimentos estabelecidos. Geralmente, esses funcionários eram pessoas com idade mais avançada ou que exerciam aquela função há mais tempo. A resistência maior partiu das inspetoras, que foram incluídas no processo, alegando o aumento de responsabilidades. Segundo Shingo (1989), “o sistema SMED resulta num aumento das taxas de operação dos trabalhadores e das máquinas”.

O não cumprimento das regras além de atrasar a finalização da atividade, também interferia no desempenho da mesma atividade no turno posterior.

Uma solução encontrada foi trabalhar na conscientização das pessoas envolvidas sobre os benefícios conseguidos com a implantação do programa de redução de *changeover* e a importância de cada um no desempenho desse. Além disso, foi demonstrado que a diminuição do tempo gasto com a preparação da linha, quando houvesse troca de produção, aumentaria a disponibilidade dos equipamentos, incrementando a produtividade e, conseqüentemente, a participação dos lucros.

- Problemas de programação da produção

Os problemas de programação da produção observados foram de dois tipos: (i) mudanças repentinas da programação, que podem estar associadas à volatilidade da demanda que caracteriza o setor eletroeletrônico, ou até mesmo pela inexperiência do programador; (ii) má alocação de recursos. As alterações do sequenciamento da produção impossibilitavam preparar os materiais para estarem disponíveis no ponto de uso quando da realização do *changeover*. O outro tipo de ocorrência desfavorável constatado foi a má distribuição dos recursos, ou seja, a fabricação de produtos que necessitavam dos mesmos recursos eram programadas simultaneamente em linhas diferentes. Conseqüentemente, a taxa de espera para estabilização do processo produtivo era significativa, influenciando no planejamento já estabelecido.

- Desatualização dos documentos e programas computacionais utilizados na produção

Essas ocorrências provocavam ajustes e correções no momento de execução do *changeover*, atrasando todo o processo. Além disso, podiam comprometer a confiabilidade do processo e a qualidade dos produtos finais.

- Falta de material

A falta de material afetava o *changeover* quando acabavam componentes no meio de uma ordem de produção, provocando sua interrupção. Assim, como ainda não havia sido preparado os itens utilizados na produção posterior, impactavam no processo inicialmente definido. Outra ocorrência relacionada a material era a não disponibilização desses no ponto de uso no momento de início do *changeover*, acarretando em longas esperas dependendo da quantidade de componentes utilizados na produção de cada produto. Então, o fluxo dos materiais foi estudado com a finalidade de evitar tais acontecimentos e outros que não cabem aqui citá-los por não ser objetivo deste trabalho.

- Acessórios e equipamentos da produção em má condição

O mal estado dos acessórios utilizados na produção interferia no *changeover* na medida em que exigia um maior tempo até a estabilização do processo produtivo quando esses eram repostos por outros. Além disso, a execução do processo era também influenciada negativamente pela má conservação das máquinas, provocando paradas significativas no início da produção para manutenções corretivas ou ajustes necessários.

Para isso, foi proposto um sistema de manutenção das máquinas e acessórios com a implantação da manutenção produtiva total, visando melhorar o estado de conservação dos mesmos.

- Falta de treinamento

Operadores com um baixo nível de treinamento eram inseridos no ambiente de trabalho, o que provocava enganos ou ajustes mal feitos durante o *changeover*, exigindo correções subsequentes. Esse despreparo dos trabalhadores foi causado pelo crescimento acelerado e a necessidade urgente de mão-de-obra. Outro fator agravante é que a qualificação exigida nessa área era escassa na região.

- Falta de padronização dos fornecedores

Componentes iguais utilizados na produção e comprados de diferentes fornecedores acarretavam em ajustes nos programas computacionais utilizados nas máquinas ou até mesmo na reposição dos acessórios que os acoplavam, acarretando em esperas até a estabilização do processo produtivo.

- Não comprometimento da gerência

A falta de comprometimento da gerência interferia na motivação dos funcionários envolvidos no processo e no cumprimento dessas das regras estabelecidas.

- Crescimento acelerado

A expansão rápida da fábrica provocou uma certa desorganização, acarretando em falta ou mal dimensionamento de infraestrutura e operadores inexperientes no processo produtivo. Assim, a execução do *changeover* conforme a metodologia criada era, de certa forma, inviabilizada.

Portanto, como citado por Van Goubergen (2002), o *setup* ou *changeover* sofre influências de várias áreas da empresa e não somente da produção como pensa a maioria. Por isso, todos devem ter a conscientização quanto às vantagens do programa de redução de *changeover* para contribuir positivamente no alcance dos objetivos e metas estabelecidas.

4.4.3 Análise dos resultados

A aplicação da metodologia desenvolvida para a execução do *changeover*, apesar da ocorrência dos problemas citados anteriormente, apresentou resultados positivos.

Os dados históricos da empresa apontam que o tempo médio de *changeover* era de aproximadamente 27 min. Com a implementação do novo processo, a meta de tempo para a sua realização foi pré estabelecida em 15 min. A determinação desse valor se deve ao tempo de 10,5 min detectados no estudo de cronoanálise para a finalização do *changeover*, acrescido de um tempo extra de 4,5 min para abranger qualquer tipo de ineficiência inerente à prática do processo. Essa meta de tempo estipulada para a execução do *changeover*, 15 min, deve ser gradualmente reduzida à medida que melhorias sejam introduzidas no sistema e que todos estejam adaptados ao novo processo.

Inicialmente, foi constatado um ligeiro aumento do tempo médio de *changeover* logo após a implementação da metodologia SMED desenvolvida. Isto se deve ao treinamento *on the job* pelo qual passaram os trabalhadores e a adaptação às mudanças introduzidas.

Em seguida, tem-se os gráficos com o tempo médio de *changeover* de cada linha de produção SMT. Sendo o início de implementação do novo processo

em maio/05, eles compreendem uma avaliação pós-implantação, referentes aos meses de junho/05 a janeiro/06, e foram gerados pela divisão do tempo total gasto com *changeover* durante a semana pelo número de ocorrências de tal processo. Vale ressaltar que os dados de algumas semanas foram excluídas dessa análise por não apresentarem dados amostrais confiáveis. Várias podem ser as explicações para essas ocorrências, tais como: inexistência de *changeover* durante a semana por falta de material ou defeito de alguma máquina, acarretando na parada da linha, ou mesmo, não programação da produção. Outras razões podem ser o não apontamento das informações necessárias para computação desse dado e, ainda, falha na transcrição dos apontamentos realizados pelos operadores para o banco de dados. Ainda, é possível perceber que existem linhas com dados tardios em relação ao início do período de análise. Isso ocorre porque as linhas de produção foram sendo adquiridas ao longo do ano de 2005, não coincidindo, então, com a data inicial de funcionamento

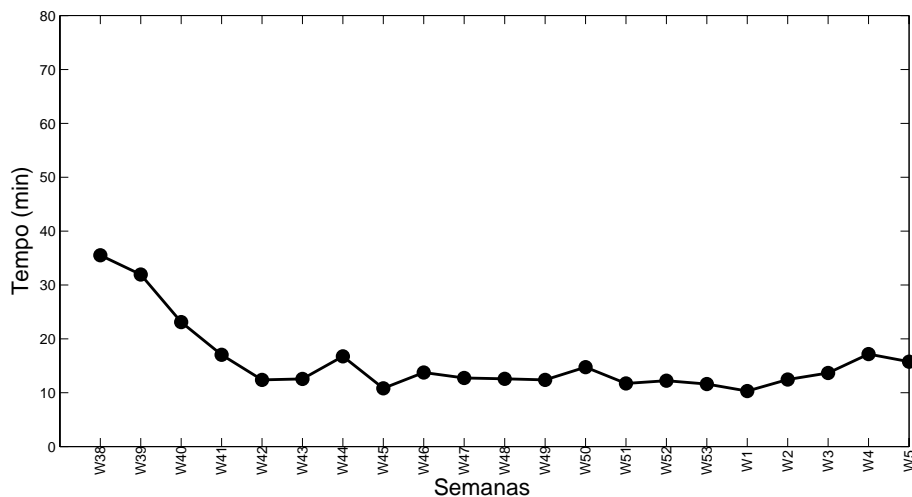


Figura 4.15: Tempo Médio de Changeover - Linha 1

Pela análise dos dados, notou-se, uma variabilidade significativa do tempo gasto com o *changeover* na maioria das linhas de produção. Esse aspecto, no geral, pode ser justificado pelo crescimento acelerado que forçou a introdu-

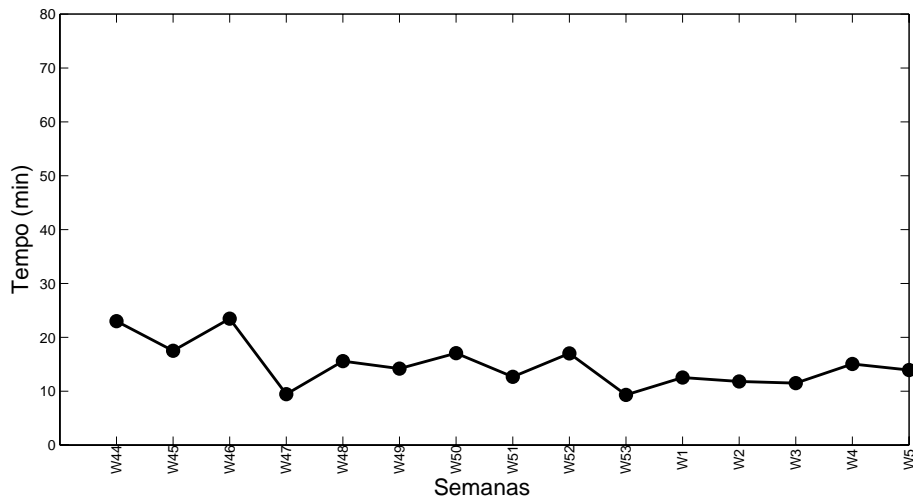


Figura 4.16: Tempo Médio de Changeover - Linha 2

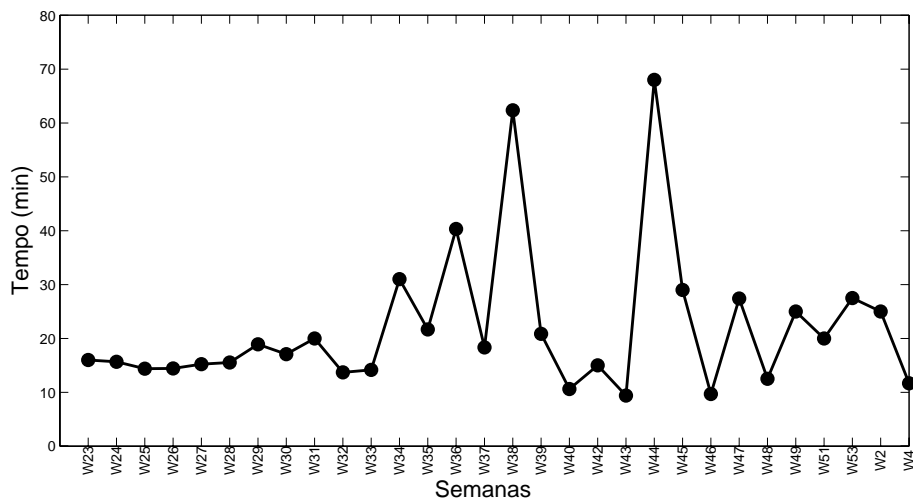


Figura 4.17: Tempo Médio de Changeover - Linha 3

ção de trabalhadores inexperientes no processo produtivo, além do período de adaptação com os equipamentos recém adquiridos. Usualmente, essas máquinas já pertenceram a outras filiais e, portanto, apresentam uma certa degeneração pelo tempo de uso, que provoca perdas de tempo com ajustes durante o *changeover*. Esse crescimento desordenado também acarretou na

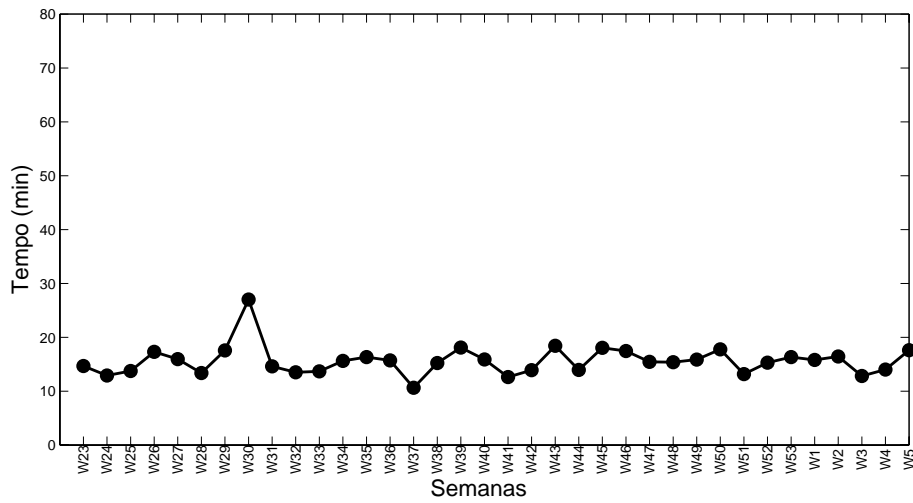


Figura 4.18: Tempo Médio de Changeover - Linha 4

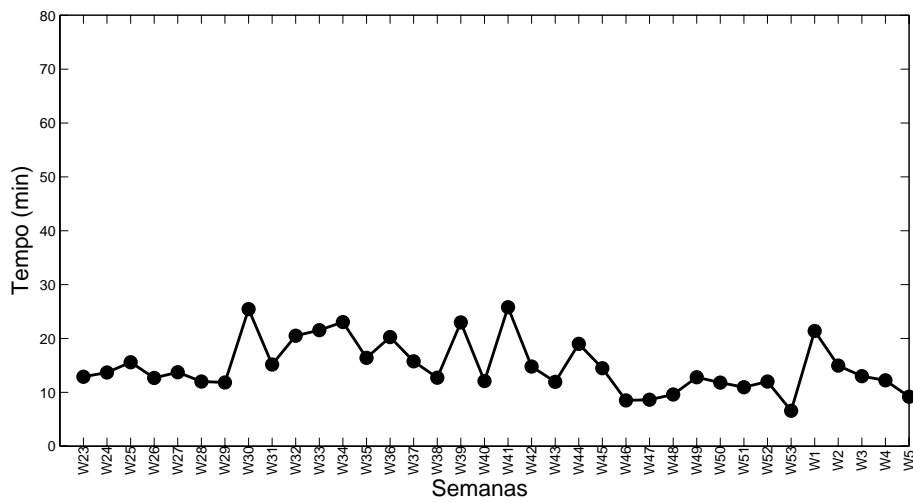


Figura 4.19: Tempo Médio de Changeover - Linha 5

falta de infra estrutura necessária para a execução do processo definido, influenciando negativamente nos resultados. Outra influência é o alto nível de rotatividade dos trabalhadores entre as linhas de produção. Isto atrapalha o operador a aprofundar o conhecimento do equipamento com o qual está lidando. Esse crescimento também prejudicou o monitoramento mais rígido

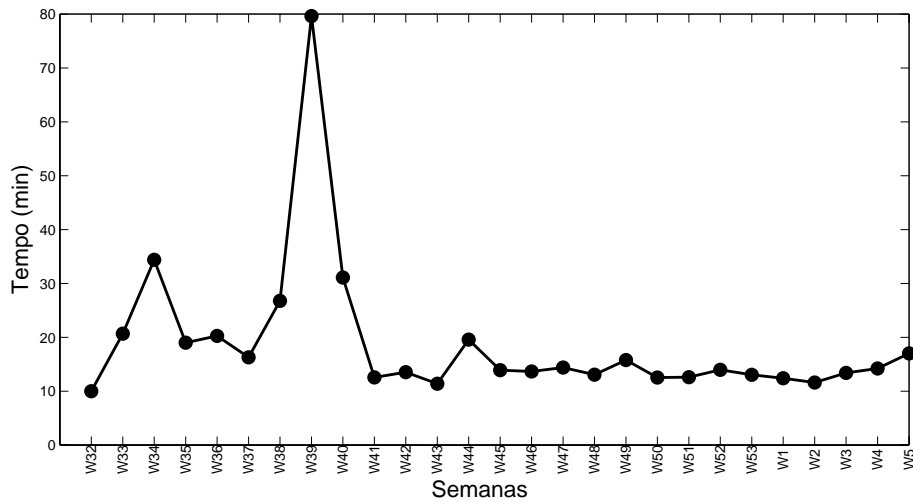


Figura 4.20: Tempo Médio de Changeover - Linha 6

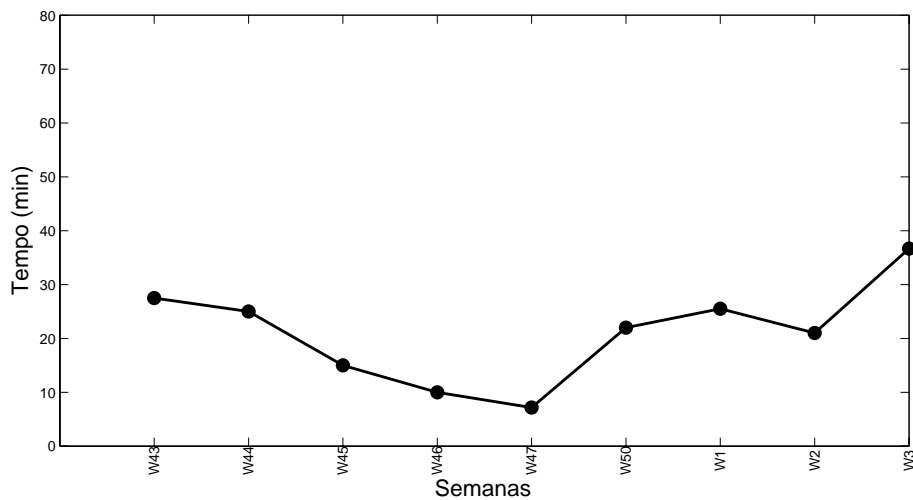


Figura 4.21: Tempo Médio de Changeover - Linha 7

das atividades devido ao aumento das linhas a serem fiscalizadas e pessoas envolvidas.

Outro aspecto a ser citado é que as linhas de produção não são padronizadas. Existe uma variedade significativa de equipamentos que se diferem tanto pelo tempo de uso como pela quantidade existente em cada linha. Quando se

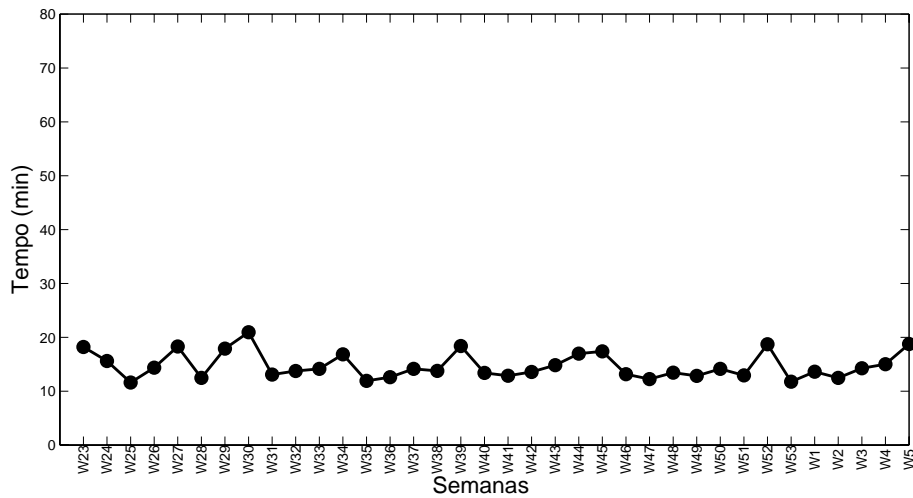


Figura 4.22: Tempo Médio de Changeover - Linha 8

tem um maior número desses equipamentos em uma única linha de produção, é de se esperar que o tempo médio de *changeover* seja maior. Esse é o caso da Linha 3 apresentado na Figura 4.17.

Portanto, durante a etapa de coleta e análise dos dados, foi levantada a seguinte questão: não teria que haver uma meta de tempo estipulada para cada linha de produção? Isso fica claro quando se observa que existe certa particularidade em cada uma delas, tornando então, uma atividade de melhoria do processo e sugestão de prosseguimento deste trabalho.

Um fator relevante e de alto impacto no resultado do *changeover* é a sequência de produtos a serem fabricados. Como descrito anteriormente, é comum as placas receberem componentes dos dois lados, sendo tratadas como produtos diferentes no sequenciamento. Quando acontece da produção dessas placas serem programadas sequencialmente, o tempo de realização do processo estudado torna-se consideravelmente reduzido. Isso porque elimina muitas etapas como ajuste de conveyor e, geralmente, troca de pinos de apoio da *Printer* e demais *Insersoras*. Existem também, aqueles produtos semelhantes que se comportam como os últimos mencionados. A semelhança desses produtos podem estar no tamanho ou na posição de inserção

de componentes. Porém, essas noções ainda não são tão evidentes para os programadores de produção, pessoas totalmente desvinculadas do processo produtivo.

Existem produtos em que o fluxo produtivo, desde o *changeover*, flui melhor em determinadas linhas de produção. Para a garantia de um melhor tempo de realização do processo e da eficiência da produção, sugere-se, na continuação deste trabalho, a avaliação da fabricação de cada produto nas diferentes linhas de produção. Dessa forma, é possível sequenciá-los em conformidade com o melhor resultado dessa análise.

Após a implementação da metodologia SMED, esperava-se que a linha teste (Linha 4 - Figura 4.18) apresentasse um melhor desempenho em relação às outras. Essa expectativa deve-se ao fato dos operários estarem motivados, já que participaram na elaboração do novo processo, bem como pelo estado de conservação, tanto dos equipamentos como dos acessórios utilizados na produção. Porém, surpreendentemente, isso não foi confirmado. Uma razão para tal resultado pode ser o tipo de classificação recebida. No SMT, houve uma divisão das linhas para atendimento específico de determinados clientes, sendo que a linha teste foi destinada aos vários pequenos clientes. Isso acarreta em significativa variedade de produtos produzidos em pequenos lotes. Diferentemente, na Linha 6, Figura 4.20, que atende um único cliente com produtos quase sempre semelhantes, pode-se verificar que após o período de adaptação ao novo processo, o tempo médio de realização *changeover* é mais homogêneo.

A característica apresentada principalmente pela Linha 4, Figura 4.18, ou seja, produção de vários modelos de produtos e em pequenas quantidades, destaca a extrema relevância da implantação do SMED. Em menores proporções, as demais linhas apresentam o mesmo comportamento. Como já descrito por Shingo (1989), a redução de *changeover* é o pré requisito para possibilitar a produção em pequenos lotes. É notável que essa diminuição da quantidade produzida aumenta o número de ocorrências de tal processo. Portanto, a metodologia implementada também tem a função de equilibrar

essa situação à medida que permite uma troca de produção mais ágil. Se fosse possível a redução do tempo de *changeover* a zero, isso possibilitaria a produção de um modelo de cada vez, ou seja, lote unitário.

Em se tratando do contexto em que a Empresa X pertence, empresa do tipo de manufatura contratada do setor eletroeletrônico, a introdução do SMED torna-se vital à sua sobrevivência. A demanda, extremamente volátil, e a ampla carteira de clientes exigem dessa a capacidade de produção de um grande *mix* de produtos em pequenas quantidades e que sejam disponibilizados rapidamente no mercado.

Além dos benefícios citados anteriormente, a implantação da metodologia desenvolvida também permite um retorno financeiro com o aumento da disponibilidade de equipamentos. Considerando que são realizados, em média, 80 *changeovers* na semana em todas as linhas SMT, e que sejam economizados 12 minutos em cada, isso representa um aumento de 16 horas de disponibilidade dos equipamentos semanalmente. Ainda, sendo a hora de produção equivalente a U\$ 600,00, o faturamento semanal extra é de U\$ 9600,00, ou seja, aproximadamente, R\$ 19680,00. Além disso, possibilita aumentar o nível de atendimento da demanda.

Os gastos com o desenvolvimento do novo processo de *changeover* foram de aproximadamente R\$25.000,00. Portanto, contrabalanceando os custos dispendidos com a possibilidade de ganho fica claro o interesse em otimizar tal processo. Fazendo uma análise mais profunda, além desse benefício, a empresa conta também com a chance de produzir lotes menores, pequenos *lead times*, baixo nível de estoque, assegurando melhor qualidade dos produtos, além de aumentar a flexibilidade e, conseqüentemente, a competitividade frente aos concorrentes.

Deve-se ressaltar que a redução do tempo médio de *changeover* foi alcançado principalmente com a organização e padronização do processo. Em outras palavras, o objetivo foi criar uma metodologia até então inexistente para a realização de tal processo. Para se conseguir melhorias em maiores proporções, sabe-se que é necessário interferir na estrutura dos equipamen-

tos, ferramentas ou produtos. Porém, isso levaria tempo e, geralmente, altos investimentos que, muitas vezes, pelo percentual de capital necessário, são abandonados sem mesmo se ter consciência da relação custo-benefício. Quando se trata de empresas de manufatura contratada do setor eletroeletrônico, a existência de uma enorme instabilidade da demanda, caracterizada por uma alta velocidade de inovações em modelos de produtos e tecnologia empregada, elevam ainda mais os riscos de aplicação do capital.

4.5 O atual sistema de manutenção da Empresa

X

O sistema de manutenção da empresa estudada, apesar de demonstrar alguns avanços em relação ao envolvimento dos trabalhadores na função de manter os equipamentos, ainda é precário. A função produção é, geralmente, tratada separadamente da função manutenção, não havendo uma conscientização quanto à importância de integração dessas áreas para alcance de potenciais melhorias no processo produtivo. Há uma grande preocupação em relação à utilização da capacidade produtiva.

Atualmente, a manutenção é exercida de acordo com o manual do fornecedor dos equipamentos, levando-se em consideração a periodicidade e as atividades a serem executadas. Em relação ao intervalo de execução das atividades, ela é dividida em diária, semanal, quinzenal e mensal. As manutenções diárias, tarefas de baixa complexidade, são exercidas exclusivamente pelos operários de um turno específico. As demais são desempenhadas conjuntamente por técnicos de processo e operários de um turno particular diferente do que se realiza as manutenções diárias. Portanto, não existe uma equipe especializada para realizar tal função, além dos atuais responsáveis não possuírem um conhecimento aprofundado que deveriam ter para o desempenho dessa tarefa.

Apesar das manutenções preventivas seguirem as especificações do fornecedor, percebe-se um alto índice de paradas dos equipamentos para ma-

manutenções não planejadas, o que consome um tempo expressivo que deveria ser utilizado para a produção. Isso pode ser explicado pelas condições dos equipamentos existentes na fábrica ou pelo nível de experiência dos trabalhadores. As máquinas utilizadas na produção têm um longo tempo de uso, geralmente vindas de outras unidades. Além disso, com a expansão da empresa, foram contratados muitos operários inexperientes na linha de produção, acarretando em aumento das falhas e, conseqüentemente, tempo de parada para manutenções não planejadas, ou corretivas.

Outra característica da manutenção é a inexistência de registros dos defeitos dos equipamentos, ou seja, histórico de falhas. O único indicador existente refere-se ao tempo total de paradas para manutenção corretiva. Porém, são embasados em apontamentos dos operadores durante o processo produtivo que, muitas vezes, não apontam, detalhadamente, as ocorrências, impossibilitando o aproveitamento da informação.

Atualmente, há uma discrepância na quantidade real e a apresentada no estoque das peças de reposição. Verificou-se que muitos itens sequer foram cadastrados no sistema. Além disso, não existe uma pessoa responsável pelo controle de estoques de tais peças. As requisições são feitas quando, ocasionalmente, um dos técnicos de processo, responsáveis pelas manutenções corretivas e preventivas, percebe a falta ou a diminuição de oferta dessas e dispara o pedido de compra. Esse processo acarreta em um estoque mal dimensionado e passível de provocar longas paradas por inexistência de peças para reposição. Quando a peça é de alto custo e de baixa taxa de reposição, esse processo até que é aceitável. Porém, faz-se necessário um meio paliativo de solução. Em caso contrário, a perda gerada torna-se inadmissível.

O processo produtivo SMT trabalha com componentes muito pequenos, precisando, assim, de equipamentos de alta precisão. Portanto, uma manutenção adequada aumenta a disponibilidade das máquinas, aumentando a produtividade, níveis de qualidade dos produtos, redução de custos e *lead times*, acarretando em flexibilidade para a empresa.

Diante da situação descrita, foi desenvolvida uma metodologia para im-

plementação da manutenção produtiva total. Espera-se, assim, otimizar o sistema de manutenção da empresa e, conseqüentemente, seu processo produtivo, tornando-a mais competitiva.

4.5.1 A metodologia TPM desenvolvida

A metodologia TPM foi desenvolvida, inicialmente, para a implementação em uma área específica da empresa, similarmente ao programa de redução de *changeover*, ou seja, linha de produção SMT. As etapas de implementação dessa metodologia estão divididas em três fases: preparação, introdução e consolidação. Vale ressaltar que este trabalho sugere os procedimentos a serem realizados em todas as etapas. Porém, a execução das atividades de implementação não foram iniciadas, não possuindo, então, qualquer tipo de resultado.

A fase de preparação iniciou-se com a decisão da alta gerência sobre a implementação do TPM e terminou com a elaboração do Plano Diretor TPM, consistindo das etapas que são descritas a seguir:

Etapa 1: Decisão da alta gerência sobre a implementação do TPM

Diante dos promissores benefícios a serem conquistados como: confiabilidade do processo, redução dos custos, redução do *lead time*, aumento do nível de qualidade dos produtos e de produtividade, a alta gerência se interessou pela implantação da manutenção produtiva total.

Diferentemente do sugerido por Nakajima (1989), nessa etapa ainda não há nenhuma divulgação formal sobre o assunto.

Essa atividade foi transferida para a Etapa 5, Educação e Conscientização sobre o TPM, por estar, nesse momento, melhor estruturada a metodologia adotada para a introdução do TPM na empresa e considerá-la, assim, uma forma a mais de motivação para as pessoas envolvidas.

Etapa 2: Definição da estrutura organizacional para a implementação do TPM

A estrutura organizacional elaborada pode respeitar a hierarquia já existente na empresa, mas isto não diminui a importância e contribuição de cada setor no êxito da implementação do TPM. Todos têm um papel fundamental para o alcance de resultados positivos. Na Figura 4.23, tem-se a estrutura organizacional sugerida para a implementação do TPM na Empresa X. A definição dessa foi embasada no estudo de caso apresentado por Chan *et al.* (2005) e adaptada à realidade da empresa pesquisada.

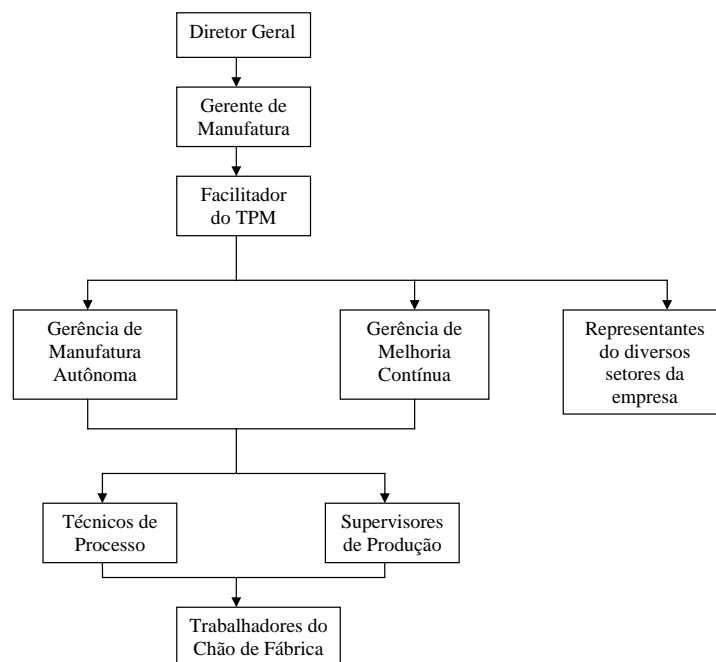


Figura 4.23: Estrutura Organizacional de Implantação do TPM

A Diretoria Geral e a Gerência de Manufatura continuam em posição estratégica. Têm como objetivo orientar os demais setores quanto à situação da empresa em relação ao mercado, proporcionar um ambiente de entusiasmo

e buscar o comprometimento de todos para a consolidação da metodologia implantada, bem como criar meios para a disponibilização dos recursos necessários.

A Gerência de TPM tem a função de promover a implementação da metodologia, administrá-la, além de apoiar os demais setores nas suas respectivas atividades para estarem todos em consonância com os objetivos pré-estabelecidos. E também é responsável por organizar reuniões periódicas com o intuito de mostrar aos demais envolvidos o andamento das atividades, a análise dos dados, bem como levantar a discussão sobre algum problema crítico detectado que esteja inviabilizando o alcance das metas. Sugere-se que esses encontros sejam feitos semanalmente no início da implantação e que seja prolongada a periodicidade com a maturação do processo. Dependendo da questão a ser discutida, fica na responsabilidade do facilitador de TPM, assim denominado o gerente de TPM, convocar o responsável pelo TPM do departamento que contribuirá na solução ou melhoria de tal problema.

Diretamente ligados à Gerência de TPM estão os órgãos de Manutenção Autônoma (MA) e Melhoria Contínua (MC). A MA tem a função de fornecer e controlar os treinamentos aos operadores referentes às manutenções dos equipamentos, além de estruturar o sistema de manutenção. Já a MC fica responsável por propor otimizações tanto nas máquinas quanto no processo produtivo, visando a redução das perdas e, conseqüentemente, aumento de eficiência da produção. Portanto, com exceção do líder do setor, essas duas subdivisões são formadas pelas mesmas pessoas. São aquelas que estão diretamente ocupadas no chão de fábrica que, por isso, estão aptas a contribuir para a melhoria dos resultados.

Etapa 3: Definição das políticas básicas do TPM

A determinação das políticas básicas consistiu em discriminar quais as metas futuras que a organização pretende alcançar com a implementação do TPM. Para isso, levando-se em consideração as atuais circunstâncias in-

ternas e externas, foi estabelecido o objetivo central e os elementos chaves determinantes. Na Tabela 4.2, apresenta-se as políticas básicas na empresa estudada.

As metas sugeridas visam conceder uma maior competitividade da empresa em face às outras de manufatura contratada do setor de eletroeletrônicos.

Etapa 4: Educação e conscientização sobre o TPM

Essa etapa consistiu em divulgar o significado, benefícios e metas a serem alcançados com a introdução do TPM, através de seminários nos diferentes níveis da empresa. Como sugerido por Shirose *apud* Tondato (2004), enfoques diferenciados devem ser fornecidos aos diversos níveis com o intuito de conseguir um melhor entendimento e, conseqüentemente, melhor comprometimento na execução das tarefas.

Etapa 5: Elaboração do Plano Diretor TPM

O desenvolvimento do Plano Diretor TPM tem o objetivo de mostrar a relação das atividades a serem executadas com os respectivos tempos necessários para a conclusão dessas, durante toda a fase de implementação da metodologia até a fase de consolidação.

Após a fase de preparação da metodologia TPM, a fase introdutória representa o início da implantação e se constitui de uma única etapa. Como descrito por Nakajima (1989), até aqui, todas as decisões foram tomadas pela alta gerência, sendo a partir de então envolvido o pessoal operacional.

Tabela 4.2: Políticas básicas de implementação do TPM

Circunstâncias Externas	Circunstâncias Internas
<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos • Flexibilidade • Lead time de entrega • Qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de produtividade e qualidade • Aumento da capacidade produtiva • Aumento da eficiência dos equipamentos • Pouco envolvimento dos trabalhadores do chão-de-fábrica em programas de melhoria • Pouco conhecimento das reais condições dos equipamentos • Falta de consciência dos impactos das ações nos diversos departamentos • Pouca mão-de-obra capacitada tecnicamente disponível para participar de programas de melhoria



Política Básica
Alcançar o zero-defeito, zero-falha e zero-perda, através de equipes de trabalho e programas de melhoria contínua



Elementos Chave
<ul style="list-style-type: none"> • Utilização eficiente dos recursos • Treinamento de capacitação • Redução de changeover • Redução de downtimes e perdas • Eficiente gerenciamento dos equipamentos, ferramentas e acessórios (feeder, rodos, stencils, suportes) • Eficiente gerenciamento de materiais

Etapa 6: Início da implantação do TPM

A alta gerência deve fazer um pronunciamento sobre a importância da implantação do TPM na empresa. Nesse momento, espera-se uma confirmação dos participantes quanto à responsabilidade em executar as tarefas conforme o planejado.

A fase de implementação consta da execução das tarefas descritas no Plano Diretor TPM. Ela possui as etapas referentes às atividades da Manutenção Autônoma (MA) e da Melhoria Contínua (MC).

Etapa 7: Estabelecimento do sistema de melhoria do processo produtivo

Esta etapa engloba atividades de aperfeiçoamento, tanto de equipamentos quanto de pessoal, sendo que as responsabilidades foram divididas em dois órgãos: Manutenção Autônoma (MA) e Melhoria Contínua (MC). A MA está mais vinculada à estruturação do sistema de manutenção, bem como ao treinamento dos trabalhadores para a execução das tarefas de manutenção. A MC terá o papel de prover as atividades para redução das perdas a fim de aumentar a eficiência e confiabilidade do processo produtivo. A seguir, são apresentadas as etapas de MA e MC.

Etapa 7.1: Atividades da Manutenção Autônoma

As atividades da Manutenção Autônoma são divididas em nove etapas, descritas a seguir:

Etapa 7.1.a: Definição da equipe piloto

Chan *et al.* (2005) sugere a implementação do TPM por modelos de máquinas. Porém, pode haver uma diversidade enorme das máquinas numa

empresa, como é o caso da empresa estudada. Nesse caso, a adoção do TPM, numa linha de produção específica, torna-se mais adequada. Isso, porque apesar da necessidade de um maior número de treinamentos referentes às manutenções dos equipamentos, facilita o monitoramento e a análise da evolução dos resultados, bem como a percepção do nível de interesse e motivação da equipe envolvida. A equipe de trabalho, neste caso, constará de todos os trabalhadores alocados à linha de produção escolhida .

Sugere-se, ainda, que o início das atividades de TPM seja na linha de produção que possua os equipamentos com um menor tempo de uso e menos degenerados. Esse procedimento facilita a obtenção de resultados favoráveis em um menor intervalo de tempo, conseqüentemente, pode se tornar um incentivo no momento da difusão da metodologia para o restante da área de interesse.

Etapa 7.1.b: Controle das peças de reposição

O controle das peças de reposição é um fator determinante na garantia da eficiência do processo produtivo. Uma vez a máquina parada com necessidade de troca de peça é esperado que essa esteja disponível no estoque para reposição imediata e retomada da produção. Porém, existem peças de alto valor e que são requisitadas em menor frequência. Muitas vezes, não é compensador o seu armazenamento em função do capital empatado. Portanto, um controle da periodicidade de troca das peças nos equipamentos além de favorecer a manutenção preventiva, acarretando em trocas planejadas e, conseqüentemente, prevenindo problemas mais graves, serve também para dimensionar melhor o estoque de peças.

Etapa 7.1.c: Codificação dos defeitos dos equipamentos

Essa etapa é importante pelo fato dos apontamentos dos defeitos serem, geralmente, realizados pelos trabalhadores do chão de fábrica. Assim, tem-se

como objetivo padronizá-los, criando uma nomenclatura específica. Dessa forma, o rastreamento das informações torna-se mais fácil e a resolução da falha registrada pode ser feita com mais eficiência

Etapa 7.1.d: Treinamento sobre manutenção autônoma

O treinamento sobre manutenção autônoma deve ser realizado com os trabalhadores do chão de fábrica. A partir deste treinamento eles passam a ter responsabilidades, não apenas de operação, mas também de conservação de suas máquinas. Este procedimento está em conformidade com a afirmação de Nakajima (1989). Segundo ele, “o TPM aumenta a taxa de produção dos homens e das máquinas”. Cada operário deve receber treinamentos de todos os equipamentos que manuseia, contendo os procedimentos para limpeza, calibração, lubrificação e inspeção visual dos mesmos.

É preciso fazer um controle das pessoas treinadas para avaliar a evolução das habilidades e planejar programas de reciclagem.

Etapa 7.1.e: Recondicionamento dos equipamentos

Para a implementação do TPM é necessário colocar os equipamentos numa situação similar ao início de sua utilização. A existência de problemas recorrentes causados pela degeneração, inviabilizam as ações agora executadas pelos operadores, tais como lubrificação e calibração.

Willmott (1994), apresenta um modelo de documento para registrar dados da avaliação das condições do equipamento, direcionando as ações quanto à prioridade determinada pelo impacto no desempenho do processo produtivo.

Etapa 7.1.f: Construção do histórico dos equipamentos

Um relato da vida ou história do equipamento é essencial na gestão de sua manutenção. A análise dos dados fornecidos por ele servem para prever

defeitos e também a necessidade de troca de peças antes mesmo da iminência de ocorrência, ou seja, possibilitam o diagnóstico da sua real situação, direcionando as ações da manutenção preditiva e planejada.

Etapa 7.1.g: Programação das manutenções planejadas

As manutenções planejadas devem incluir as ações recomendadas pelo manual do fornecedor do equipamento, além das atividades constatadas no diagnóstico da situação do equipamento descrita no seu histórico, ou seja, englobam as manutenções preventivas e preditivas. A periodicidade das tarefas exigidas pelo fornecedor podem ser contrastadas com o relato do equipamento para verificação da real necessidade de execução no momento esperado. Isso possibilita melhor adequação do uso dos recursos, bem como nível de disponibilidade das máquinas.

Etapa 7.1.h: Padronização das atividades de manutenção

Os métodos e responsabilidades das atividades de manutenção devem estar bem definidos para facilitar o monitoramento das mesmas, bem como possibilitar que melhorias sejam introduzidas em todas as linhas e não somente num caso específico.

Etapa 7.1.i: Monitoramento das atividades de manutenção

O monitoramento das atividades de manutenção tem como objetivo verificar se os procedimentos estão sendo corretamente seguidos, além de avaliar o envolvimento das pessoas no desenvolvimento das atividades. Outro tipo de monitoramento que pode ser feito é analisar o tempo gasto em cada equipamento durante as manutenções planejadas afim de descobrir o gargalo dessa tarefa para posterior aprioramento. Portanto, essa etapa funciona com o propósito de estar sempre em busca de melhorias do sistema de manutenção.

Etapa 7.2: Atividades da Melhoria Contínua

As atividades da Melhoria Contínua são divididas em sete etapas, descritas a seguir:

Etapa 7.2.a: Análise das seis perdas

Essa etapa serve para avaliar o desempenho do processo produtivo. Como um dos objetivos da implantação do TPM é o aumento da eficiência da produção, deve-se conhecer o atual patamar de desempenho, para, então, progredir nos resultados. Portanto, um estudo detalhado deve ser feito para identificar quais as perdas são mais recorrentes e quais são as mais impactantes no alcance das metas. Uma ferramenta que pode auxiliar na análise das perdas é o Diagrama de Pareto que pode, por exemplo, organizar os dados de acordo com a frequência de ocorrência, permitindo focar naquelas que podem trazer maiores benefícios.

Etapa 7.2.b: Planejamento de ações para eliminação das perdas

Após a avaliação das perdas que afetam a eficiência do processo produtivo, é necessário criar um plano de ações visando sua eliminação. As prioridades de intervenção devem ser dadas, preferencialmente, àquelas que permitam uma maior parcela de ganhos. Porém, podem seguir outros critérios como: frequência de ocorrência, facilidade de resolução ou quantidade de investimento necessário.

Etapa 7.2.c: Treinamentos em técnicas de resolução de problemas

Esse treinamento visa conscientizar e capacitar todos os envolvidos na implantação do TPM em técnicas que possibilitam descobrir as causas raízes das perdas existentes. Dessa forma, tem-se uma mudança de mentalidade de

apenas remediar o problema em eliminar as razões que o provoca para evitar sua repetição.

A maioria dos problemas no chão de fábrica podem ser resolvidos utilizando-se de técnicas simples e fáceis de serem aplicadas. Dentre elas, destacam-se: 5 Porquês e Método Científico. A primeira se baseia em perguntar várias vezes (geralmente cinco, daí o nome) o porquê de tal problema até descobrir a sua verdadeira causa para, então, programar um plano de ações. A segunda se baseia na aplicação de cinco passos que são apresentados a seguir:

- **Identificar:** é o processo de coletar e organizar as informações para definição do problema. Esse passo é difícil, porém é o mais importante, já que, sem uma definição clara do problema fica impossível solucioná-lo adequadamente.
- **Analisar:** é uma análise sistemática dos dados para determinar a relação de causa/efeito e a geração de possíveis soluções.
- **Planejar:** é a etapa de seleção, desenvolvimento e validação das melhores alternativas. Deve-se levar em conta o tempo, recursos e responsabilidades necessárias.
- **Implementar:** essa etapa engloba a execução do planejamento definido anteriormente, bem como o monitoramento para comparação da evolução das ações com o planejamento.
- **Avaliar:** consiste em comparar resultados com as metas estabelecidas, definindo novas oportunidades.

A aplicação da técnica dos 5 Porquês, conjuntamente com o Método Científico, pode ser extremamente útil na identificação do problema a ser solucionado.

Etapa 7.2.d: Aplicação de técnicas de resolução de problemas

Posteriormente aos treinamentos de técnicas de resolução de problemas, essa etapa busca colocar em prática o que foi aprendido. Portanto, diante de qualquer situação que afete a eficiência da produção, elas devem ser adotadas com a intenção de extinguir a essência de tal distúrbio e evitar a repetição.

Etapa 7.2.e: Implementação das melhorias na equipe piloto

Sugere-se que a introdução de melhorias advindas das etapas anteriores seja realizada, primeiramente, numa equipe piloto para posterior difusão. Isso facilitaria o acompanhamento dos resultados ou mesmo uma readaptação do processo em caso de necessidade.

Etapa 7.2.f: Avaliação e padronização das melhorias

Ao constatar que a melhoria introduzida se encontra em situação favorável e estável, ou seja, acrescentou nos resultados e já recebeu a versão definitiva, deve-se estabelecer procedimentos para incorporação na rotina de trabalho da empresa. A verificação dos resultados advindos dessa ação pode ser feita avaliando o custo x benefício alcançado.

Etapa 7.2.g: Difusão da melhoria

Após a incorporação das modificações na rotina de trabalho da equipe piloto, deve-se difundí-las para o restante da área de interesse, tomando sempre como base o processo já realizado na equipe piloto.

As etapas descritas enfatizam a implementação do TPM na equipe piloto pré-definida. Portanto, para disseminação da metodologia em toda a área de interesse, as mesmas práticas devem ser realizadas.

O trabalho realizado em equipes é uma questão intrínseca à manutenção produtiva total. A formação desses times de trabalho pode ser estabelecida

como sendo os grupos de trabalhadores de cada linha. Para isso, um líder deverá ser indicado para coordenar os demais integrantes. Uma forma de aprimorar as habilidades desse líder pode ser concedendo treinamentos sobre liderança, que pode estar incluído nas atividades do Facilitador de TPM. Outro treinamento de grande valia para os resultados e que também pode ser atividade dele é a difusão sobre conceitos de produtividade, tipos de paradas da produção e índice de qualidade dos produtos para auxiliar os operadores a coletar os dados necessários na avaliação de eficiência da produção, além de instruí-los das condições vigentes do processo. Assim, a percepção de qualquer anomalia pode ser detectada mais rápida e, conseqüentemente, as devidas ações serem executadas antes que o problema tome grandes proporções.

Na empresa estudada, esse último treinamento foi realizado como parte deste trabalho, onde todos os operadores e supervisores de produção da área do SMT participaram.

Conjuntamente com a introdução do TPM, sugere-se a incorporação do uso de um software para gerenciamento da manutenção. Eles permitem o uso de métricas mais elaboradas (dados estatísticos) e facilitam a análise dos dados. Proporcionada essa facilidade, as equipes de trabalho ficam mais disponíveis para cada um focar nas suas atividades e buscar possíveis melhorias.

Várias são as métricas que podem ser utilizadas para verificar a melhoria de eficiência do processo produtivo. Particularmente, na empresa pesquisada, sugeriu-se as seguintes métricas:

- tempo total de paradas durante a produção;
- intervalo médio entre defeitos;
- porcentagem de produtos produzidos dentro dos padrões de qualidade;
- custo médio de manutenção por defeito;
- índice de eficiência global (OEE).

O desenvolvimento dessa metodologia, mesmo sem implementação, possibilitou a geração de algumas implicações teóricas que serão vistas na seção seguinte. Implicações teóricas e, também práticas, foram possíveis com o desenvolvimento e implementação do SMED na empresa estudada.

4.6 Implicações práticas e teóricas do estudo

As empresas do setor eletroeletrônico estão inseridas em um mercado dinâmico, levando-se em consideração o tipo de demanda, os produtos fabricados e o papel das empresas de manufatura contratada.

Os clientes estão interessados em produtos diferenciados, de alta qualidade, acessíveis financeiramente e que tenham um curto prazo de entrega. Atualmente, os produtos são caracterizados por serem “mundias”, ou seja, fabricados localmente e comercializados mundialmente, o que agrava a concorrência. Em se tratando dos produtos eletrônicos, esses, ainda, são caracterizados por um alto valor agregado e por um curto ciclo de vida, sofrendo modificações e inovações numa velocidade surpreendente. Esses aspectos levam à produção de uma grande variedade de produtos, porém em pequenas quantidades para não ocorrer o risco de perda por obsolescência.

Além das características relatadas anteriormente, que definem o cenário das empresas do setor eletroeletrônico, aquelas do tipo de manufatura contratada ainda sofrem um agravante, que é a constante pressão por parte das OEM pela redução de custos, aumento de produtividade e qualidade dos serviços e produtos. Também, é muito comum atender diversas OEM, evidenciando ainda mais a necessidade de fabricação de um enorme *mix* de produtos.

Portanto, esse dinamismo significa que as empresas, para garantir a competitividade, devem ser flexíveis e estarem prontas para responder rapidamente às demandas do mercado.

A manufatura enxuta vem, então, como uma alternativa de assegurar a competitividade. Isso porque proporciona um processo produtivo mais efici-

ente e estável, já que prioriza a eliminação de quaisquer atividades que não agregam valor ao produto final, melhorando o nível de serviço aos clientes.

Dentro dessa filosofia de produção, existem várias técnicas para melhoria da organização como um todo. Porém, o processo de transformação e adaptação à essa modalidade requer empenho, determinação, estabelecimento claro dos objetivos e motivação de todos, principalmente da alta gerência para conduzi-lo. Na Figura 4.24, tem-se a base da implantação da produção enxuta na empresa estudada, destacando os principais pontos de atuação.

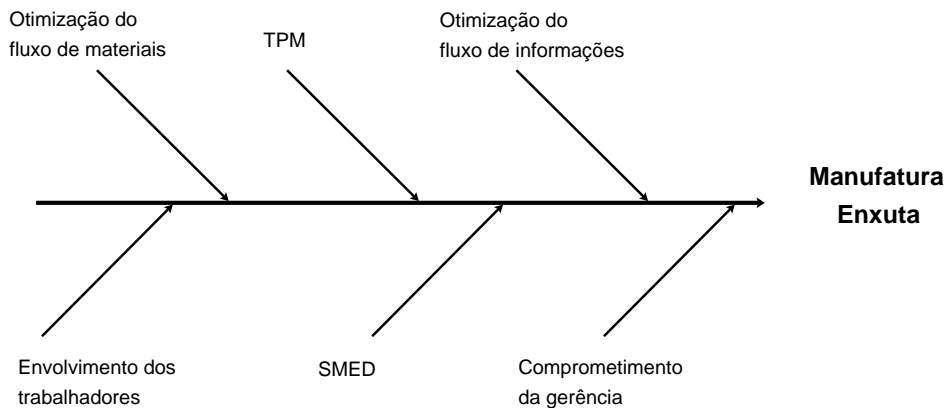


Figura 4.24: Manufatura Enxuta

O foco deste trabalho foi o desenvolvimento das metodologias SMED e TPM, sendo que os outros elementos servem de complemento para a obtenção do objetivo final, que é a incorporação da nova filosofia de produção, ou seja, Manufatura Enxuta.

O fluxo de materiais, de informações e o envolvimento dos trabalhadores, apesar de não serem objetivos dessa dissertação, também são de extrema importância, já que favorecem o funcionamento das metodologias desenvolvidas. O fluxo de materiais eficiente, garante que o item esteja no ponto de uso quando requisitado. O fluxo de informações estabelece um canal de comunicação entre os integrantes dos diversos departamentos, elemento essencial no funcionamento da produção enxuta. Já o envolvimento dos trabalhadores faz com que as pessoas estejam conscientes e motivadas para o cumprimento

do seu papel na implantação das metodologias.

Através da revisão de literatura, ficou constatado que um dos pré-requisitos para se atingir a flexibilidade do sistema produtivo, inclusive da empresas produtoras de PCBs (*Printed Circuit Boards*), segundo Cyr *et al.*, 1997, é a redução do tamanho dos lotes de produção, que está condicionada à redução do tempo médio do *setup/changeover* realizado. A aplicação do SMED, resultando na diminuição do tempo de parada das linhas de montagem quando houver troca de produção, possibilita também um *lead time* menor, níveis de estoques mais baixos e aumento da disponibilidade das máquinas e, consequentemente, aumento da produtividade.

Por sua vez, um *lead time* reduzido com a fabricação de pequenas quantidades, garante à empresa maiores chances de conseguir entregar os produtos no momento certo. Adicionalmente, favorece o processo de inserção de um novo produto no mercado, com capacidade de disponibilizá-los mais rapidamente. Esses fatores possibilitam um maior poder de resposta da empresa às variações da demanda, que são comuns no setor do qual faz parte.

E ainda, níveis de estoques baixos permitem visualizar problemas de qualidade mais rápido, reduzindo custos com retrabalho e sucateamento de produtos.

Outro aspecto que deve ser lembrado é que o *setup/changeover*, quando realizado corretamente, previne não conformidades no processo, assegurando a confiabilidade do processo e qualidade aos produtos. A confiabilidade pode ser mensurada pela qualidade dos produtos gerados ou pelo cumprimento aos prazos de entrega estabelecidos (Cyr *et al.*, 1997).

A melhoria de desempenho do processo produtivo também pode ser alcançada por meio de um eficiente sistema de manutenção. Esse procedimento pode evitar falhas inesperadas que atrapalham a programação da produção, bem como reduzir custos com a prevenção de defeitos graves e gastos oriundos do atraso da produção. Adicionalmente, a manutenção garante um bom funcionamento da linha de produção, que irá impactar diretamente na qualidade dos produtos.

A introdução da manutenção produtiva total, especificamente, mostra ser uma técnica bastante relevante. Além de incrementar a eficiência do processo produtivo com a diminuição e/ou a eliminação das seis grandes perdas, concede uma autonomia aos trabalhadores que, pela experiência, tendem a acrescentar ainda mais nas melhorias dos procedimentos realizados.

Pode-se dizer, ainda, que a introdução do SMED e TPM são atividades complementares. O objetivo do TPM, segundo Nakajima (1989), é a eliminação das seis perdas, sendo uma delas o tempo gasto com a atividade do *setup*. Portanto, a implementação da metodologia SMED garante um maior sucesso à implementação da metodologia TPM.

Nota-se, então, que a redução de *setup/changeover* e uma manutenção adequada dos equipamentos e ferramentas possibilitam tanto o aumento da confiabilidade das linhas de montagem, bem como da flexibilidade.

O *changeover* menor e a manutenção eficiente possibilitarão um processo produtivo estável, com aumento de produtividade e redução de custos, elementos fundamentais para uma empresa de manufatura contratada. Além disso, permite a produção de um grande *mix* de produtos, com a redução dos tamanhos dos lotes de produção e maior agilidade para responder às variações da demanda com a redução dos *lead times*.

Uma outra característica presente das empresas de manufatura contratada é a existência de clientes que correspondem a um percentual significativo das vendas. Isso ocasiona um risco considerável à empresa em caso de desistência do contrato. Portanto, a garantia da flexibilidade e da resposta rápida a custos reduzidos incorrem em maiores possibilidades de fidelização desse cliente, concedendo uma certa estabilidade à empresa prestadora de serviço.

Com isso, a implantação das técnicas SMED e TPM torna-se essencial à sobrevivência das empresas de manufatura contratada, já que permitem se adequar ao tipo de demanda dos produtos que fabricam e às exigências dos clientes, OEM e consumidores finais.

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

Neste capítulo, apresenta-se as principais conclusões resultantes desta dissertação, além de sugerir alguns possíveis temas de prosseguimento do trabalho realizado.

5.1 Conclusões

Mercados dinâmicos, como o do setor eletroeletrônico, caracterizado pela fabricação de produtos de alto valor agregado com curto ciclo de vida, demanda instável, concorrência internacional, forte presença de empresas do tipo de manufatura contratada e fortes perspectivas de crescimento, têm exigido flexibilidade do processo produtivo, baixos custos e capacidade de resposta rápida às variações da demanda. Outra característica importante é a tendência dessas empresas na produção de grandes variedades de produtos em pequenos volumes de produção, denominadas de HMLV(*High-mix, Low-volume*).

As empresas de manufatura contratada (EMS), aquelas responsáveis pela fabricação de produtos das empresas detentoras da marca (OEM), sofrem pressões para aumento de produtividade, redução de custos, respostas rápidas às variações da demanda e curto ciclo de produção para permitir a introdução de produtos mais rápido no mercado. Portanto, aquela que ofe-

recer um sistema produtivo mais eficiente terá maiores chances de se manter no mercado, onde a concorrência é acirrada e crescente.

Neste sentido, a produção enxuta aparece como uma medida de suporte para o alcance de vantagens competitivas, na medida em que permite uma produção de grande variedade de produtos, caracterizada por um curto *lead time*, alto nível de qualidade e eficiente uso dos recursos. Diante desses benefícios, juntamente com as necessidades da Empresa X detectadas pela análise das circunstâncias externas e internas, houve o enfoque em duas técnicas da manufatura enxuta: o desenvolvimento e implantação da metodologia SMED e o desenvolvimento da metodologia TPM. Todavia, apesar de serem construídas para um caso particular, nada impede que essas sejam introduzidas em outras indústrias, independente de qual setor pertença.

A implementação da técnica SMED na Empresa X, apesar das variabilidades ainda inerentes ao processo de realização do *changeover*, possibilitou reduções significativas do tempo médio dispendido. Esses resultados foram conseguidos através da organização e padronização do processo, com pouca utilização de investimentos e retorno significativo para a empresa. De acordo com os dados históricos da empresa estudada, o *changeover* gastava um tempo médio de 27 min. A implantação da nova metodologia de execução desse processo possibilitou o alcance de tempos próximos à meta pré estabelecida de 15 min. Parâmetro esse que deve ser gradualmente diminuído com a melhoria contínua da atividade. Quanto à relação custo-benefício, houve o investimento de aproximadamente R\$ 25.000,00 e retorno semanal de R\$ 19.680,00. Essa recuperação de capital pode ainda servir de financiamento para o aprimoramento desse mesmo processo ou qualquer outro programa de melhoria que possa vir trazer vantagem competitiva para a empresa.

Apesar do alcance de resultados positivos, este trabalho foi de certa forma limitado pela condição em que a empresa se encontrava: crescimento acelerado e desordenado. Esse fator fez com que trabalhadores sem a qualificação adequada fossem alocados ao processo produtivo. Também, acarretou no mal dimensionamento da infraestrutura necessária para a realização do novo

processo. Essa expansão também foi o principal motivo de impedimento na evolução da implantação da metodologia TPM.

Concluiu-se, ainda, que em períodos de turbulências como o descrito, torna-se complicado a implantação de programas de melhoria do sistema produtivo. Assim, o processo de implementação de novas metodologias na organização como um todo, deve ser bem planejado, para que não se torne uma tarefa árdua e, muitas vezes, sem credibilidade pelas pessoas envolvidas. Essa tarefa se torna um grande desafio nos ambientes de demanda volátil, onde o dinamismo do mercado é expressivo.

A interligação da área de produção com a manutenção, com as metodologias SMED e TPM desenvolvidas, demonstrou ser de grande valor. O TPM tem como objetivo a eliminação das seis perdas, sendo a redução de *setup* uma delas. Portanto, elas se complementam no alcance de melhor eficiência do processo produtivo.

Geralmente, o sucesso do sistema produtivo está vinculado somente à atuação da área de manufatura. Ao contrário do que se pensa, ficou constatado a interrelação das diversas áreas, não somente no desempenho das atividades de *changeover*, mas na eficiência global da produção.

Tendo como base o desenvolvimento e implantação do SMED e o desenvolvimento da metodologia TPM na Empresa X, ficou evidente que a participação de todos da empresa é essencial para a consolidação da política de produção enxuta. O comprometimento da alta gerência é fundamental para a busca constante de motivação das pessoas.

De uma forma geral, através da análise das implicações teóricas e práticas apresentadas no Capítulo 4, a adoção das técnicas SMED e TPM, com um curto *changeover* e a manutenção eficiente, possibilitam um processo produtivo estável, aumento de produtividade e da qualidade dos produtos e redução de custos, elementos fundamentais para uma empresa de manufatura contratada. Além disso, permite a produção de um grande *mix* de produtos, com a redução dos tamanhos dos lotes de produção, e maior agilidade para responder às variações da demanda, com a redução dos *lead times*.

Alcançados esses resultados, a condição de competitividade da Empresa X fica assegurada.

5.2 Considerações Finais

Esta dissertação apresentou a construção e implementação da metodologia SMED nas linhas de produção SMT da empresa de manufatura contratada do setor eletroeletrônico e, também, o desenvolvimento da metodologia TPM.

Primeiramente, sugere-se que a execução das etapas da Manutenção Produtiva Total sejam finalizadas. Essa iniciativa proporciona à empresa um processo produtivo confiável, produtos de qualidade, além do aumento da produtividade tão necessária para a elevação do nível de atendimento da demanda realizado atualmente pela empresa. Outro fato é que a coleta e análise dos dados desse trabalho permite um estudo quantitativo da confiabilidade de cada equipamento ou até mesmo do processo produtivo como um todo, visando agregar valor aos produtos ofertados.

Com a implementação do novo processo de *changeover* ficou constatada a influência da variedade dos produtos produzidos e a forma como a produção era sequenciada no tempo médio gasto com a realização desse. Quanto mais diferenças (tamanho, quantidade, tipo e posição dos componentes a serem inseridos) entre os produtos produzidos sequencialmente, maiores as variabilidades no processo produtivo. Isso pode ocasionar um tempo extra na estabilização da produção. Essa observação tornou evidente a necessidade de se trabalhar no sequenciamento da produção, ou seja, a ordem em que os produtos serão produzidos, com o intuito de diminuir o tempo médio total despendido na atividade de *changeover*.

Outro aspecto a ser mencionado é que a produção das placas podem ser executadas em qualquer uma das linhas de produção. Porém, existem produtos que apresentam uma melhor produtividade e facilidade de estabilização da produção pós *changeover* em determinada linha. Portanto, sugere-se que a fabricação de cada um desses produtos seja avaliada nas diversas linhas,

destinando-o àquela de melhor eficiência.

Uma outra questão levantada foi a quantidade significativa de tarefas realizadas durante a produção, concentradas nas mãos do trabalhador de chão de fábrica. Além do reabastecimento da linha, ele é responsável pelo apontamento de quaisquer evento que atrapalhe o andamento da produção, além das atividades de *changeover*. Essa responsabilidade múltipla, muitas vezes, pode comprometer a coleta dos dados. Dessa forma, a automação, desvinculando a ação desses na medição do tempo de *changeover*, pode retratar com maior precisão a execução do novo processo implantado.

Devido às discrepâncias entre os equipamentos de cada linha de produção, tanto em quantidade desses envolvidos no *changeover* como as suas condições, além dos tipos de produtos fabricados (semelhantes ou não) é conveniente que seja estabelecida um meta específica para cada uma delas.

Por fim, este trabalho teve a duração de um ano e conseguiu cumprir o objetivo geral e específicos pré-estabelecidos. Sendo realizado através da cooperação entre universidade e empresa, os resultados positivos evidenciaram, então, benefícios dessa relação tanto para a empresa, com a melhoria do processo produtivo e o possível retorno financeiro, como, também, ao pesquisador, com o aprendizado.

Referências Bibliográficas

- [1] Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica(ABINEE). Disponível em: <www.abinee.org.br>. Acesso em: 15 jan. 2006.
- [2] AGUSTIN, R., SANTIAGO F. *Single-Minute Exchange of Die* - In: IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, 1996.
- [3] ÅHLSTRÖM, P. - *Sequences in the implemetation of lean manufacturing* - European Management Journal, Vol.16, No 3, pp. 327-334, 1998.
- [4] ALVES, E.P. - *Como lidar com a Característica de baixo volume de produção e alto mix de produtos no controle estatístico de processos*. 2003. 146f. Dissertação (Mestrado em Gestão pela Qualidade e Desenvolvimento do Produto)- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- [5] ARBÓS, L.C. - *Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance* - European Management Journal, Vol.16, No 3, pp. 327-334, 2002.
- [6] BICHENO, J., HOLWEG, M., NIESSMANN, J. - *Constraint batch sizing in a lean enviroment* - International Journal of Production Economics, Vol.73, pp. 41-49, 2001.
- [7] COUGHLAN, P., COUGHLAN, D. - *Action research for operations management* - International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22, No 2, pp. 220-240, 2002.

- [8] CHAN, F.T.S., LAU, H.C.W., IP, R.W.L., CHAN, H.K., KONG, S. - *Implementation of total productive maintenance: A case study* - International Journal of Production Economics, Vol.95, pp. 71-94, 2005.
- [9] CHAN, M.F.S., CHUNG, W.C.W. - *A framework to develop an enterprise information portal for contract manufacturing* - International Journal of Production Economics, Vol.75, pp. 113-126, 2002.
- [10] CHAND, G., SHIRVANI, B. - *Implementation of TPM in cellular manufacture* - Journal of Materials Processing Technology, Vol. 103, pp. 149-154, 2000.
- [11] CUA, K.O., MCKONE, K.E., SCHROEDER, R.G. - *Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance* - Journal of Operations Management, Vol. 19, pp. 675-694, 2001.
- [12] CYR, B., LAMBERT, S., ABDUL-NOUR, G., ROCHETTE, R. - *Manufacturing flexibility: SMT factors study* - Computers and Industrial Engineering, Vol. 33, No 1-2, pp. 361-364, 1997.
- [13] DIABY, M. - *Integrated batch size and setup reduction decisions in multi-product, dynamic manufacturing environments* - International Journal of Production Economics, Vol. 67, pp. 219-233, 2000.
- [14] ETI, M.C., OGAJI, S.O.T., PROBERT, S.D. - *Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries* - Applied Energy, Vol. 79, pp. 385-401, 2004.
- [15] FARLOW, D. - *Efficient Line Changeover* - SMT Magazine, pp. 44-45, mar. 2005.
- [16] HADAYA, P., LEFEBVRE, E., LÉGER, P. - *Roles and strategies of contract manufacturers in the telecommunications industry* - In: IEEE, pp. 458-463, 2000.

- [17] HEALE, G. - *Applying theory to practice: an action research resource pack for professionals* - Clinical Chiropractic, Vol. 6, pp. 4-14, 2003.
- [18] HUNT, I., JONES, R. - *Winning new product business in the contract electronics industry* - International Journal of operations & Production Management, Vol. 18, No 2, pp. 130-142, 1998.
- [19] KRAFCIK, J.F. - *Triumph of the Lean Production System* - Sloan Management Review, Vol. 30, No 1, pp. 41-52, 1988.
- [20] LJUNGBERG, O. - *Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities* - International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18, No 5, pp. 495-507, 1998.
- [21] LESCHKE, J.P. - *The setup-reduction process: Part 1* - Production and Inventory Management Journal, 1997
- [22] MCINTOSH, R., CULLEY, S, GEST, G., MILEHAM, T., OWEN, G. - *An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance* - International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16, No 9, pp. 5-22, 1996.
- [23] MCINTOSH, R.I., CULLEY, S.J., MILEHAM, A.R., OWEN, G.W. - *Changeover improvement: A maintenance perspective* - International Journal of Production Economics, Vol. 73, pp. 153-163, 2001.
- [24] MCKONE, K.E., SCHROEDER, R.G., CUA, K.O. - *Total productive maintenance: a contextual view* - Journal of Operations Management, Vol. 17, pp. 123-144, 1999.
- [25] MCKONE, K.E., SCHROEDER, R.G., CUA, K.O. - *Total impact of productive maintenance practices on manufacturing performance* - Journal of Operations Management, Vol. 19, pp. 39-58, 2001.
- [26] MILEHAM, A.R., CULLEY, S.J., OWEN, G.W., MCINTOSH, R.I. - *Rapid changeover - a pre-requisite for responsive manufacture* - Interna-

- tional Journal of Operations & Production Management, Vol. 19, No.8, pp. 785-796, 1999.
- [27] MONDEN, Y. *Toyota Production System - An integrated approach to just-in-time*. London: Chapman & Hall, 1994.
- [28] MOXHAM, C., GREATBANKS, R. - *Prerequisites for the implementation of the SMED methodology* - International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 18, No.4, pp. 404-414, 2001.
- [29] NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- [30] OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção - além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- [31] PANIZZOLO, R. - *Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management* - International Journal of Production Economics, Vol. 55, pp. 223-240, 1998.
- [32] PEREZ-LAFONT, J., L., B.S.I.E. - *Installation of TPM program in a caribbean plant* - Computers and Industrial Engineering, Vol.33, No.1-2, pp. 315-318, 1997.
- [33] RABAK, C., S., SICHMAN, J., S. - *Otimização do processo de inserção automática de componentes eletrônicos empregando a técnica de times assíncronos* - Pesquisa Operacional, Vol.21, No.1, pp. 39-59, 2001.
- [34] SAAB, P. - *O setor eletroeletrônico e a política industrial brasileira* - Disponível em: >. Acesso em: 15 jan. 2006.
- [35] SAVASIN, J.A.A. - *E staremos fadados a ficar na periferia?* - Disponível em: <<http://clipping.planejamento.gov.br/Noticias.asp?NOTCod=220085>>. Acesso em: 15 jan. 2006.

- [36] SAMADHI, T.M.A.A., HOANG, K. - *Shared CIM various types of production* - International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, No 5, pp. 95-108, 1995.
- [37] SCHMENNER, R., W. - *The merit of making things fast* - Sloan Management Review, Vol. 30, No 1, pp. 11-17, 1988.
- [38] SEVERSON, D. - *The SMED system for reducing changeover times: an exciting catalyst for companywide improvement and profits* - P&IM Review with APICS News, p.10, 1988.
- [39] SHARMA, V. - *SMED for high-mix assembly* - Circuits Assembly, Vol. 12, pp.62-67, jan. 2001.
- [40] SHINGO, S. *A Study of the Toyota Production System - from an industrial engineering viewpoint*. Portland: Productivity Press, 1989.
- [41] SHINGO, S. *Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement*. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- [42] SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 2002.
- [43] SMALLEY, A. - *TPM no coração do lean*. Disponível em: <www.lean.org.br>. Acesso em: 13 dez.2005.
- [44] STURGEON, T. J.) - *Turnkey production networks: a new american model of industrial organization?* - Berkeley Roundtable on the International Economy, University of California, Berkeley, 1997.
- [45] SUZUKI, T. - *Programa TPM* - Estudo de Caso Gráfica Abril, maio 1998.
- [46] SWANSON, L. - *Linking maintenance strategies to performance* - International Journal of Production Economics, Vol. 70, pp. 237-244, 2001.

- [47] TANEL, G. - *Acquisition trends in EMS* - Surface Mount Technology, jul. 2005.
- [48] TAVARES, W.M.L. - *A indústria eletrônica no Brasil e seu impacto sobre a balança comercial* - nov/2001. Disponível em: <www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema4/pdf/108604.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2006.
- [49] THIOLENT, M. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. São Paulo: Cortez, 1998.
- [50] TONDATO, R. - *Manutenção Produtiva Total: Estudo de Caso na Indústria Gráfica*. 2004. 119f. Dissertação (Mestrado em Gerência de Produção)- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- [51] VAN GOUBERGEN, D. - *Set-up reduction as an organization-wide problem* - In: Solutions 2000 Conference, Cleveland, 2000.
- [52] VAN GOUBERGEN, D., VAN LANDEGHEM, H. - *Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design* - Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 18, pp. 205-214, 2002.
- [53] UPTON, D., M. - *Flexibility as process mobility: the management of plant capabilities for quick response manufacturing* - Journal of Operations Management. Vol. 12, pp. 205-224, 1995.
- [54] WARNECKE, H.J., HÜSER, M. - *Lean production* - International Journal of Production Economics, Vol. 41, pp. 37-43, 1995.
- [55] WEBER, A. - *Contract Manufacturing On the Rise*. - Assembly Magazine. set. 2002. Disponível em: <<http://www.cmcseattle.com/newsfolder/assembly-02.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2006.

- [56] WILLMOTT, P. *Total productive maintenance: the western way*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994.
- [57] WOMACK, J.P., JONES, D.T., DANIEL, R. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.