

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO:
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DO CONCEITO
DE MANUFATURA ENXUTA EM UMA EMPRESA DO RAMO
ELETROELETRÔNICO**

PAULO RUGGERO LUIZ BISSOLI

ORIENTADOR: PROF. DR. MILTON VIEIRA JUNIOR

SANTA BÁBARA D'OESTE
2006

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO:
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DO CONCEITO
DE MANUFATURA ENXUTA EM UMA EMPRESA DO RAMO
ELETROELETRÔNICO**

PAULO RUGGERO LUIZ BISSOLI

ORIENTADOR: PROF. DR. MILTON VIEIRA JUNIOR

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁBARA D'OESTE
2006

AGRADECIMENTOS

Agradeço a algumas pessoas que sabem o significado desta jornada, o quanto ela exigiu de mim e quanto ela mudou minha vida.

Acredito que este seja um marco na minha vida pessoal, final para algumas coisas e inicial para outras. Essa caminhada junto com as pessoas que dela participaram direta ou indiretamente representa muito para mim.

Aos meus sogros, Wilson e Léa, que me estenderam a mão aproveito para expressar a minha admiração e carinho.

Às minhas filhas Mariana e Giovana, por compreenderem a minha ausência nestes anos de estudos e pelo amor que me dedicaram.

Aos meus pais Ruggero e Tereza que sempre estiveram em meu coração.

Ao meu irmão Marcelo e ao meu cunhado Gustavo pelo apoio recebido.

Ao meu orientador Prof. Dr. Milton Vieira Junior pela orientação, paciência, amizade e dedicação, fatores fundamentais para a concretização deste trabalho.

Aprendi muito com a minha companheira, parceira de caminhada e de conquistas, minha esposa Patrícia. A você, todo meu carinho, respeito e admiração e a certeza de que ainda vamos conquistar muitos espaços juntos.

Muito obrigado a todos

Há um tempo de nascer e um tempo de morrer.
Há um tempo de plantar e um tempo de colher o que se plantou.
Há tempo de se afligir e tempo de comemorar.
Há tempo de calar e tempo de falar.
Há tempo de chorar e tempo de rir.
Há tempo de amar e ser amado.
Tudo tem seu tempo.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
SIGLAS	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Estrutura do trabalho	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. A Estratégia de Manufatura	5
2.2. Sistema de Produção em Massa e o Sistema de Produção Enxuto	7
2.3. Conceitos dos Sistemas Produtivos de Manufatura Integrada -SPMI.....	9
2.4. Metodologia - 5S - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke	12
2.4.1. Seiri : senso de seleção, utilização, descarte e arrumação.....	14
2.4.2. Seiton : senso de ordenação, organização e sistematização.	14
2.4.3. Seiso : senso de limpeza e zelo.....	15
2.4.4. Seiketsu : senso de asseio, de saúde e higiene.....	15
2.4.5. Shitsuke : senso de autodisciplina, educação, ordem e comprometimento.....	16
2.5. Manutenção Preventiva Integrada	16
2.6. Layout dos Sistemas de Manufatura	18
2.7. Troca Rápida de Ferramentas -TRF.....	20
2.7.1. Passos básicos para a redução de <i>setup</i>	22
2.8. Fluxo de Valor - Value Stream Mapping - VSM	24
2.8.1. Mapeamento do Fluxo de Valor Atual.....	26
2.8.2. Fluxo Enxuto de Valor	26
2.8.3. Mapeamento do Fluxo de Valor do Estado Futuro	26
2.9. Controle da Produção.....	27
2.10. Controle de Qualidade	28
2.10.1. Controle Estatístico de Qualidade	29
2.10.2. Controle de Qualidade Integrada - CQI	31
3. NORMAS SAE J4000 e J4001	33
3.1. Os elementos conforme a Norma SAE J4000	34
3.2. Elemento 4 – Requisitos da Administração e Responsabilidade	35
3.3. Elemento 5 – Requisitos do Pessoal (Recursos Humanos).....	37
3.4. Elemento 6 – Sistema de Informação.....	38
3.5. Elemento 7 – Requisitos dos Fornecedores, Organização e Clientes	39
3.6. Elemento 8 – Requisitos do Produto	39
3.7. Elemento 9 – Requisitos do Processo e Fluxo Produtivo	41
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÃO DA PESQUISA	43
4.1. A Metodologia da Pesquisa	43
4.2. Histórico e Características da Empresa pesquisada.....	46
4.3. Particularidades das Empresas OEMs e EMSs.....	47
4.4. O processo - SMT	48
4.5. O Estudo de Caso e a Delimitação da Pesquisa	53
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	57
6. PROPOSTA DO SISTEMA ORIENTATIVO	64
6.1. Programas propostos por requisito do elemento 09 – Fluxo de Processo.....	66

6.1.1.	O Programa - 5S	66
6.1.2.	O Programa -Total Productive Maintenance - TPM	67
6.1.3.	O Programa - Enhanced Thematic Mapper - ETM	67
6.1.4.	O Programa - Value Stream Mapping - VSM.....	68
6.1.5.	O Programa - Planejamento e Controle de Produção - PCP	69
6.1.6.	O Programa - Fluxo de processo tem controle visual	70
6.1.7.	O Programa - CEP - Controle Estatístico do Processo.....	71
6.1.8.	O Programa - MASP - Metodologia de Análise e Solução de Problemas.....	72
6.1.9.	O Programa - <i>Takt time</i>	73
6.1.10.	O Programa - TRF -Troca Rápida de Ferramenta	74
6.1.11.	O Programa - Fluxo Contínuo.....	74
6.1.12.	O Programa - Balanceamento da Produção.....	75
6.1.13.	O Programa - Melhoria Contínua - Kaizen.....	77
7.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS	78
7.1.	Sugestões para Futuros Trabalhos.....	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	84
	ANEXO I. Questionário de Pesquisa	88

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01: Modelo Adaptado (Baseado em Black, 1998)	08
QUADRO 02: Elementos contidos na Norma SAE J4000 e seus relativos pesos.....	33
QUADRO 03: Escala para medir o nível de satisfação em comparação com as melhores práticas	34
QUADRO 04: Modelo de avaliação das etapas	54
QUADRO 05: Resultado por questionário aplicado.....	55
QUADRO 06: Resumo dos questionários aplicados por grau de aderência	56
QUADRO 07: Percentagem de ineficiência do processo	59
QUADRO 08: Quadro ordenado pelo grau de aderência	59
QUADRO 09: Consolidação dos indicadores de ineficiência do processo	60
QUADRO 10: Grau de aderência igual a L1 dos requisitos do elemento 9.....	60
QUADRO 11: Classificação do custo de implementação	62
QUADRO 12: Sistema guia para a aplicação da metodologia	65

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Dez passos para a implantação de Sistemas Produtivos de Manufatura Integrada (SPMI)	09
FIGURA 02: Modelo adaptado da Carta de Controle	30
FIGURA 03: Modelo adaptado do fluxograma de montagem	50
FIGURA 04: Dados dos Indicadores do processo produtivo atual	52
FIGURA 05: Gráfico referente ao grau de aderência da empresa em relação à Norma SAE J4000, Elemento 09 do Processo e Fluxo Produtivo	57

SIGLAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
CEP – Controle Estatístico do Processo
CCQ – Círculo de Controle de Qualidade
CFP – Continuous Flow Production
CQI – Controle de Qualidade Integrada
DFA – Design for Assembly
DFM – Design for Manufacturing
DFMA – Design for Manufacturing and Assembly
EMS – Electronic Manufacturing Services
ERP – Enterprise Resource Planning
ETM – Enhanced Thematic Mapper
FMEA – Failure Modes and Effects Analysis
ICT – Circuit teste
JIT – Just-in-Time
KM – kanban de Movimentação
KP – kanban de Produção
LEC – Lote Econômico de Compra
LEF – Lote Econômico de Fabricação
MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas
MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor
MRP – Material Requirements Planning
MRP II – Manufacturing Resources Planning
NQA – Nível de Qualidade Aceitável
OEM – Original Equipment Manufacturing
PCP – Planejamento e Controle da Produção
PDCA – Plan, Do, Check and Action (Planejar, Executar, Verificar e Agir)
PTH – Pin Through Hole
RH – Recursos Humanos
SFDC – Shop Floor Data Collection
SMD – Surface Mount Design

SME – Small and Medium Enterprises

SMED – Single Minute Exchange of Die

SMT – Surface Mount Technology

SPMI – Sistema Produtivo de Manufatura Integrada

TI – Tecnologia da Informação

TPM – Total Preventive Maintenance

TQM – Total Quality Management

TRF – Troca Rápida de Ferramenta

VSM – Value Stream Mapping

BISSOLI, Paulo Ruggero Luiz. Proposta de Metodologia para aplicação do Conceito de Manufatura Enxuta em uma Empresa do Ramo Eletroeletrônico. 2006. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

RESUMO

Esta dissertação tem por finalidade propor um sistema de orientação para a aplicação da Metodologia *Lean Manufacturing*. Em empresas do ramo eletroeletrônico que atuam na fabricação de placas de circuito impresso com tecnologia *Surface Mount Technology (SMT)*, utilizando como base as normas *SAE J4000 e J4001* para a análise do grau de aderência do atual processo em relação às metodologias *Lean Manufacturing*, apresentando e propondo melhorias utilizando-se dos principais conceitos do Sistema Toyota de Produção. O trabalho apresenta também uma pesquisa exploratória realizada em uma empresa do ramo eletroeletrônico, com o objetivo de conhecer o grau de aderência dos processos de produção ao *Lean Manufacturing*. Em um segundo momento do estudo, compara-se os resultados da análise do grau de aderência e os indicadores do processo atual utilizados pela empresa. Finalmente, a partir do comportamento observado na pesquisa Exploratória, propõe-se um roteiro de orientação com as principais metodologias para melhoria do processo produtivo.

Palavras Chave: Toyota Production System, Lean Manufacturing e SAE J4000 e SAEJ4001.

BISSOLI, Paulo Ruggero Luiz. Proposta de Metodologia para aplicação do Conceito de Manufatura Enxuta em uma Empresa do Ramo Eletroeletrônico. 2006. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to propose a guiding route to be applied in *Lean Manufacturing*, in small electronics enterprises that act in the production of Printed Circuit Board (PCB), with *Surface Mount Technology (SMT)*, based on the regulations *SAE J4000 e J4001*, to analyse the adherence level of today's process of the *Lean Manufacturing* methodologies, presenting and proposing improvements to this process, using the main concepts of the Toyota Production System. This report was elaborated regarding a small enterprise from the electronics segment. The objective is to get the knowledge about the *Lean Manufacturing* process applied in such a production environment. In a second step, of the study a comparison was established between the analysis results from the adherence levels and the process indicators used by the enterprise. Finally, taking the trend observed during the analysis, an itinerary for orientation is proposed with the main methodologies for a production process improvement.

Key Words: Toyota Production System, Lean Manufacturing and SAE J4000 e J4001.

1. INTRODUÇÃO

As técnicas utilizadas na *Manufatura Enxuta* têm como base o Sistema Toyota de Produção (Monden, 1983), cujo objetivo principal é a redução do desperdício, aprimorando as técnicas de utilização dos equipamentos e o aproveitamento contínuo do tempo durante o processo, incluindo o esforço humano (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

Segundo Gonçalves (1994), com o método criado pelo Sistema Toyota de Produção, foi possível tornar as empresas mais flexíveis, proporcionando redução dos tempos de processo e aumentando a capacidade de respostas às novas necessidades do mercado, gerando novos produtos em um tempo muito menor se comparado ao processo de Manufatura em Massa.

Muitas empresas de pequeno porte, porém, não conseguiram acompanhar a velocidade da transformação tecnológica em que se vive atualmente, devido a vários fatores que vão desde uma política governamental que dê apoio às pequenas empresas até à falta de mão-de-obra qualificada para a aplicação de novas técnicas relacionadas à Manufatura Enxuta. Peças e Henriques (2006) destacam a importância e a necessidade das universidades de contribuírem com as pequenas e as médias empresas, na execução das melhores práticas *Lean Manufacturing* e colocam alguns pontos importantes para o desenvolvimento do trabalho *Lean* em parceria com as universidades:

- a colaboração entre as universidades e as empresas SMES, deve basear-se em uma pequena base de projetos centralizados nas áreas de maior necessidade;
- esses projetos devem ter o seu foco nas áreas problemáticas das empresas, cujo potencial de melhoria e de inovação seja o maior possível;
- os projetos de melhorias devem diagnosticar a situação problemática e propor novas soluções com base nas metodologias *Lean Manufacturing*.

Gunasekaran e Cecille (1998) destacam que a grande maioria dos conceitos de Manufatura Enxuta e suas tecnologias foram aplicadas principalmente em empresas de grande porte. Entretanto, as de pequeno porte não receberam a devida atenção para a execução dos conceitos e tecnologias de manufatura que têm como objetivo melhorar a produtividade e a qualidade do produto, motivo pelo qual muitas delas não conseguiram acompanhar a velocidade da transformação tecnológica em que vivemos, permanecendo estagnadas em sua tecnologia. Vários motivos contribuíram e vão desde uma política governamental que dê apoio às pequenas empresas, até a falta de mão-de-obra qualificada para a aplicação de novas técnicas relacionadas à Manufatura Enxuta.

Nesse sentido, este trabalho tem como proposta criar um sistema de orientação para a *Manufatura Enxuta* que possa ser utilizado por empresas do ramo eletroeletrônico, atuando no segmento de placas de circuito impresso, a partir da identificação do grau de aderência de uma empresa do setor, em conformidade com as normas SAE J4000 e J4001.

1.1. Objetivos

Objetivo principal:

Este trabalho tem como objetivo principal realizar um Estudo de Caso Exploratório junto a uma empresa do ramo eletroeletrônico, analisando e apresentando uma avaliação do grau de aderência em relação à adoção da *Manufatura Enxuta* segundo as normas SAE J4000 e J4001. A partir desse estudo, propor um roteiro de orientação para aplicação das metodologias da *Manufatura Enxuta* para empresas desse ramo que atuem na fabricação de placas de circuito impresso, utilizando-se do processo *Surface Mount Technology (SMT)*.

Objetivo secundário:

Analisar e comparar os resultados obtidos por meio dos indicadores:

- Eficiência do processo atual;
- Grau de aderência do processo ao *Lean Manufacturing*.

1.2. Estrutura do trabalho

Capítulo 1 – Introdução

Apresenta o objetivo principal e o secundário desta dissertação.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica apresenta os principais conceitos do Sistema Toyota de Produção, da sua evolução e das principais diferenças entre os sistemas da Manufatura em Massa e Enxuta.

Capítulo 3 – Norma SAE J4000

Apresenta a Norma SAE J4000, seus objetivos e sua aplicabilidade no processo fabril para a verificação do grau de aderência do processo fabril em relação às Metodologias da *Manufatura Enxuta*.

Capítulo 4 – Procedimentos Metodológicos e Aplicação da Pesquisa

Este capítulo descreve os tópicos das metodologias utilizadas para a execução deste trabalho:

A pesquisa bibliográfica:

- Identificação e localização das fontes;
- Leitura do Material;
- Apontamentos e organização dos dados;

- Registro dos dados da obra;
- Redação da revisão da bibliografia.

A estruturação da pesquisa-ação:

- Fase exploratória;
- Construção do problema;
- Construção da hipótese e do questionário da pesquisa;
- Realização de reuniões;
- Seleção das amostras;
- Coleta de dados;
- Análise dos dados;
- Divulgação dos resultados;
- Plano de melhoria (Sistema Orientativo).

Capítulo 5 – Análise dos Resultados Obtidos

Apresenta os resultados obtidos no levantamento dos indicadores de performance do processo e os resultados obtidos nas respostas do questionário aplicado para a verificação do grau de aderência do processo e propõe um sistema orientativo para a melhoria das metodologias *Lean Manufacturing*.

Capítulo 6 – Sistema Orientativo

O sistema orientativo propõe metodologias para a melhoria do próprio sistema, baseando-se nos conceitos *Lean Manufacturing*.

Capítulo 7 – Conclusões e Considerações para os Próximos Trabalhos

Analisa o trabalho e propõe temas para a continuidade futura do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo trata dos principais conceitos do Sistema Toyota de Produção, como surgiu e uma avaliação entre a Manufatura em Massa e a Manufatura Enxuta.

2.1. A Estratégia de Manufatura

As empresas, atualmente, estão muito preocupadas com a estratégia de manufatura, devido à sua grande importância no mercado competitivo, motivo pelo qual buscam cada vez mais mecanismos de diferenciação em relação a seus concorrentes.

Shah e Word (2003) apontam e sugerem a possibilidade de se aplicarem 22 práticas Lean Manufacturing nas empresas; porém, consideram as metodologias Just-in-Time (JIT), Total Quality Management (TQM) e a Total Preventive Maintenance (TPM) como sendo de alta performance para o processo produtivo e consideram que o tamanho e a idade da empresa têm substancial influência na prática das metodologias, ou seja, naturalmente quanto maior a empresa maior é a sua utilização.

Segundo Porter (1992), a estratégia competitiva deve ter como base o entendimento das normas e procedimentos dos concorrentes analisando-os e adaptando-os para o seu modelo. Segundo Correa e Giansesi (1997), o objetivo principal da estratégia de manufatura é de integrar o processo operacional ao processo decisório da organização, interagindo a crescente pressão por competitividade, o potencial competitivo voltado às tecnologias, à gestão da manufatura e, finalmente, ao papel da manufatura em relação aos objetivos estratégicos da organização.

Pires e Agostinho (1994) reforçam os pontos fortes do processo de manufatura como sendo uma forma competitiva para se alcançarem os objetivos estratégicos da organização.

Outros autores, tais como Slack (1993) e Correa e Gianesi (1997) destacam como as principais dimensões competitivas, conforme indicado abaixo, apesar de diferenciarem quanto à abordagem classificatória:

- custo;
- qualidade;
- desempenho da entrega;
- flexibilidade do processo;
- serviço de atendimento ao cliente.

Porter (1997) estabelece três objetivos principais para a Estratégia de Manufatura:

- liderança pelo custo, ou seja, a fabricação do produto com menor custo;
- qualidade, incluindo a flexibilidade do serviço;
- enfoque na agilidade em adaptar sua estratégia para atender a um novo segmento focalizando a diferenciação.

Segundo Porter (1997), quando analisado o planejamento estratégico de uma empresa independentemente de seu porte, é possível identificar que os três principais objetivos estão presentes e o modelo atualmente mais utilizado pelas empresas para análise da estratégia de manufatura tem sido o sistema desenvolvido pela Toyota que, além de propiciar grande contribuição no processo de manufatura, tem contribuído com o alinhamento do planejamento estratégico da empresa.

Achanga, Shehad, Roy e Nelder (2006) destacam quatro fatores críticos que devem ser considerados para uma aplicação bem sucedida do Lean Manufacturing dentro das Small and Medium Enterprises (SMEs). São as práticas de Liderança, Conhecimento da Gerência, Cultura Organizacional e as Habilidades e Perícias do grupo de trabalho. A falta de investimentos nesses pontos inibem a oportunidade de empregar uma equipe ideal, impedindo que as SMEs pratiquem as melhores

estratégias de produtividade, com a utilização das metodologias *Lean Manufacturing*.

2.2. Sistema de Produção em Massa e o Sistema de Produção Enxuto

Basicamente, foi o americano Henry Ford quem conduziu, após a Primeira Grande Guerra, a transformação da produção artesanal, em que os custos de produção gerados pela forma artesanal eram extremamente elevados, dando acesso somente aos bens duráveis às pessoas com grande poder de compra.

Durante a época de produção artesanal, não se podiam exigir consistência e confiabilidade no processo de fabricação do bem. Foi quando Henry Ford criou a Ford Motor Company, surgindo, então, o primeiro projeto com o conceito voltado para a produção em massa (modelo T), padronizando partes e peças dos veículos, resultando na criação da primeira linha de montagem de veículos, reduzindo, dessa forma, o custo dos veículos e atingindo altos volumes de produção (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

Os conceitos de produção em massa mantiveram-se absolutos por um longo período, até que o vice-presidente da Toyota Motor Company, Taiichi Ohno, adotou uma nova filosofia de gestão de produção promovendo uma nova transformação no conceito de produção em massa, filosofia de produção essa conhecida como *Produção Enxuta* ou *Sistema Toyota de Produção*, com origem no Japão, na década de 50 e que evoluiu ao longo dos tempos, sendo adotada em diversos países (OHNO, 1997).

A filosofia de produção conhecida como Manufatura Enxuta ou Sistema Toyota de Produção foi estruturada por Taiichi Ohno e foca eliminar os desperdícios e produzir apenas o necessário, no momento e nas quantidades necessárias. Todavia, outras definições referentes à filosofia de Manufatura Enxuta foram apresentadas:

- Ohno (1997) busca tecnologias de produção que racionalizem a quantidade de equipamentos e mão-de-obra, produzindo bens com qualidade e eliminando todas as variáveis que não contribuam com a qualidade, o preço ou o prazo de entrega. Os departamentos de administração, pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e todos os demais departamentos da companhia devem aplicar esforços para reduzirem o desperdício.
- Womack, Jones e Roos (1992) enfocam o maior número de funções e responsabilidades possíveis a todos os trabalhadores que adicionam valor ao produto na linha, e adotam um sistema de tratamento de defeitos sempre que o problema é identificado, analisando e aplicando técnicas possíveis de solucionarem os problemas na sua causa raiz.

Uma comparação entre a Manufatura em Massa e o Sistema e Produção da Toyota

Tópicos	Manufatura em Massa	Manufatura Enxuta
Lead Time	Longos prazos de entrega	Curtos prazos de entrega
Tamanho dos lotes	Grandes lotes	Pequenos lotes
Layout	Funcional	Produto e Fluxo
Estoque	Uma alternativa - Alto giro > 10	Um problema - Baixo giro < 7
Envolvimento dos Trabalhadores	Executantes - Trabalham com ordens	Participativo
Custos	Crescentes	Decrescentes
Flexibilidade	Baixa	Alta
Processo produtivo	Trabalho com estoque	Trabalho com pedidos
Programação da manufatura	Empurrar	Puxar
Setup's	Necessidade normal	Reduzir ao máximo

QUADRO 01 – Modelo Adaptado (Baseado em Black, 1998).

Para uma evolução do processo de manufatura em massa para a manufatura enxuta, o Sistema Produtivo de Manufatura Integrada (SPMI) define os dez passos a serem seguidos para se atingir a eficiência do processo produtivo.

2.3. Conceitos dos Sistemas Produtivos de Manufatura Integrada -SPMI

Segundo Black (1998), um sistema de manufatura integrado produz qualidade superior a um custo menor com menor tempo de atravessamento, mantendo-se o mínimo de tempo com estoques em processo, proporcionando a correta estrutura para uma futura automação, dando bases para possíveis correções de problemas de qualidade ou de capacidade produtiva.

Seguem os dez passos que compõem a Metodologia do Sistema Produtivo de Manufatura Integrada (BLACK,1998):

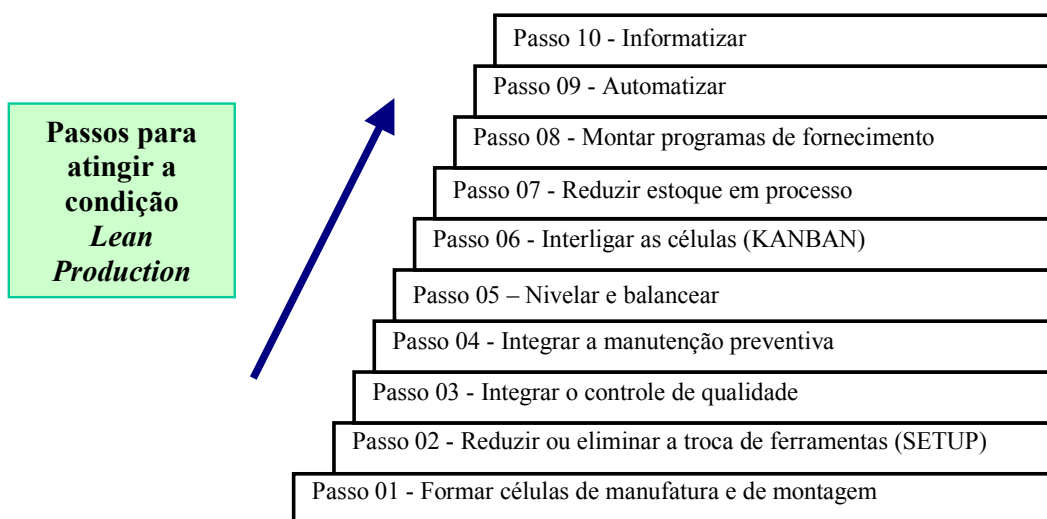


FIGURA 01 - Dez passos para a implantação de sistemas produtivos de manufatura integrada (SPMI)

Passo 01 - Formar células de manufatura e de montagem – Construir a Fundação:

Segundo Black (1998), Criar células de produção deve ser o primeiro passo para se projetar um sistema produtivo em que controles de produção, inventários e qualidades são partes integrantes. As células são grupos de processos projetados para fabricar uma certa família de produtos de uma forma flexível. A movimentação de peças dentro das células ocorre em lotes unitários e os trabalhadores das células devem ser multifuncionais.

Passo 02 - Reduzir ou eliminar trocas de ferramentas:

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF), utiliza-se de dispositivos e matrizes para reduzir ou eliminar *setup*, ou seja, o tempo de troca de ferramenta dentro da célula deve ser o menor possível. Cada um dentro das células deve ser treinado em como reduzir o tempo de *setup*, utilizando os princípios *Single Minute Exchange of Die (SMED)*.

Passo 03 - Integrar o controle de qualidade:

As células desenvolvem um ambiente propício ao controle de qualidade que deve ser feito dentro das células não deixando que as peças defeituosas continuem o processo, o qual é responsável pela limpeza do equipamento e do posto de trabalho.

Passo 04 - Integrar a manutenção preventiva:

A confiabilidade do equipamento deve ser atingida aplicando-se um programa de manutenção preventiva com treinamento dos operadores e utilização de ferramentas adequadas.

Passo 05 – Nivelar e balancear:

Todo o sistema produtivo deve ser nivelado; cada processo deve produzir a mesma quantidade em pequenos lotes para minimizar o choque da mudança. O

sistema é considerado sincronizado quando se produz a mesma quantidade de qualquer produto, a cada dia, de acordo com as necessidades. Observa-se ainda que os longos tempos de preparação e de montagem devem ser eliminados.

Passo 06 - Integrar as células:

Ligar as células entre si utilizando-se do *Kanban*, integrando o controle de produção. Os processos subseqüentes ditam o ritmo de produção dos processos precedentes.

Somente a montagem final é programada. A estrutura do layout do sistema produtivo é que determina os caminhos que as peças tomam na fábrica. Este passo inicia-se pela conexão com *Kanbans*, por meio de duas abordagens:

- *kanban de movimentação (KM)*, o que puxa o material em direção aos processos subseqüentes, ou seja, de uma célula para outra;
- *kanban de produção (KP)*, o que atua como controlador das células, programando o que fazer, em qual pedido incluir o que foi fabricado e quanto fabricar. Os roteiros são eliminados e as informações acerca da movimentação dos materiais fluem em sentido contrário ao material.

Passo 07 - Reduzir estoque em processo:

A integração do controle de estoque no sistema reduz o tamanho dos lotes e os estoques de processos, ou seja, o *Kanban serve como um pulmão*, protegendo os elementos de processos subseqüentes de problemas nos processos precedentes. A redução controlada do nível de estoque revela os problemas, ao invés de usar altos estoques para se proteger de problemas.

Passo 08 - Montar programas de fornecimento:

Esse passo consiste em educar e encorajar os fornecedores a desenvolverem sistemas produtivos de qualidade superior, com baixo custo e menores prazos de entrega. Os fornecedores devem ter condições de entregar materiais onde e quando necessário, garantindo a qualidade, evitando-se a inspeção de recebimento.

Passo 09 – Automatizar:

É a transformação das células manuais em células independentes, processo necessário para garantir qualidade e capacidade, eliminando gargalos.

Passo 10 – Informatizar:

A informatização total do sistema integrado de manufatura é o último passo para conversão do sistema. Nesse ponto, o sistema é simples e flexível o suficiente para um controle eficiente via computador.

De uma forma geral, todo sistema de manufatura tem funções de controle que devem ser realizados independentemente do tipo de sistema de manufatura, sendo algumas dessas ferramentas manuais, tais como:

- cartões *kanban*;
- luzes *andon*;
- sistemas *poka-yoke*;
- ordens verbais;
- sistemas Informatizados (tecnologia da informação – TI).

2.4. Metodologia - 5S - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke

O Programa 5S é, basicamente, um programa voltado à Qualidade Total e trata da arrumação, da ordem, da limpeza, do asseio e da autodisciplina dos funcionários de uma organização.

O programa 5S muda o comportamento e as atitudes das pessoas pelo envolvimento e comprometimento delas na sua implantação e na sua manutenção. Esse programa é a base da Qualidade Total e tem se mostrado importante instrumento no início dos processos de mudanças e na introdução de novos conceitos de gestão; possibilita uma ligação eficaz entre a engenharia e os trabalhadores e transmite de forma simples os conceitos de Qualidade. Os benefícios e os resultados alcançados com sua implantação são rápidos e visíveis. O programa é participativo, motivo pelo qual promove o envolvimento de todos; ajuda na organização e na limpeza das instalações, ao mesmo tempo que provoca a mudança de comportamento dos profissionais com relação à cultura do desperdício.

Segundo Schiffauerova e Thomson (2006), para conquistar um ambiente de Qualidade Total é importante satisfazer totalmente seus clientes externos e internos, pois pessoas insatisfeitas com suas condições e ambientes de trabalho, com pouca valorização profissional e com baixa auto-estima não têm condições de gerar bens e serviços de informação que excedam às expectativas dos clientes.

Este programa tem como objetivos:

- promover a alteração do comportamento das pessoas;
- proporcionar total reorganização da empresa eliminando materiais obsoletos;
- identificar os materiais;
- manter limpeza no local de trabalho;
- construir um ambiente que proporcione saúde física e mental;
- manter a metodologia implantada.

Segundo Houaiss (2001), senso é a faculdade de julgar, de sentir, de apreciar. Portanto, nunca se implementa um senso, mas se planta e se cultiva, por meio de um processo educativo.

Os cinco sentidos da qualidade são; **Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke.**

2.4.1. Seiri: senso de seleção, utilização, descarte e arrumação.

É a identificação e a separação de tudo o que é necessário do que é desnecessário no local de trabalho, dando um destino para aqueles que deixaram de ser úteis para o fim desejado, agrupando os objetos necessários por ordem de importância e eliminando tarefas desnecessárias.

Para a arrumação do setor devemos: classificar os itens em necessários e desnecessários, destacando a frequência de seu uso.

Metas:

- reduzir a necessidade de espaço físico, de estoque e de gasto com sistema de armazenamento;
- facilitar o arranjo físico, o controle de produção e a execução do trabalho no tempo previsto;
- diminuir o desperdício de material;
- reduzir custos e acidentes.

2.4.2. Seiton: senso de ordenação, organização e sistematização.

Significa colocar os objetos em único e exclusivo lugar, dispostos de forma correta agrupados por tipo, cor, etc., para que possam ser utilizados prontamente. Refere-se à disposição sistemática dos objetos com excelente comunicação visual com utilização de etiquetas para identificação dos locais, dos objetos, das tarefas, no material adotado para uso do setor, a fim de que se possam manter as coisas do jeito como devem ser. Possibilita organizar o local de trabalho e promover ações que facilitem o trabalho pela identificação dos materiais, locais e tarefas.

Metas:

- propiciar melhor aproveitamento dos espaços existentes;
- proporcionar rapidez e facilidade na busca de itens;

- evitar desperdício de material e reduzir custos;
- contribuir para o aumento da motivação e da produtividade das pessoas;
- propiciar maior racionalização do trabalho;
- tornar o ambiente de trabalho funcional e agradável.

2.4.3. Seiso: senso de limpeza e zelo.

Significa eliminar a sujeira e as suas fontes para construir um ambiente de trabalho limpo e agradável e que proporcione segurança e qualidade de vida às pessoas, lembrando sempre o dito popular: *O ambiente mais limpo não é o que mais se limpa, mas sim, o que menos se suja*. Cada um limpa a sua própria área de trabalho e é consciente das vantagens de não sujar.

Metas:

- favorecer o companheirismo, a amizade e o bom-humor da equipe;
- propiciar a satisfação e a eficiência das pessoas;
- evitar danos à saúde da equipe e gastos com doenças;
- evitar perdas de material;
- evitar danos a equipamentos;
- melhorar a imagem interna e a externa da empresa;
- reduzir condições inseguras.

2.4.4. Seiketsu: senso de asseio, de saúde e higiene.

Refere-se à execução dos três sentidos anteriores de forma sistematizada, ou seja, manter o descarte, a organização e implantar o padrão de limpeza de forma contínua, com a preocupação e a atenção com a própria saúde física, mental e emocional. Resulta da padronização das atividades anteriores de forma sistematizada com manutenção e monitoração dos estágios já alcançados para que não retrocedam. Para tal gerenciamento, dá-se ênfase à manutenção da padronização adotada cujo objetivo é fazer com que todas as tarefas sejam

cumpridas voluntária e rotineiramente da mesma forma, para que os resultados sejam sempre aqueles esperados, a fim de melhorar o desempenho da organização (REBELLO, 2005). É o ponto alto do método.

Metas:

- melhoria contínua do ambiente de trabalho;
- racionalização do tempo;
- incentivo à criatividade das pessoas envolvidas;
- melhoria da produtividade;
- base para a qualidade total.

2.4.5. Shitsuke: senso de autodisciplina, educação, ordem e comprometimento.

Significa que a pessoa é responsável pela qualidade de seu trabalho e de sua vida, buscando melhoria sempre, ao cumprir rigorosamente os padrões técnicos, éticos e morais, normas e tudo o que for estabelecido pela organização onde trabalha. É o compromisso com a qualidade, com as normas, prazos e acordos estabelecidos nas fases anteriores, a fim de aperfeiçoar e dar continuidade ao Programa. Faz parte do comportamento ético respeitar o acordo estabelecido e cumprir todos os compromissos para não desapontar o cliente.

Metas:

- melhoria das relações humanas;
- favorecimento do trabalho em equipe;
- confiabilidade e credibilidade das informações;
- eliminação do desperdício;
- facilidade de execução de todas as tarefas;
- cumprimento dos requisitos de qualidade.

2.5. Manutenção Preventiva Integrada

Adotando-se uma capacidade máxima para os equipamentos e para as pessoas utilizando-se a metodologia SPMI, não teríamos disponibilidade para a programação

da manutenção. Para Black (1998), a chave é desenvolver um programa com capacidade menor do que a total por células e que inclua o tempo para a manutenção, pois consertos feitos sob pressão podem não ser bem feitos, dependendo de novas paradas para o retrabalho.

Tendo como base inicial os conceitos de Manutenção Preventiva utilizada nos Estados Unidos há mais de 30 anos, os Japoneses têm melhorado e expandido essa técnica para o que agora chamamos de Total Productive Maintenance (TPM).

Seiichi Nakajima descrito por (BLACK,1988), define os estágios de desenvolvimento da TPM como segue:

- 1950s – Estabelecimento das funções da Manutenção Preventiva;
- 1960s – Reconhecimento da Manutenção Produtiva na importância econômica do projeto da fábrica;
- 1970s – Eficiência da manutenção, tendo como aliada a participação total do empregado.

Os cinco princípios do desenvolvimento da Manutenção Produtiva Total conforme Nakajima e descrito por (BLACK,1988), são:

- fazer com que o sistema alcance a eficiência produtiva;
- estabelecer um sistema de controle de manutenção produtiva durante todo o período de vida útil do equipamento;
- implementar a manutenção pelos departamentos;
- envolver todos os trabalhadores da manutenção, da produção e da alta gerência;
- planejar a manutenção por meio de atividades em grupo e círculos da qualidade.

Os princípios da TPM desempenham um papel muito importante no processo de manutenção produtiva, que deve ser executada pelas pessoas que lidam

diretamente com os equipamentos. Não se deve pensar que a implantação dessas atividades deva ser executada pelo pessoal operacional. Elas devem ser implantadas por pequenos grupos constituídos por pessoas de todos os departamentos, inclusive pelos departamentos de planejamento e de manutenção de equipamentos, envolvendo também os fornecedores que participam da obtenção da eficiência de produção.

Para a obtenção de uma alta eficiência produtiva, a TPM visa eliminar as principais perdas que caracterizam os obstáculos que se interpõem à eficiência da produção. O Sistema Toyota de Produção e a TPM estão estreitamente ligados, pois têm como objetivo principal a Eliminação Total de Desperdícios que são:

- falha nos equipamentos;
- *setup* e ajustes;
- acionamento inicial;
- desempenho dos equipamentos;
- tempo utilizado no carregamento dos equipamentos;
- ineficiência da mão-de-obra;
- falhas em operacionalização;
- falhas em Organização e Métodos, perdas em termos de capacidade e de moral;
- mão-de-obra oriunda da desorganização da linha de produção;
- deficiência da qualidade.

2.6. Layout dos Sistemas de Manufatura

Reynolds (1998) define a manufatura celular como sendo uma técnica derivada da prática japonesa organizando o lay-out em grupos de máquinas com o objetivo de produzir uma família de peças. A manufatura celular visa envolver os empregados flexíveis focalizando a produção no desenvolvimento de um grupo de produtos e fornecendo as ferramentas requeridas para melhorar a qualidade total desses produtos.

Segundo Black (1998), os projetos de sistemas de manufatura estão divididos em 5 layout's:

- 1) O sistema de layout funcional (job shop) é um dos sistemas mais utilizados. É caracterizado por agrupar os equipamentos por função. Por exemplo: dentro de uma área de usinagem, agrupam-se todos os tornos, fresadoras, etc, formando-se pequenos lotes encaminhados pela fábrica para os diversos equipamentos;
- 2) O sistema de layout em linha (flow shop) é aplicado para grandes lotes de produção, pequena variedade de componentes, equipamentos específicos, possibilitando uma maior mecanização do sistema;
- 3) O sistema de layout de posição fixa (project shop) é utilizado quando trabalhadores, máquinas, equipamentos e materiais vão até o local de trabalho. É possível citar exemplos da indústria da construção de pontes e rodovias e na indústria fabril, grandes aeronaves;
- 4) O sistema com células interligadas é aplicado na manufatura, utilizando-se uma forma única de controle da informação e da estocagem (*kanban*). Existem vários estudos identificando a grande contribuição em converter o layout funcional em interligado, pela Tecnologia de Grupo (família de peças) e que traz como vantagem a menor manuseabilidade das peças, redução do tempo de regulagem dos equipamentos (*setup*), menor estoque em processo e tempo de processo reduzido.
- 5) O sistema com layout de processo contínuo é aquele em que o produto flui fisicamente. Exemplos desse sistema estão nas refinarias de petróleo, usinas de processamentos químicos e operações de processamento de alimentos. Este sistema é o mais eficiente, mas o menos flexível.

2.7. Troca Rápida de Ferramentas -TRF

O Programa de Troca Rápida de Ferramenta é um processo do Sistema Toyota de Produção que cria uma Metodologia para a redução ou a eliminação dos *setup's* conhecida na literatura como *Single Minutes Exchange of Dies* (SMED), conceito desenvolvido por Shigeo Shingo, no período de 1981 a 1985.

Black (1998) esclarece que uma das chaves do sucesso está no treinamento e na criação de equipes para aplicar a metodologia para a Troca Rápida de Ferramentas.

Com o objetivo de se produzirem lotes cada vez menores, devido ao fato da necessidade da produção subdividida (produção segmentada), a utilização da metodologia TRF tornou-se mais freqüente, o que faz com que o *setup* seja uma pré-condição essencial ao processo.

Muitas empresas tiveram resultados admiráveis utilizando-se de um sistema de produção segmentada em pequenos lotes; porém, para a máxima eficiência, alguns cuidados devem ser tomados:

- os operadores devem ser treinados com base na metodologia SMED;
- as ferramentas que fazem parte do *setup* devem estar disponíveis na linha;
- os dispositivos e as ferramentas devem estar preparados de forma que as trocas de *setup* possam ser executadas com a utilização do método de um único toque;
- os erros de montagem do *setup* devem ser prevenidos, utilizando-se de dispositivos Poka-Yoke.

Na produção seriada, os componentes são produzidos em massa, resultando, algumas vezes, em quantidades não utilizadas pelo cliente e aumentando as quantidades em estoque; porém, num sistema SPMI, os componentes são

produzidos em pequenos lotes, reduzindo as quantidades em estoques no processo produtivo.

Processos de fabricação em pequenos lotes determinam que os *setup's* sejam eliminados ou reduzidos ao mínimo, mudando completamente a forma de pensar adotada no sistema de produção em massa. Dentro do Sistema Toyota de Produção, foi criada a Metodologia para a redução ou a eliminação dos *setup's* conhecida como *Single Minutes Exchange of Dies*, conceito desenvolvido por Shigeo Shingo, no período de 1981 a 1985, determinando que o *setup* deveria ser número de um dígito, isto é, até 9 minutos e 59 segundos, cuja chave do sucesso está no treinamento e na criação de equipes desenvolvidas com o objetivo de aplicar a metodologia para a Troca Rápida de Ferramentas (BLACK, 1998).

No Sistema de Layout Funcional, o tempo de *setup* sempre foi considerado necessário e o tempo gasto convertido em custo pelo cálculo do Lote Econômico de Fabricação (LEF), sendo necessário produzir grandes lotes para se obterem custos unitários menores. Utilizando-se a Metodologia do SMED é possível produzir pequenas quantidades de peças por lote de produção com baixo custo de processo. A produção de pequenos lotes de fabricação traz grandes benefícios ao processo tais como; redução física e financeira do inventário, redução do volume de material em processo, redução na compra do Lote econômico de Compra (LEC), reduzindo a área física de armazenamento da matéria-prima em estoque, em processo e aumentando o giro do estoque (BLACK, 1998).

Segundo Black (1998), ainda, o tempo total de *setup* é medido como sendo o tempo gasto entre a fabricação da última peça boa do *setup* anterior até a primeira peça boa do próximo *setup*. Todas as atividades contidas neste período constituem escopo do programa de Troca Rápida de Ferramentas (TRF). Segue abaixo uma seqüência básica das atividades de um processo de *setup*:

- substituir as ferramentas;
- produzir algumas amostras;

- inspecionar as amostras;
- ajustar o equipamento e ferramental;
- produzir nova amostra;
- inspecionar novamente as amostras;
- ajustar ferramental e equipamento;
- inspecionar novamente as amostras;
- liberar a produção.

Este método causa grande quantidade de sucatas e retrabalho devido à necessidade de ajustes no processo, criando oportunidades para o aumento do tempo improdutivo.

Segundo Black (1998), a chave para a redução do *setup* é a substituição da atividade de ajuste pela atividade de seleção, ou seja, os ajustes já foram executados e estão disponíveis para utilização.

2.7.1. Passos básicos para a redução de *setup*

Segundo Black (1998), a redução de *setup* provoca uma disponibilidade de capacidade de máquina que não deve ser utilizada para se produzir além do necessário, pois a produção em excesso leva a um aumento dos custos de inventário.

Para a redução de *setup* com eficiência, Black (1998) indica alguns passos:

1 - Determinar o método existente. Para a análise do método existente de *setup*. A análise de operações por meio de um estudo de tempos e de movimentos pode ser utilizada para avaliar melhorias no método de trabalho, eliminando movimentos desnecessários e organizando movimentos necessários;

2 - Separar os elementos em atividades internas e externas. As atividades internas *mainline* referem-se a ações de *setup* com o equipamento parado e as

atividades externas *off-line* referem-se a ações de *setup* com o equipamento em movimento, duas atividades que devem ser cuidadosamente analisadas e separadas.

As atividades definidas como internas devem ser bem conhecidas e nunca devem deixar de serem executadas na parada do equipamento. Já as atividades externas devem estar preparadas, antes mesmo da parada do equipamento.

3 - Converter os elementos internos em externos. Segundo Black (1998), converter atividades internas em externas é um dos mais importantes conceitos para a redução do tempo de *setup*. Atividades que geralmente são consideradas como internas e rapidamente transformadas em externas seriam: o tempo de procura gasto na localização da ferramenta especificada para a troca; o tempo de espera por talhas; empilhadeiras; instruções; o tempo de posicionamento das matrizes; ferramentas e fixadores auxiliares ao processo de *setup*.

Um bom exemplo pode ser o pré-aquecimento de matrizes de injeção, utilizando-se do próprio calor perdido pelo equipamento.

4 - Reduzir ou eliminar os elementos internos. A padronização é o caminho para eliminar as atividades internas. Para produtos em processo deve-se recorrer a dispositivos complementares procurando padronizar o ferramental existente; porém, o mais importante é a padronização do ferramental durante o desenvolvimento dos produtos.

5 - Aplicar métodos de análise e treinar as tarefas de *setup*. Um dos meios mais econômicos de reduzir os tempos de *setup* é aplicando a análise de métodos para examinar detalhadamente o método realizado. O importante é ensinar o método básico aos operadores, envolvendo-os de forma que contribuam na melhoria contínua do processo de *setup*. Uma outra forma é a de solicitar aos operadores que escrevam o procedimento passo-a-passo do processo de *setup* realizado, colhendo dados para uma futura comparação com o processo

padronizado das atividades. Caso existam divergências entre o sistema padronizado e o escrito pelos operadores, devem elas ser analisadas e corrigidas, seja no processo executado pelos operadores ou no método padronizado, conseguindo, dessa forma, uma melhoria contínua do processo de *setup*.

6 - Eliminar ajustes. Uma das formas mais empregadas para a eliminação dos ajustes é a eliminação do processo de tentativa e erro: a utilização de leitores digitais, programas específicos para restabelecimento do *setup* original do equipamento e principalmente guardando dados e informações para que possam ser utilizados em futuros *setup*'s.

7 - Abolir os *setup*'s. Esta técnica tende a eliminar definitivamente o *setup* ou realizá-lo automaticamente; porém o custo de desenvolvimento desse ferramental torna-se extremamente alto inviabilizando, na maioria das vezes, a sua utilização. Existem outras técnicas que podem eliminar totalmente o *setup*:

- reprojeter o produto cuidando da padronização dos itens a serem utilizados com os produtos já existentes;
- produzir vários itens ao mesmo tempo, como por exemplo, estampar duas ou mais peças no mesmo molde.

2.8. Fluxo de Valor - Value Stream Mapping - VSM

Uma das principais ferramentas do programa *Lean Manufacturing* é o VSM ou o Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV.

O mapeamento do Fluxo de Valor é o processo prático de documentar o fluxo da cadeia de valor, considerando todos os passos do processo de fabricação, incluindo os passos que agregam valor e os que não o agregam, a partir do recebimento do material, até a sua entrega ao cliente.

O mapeamento divide-se em duas partes: a primeira identifica o mapeamento do estado atual do processo e a segunda parte, o mapeamento do estado futuro que deve ser criado, a partir da utilização dos conceitos e técnicas do *Lean Manufacturing*, como descrito a seguir:

- a construção do Mapeamento do Estado Atual documentará como estão ocorrendo os fluxos de processos, materiais e informações dando dessa forma, uma visão aos membros da empresa para entenderem o seu funcionamento;
- a construção do Mapeamento do Estado Futuro do processo baseia-se na aplicação dos conceitos *Lean Manufacturing*, mantendo-se o mesmo time multifuncional utilizado para o Mapeamento do Fluxo Atual.

Dentro da metodologia *Lean Manufacturing*, o grande desafio é otimizar o processo de fabricação com o intuito de reduzir seus custos operacionais mantendo seu produto robusto e com alta qualidade. Atualmente, o ciclo de vida dos produtos vem se reduzindo, provocando uma maior necessidade na redução do tempo de desenvolvimento e de implementação de novos processos na área de manufatura.

Womack, Jones e Roos, (1992), criaram o Mapeamento Estendido do Fluxo de Valor, incluindo ícones relacionados com o fluxo de material e informações representando as atividades entre os clientes e fornecedores que, se não interpretadas de forma adequada, podem gerar desperdícios ao longo da cadeia de fornecedores.

Segundo Mark (2001), o fluxograma do processo fornece uma visão global de todas as suas etapas e a sua utilização em conjunto com o estudo da capacidade das áreas produtivas permite que as pessoas envolvidas tenham uma visão e compreensão mais detalhada das principais questões relacionadas ao processo e que deverão ser avaliadas.

A metodologia proposta por Womack, Jones e Roos (1992) e Rother e Shook (1998) é descrever o fluxograma do processo para famílias de produtos tornando a família de itens competitivos e lucrativos ao longo de seu tempo de vida em processo.

2.8.1. Mapeamento do Fluxo de Valor Atual

O Mapeamento do Fluxo de Valor é um processo prático de documentar o fluxo da Cadeia de Valor, representado pelo fluxograma de processo. Sendo um diagrama utilizado para descrever um processo, é importante lembrar que todos os seus passos devem constar do fluxograma, os que agregam valor (transformam o produto) e os que não agregam valor (tempo de espera, movimentação, armazenagem), desde o início do processo, recebimento da matéria-prima até a entrega do produto, incluindo a expedição e identificando onde os estoques estão se acumulando ao longo do processo (Rother e Shook, 1998).

2.8.2. Fluxo Enxuto de Valor

Segundo Rother e Shook (1998), existem alguns procedimentos para tornar um fluxo de valor enxuto:

1. produzir de acordo com o *takt time*. O tempo de *takt* (ritmo) define a velocidade da linha de manufatura e os tempos de ciclo para todas as operações de manufatura, garantindo que não será produzido nada acima ou abaixo dos volumes da demanda prevista pelos clientes;
2. substituir o *layout funcional* pelo *layout de fluxo contínuo*;
3. aplicar os conceitos de supermercados para controlar a produção;
4. definir um único processo de produção para receber a programação dos clientes;
5. reduzir o tamanho dos lotes de produção;
6. aumentar a frequência de produção de todos os itens.

2.8.3. Mapeamento do Fluxo de Valor do Estado Futuro

Antes de se criar um novo mapa do fluxo de valor do estado futuro é recomendado por Rother e Shook (1998) que se avaliem alguns pontos para benefício da manufatura:

- definir o *takt time*;
- definir se o processo será puxado pelo cliente ou pela expedição;
- estabelecer um fluxo contínuo total ou parcial do processo;
- estabelecer estoques intermediários para controle de processos anteriores;
- estabelecer ponto único de programação;
- definir estratégia para nivelar o mix de produção;
- definir pontos mínimos e máximos dos estoques;
- desenvolver planos de melhoria do processo.

2.9. Controle da Produção

A Tecnologia da Informação (TI), de forma crescente, apóia as atividades ligadas à produção e está presente em todas as etapas do processo produtivo.

Na área de Planejamento e Controle da Produção (PCP), a TI contribui com a qualidade do resultado obtido e os sistemas MRP, MRP II e ERP são exemplos de como a TI pode apoiar o PCP.

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), um verdadeiro sistema *Lean Manufacturing* de Controle de Produção que funcione rigorosamente a cada passo e que nivele a demanda do cliente provou ser um grande desafio para a maioria das empresas.

A Programação da Produção é o planejamento do sistema produtivo para atender às necessidades de vendas. As atividades de aquisição de materiais e a programação da produção são atividades que afetam o fluxo de materiais e devem ser tratadas pelo grupo de logística como atividades de interface (BALLOU, 1993).

Segundo Black (1998), o Controle de Produção por meio dos roteiros operacionais disponibilizam informações aos operadores do sistema de manufatura identificando de onde o material vem, para onde deve ir, quando deve ir e a quantidade necessária a produzir, roteiros que, além de disponibilizarem informações, controlam o sistema de manufatura.

O Planejamento de Produção é o responsável pela programação e controle do processo produtivo. Os materiais e as quantidades movimentadas pelo processo produtivo são gerados pelo Material Requirements Planning (MRP), utilizando-se de cálculos de lotes para a definição da quantidade a ser fabricada, Lote Econômico de Fabricação (LEF), e do Lote Econômico de Compras (LEC), para as quantidades a serem compradas.

2.10. Controle de Qualidade

O custo de controle da qualidade é o gasto em encontrar e retrabalhar os produtos defeituosos (Black,1988). Para se atingir economicamente um nível de qualidade desejada, o produto deve ter um processo capaz e que tem início na elaboração do conceito do produto.

A qualidade no processo produtivo começa a ser planejada ainda durante o processo de desenvolvimento do produto. No planejamento do desenvolvimento do produto, são identificados os aspectos críticos da qualidade que deverão ser controlados durante o processo de produção.

Vamos, neste capítulo, rever alguns requisitos de qualidade do produto que fornecem informações essenciais para a definição dos processos produtivos, cuja capacidade é assegurada com a utilização de diversas ferramentas da qualidade durante a fase de desenvolvimento do produto, utilizando-se o Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) e durante a produção, o monitoramento do processo é realizado com o uso do Controle Estatístico do Processo (CEP).

2.10.1. Controle Estatístico de Qualidade

O controle estatístico teve início nos laboratórios da Telefônica Bell, na década dos anos 20. Existem várias ferramentas para o controle estatístico de qualidade e as duas mais utilizadas são inspeção por *amostragem* e as *cartas de controle*.

- **A Inspeção por amostragem**

O objetivo da inspeção por amostragem é tirar uma conclusão sobre o processo examinando apenas uma parte (fração) do lote e ela se aplica quando o custo é elevado para a avaliação de todos os dados e o processo de inspeção necessário pode destruir o produto.

Para a utilização da inspeção por amostragem é necessário definir a porcentagem máxima aceitável de defeitos, após a definição de quantas amostras do lote devem ser inspecionadas. Esta porcentagem é chamada de (NQA).

- **A Carta de controle**

Devido a variações do processo de manufatura, não é possível encontrar dois produtos iguais e para este caso, a carta de controle é utilizada para rastrear a média e a variabilidade do processo, dos materiais e dos operadores. Um bom processo terá sempre sua especificação e tolerâncias definidas durante o desenvolvimento do produto, definido como sendo o tamanho nominal, garantindo que o processo mantenha o produto dentro dos limites superior e inferior da tolerância especificada.

Alguns fatores contribuem para a variação do produto em relação ao tamanho nominal ultrapassando, inclusive, os limites inferior e superior da tolerância pelo produto.

Alguns fatores que contribuem para a variação do produto:

Causas comuns: são consideradas naturais e muito difíceis de se identificarem e isolarem, tais como variações na propriedade dos materiais e o desempenho humano.

Causas especiais: são eventos detectáveis como vibrações, desgastes das ferramentas de corte, variações de pressão e de temperatura.

O gráfico comumente utilizado para demonstrar o acompanhamento durante o processo é demonstrado pela FIGURA 02, a qual determina uma faixa chamada de tolerância limitada pela linha superior (limite superior de controle), uma linha inferior (limite inferior de controle) e uma linha média determinada estatisticamente.

Para analisar se a causa é comum ou especial, W.A. Shewhart dos laboratórios de Telefonia Bell desenvolveu a carta de controle para esse fim e a qual é comumente utilizada para o acompanhamento durante o processo, determinando o limite superior e o limite inferior de controle e uma linha Média do processo determinada estatisticamente.

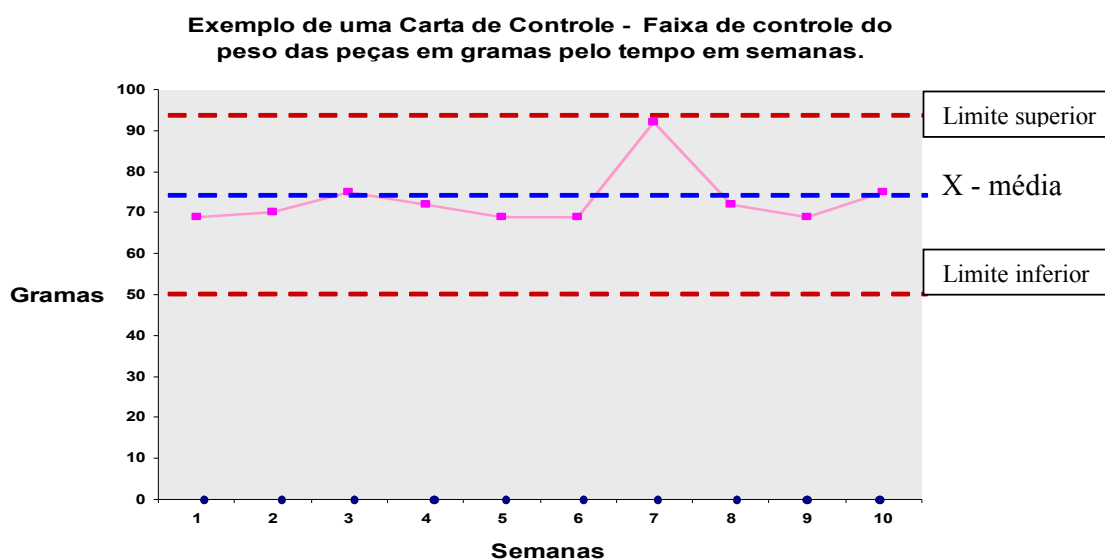


FIGURA 02 – Modelo adaptado da Carta de Controle

2.10.2. Controle de Qualidade Integrada - CQI

O Controle da Qualidade Integrada conhecida também como Qualidade Total tem como objetivo o compromisso de qualidade total em todos os meios de produção e em todos os níveis de gerenciamento que deve ser por meio das pessoas com conhecimento completo de controle de qualidade e não de grandes departamentos ou centrais de controle.

A qualidade integrada é a incorporação do controle de qualidade em todos os níveis de uma organização. Para tanto, as pessoas devem ser treinadas para realizarem funções de controle de qualidade.

Alguns princípios básicos do Controle de Qualidade Integrada:

- controlar o processo: o produto deve ser checado em cada etapa do processo, utilizando-se do sistema Poka-Yoke;
- tornar a qualidade visível, utilizando-se de gráficos e quadros de aviso, no processo;
- visar à qualidade em primeiro lugar, mesmo antes da produção;
- ter autonomia para parar e ajustar equipamento – inspeção no processo;
- verificar 100% dos atributos;
- trabalhar em melhorias contínuas, grupos de trabalho voltados para a qualidade;
- assegurar qualidade dos produtos comprados;
- trabalhar com pequenos lotes;
- manter limpeza e ordem no local de trabalho.

A seguir, serão apresentadas algumas das técnicas de Controle de Qualidade Integrada:

- mostradores visuais, quadros com gráficos com indicadores de qualidade como cartas de controle e metas de qualidade;
- círculos da qualidade, técnica de envolvimento das pessoas e de direcionamento da atenção aos problemas no local de trabalho;
- diagramas espinha de peixe, conhecidos também como *Cartas Ishikawa* como ajuda na identificação da causa raiz do problema;
- sistemas automatizados, que verificam as quantidades, checam as características dos parâmetros e outros;
- inspeção por amostragem (definem a quantidade da amostra).

Segundo Schiffauerova e Thomson (2006), qualidade é de graça, mas não é um presente. O custo da qualidade é o gasto em cometer erros e permitir que eles ocorram e a correção desses erros tem custos.

3. NORMAS SAE J4000 e J4001

A Norma SAE J4000 é um instrumento desenvolvido pela Sociedade de Engenheiros Automotivos – SAE e é considerada uma norma de desempenho que se compõe de um conjunto de características que um sistema de manufatura deve ter para atingir o Nível de Empresa Enxuta. Essa norma divide-se em duas Normas Fundamentais:

- A primeira Norma é a SAE J4000, que identifica os critérios pelos quais a manufatura enxuta poderá ser alcançada;
- A segunda Norma é a SAE J4001, que apresenta instruções e procedimentos para avaliar o grau de aderência ou conformidade em relação à adoção do padrão *Lean*.

Segundo a Norma SAE J4000, o processo de implementação dos conceitos da Manufatura Enxuta consiste na eliminação do desperdício que possa existir ao longo da cadeia de valor da organização.

A Norma é composta por 06 elementos e 52 requisitos que ajudam na avaliação do grau de aderência da Empresa ao *Lean Manufacturing*. Os elementos e requisitos são apresentados no QUADRO 02 e recebem pesos relativos para nortear de forma mais clara os processos de implementação:

Os elementos contidos na Norma SAE J4000 e os seus relativos pesos.		
Elemento 4 – 13 requisitos	Administração/ Responsabilidade	25%
Elemento 5 – 12 requisitos	Pessoal	25%
Elemento 6 – 4 requisitos	Informação	
Elemento 7 – 4 requisitos	Fornecedor/ Cliente	25 % (os elementos 6, 7 e 8 são tratados em conjunto)
Elemento 8 – 6 requisitos	Produto	
Elemento 9 – 13 requisitos	Processo / Fluxo	25%

QUADRO 02 - Elementos contidos na Norma SAE J4000 e seus relativos pesos

Para cada um dos elementos mencionados no QUADRO 02, associa-se uma escala de medição do nível de implementação apresentada no QUADRO 03 que orienta a comparação do nível de satisfação do componente em função das melhores práticas aplicadas na Empresa.

Níveis de satisfação em relação as melhores práticas do Lean Manufacturing.	
Nível 0 – “ L0 “	O componente não está completamente implementado ou existem inconsistências fundamentais na sua implementação.
Nível 1 - “ L1 “	O componente está implementado, mas ainda existem pequenas inconsistências na sua implementação.
Nível 2 - “ L2 “	O componente está satisfatoriamente implementado com resultados efetivos.
Nível 3 - “ L3 “	O componente está efetivamente implementado e mostra um contínuo melhoramento nos últimos 12 meses.

QUADRO 03 - Escala para medir o nível de satisfação em comparação com as melhores práticas

3.1. Os elementos conforme a Norma SAE J4000

Esses elementos estão classificados em seis categorias que ajudam a estruturar as dimensões nas quais a empresa deve encaminhar diagnósticos e iniciativas de melhoria para adequar-se aos princípios da manufatura enxuta. Essas áreas são:

- administração e responsabilidade;
- pessoal;
- informação;
- fornecedor, organização e cliente;
- produto;
- processo e fluxo.

Cada um dos elementos pode ser visto como um vetor de desempenho em si, mas poderá ser subdividido ou desdobrado em índices mais específicos, de acordo com o tipo de empresa e os objetivos perseguidos por ela. Além disso, e em linhas gerais, cada vetor de desempenho pode ser associado a uma ou mais ferramentas modernas da gestão industrial, bem como a algumas metodologias *Lean*.

Nos próximos parágrafos, serão comentados os fatores de desempenho associados a cada um dos Elementos.

3.2. Elemento 4 – Requisitos da Administração e Responsabilidade

O reconhecimento e o envolvimento da direção e da alta gerência são fundamentais no processo. Poder-se-ia afirmar que a primeira iniciativa a ser tomada pela organização deveria ser o estabelecimento de um mecanismo que incorpore os conceitos da manufatura enxuta e os dissemine pela organização.

1. A ferramenta básica utilizada pela empresa para atingir seus objetivos estratégicos é a melhoria contínua por meio da implementação dos métodos e das operações enxutas.
2. Formas estruturadas de desdobramento da política da empresa são usadas para planejar as ações de desenvolvimento do padrão de organização enxuta.
3. As metas do programa *Lean* estão claramente definidas e são efetivamente comunicadas.
4. O conhecimento da filosofia e dos mecanismos das operações enxutas são dominados e efetivamente transmitidos na empresa.

5. A alta administração lidera ativamente o desdobramento das ações para as práticas enxutas, A alta administração é a gerência envolvida diretamente no nível hierárquico em avaliação.
6. A alta gerência analisa regularmente os resultados do progresso do programa *Lean* e compara com as metas estabelecidas no planejamento, A alta gerência é a envolvida diretamente no nível hierárquico em avaliação.
7. Existe um programa de incentivos para recompensar os progressos verificados com a utilização do programa *Lean*.
8. O desempenho individual dos gerentes é avaliado de acordo com os progressos obtidos nos programas *Lean*.
9. Deve existir um clima organizacional não punitivo, orientado por resultados e focado no processo.
10. Existe envolvimento direto e constante do pessoal de alta gerência com o nível operacional relativo à aplicação do programa *Lean*.
11. Deve existir uma política efetiva para disponibilizar pessoal necessário, de modo a suportar as necessidades do programa e permitir sua evolução.
12. Nenhum empregado deve sentir-se ameaçado ou coagido a participar dos programas *Lean* na organização.
13. A gerência deve comprometer-se com os princípios *Lean* e não priorizar atitudes de curto prazo inconsistentes com o programa.

3.3. Elemento 5 – Requisitos do Pessoal (Recursos Humanos)

No elemento Pessoal deve existir um grande esforço da equipe de líderes para a participação de todos na organização, esforço que deve estar retratado na democratização da tomada de decisões, de uma maior autonomia, na formação de equipes interdisciplinares, no treinamento e na garantia dos recursos para as ações dessas equipes.

1. Existem recursos adequados para treinamento e o tempo para treinamento operacional dos operadores é remunerado. Faz parte do expediente ou é inserido na jornada de trabalho.
2. O treinamento inclui conhecimento das ferramentas específicas dos programas *Lean* e medidas de eficiência compatíveis com as necessidades da organização, para todos os seus níveis.
3. O treinamento é conduzido conforme programado, registros e relatórios são mantidos e a avaliação de seus resultados é constantemente realizada.
4. A organização deve estruturar-se segundo a lógica do fluxo de valor, ao longo do negócio.
5. Cada funcionário participa das atividades de trabalho, conforme definido na sua descrição de cargo.
6. O trabalho e a política de pessoal (RH) estão em consonância com as necessidades do programa *Lean*.
7. O nível de responsabilidade e de autoridade de cada equipe de trabalho é claramente definido.

8. O desenvolvimento e a participação dos empregados por meio de equipes de Círculo de Controle de Qualidade - CCQ e programas de melhoria contínua são incentivados e suportados para todos os níveis da organização.
9. As equipes são responsáveis pelos programas e esforços de melhoria contínua, para cada segmento específico da cadeia de valores.
10. A tomada de decisões e as ações são de responsabilidade da equipe do nível correspondente.
11. A gerência não se sobrepõe às decisões e ações das equipes, quando tomadas dentro do seu nível de responsabilidade.
12. As decisões e ações tomadas pelas equipes devem ser apoiadas com os recursos necessários para sua correta implantação.

3.4. Elemento 6 – Sistema de Informação

O Sistema de Informação deve garantir o acesso seguro e estruturado às informações e estas devem orientar a análise sob estudo.

1. As informações e dados operacionais de nível confiável e acurado, estão disponíveis para os membros da organização, conforme necessidade.
2. O conhecimento é compartilhado por toda a organização.
3. A coleta de dados e sua utilização são de responsabilidade dos indivíduos mais identificados com o processo ou com a parte do processo onde os dados são gerados.
4. O sistema financeiro de operações é estruturado de forma a evidenciar os resultados e progressos do programa *Lean*.

3.5. Elemento 7 – Requisitos dos Fornecedores, Organização e Clientes

A *Parceria* é destacada neste elemento, pois pode ser a chave do sucesso, segundo os conceitos da manufatura enxuta. O envolvimento participativo de Clientes e Fornecedores estabelece parcerias duradouras.

1. Clientes e Fornecedores devem participar dos processos de desenvolvimento de produtos, processos e projetos desde suas fases iniciais (o mais próximo possível das fases iniciais).
2. Clientes e Fornecedores devem estar adequadamente representados nas equipes de produtos, processos e projeto da organização.
3. Clientes e Fornecedores devem participar regularmente das revisões e avaliações dos processos, produtos e projetos da organização.
4. Devem existir benefícios mútuos para que clientes e fornecedores trabalhem em grupo, na busca por melhorias de desempenho e redução de custos.

3.6. Elemento 8 – Requisitos do Produto

Para este elemento, é possível identificar duas metodologias para a implantação dos conceitos de manufatura enxuta na área de produto.

A primeira é a aplicação das ferramentas ligadas à gestão do ciclo de vida de produto, tais como:

- Design for Manufacturing and Assembly (DFMA);
 - Design for Manufacturing (DFM), Projeto para Fabricação;
 - Design for Assembly (DFA), Projeto para Montagem.

A segunda é considerada uma filosofia, isto é, a Engenharia Simultânea, ou o Desenvolvimento Integrado de Produto, que tem por objetivo reunir em equipes multidisciplinares competências específicas para o desenvolvimento de novos produtos, com o intuito de reduzir, principalmente, o tempo de lançamento desses novos produtos no mercado e o custo associado a essa tarefa (*Time to Market*).

1. O projeto do produto e o planejamento dos processos devem ser atividades das equipes de trabalho que devem ter representantes de todas as áreas envolvidas.
2. Especificações de atributos, custo e desempenho dos produtos e processos são exatos, possíveis de serem medidos e definidos de comum acordo com todas as áreas envolvidas.
3. O projeto de produtos e o planejamento dos processos são realizados de acordo com a abordagem do ciclo de vida, em completa consonância com os conceitos de DFM e DFA, e consistentes com os princípios *Lean*.
4. Os parâmetros para o projeto do produto e para a capacidade do processo devem ser robustos e consistentes com as melhores práticas de projeto e manufatura.
5. Durante o ciclo de vida do produto e do processo, deve haver recursos para documentação e registro do conhecimento acumulado pela experiência da equipe de trabalho.
6. O Lead Time dos processos e do projeto dos produtos é constantemente medido e busca-se continuamente sua diminuição.

3.7. Elemento 9 – Requisitos do Processo e Fluxo Produtivo

A necessidade de um fluxo sincronizado com as necessidades dos clientes dita uma série de metodologias ou ferramentas utilizáveis nas iniciativas vinculadas à Manufatura Enxuta, como por exemplos, a análise da cadeia de valor, a produção puxada, a redução dos tempos de *setup*, a utilização de controles visuais da produção, a manutenção preventiva, o controle estatístico de processo e a padronização das operações.

1. O local de trabalho deve ser limpo, bem organizado e regularmente auditado, em relação ao padrão definido pela prática do 5S.
2. Existe um sistema de planejamento de atividade da manutenção preventiva, com as atividades de manutenção ocorrendo de maneira adequada, quanto à sua periodicidade, para todos os equipamentos.
3. Listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas, são utilizadas e sua organização obedece aos preceitos da engenharia de valor.
4. O fluxo de valor é completamente mapeado e os produtos são fisicamente confinados de acordo com o fluxo de processos.
5. O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema *pull*, definido pelos clientes, e a demanda é estabelecida regularmente para o planejamento das operações.
6. O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo.
7. O processo está sob controle estatístico; os requisitos de capacidade estão identificados e a variabilidade dos parâmetros de processo é continuamente reduzida.

8. Ações preventivas, utilizando-se métodos estruturados para solução de problemas são utilizados e registrados, sempre que forem identificadas não conformidades de produto ou processo.
9. O fluxo produtivo tem início no recebimento da ordem de produção. O fluxo produtivo obedece ao *takt time* (tempo de cadência), em quantidades unitárias e de acordo com a necessidade dos clientes.
10. Existem programas estruturados e em aplicação constante, para reduzir continuamente os tempos de *setup* e os tamanhos de lotes.
11. O *layout* da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo da produção, as distâncias e movimentações de materiais são continuamente reduzidas e o fluxo de componentes melhorado.
12. Métodos estruturados de estudos de tempos e métodos padronizados são utilizados, procurando distribuir e balancear adequadamente as cargas de trabalho, de acordo com o previsto no *takt time*.
13. O fluxo de valor está sob constante avaliação por meio da aplicação regular de programas de melhoria contínua.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÃO DA PESQUISA

4.1. A Metodologia da Pesquisa

Este trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa exploratória, com dados obtidos a partir da aplicação de um questionário contendo 13 questões relativas ao processo fabril; questões estas formuladas conforme a Norma SAE J4001 e aplicadas diretamente aos responsáveis pelo processo produtivo e com as quais se buscou identificar o grau de aderência em relação à adoção da Metodologia *Lean Manufacturing* em uma empresa do ramo Eletroeletrônico fabricante de placas de circuitos impresso, utilizando-se do processo *Surface Mount Technology (SMT)*.

A primeira parte desta dissertação refere-se à pesquisa bibliográfica que, segundo Gil (1991), o delineamento da pesquisa bibliográfica deve seguir algumas fases como:

1. Identificação das fontes. A principal fonte de pesquisa foi uma seleção de livros, tendo como base a referência bibliográfica de dissertações de mestrados já publicadas e artigos científicos publicados por instituições nacionais e internacionais.
2. Localização das fontes. Livros e periódicos foram obtidos em bibliotecas e provedores de artigos científicos.
3. Leitura de Material. Foi dividida em duas partes: a primeira, em caráter exploratório e a segunda teve caráter seletivo.
4. Apontamentos e organização dos dados. Durante a leitura seletiva, os dados foram anotados para auxiliar o desenvolvimento do trabalho.

5. Registro dos dados das obras. Todos os registros foram arquivados em meios magnéticos.
6. Redação da revisão bibliográfica. Nesta etapa, as metodologias voltadas à Manufatura Enxuta foram descritas para apoio da criação do roteiro de orientação.

A segunda fase da pesquisa está subdividida em levantamento de indicadores de dados, referente à situação atual do processo produtivo e na pesquisa exploratória da estrutura organizacional da manufatura para análise e verificação do grau de aderência em relação à adoção da Metodologia *Lean Manufacturing*, segundo as normas SAE J4000 e J4001.

O delineamento da pesquisa exploratória para esta fase, teve as seguintes etapas:

1. Fase exploratória. Para efeito de diagnóstico, foi estudado com base na Norma SAE J4000 o elemento 09 – Processo e Fluxo Produtivo;
2. Construção do problema. Investigando o processo produtivo utilizando-se de indicadores de performance, foi possível detectar a necessidade de melhora no desempenho do processo e fluxo de produção atual;
3. Construção da hipótese. Utilizando-se da norma SAE-J4000 e SAE-J4001 e dos requisitos contidos no processo e fluxo elemento 9, foi montado um questionário (ANEXO I), para a coleta de dados junto ao processo fabril;
4. Realização de reuniões. Foram programados reuniões e seminários semanais com o objetivo de apresentar a todos os participantes do processo as Normas SAE J4000 e J4001, discutindo-se a melhor aplicabilidade ao processo produtivo e propondo um roteiro de orientação que permita a utilização de um modelo baseado na manufatura enxuta;

5. Seleção das amostras. Para a aplicação dos conceitos da Norma SAE J4000 e J4001, foi escolhido o elemento 09 – Processo e Fluxo Produtivo, devido à disponibilidade dos indicadores atuais de performance do processo produtivo e à possibilidade da aplicação de um questionário junto ao grupo de Gerentes, Engenheiros de Desenvolvimento e de Fabricação do Produto, com o objetivo de coletar dados para avaliar o grau de aderência do processo à metodologia *Lean Manufacturing*;
6. Coleta de dados:
 - Para a coleta de dados dos indicadores de performance de eficiência do processo, foi feito um levantamento dos dados dos indicadores disponíveis no processo;
 - Para a coleta de dados para a análise do grau de aderência em relação à norma SAE J4001, foi elaborado um questionário com base nos requisitos do elemento 9, Fluxo de Processo para a identificação do nível de satisfação (L0, L1, L2 e L3), do componente em função das melhores práticas da manufatura enxuta aplicadas na empresa.
7. Análise dos dados. A análise da coleta de dados dos indicadores de performance de eficiência e o resultado do questionário foram avaliados e identificados os pontos de melhoria no processo produtivo, balizando-se pelo Sistema Orientativo, quanto à melhor metodologia a ser adotada em cada requisito;
8. Plano de melhoria. Consiste em relacionar os pontos do processo que necessitam de melhorias e implementar novas metodologias e programas direcionando-se pelo sistema orientativo;
9. Divulgação dos resultados. Após o levantamento dos dados, os resultados (indicadores) foram apresentados a todos os envolvidos no processo.

4.2. Histórico e Características da Empresa pesquisada

O trabalho foi desenvolvido na filial brasileira de uma empresa norte-americana, de Serviços de Manufatura Contratada, conhecida como *Contract Manufacturing* ou ainda *Electronic Manufacturing Services (EMSs)*. Com essa modalidade de arranjo empresarial, cria-se uma distinção entre a entidade detentora da tecnologia do produto, conhecida como *Original Equipment Manufacturing (OEM)* e a detentora da tecnologia do processo produtivo.

Optou-se ao longo do texto por adotar o uso da terminologia *EMS* para se referir às empresas de Serviços de Manufatura Contratada.

Pertencente ao grupo de mais de 100 empresas, com faturamento anual na ordem de US\$ 170 milhões, foi fundada na década de 80 do século passado e é detentora de tecnologia *OEM*, do setor de telecomunicações, informática, médica, dentre outros.

Os segmentos de telecomunicações, informática e médica estão em constantes mudanças, ou seja, existe uma introdução constante de novas especificações, produtos e tecnologias, o que faz com que os processos se tornem cada vez mais ágeis e flexíveis, para atenderem ao curto ciclo de vida dos produtos.

A empresa tem mais de 10.000 funcionários em filiais *EMSs*, localizadas na América do Norte, América do Sul, Europa e Ásia, e por motivo confidencial, o seu nome não será citado neste trabalho.

No Brasil, a empresa tem somente uma planta industrial existente há dez anos que surgiu a partir da aquisição de uma *EMS* estrangeira instalada no país, com a característica de um *alto mix* de produtos e *baixo volume* de produção.

Segundo Towle (1998), uma empresa de manufatura *EMSs* que trabalha com uma pequena variedade de produtos e pequenos lotes, pode ser considerada de

alto mix e baixo volume. Quando um processo apresenta várias mudanças em um mesmo dia ou período de produção, tem a característica de um alto mix e baixo volume produtivo (WALTERS, FISCHBECK e PEARCE, 2002).

Portanto, a empresa pesquisada considera-se uma filial com características EMS, possuidora de um alto mix de produtos e um baixo volume de produção, dado que contém aproximadamente 50 tipos diferentes de produtos com uma produção intermitente com baixos lotes produtivos em suas sete linhas de produção SMT's.

4.3. Particularidades das Empresas OEMs e EMSs

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) divide o setor eletroeletrônico em sete segmentos:

- 1) automação comercial;
- 2) componentes elétricos e eletrônicos;
- 3) equipamentos industriais;
- 4) geração, transmissão e distribuição de energia elétrica;
- 5) utilidades domésticas;
- 6) informática;
- 7) telecomunicações.

Com o grande crescimento dos setores de Telecomunicações e de Informática iniciando-se na década de 1980 e acentuando-se na década de 1990, houve, naquele período, um grande fortalecimento da tecnologia de montagem de placas de circuito impresso, denominada SMT.

As empresas EMSs tornaram-se, então, filiais e parceiras das OEMs em sua estratégia de redução de custo e flexibilização da manufatura, fazendo grandes investimentos na sua capacitação técnica de produção.

Dois fatores contribuíram para o crescimento do segmento das EMSs:

- adoção pelas OEMs do modelo de contratação de serviço como forma de manter o foco em suas atividades principais;
- participação cada vez maior das EMSs nas etapas do processo de manufatura, tais como a atividade de compra de matéria-prima, montagem completa do equipamento, teste final do produto e sua entrega.

De acordo com Hederson (2000), a busca da OEM para se manter cada vez mais focada no negócio e nas atividades de maior valor agregado tem aberto uma grande possibilidade para as EMSs assumirem atividades como gerenciamento de cadeia de fornecimento e gerenciamento de outras etapas do ciclo de vida de produto.

Às OEMs restaram as atividades de Marketing, Pesquisa e Desenvolvimento. E nesse desenho industrial, as EMSs surgem como braço operacional para etapas de desenvolvimento de protótipos, engenharia de produção, manufatura e atividades correlatas (KUMAR, 1999).

Kumar (1999) indica que o passo seguinte no desenvolvimento da relação será as EMSs oferecerem consultorias tecnológicas às OEMs, a fim de trabalharem conjuntamente na melhoria do produto e do processo.

Lyell (1998) vê as EMSs como importantes parceiras das OEMs, oferecendo a flexibilidade necessária para o processo pela sua capacidade de integração vertical.

4.4. O processo - SMT

Nos próximos tópicos, são indicados os principais pontos do processo e relacionados os tópicos básicos de um processo SMT.

1. *Top side* é o lado superior da placa de circuito impresso.

2. *Back side* é o lado inferior da placa de circuito impresso.
3. *FUJI* e *GSM* são inseridoras automáticas utilizadas para a inserção de pequenos e grandes componentes.
4. *Pasta de solda* é uma liga de estanho, chumbo e outros componentes e que serve como ponto de ligação entre os componentes e a placa de circuito impresso.
5. *Printer* é um equipamento que faz o depósito da pasta de solda na placa de circuito impresso.
6. *Surface Mount Design (SMD)* são pequenos componentes montados na superfície da placa de circuito impresso sem o auxílio de furos-guias na placa de circuito impresso.
7. *Forno de Refusão* é o equipamento que solda os componentes SMD;
8. *Pin Through Hole (PTH)* são componentes montados por meio de furos guias existentes na placa de circuito impresso. Este, geralmente, é um processo manual.
9. *Solda à Onda* é o equipamento que solda os PTH's.
10. *Circuit teste (ICT)* é o teste feito com um equipamento especial que detecta problemas por meio de agulhas mais conhecidas como cama de pregos.
11. *Teste Funcional* é responsável pela avaliação da funcionabilidade das placas.
12. *Shop Floor Data Collection (SFDC)* é o sistema de coleta de dados que apóia o controle do processo e da qualidade, gerando indicadores para análise e rastreabilidade do processo.

Consideram-se sete as etapas principais do Fluxo do processo SMT para placas de circuito impresso:

1. aplicação da pasta de solda – *printer*;
2. lado superior da placa SMT;
3. lado inferior da placa SMT;
4. inserção do SMD;
5. inserção do PTH;

6. acabamento;
7. teste funcional do ICT .

As Sete principais etapas do Fluxo do processo SMT para placas de circuito impresso estão representadas no fluxograma da FIGURA 03.

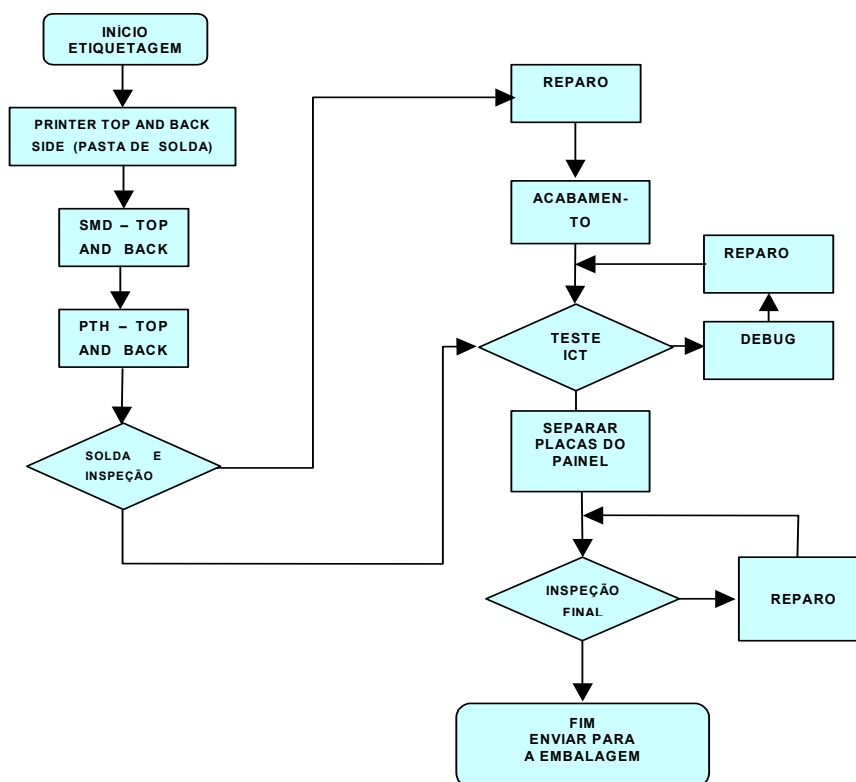


FIGURA 03 - Modelo adaptado do fluxograma de montagem

Primeiramente, a placa é etiquetada e colocada na *Printer* para o depósito da pasta de solda, que é a responsável pela ligação dos componentes da placa de circuito. Após esta etapa, os componentes são inseridos automaticamente em suas posições pelas máquinas *FUJI* e *GSM*, e logo após, passam pelo forno de refusão para a soldagem dos componentes.

Após a etapa de soldagem feita pelo forno de refusão, é feita uma inspeção visual para avaliar se a placa tem algum tipo de defeito, ausência de componentes,

componentes invertidos, curto ou insuficiência de solda. Essa inspeção é visual e feita com o auxílio de lupas. Caso o defeito seja localizado, o reparo é feito, se possível, no mesmo posto e, em seguida, a placa é liberada para a continuidade do processo.

Após passar pelo processo SMD, as placas seguem para o processo PTH, e para a máquina de solda à onda onde os componentes são soldados à placa. Em seguida, as placas vão para a etapa de acabamento quando geralmente, são inseridos alguns componentes e realizados alguns ajustes, sendo encaminhadas para os testes de ICT e FUNCIONAL, por meio dos quais são testadas e liberadas para a embalagem, caso sejam aprovadas e, caso apresentem algum defeito, retornam ao processo para o retrabalho. Terminado o retrabalho, as placas são novamente inspecionadas e enviadas à embalagem e, finalmente, ao cliente.

Após a compreensão de todo o fluxo de processo SMT, o passo seguinte é levantar os indicadores do seu estado atual, em todas as linhas SMTs (atualmente com 07 linhas de processo), para a verificação, por meio de indicadores de performance do tempo gasto com atividades improdutivas, considerada, neste modelo, como *Ineficiência do Atual Processo*, dados obtidos durante os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2005, em relação:

- à preparação dos equipamentos – *setup*;
- ao recebimento de materiais;
- ao desenvolvimento de novos produtos;
- à manutenção dos equipamentos;
- ao lote piloto;
- ao teste dos programas;
- à qualidade dos componentes;
- à interferência da engenharia no processo;
- ao ajuste de *setup*;
- outros.

As planilhas de demonstração da coleta de dados do processo atual não foram apresentadas neste trabalho, por se tratarem de informações confidenciais da empresa em questão; porém, o gráfico da FIGURA 04 apresenta os principais tópicos de ineficiência de todas as Linhas SMT's, dados coletados no período de agosto a dezembro de 2005. (É considerada ineficiência a parcela de tempo improdutivo gerada por cada tópico em relação à disponibilidade total do equipamento).

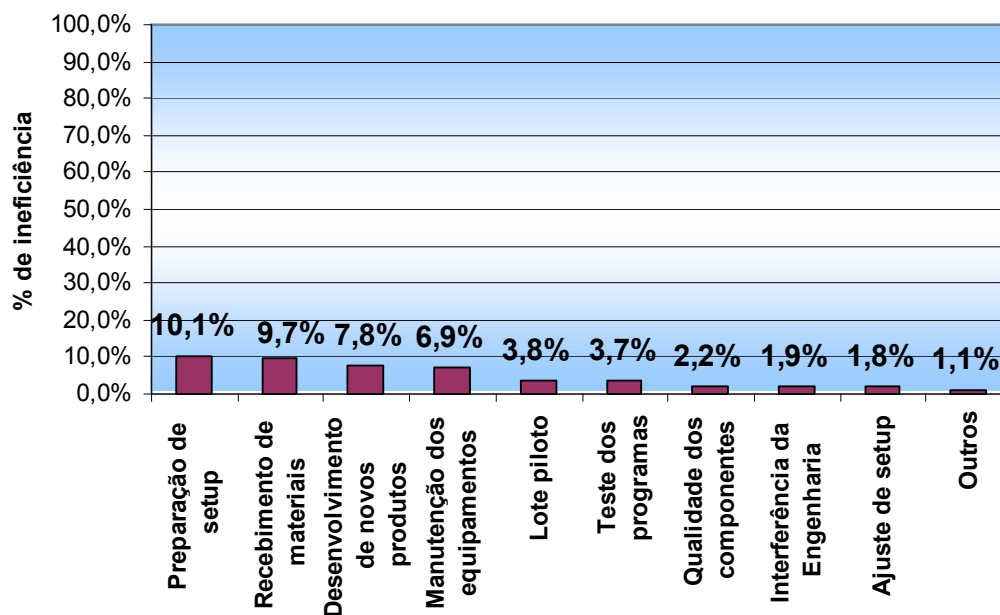


FIGURA 04 – Dados dos Indicadores do processo produtivo atual

Percebe-se que os indicadores de ineficiência correspondem praticamente à metade da disponibilidade total do equipamento, ou seja, praticamente metade do tempo trabalhado nas linhas SMT. Isso aponta para perdas significativas existentes no sistema.

4.5. O Estudo de Caso e a Delimitação da Pesquisa

Este item pretende dar uma orientação do método utilizado para o levantamento dos dados para a verificação do grau de aderência do processo de manufatura de uma empresa do ramo eletroeletrônico, fabricante de placas de circuito impresso, utilizando-se como base as normas SAE J4000 e J4001 e para esse fim, optou-se pela abordagem de estudo de caso exploratório.

Dentre os tópicos gerais apresentados na norma SAE J4000, para verificação (Administração e Responsabilidade, Recursos Humanos, Sistema de Informação, Produto e Processo Produtivo), foi focado o tópico *Processo e Fluxo Produtivo*, elemento 09 da norma SAE J4000, devido à disponibilidade dos indicadores atuais de performance do processo produtivo e à possibilidade da aplicação de um questionário junto ao grupo de Gerentes, Engenheiros de Desenvolvimento e de Fabricação do Produto, coletando dados para avaliar o grau de aderência do processo à metodologia *Lean Manufacturing*.

Tendo sido escolhido para este trabalho o Elemento 09 denominado Processo e Fluxo Produtivo, foi selecionada para o estudo uma empresa de capital multinacional do ramo eletroeletrônico, fabricante de placas e circuitos impressos, conforme descrito no item 4.2, cujo objetivo é verificar por meio de um estudo de caso exploratório, o grau de aderência do Processo Fabril ao *Lean Manufacturing*, utilizando como ferramenta a norma SAE J4001.

O QUADRO 04 mostra as etapas executadas para o levantamento dos dados relativos à situação atual do processo, utilizando-se de indicadores de performance e da aplicação de um questionário preparado com base nas normas SAE J4000 e J4001 aos Gerentes Engenheiros de Desenvolvimento e de Fabricação do Produto.

Etapas	Passos	Ferramentas utilizadas
1 - Diagnóstico atual	Levantamento dos dados relativos à situação atual do processo.	Indicadores de performance: <ul style="list-style-type: none"> • preparação dos equipamentos – <i>setup</i>; • recebimento de materiais; • desenvolvimento de novos produtos; • Manutenção dos equipamentos; • lote piloto; • teste dos programas; • qualidade dos componentes; • interferência da Engenharia no processo; • ajuste de <i>setup</i>; • outros.
2 - Avaliação do Grau de aderência do Processo Fabril	Preparar o questionário conforme as normas SAE-J4000 e SAE-J4001	Aplicar o questionário conforme as normas SAE-J400 e SAE-J4001 - (ANEXO I). Análise do elemento 09 - Processo e Fluxo Produtivo.

QUADRO 04 – Modelo de avaliação das etapas

Antes do início da coleta de dados, alguns cuidados foram tomados. Inicialmente, foram programadas reuniões com os Gerentes, Engenheiros de Desenvolvimento e de Processo do Produto da empresa com o objetivo de informar os benefícios pessoais e financeiros alcançados aplicando-se a Metodologia da Manufatura Enxuta com base nas Normas SAE J4000 e J4001. A apresentação compreendeu uma abordagem das Normas e suas metodologias.

Para o levantamento e a verificação do grau de aderência do processo produtivo conforme norma SAE J4001, em relação à Manufatura Enxuta, foi aplicado um total de sete questionários conforme descrito no ANEXO I, ao Gerente de Engenharia (01), de Produção (01), Engenheiros de Produto (02) e aos Engenheiros de Processo do Produto (03), questionários para a coleta dos dados e posterior análise do grau de aderência do processo em relação à norma SAE J4000. A aplicação do questionário resultou no QUADRO 05:

Requisitos do Elemento 9 - Processo e Fluxo Produtivo.	GE	GP	E1	E2	P1	P2	P3	Resultado da Aderência
1 - O local de trabalho é limpo e organizado.	L3	L3	L2	L3	L2	L3	L2	L3
2 - Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva.	L0	L2	L1	L1	L0	L1	L1	L1
3 - As listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas.	L2	L1	L2	L2	L1	L2	L2	L2
4 - O fluxo de valor é completamente mapeado.	L0	L1	L1	L1	L0	L1	L1	L1
5 - O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema <i>pull</i> definido pelos clientes.	L0	L1	L1	L0	L1	L0	L1	L1
6 - O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo.	L1	L2	L2	L1	L2	L3	L2	L2
7 - O processo produtivo está sob controle estatístico.	L2	L1	L2	L3	L2	L1	L2	L2
8 - Existem programas visando ações preventivas.	L0	L1	L2	L1	L1	L0	L1	L1
9 - O fluxo produtivo obedece ao <i>takt time</i> .	L3	L2	L2	L1	L2	L2	L1	L2
10- Existem programas para reduzir continuamente os tempos de <i>setup</i> e os tamanhos de lotes.	L1	L0	L1	L1	L2	L1	L0	L1
11 - O <i>layout</i> da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo.	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L3
12 - Há métodos estruturados de estudos de tempos.	L2	L2	L1	L1	L2	L3	L2	L2
13 - O fluxo de valor está sob constante avaliação.	L1	L0	L1	L0	L1	L0	L1	L1

QUADRO 05 - Resultado por questionário aplicado - ANEXO I

Legenda: GE = Gerente de Engenharia, GP = Gerente de Produção, E1 e E2 = Engenheiros de Produto e P1, P2 e P3 = Engenheiros de Processo.

Para determinação do resultado da aderência, foram adotados os níveis de aderência com maior tendência de indicação.

O QUADRO 06 apresenta o resumo do resultado dos questionários – ANEXO I:

requisitos do elemento 9	Descrição	Grau de Aderência
1	O local de trabalho é limpo, organizado e regularmente é auditado.	L3
2	Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva.	L1
3	As listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas.	L2
4	O fluxo de valor é completamente mapeado.	L1
5	O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema <i>pull</i> definido pelos clientes.	L1
6	O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo.	L2
7	O processo produtivo está sob controle estatístico.	L2
8	Existem programas visando ações preventivas.	L1
9	O fluxo produtivo obedece ao <i>takt time</i> .	L2
10	Existem programas para reduzir continuamente os tempos de <i>setup</i> e os tamanhos de lotes.	L1
11	O layout da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo.	L3
12	Há métodos estruturados de estudos de tempos.	L2
13	O fluxo de valor está sob constante avaliação.	L1

QUADRO 06 – Resumo dos questionários aplicados por grau de aderência

No capítulo seguinte, será feita uma análise dos resultados obtidos por meio dos indicadores de performance da situação atual do processo e do grau de aderência do processo utilizando as respostas obtidas com a aplicação do questionário (ANEXO I).

Pode-se notar, desde já, que, devido ao processo produtivo e ao tipo de produto fabricado, alguns itens têm um alto grau de aderência (L3). Este fato pode-se dar mais em função de se estar trabalhando com placas de circuito impresso utilizando o processo SMT, do que em função de uma aplicação de *Lean Manufacturing*. Isso será melhor analisado no próximo capítulo.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os dados obtidos são apresentados e discutidos conforme apontamento dos indicadores de performance e o seu grau de aderência ao *Lean Manufacturing*.

É possível observar pela FIGURA 04 (dados dos Indicadores do processo produtivo atual), que existe um grande desperdício da disponibilidade dos equipamentos (na ordem de 49,0% do tempo total), ou seja, uma grande ineficiência em relação ao aproveitamento do tempo disponível dos equipamentos. Com uma avaliação inicial dos indicadores de ineficiência das linhas SMT, FIGURA 05, é possível identificar os principais pontos para a melhoria do processo:

1. rever a metodologia de *setup*;
2. verificar a cadeia de suprimentos;
3. avaliar os programas de desenvolvimento de novos produtos;
4. avaliar os programas de manutenção dos equipamentos;
5. verificar os programas de qualidade;
6. avaliar o processo de desenvolvimento de novos produtos.

No diagnóstico do elemento 09 em relação à Norma SAE J4000 e SAE J4001 – Processo e Fluxo Produtivo, foram identificadas as parcelas referentes a cada *grau de aderência*, conforme mostra a FIGURA 05.

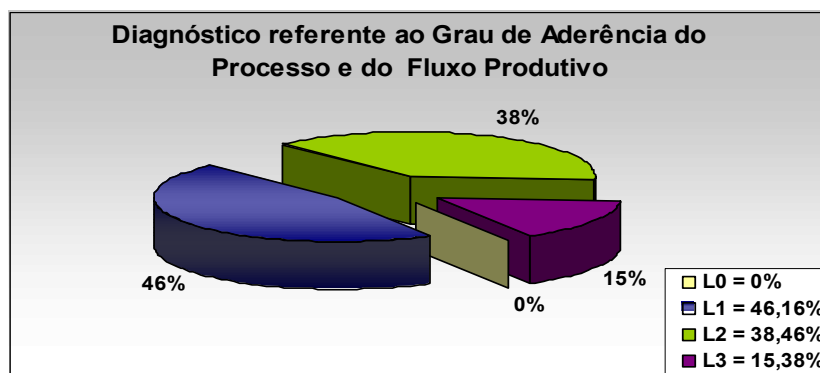


FIGURA 05 – Gráfico referente ao grau de aderência da empresa em relação à Norma SAE J4000, Elemento 09 do Processo e Fluxo Produtivo

Nota-se que, apesar de não haver nenhum elemento com nível L0 de aderência, a maior parcela refere-se ao nível L1, com muita incidência também de elementos com nível L2. Apenas 15,38 % apresentam nível L3, o que indica a necessidade de melhorias em todo o processo produtivo.

Pelos dados obtidos com a aplicação do questionário, foi possível analisar cada etapa do processo identificando que:

- os itens 01 e 11 apresentam o mais alto grau de aderência (L3) em função do processo necessário para a fabricação de placas de circuitos impressos;
- com relação aos itens 03, 06, 07, 09 e 12 também com alto grau de aderência (L2), parte desta aderência deve-se também à necessidade estruturada do processo produtivo SMT, para a fabricação de placas de circuitos impressos;
- com relação aos itens 02, 04, 05, 08, 10, e 13, será necessário preparar alguns planos de melhorias, utilizando como base o sistema orientativo para as devidas correções e adequação ao processo dos itens que ainda não atingiram o grau de aderência necessário para atendimento da Norma SAE J4001 e ao *Lean Manufacturing*.

O processo produtivo SMT tem algumas particularidades e, devido a esse motivo, alguns tópicos da Norma J4000 estão bem classificados em relação à sua aderência.

Com base nos resultados obtidos pelos indicadores de performance do *status* atual do processo e das respostas ao questionário em relação ao grau de aderência do processo das metodologias *Lean*, foi possível verificar que existe uma relação acentuada entre os pontos nos quais a melhoria se faz necessária.

Ordenando-se o resultado da pesquisa por prioridade de melhoria, utilizando-se os indicadores de performance atual do processo e os indicadores do grau de aderência da Norma SAE J4001, para uma efetiva comparação.

Determinando os indicadores do *status* atual do processo SMT, o percentual de ineficiência e ordenando-os chega-se ao QUADRO 07:

Itens dos indicadores do processo	Descrição	Ineficiência em %
1	Preparação de <i>setup</i>	10,1%
2	Recebimento de materiais	9,7%
3	Desenvolvimento de novos produtos	7,8%
4	Manutenção dos equipamentos	6,9%
5	Lote piloto	3,8%
6	Teste dos programas	3,7%
7	Qualidade dos componentes	2,2%
8	Interferência da Engenharia	1,9%
9	Ajuste de <i>setup</i>	1,8%
10	Outros	1,1%

QUADRO 07 – Percentagem de ineficiência do processo

Ordenando-se os itens do QUADRO 06, resultante do questionário Anexo I, partindo-se do item com menor valor agregado de aderência à Manufatura Enxuta para o maior, chega-se ao QUADRO 08.

Requisitos do elemento 9	Descrição	Grau de Aderência	Percentagem por grau de Aderência
2	Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva.	L1	46,16%
4	O fluxo de valor é completamente mapeado.	L1	
5	O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema <i>pull</i> definido pelos clientes.	L1	
8	Existem programas visando ações preventivas.	L1	
10	Existem programas para reduzir continuamente os tempos de <i>setup</i> e os tamanhos de lotes.	L1	
13	O fluxo de valor está sob constante avaliação.	L1	38,46%
3	As listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas.	L2	
6	O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo.	L2	
7	O processo produtivo está sob controle estatístico.	L2	
9	O fluxo produtivo obedece ao <i>takt time</i> .	L2	
12	Há métodos estruturados de estudos de tempos.	L2	15,38%
11	O <i>layout</i> da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo.	L3	
1	O local de trabalho limpo e organizado.	L3	

QUADRO 08 – Quadro ordenado pelo grau de aderência

Comparando-se os quadros 07 e 08, relativos ao indicador de eficiência da linha SMT e o grau de aderência do processo ao *Lean Manufacturing*, nota-se uma importante relação na identificação das atividades com maior grau de importância de melhoria.

Descrevemos abaixo a relação entre as atividades dos quadros 06 e 07 e no capítulo seguinte, indicamos uma ferramenta de melhoria que melhor se adapta a cada requisito analisado.

Para os indicadores do processo atual, nota-se que, devido à similaridade entre as atividades, alguns itens foram agrupados e seus percentuais somados no QUADRO 09.

Indicadores de Ineficiência do Atual Processo.		
Itens dos indicadores do processo	Descrição do item	Porcentagem de ineficiência
1, 5 e 9	Tempo gasto com as preparações, lote piloto e com os <i>setup's</i> .	15,9%
3 e 6	Desenvolvimento de novos produtos e programas.	11,5%
2	Disponibilidade do material para o processo produtivo	9,7%
4	Planejamento das manutenções	6,9%

QUADRO 09 – Consolidação dos indicadores de ineficiência do processo

O QUADRO 10 apresenta o resultado do questionário dos itens com o menor valor agregado de aderência (L1) à Manufatura Enxuta.

Resultado da aplicação do questionário - anexo I.		
Requisitos do elemento 9	Descrição do item	Grau de Aderência
10	Existem programas para reduzir os tempos de <i>setup's</i> e os tamanhos de lotes	L1
5	A produção baseia-se em um sistema <i>pull</i> definido pelos clientes	L1
4 e 13	O fluxo de valor está mapeado e sob constante avaliação	L1
2 e 8	Existe um sistema de manutenção preventiva	L1

QUADRO 10 – Grau de aderência igual a L1 dos requisitos do elemento 9

Comparando-se a tabela dos *Indicadores de Ineficiência do Atual Processo* das linhas SMT's em relação à tabela referente ao *Grau de Aderência do Processo ao Lean Production*, nota-se uma importante relação na identificação das atividades com maior grau de importância de melhoria.

Nota-se também que, utilizando-se dos dados coletados por meio dos *Indicadores de Ineficiência do Atual Processo* ou utilizando-se dos dados obtidos com a aplicação do *questionário ANEXO I*, para a verificação do *Grau de Aderência do Processo* a Norma SAE J4000, identifica-se a proximidade dos resultados obtidos entre as metodologias.

Portanto, é possível afirmar por meio dos dados coletados, que 100% dos itens identificados com necessidades de melhoria em relação ao Grau de Aderência igual à L1 – QUADRO 10, utilizando-se do questionário - ANEXO I, relacionam-se em 89,79% aos itens identificados pelos *Indicadores de Ineficiência do Atual Processo* QUADRO 09.

Estas metodologias, porém, devem ser aplicadas em necessidades distintas, ou seja, os indicadores são balizadores no andamento do processo e têm como objetivo traçar-lhe correções, enquanto que a Norma SAE J4001 indica o grau de aderência do processo ao *Lean Manufacturing*.

Com os dados obtidos por meio desse estudo de caso exploratório, foi possível propor o QUADRO 11, onde o indicativo do custo para a implementação das metodologias é apresentado. É importante salientar que este quadro classifica os custos em baixo, médio e alto, servindo somente para um balizamento quanto à priorização da seqüência de implementação das metodologias.

O conceito utilizado para definir as classificações baixa, média e alta foi com ênfase nos seguintes pontos:

- baixa – toda metodologia que necessita somente de investimento no desenvolvimento dos colaboradores (treinamento);
- média – toda metodologia que necessita de investimentos em treinamento e ou compra de pequenos equipamentos e dispositivos auxiliares;
- alta – toda metodologia que necessita de investimentos em treinamento, dispositivos auxiliares e compra de equipamentos específicos¹.

Requisitos do elemento 09	Descrição	Programa a ser adotado	Classificação em relação ao custo para implementação
1	O local de trabalho é limpo e organizado.	9.1 (5S)	baixo
2	Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva.	9.2 (TPM– Total Productive Maintenance)	médio
3	Listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas.	9.3 (ETM– Enhanced Thematic Mapper)	baixo
4	O fluxo de valor é completamente mapeado.	9.4 (VSM– Value Stream Mapping)	baixo
5	O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema “pull” definido pelos clientes.	9.5 (PCP– Planejamento e Controle de Produção)	alto
6	O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo.	9.6 (Fluxo de Processo)	médio
7	O processo está sob controle estatístico.	9.7 (CEP – Controle Estatístico do Processo)	baixo
8	Há ações preventivas.	9.8 (MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas)	baixo
9	O fluxo produtivo obedece ao takt time.	9.9 (Takt time)	alto
10	Existem programas para reduzir continuamente os tempos de setup e os tamanhos de lotes.	9.10 (TRF – Troca Rápida de Ferramenta)	médio
11	O layout da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo.	9.11 (Fluxo Síncrono e Contínuo)	médio
12	Há métodos estruturados de estudos de tempos.	9.12 (Balanceamento da Produção)	alto
13	O fluxo de valor está sob constante avaliação.	9.13 (Kaizen – Melhoria Contínua)	médio

QUADRO 11 - Classificação do custo de implementação

¹ Considera-se por pequenos equipamentos e dispositivos auxiliares, itens com valores até USD 20,000.00 e acima deste valor, estão os equipamentos específicos.

Após o entendimento da necessidade de melhoria no processo apresentado no presente capítulo, podem ser identificados os principais programas de melhoria por requisito. É necessário observar que o resultado apresentado nos QUADROS 07 e 09 indicam a priorização para a implementação das melhorias por requisito, que serão apresentadas no próximo capítulo.

6. PROPOSTA DO SISTEMA ORIENTATIVO

A seguir, é apresentado um sistema orientativo para a utilização das ferramentas do *Lean Manufacturing*, com base na avaliação do grau de aderência em conformidade com as normas SAE J4000 e J4001, identificando cada requisito mencionado, referente ao elemento 09 - *Fluxo de Processo*. Para cada ferramenta considerada, deve-se compor um programa a ser desenvolvido e aplicado aos itens em que a empresa identificar a baixa aderência ao programa *Lean*.

Das análises realizadas no capítulo anterior, foi possível identificar que a empresa pesquisada tem necessidade de adotar programas que a permitam aproximar-se das condições de aderência à Manufatura Enxuta nos diversos itens avaliados.

O fato de que em alguns requisitos a empresa tenha atingido o nível L3, não significa a falta de necessidade de adoção de um programa específico, dado que a aderência identificada se deve mais às características do processo produtivo da empresa, do que à existência de um programa específico para a aplicação da ferramenta *Lean*.

Esses programas devem, preferencialmente, ser conhecidos e consagrados nos meios industrial e acadêmico, e ter como objetivo atender à necessidade apresentada em cada requisito examinado. Por exemplo, no requisito “Organização e Limpeza”, o programa mais indicado é o “5S”.

O QUADRO 12 propõe um sistema orientativo para o aumento da performance do processo produtivo em relação ao grau de aderência do *Lean Manufacturing*:

Requisitos do elemento 9	Descrição	Programa a ser adotado
9.1	O local de trabalho é limpo e organizado.	5 S.
9.2	Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva.	TPM – Total Productive Maintenance
9.3	Listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas.	ETM – Enhanced Thematic Mapper
9.4	O fluxo de valor é completamente mapeado.	VSM – Value Stream Mapping
9.5	O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema <i>pull</i> definido pelos clientes.	PCP – Planejamento e Controle de Produção
9.6	O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo.	Fluxo de Processo
9.7	O processo está sob controle estatístico.	CEP – Controle Estatístico do Processo
9.8	Há ações preventivas.	MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas
9.9	O fluxo produtivo obedece ao <i>takt time</i> .	<i>Takt time</i>
9.10	Existem programas para reduzir continuamente os tempos de <i>setup</i> e os tamanhos de lotes.	TRF – Troca Rápida de Ferramenta
9.11	O layout da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo.	Fluxo e Processo Síncrono e Contínuo
9.12	Há métodos estruturados de estudos de tempos.	Balanceamento da Produção
9.13	O fluxo de valor está sob constante avaliação.	Kaizen – Melhoria Contínua

QUADRO 12 – Sistema guia para a aplicação da metodologia

Os programas propostos são expostos na seqüência deste trabalho e tratam de metodologias de trabalho, nas quais o treinamento do pessoal, a contratação de pessoas especializadas e os investimentos em novos equipamentos devem ser cuidadosamente analisados durante a aplicação de cada metodologia.

A análise para uma futura aplicação de uma metodologia para a melhoria de um dos elementos apresentados no Quadro 09 deve levar em consideração uma avaliação em relação ao custo benefício, em que o treinamento do pessoal torna-se o elemento fundamental para o sucesso da implementação da melhoria.

Peças e Henriques (2006) destacam a importância das universidades de participarem em conjunto com as empresas da identificação e da aplicação das metodologias para a melhoria do processo produtivo, destacando o treinamento do

pessoal e os programas com baixo custo de implementação, priorizando-os quanto à sua implementação.

6.1. Programas propostos por requisito do elemento 09 – Fluxo de Processo.

6.1.1. O Programa - 5S

O Programa é basicamente voltado à Qualidade Total que trata da arrumação, da ordem, da limpeza, do asseio e da autodisciplina dos funcionários de uma organização e tem, como meta, propiciar:

- ambientes mais limpos e organizados;
- redução do desperdício;
- motivação do grupo;
- flexibilização nas relações entre os líderes e a equipe;
- espírito de equipe;
- elevação do moral dos funcionários;
- maior comprometimento;
- prazer de executar as tarefas;
- uma gestão participativa.

Conforme Jesus (2003), através do programa 5S, os colaboradores são envolvidos na melhoria de tudo o que os rodeia. No trabalho, são convidados a usarem criatividade e a darem soluções pessoais e em grupo para melhorias localizadas. Com isso, as pessoas começam a se sentir autorizadas a gerar mudanças, a gostar de realizar mudanças e a tomar gosto por essa participação em melhorias que as afetam diretamente.

A arrumação, a ordem, a limpeza e a autodisciplina dos funcionários de uma organização têm como meta, propiciar melhorias significativas em todos os requisitos apresentados no QUADRO 08 e nos itens de eficiência do processo, apresentados no QUADRO 09.

6.1.2. O Programa -Total Productive Maintenance - TPM

O Programa TPM é um conjunto de atividades efetuadas ao nível fabril voltado à manutenção, envolvendo equipamentos, mão-de-obra, materiais, matrizes, gabaritos, ferramentas e energia, dos quais os trabalhadores de uma empresa são solicitados a participar.

Com a metodologia TPM implementada de forma correta, espera-se alcançar as seguintes melhorias:

- manutenção planejada – aumento da eficiência e eficácia dos equipamentos e das instalações;
- manutenção autônoma – capacitação da mão-de-obra;
- melhoria específica – reduzir o número de quebras e aumentar a eficiência global dos equipamentos;
- educação e treinamento – elevar o nível de capacitação da mão-de-obra;
- manutenção da qualidade – busca do *Zero* defeito.

Com a aplicação da metodologia TPM, busca-se a capacitação não só da equipe de manutenção, mas também da equipe de produção, na análise em conjunto das falhas e do desempenho dos equipamentos.

O Programa TPM, associado ao 5S, contribui com as atividades voltadas à manutenção, apresentando melhorias significativas no item 4 do QUADRO 07.

6.1.3. O Programa - Enhanced Thematic Mapper - ETM

A Análise de Valor e a Engenharia de Valor são sistemas para solucionar problemas, por meio de um conjunto específico de técnicas utilizando-se de um grupo de pessoas especializadas.

A Análise e a Engenharia de Valor são aplicadas em todas as fases do ciclo do produto e os melhores resultados são obtidos quando a metodologia é aplicada na fase introdutória dos produtos em que os custos de mudanças são menores e o potencial dos resultados é bastante elevado.

A Análise de Valor e de Engenharia tem como propósito:

- identificar e remover as atividades e custos desnecessários;
- implementar um processo com qualidade e segurança;
- manter o menor custo total possível.

A Análise de Valor é utilizada para produtos já existentes em fase de produção e a Engenharia de Valor é utilizada para projetos e produtos na fase de desenvolvimento.

Essa metodologia traz melhorias significativas relacionadas aos itens da eficiência dos processos 3 e 6 do QUADRO 09.

6.1.4. O Programa - Value Stream Mapping - VSM

O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta que traz, como principais benefícios, a eliminação de desperdício e a otimização do fluxo de processo de manufatura.

Outros benefícios também podem ser verificados, tais como:

- fluxo contínuo e puxado;
- redução dos lotes de fabricação;
- introdução das filosofias *just-in-time* e *kanban*;
- otimização do uso de equipamentos;
- informação de forma cadenciada e contínua;
- melhor visualização da real capacidade produtiva da fábrica;

- ampla visão das necessidades de matéria-prima, equipamentos e mão-de-obra;
- visão das metas de melhorias do processo;
- alterações no layout, devido à redução dos estoques intermediários;
- compreensão da relação entre os fluxos de materiais e informações.

O VSM é uma das principais ferramentas do programa *Lean Manufacturing*, porque traz melhorias significativas relacionadas a todos os itens do quadro 09. Enfatiza-se nesse trabalho a melhoria do item 02 do QUADRO 09.

6.1.5. O Programa - Planejamento e Controle de Produção - PCP

Segundo Fernandes e Santoro (2005), as empresas devem ver a função de PCP como *muito importante* para viabilizar, sincronizar e orquestrar todo o fluxo operacional. O reconhecimento da necessidade da função PCP é fundamental para o processo produtivo. Existe uma grande necessidade de investimentos pesados no desenvolvimento interno de sistemas que suportem o planejamento e a programação integrada do PCP à empresa; porém, sistemas como o MRP II, utilizam conceitos modernos de programação e atendem às necessidades.

Atividades atribuídas ao PCP.:

- elaborar os planos de produção;
- planejar a capacidade fabril;
- administrar a matéria-prima;
- controlar a produção;
- coordenar os processos de terceirização e subcontratação;
- desenvolver relatórios gerenciais da manufatura;
- outros.

Vantagens da implementação do PCP dentro do processo fabril:

- controle de custo do produto e de operação;
- controle de estoques;
- constantes reduções de inventários;
- agilidade e garantia de prazo de entrega;
- flexibilidade no lançamento de novos produtos;
- rastreabilidade do processo;
- controle do atendimento dos pedidos;
- confiabilidade nas datas de entrega.

Os investimentos tanto em treinamentos conceituais, *benchmarks*, ferramentas e desenvolvimentos pessoais, devem ser sempre incentivados e requeridos, tendo como meta um sistema *Pull* definido pelos clientes.

Essa importante função (PCP) beneficia, com uma melhoria significativa, todos os itens dos indicadores do processo do QUADRO 07, pois sincroniza e orquestra todo o fluxo produtivo.

6.1.6. O Programa - Fluxo de processo tem controle visual

No mercado globalizado, o uso da Tecnologia da Informação (TI) para o suporte tecnológico do sistema de Planejamento e Controle da Produção (PCP) é fundamental para o sucesso empresarial. O sistema de informações permite as operações de *kanban* e *just-in-time* como um fator de obtenção e de manutenção de vantagens competitivas. Para se operar com ele, é fundamental um sistema de resposta rápida que tenha flexibilidade na produção e que atenda às necessidades específicas dos clientes, fatores que representam a diferenciação entre as empresas (SLACK, 1993).

O *Kanban* Eletrônico tem tido um destaque no contexto do *kanban* interno, pois mensagens eletrônicas podem ser empregadas para reposição dos estoques na medida da necessidade.

Dependendo da distância entre os centros de trabalho, pode o *kanban* eletrônico ser empregado para diminuir o tempo de resposta no reabastecimento de peças.

Vantagens do *kanban* eletrônico:

- abastecimento *just-in-time*;
- baixo inventário na linha;
- facilidade de visualização da necessidade de carga ao abastecedor;
- associação a outros métodos de abastecimento;
- controle visual do processo;
- melhor utilização do layout;
- ganho em agilidade no processo produtivo;
- realimentação das informações aos operadores em tempo real;
- baixo investimento para implementação e manutenção do sistema;
- sistema flexível para melhorias e mudanças.

Nas últimas décadas, observa-se uma tendência crescente de automação com tecnologias de computadores, sejam elas de processos contínuos ou de manufatura, tornando-se um fator primordial para o desenvolvimento tecnológico da empresa.

Esta importante ferramenta contribui para a melhoria do fluxo do processo, item 2 do QUADRO 09.

6.1.7. O Programa - CEP - Controle Estatístico do Processo

A carta CEP é um requisito da qualidade do produto que fornece informações essenciais para a definição do processo produtivo e tem a capacidade de

assegurar-lhe o monitoramento. Shingo (1996) define a carta de controle como uma importante ferramenta no controle de processo estatístico, já que elas determinam dois tipos de limites:

- limites padrões, os quais especificam o intervalo de erro aceitável permitido para os produtos;
- limites de controle, os quais especificam a amplitude das variações na qualidade que surgem no estágio de processamento.

Este programa contribui para o controle estatístico do processo, garantindo melhorias referente aos itens 1,5 e 9 do QUADRO 09 e item 7 do QUADRO 07.

6.1.8. O Programa - MASP - Metodologia de Análise e Solução de Problemas

O MASP busca o desenvolvimento e a capacitação para a solução definitiva dos problemas e para o aperfeiçoamento pró-ativo dos processos. Os conceitos fundamentais para a Análise de Processos e Solução de Problemas são:

Solução de problemas:

- identificação do problema;
- levantamento de dados e fatos;
- identificação das causas dos problemas;
- planejamento e consolidação de solução.

Melhorias do processo:

- identificação de oportunidades de melhorias;
- planejamento e implementações de melhorias;
- utilização do ciclo PDCA para melhoria.

Uma ferramenta adequada para a busca de soluções de problemas de maior complexidade, no âmbito do processo produtivo e de gestão, e que traz eficiente retorno com redução de gastos, tempos e materiais em processo é a Metodologia Six Sigma.

A contínua utilização da Metodologia de Análise e Solução de Problemas possibilita o planejamento de ações preventivas e de melhoria contínua no processo, além de possibilitar a identificação da causa raiz do problema. A melhoria com a aplicação dessa metodologia pode ser observada com maior ênfase nos itens 2, 3, 4 e 6 do QUADRO 09.

6.1.9. O Programa - *Takt time*

O *takt time* é o ritmo da unidade de produção que deve ser observado para atender à necessidade da demanda do cliente e é calculado com base nas informações de venda, ou seja, na previsão de demanda.

Segundo Alvarez e Antunes (2001), o princípio enxuto do *takt time* não significa executar as atividades mais rápido, mas fazer as atividades no ritmo certo e o ritmo certo é o ditado pelo cliente.

Outros princípios do *takt time*:

- utilização do sistema *kanban* para conexão de células de produção;
- fluxo unitário em linha (*one piece flow*) - transferência de materiais entre postos de trabalho se dá em lotes de tamanho igual a uma peça;
- produção puxada.

O *takt time* complementa o PCP que tem por finalidades sincronizar e orquestrar todo o fluxo produtivo, cujo principal objetivo é alinhar as necessidades do processo em função da demanda do cliente. A utilização dessa metodologia beneficia os itens

3 e 6 dos indicadores do processo do QUADRO 09, pois sincroniza e orquestra todo o fluxo produtivo em relação à demanda do cliente.

6.1.10. O Programa - TRF -Troca Rápida de Ferramenta

Segundo Fogliatto e Fagundes (2003), a troca rápida de ferramenta (TRF) é descrita como uma metodologia para a redução dos tempos de preparação de equipamentos, trazendo uma grande vantagem competitiva entre as empresas, porque possibilita:

- reduzir o tamanho do lote de produção na manufatura;
- reduzir os tempos de atravessamento (*lead times*), possibilitando à empresa respostas rápidas diante das mudanças do mercado;
- reduzir o tempo de preparação dos equipamentos (*setup*);
- reduzir o período não-produtivo durante o processo de manufatura;
- enfatizar o trabalho cooperativo em equipe;
- propor formas criativas de melhorias do processo.

A utilização dessa metodologia possibilita um grande ganho em relação à disponibilidade dos equipamentos (carga máquina disponível para uso), trazendo melhoria no percentual de ineficiência dos itens 1, 5 e 9 do QUADRO 09.

6.1.11. O Programa - Fluxo Contínuo

Fluxo contínuo de produção *Continuous Flow Production (CFP)*, baseia-se em uma produção sem lotes e com fluxo contínuo. Define-se como Fluxo Contínuo a produção de uma peça por vez ao longo do processo, sem inventário ou estoque de material entre os recursos.

Quando não for possível estabelecer um fluxo contínuo, pode-se utilizar o *Kanban* como apoio ao processo contínuo. Explicação mais detalhada do processo de utilização de *kanban* pode ser visto em (Hopp e Spearman, 1996).

Shingo (1996) destaca quatro princípios que devem ser seguidos ao criar-se o fluxo de peças unitárias:

- balancear as quantidades de produção entre os processos; sincronizar os processos (eliminando esperas);
- reduzir o tamanho do lote de transferência para uma unidade (eliminando as esperas do lote);
- aperfeiçoar o layout para reduzir a necessidade de transporte;
- reduzir o tamanho do lote de produção.

A aplicação dos princípios citados por Shingo (1996) para a criação de um fluxo de peças unitárias tem, como conseqüência, uma significativa redução dos tempos de produção.

O zelo pelo Fluxo Síncrono e Contínuo da Produção, traz melhorias em todo o processo produtivo, ou seja, uma melhora significativa em relação aos itens de 1 a 10 do QUADRO 07.

6.1.12. O Programa - Balanceamento da Produção

O Sistema Toyota de Produção define o termo *Balanceamento*, como sendo o equilíbrio entre volume de trabalho a ser executado e capacidade disponível de equipamentos e do operador em executar o trabalho.

O *Balanceamento* da Produção é um dos pontos mais importantes do Sistema Toyota de Produção e o seu objetivo é garantir que os processos de produção estejam organizados de forma a atenderem à produção da quantidade necessária no momento necessário, incluindo os equipamentos, trabalhadores e outros fatores da estrutura.

O excesso de capacidade é determinado pela relação entre a carga e a capacidade, ou seja, o excesso de capacidade = $(\text{capacidade}) - (\text{carga}) / (\text{capacidade})$.

O Sistema de Produção Toyota tem como objetivo produzir em resposta aos pedidos recebidos, ou produzir com base na demanda prevista, postura essa possível, desde que algumas ações sejam tomadas:

Utilização do Sistema TRF, como uma pré-condição essencial para:

- implementar pequenos lotes no processo produtivo;
- utilizar o TRF, visando rápida mudança em relação aos pedidos;
- adoção do balanceamento da produção, sincronizando operadores e fluxo.

Dando continuidade a essa metodologia, é possível destacarmos que o empenho na redução do tempo de *setup* viabiliza uma passagem para a produção segmentada e, posteriormente, para a produção mista. Para garantia dessa evolução e como cada troca de ferramenta necessita de diferentes movimentos e equipamentos, recomenda-se a utilização de dispositivos Poka-yoke que tornam impossível a realização de movimentos errados.

Independentemente do Sistema de Produção ser Segmentada ou Mista, deve ela ser vista, mais exatamente, como algo que se adequa natural e fielmente aos pedidos firmes e a gerência deve buscar reduções de custo pela diminuição da duração dos ciclos de produção e a superação de todas as outras dificuldades (Shingo,1996).

O grande benefício recebido com o empenho na redução do *setup*; proporciona uma redução no estoque de produtos acabados, o atendimento aos pedidos do cliente dentro do planejado e o balanceamento na produção através de métodos estruturados, trazendo como benefício melhorias principalmente nos itens 3 e 6 do QUADRO 09.

6.1.13. O Programa - Melhoria Contínua - Kaizen

Kaizen é uma palavra japonesa que se refere à prática da melhoria contínua por meio de pequenas mudanças em processos existentes, utilizando-se de métodos, técnicas e da criatividade das pessoas no seu próprio setor de trabalho, em quaisquer níveis hierárquicos, sem maiores investimentos.

Processos do tipo SMT devem sempre ser analisados a fim de se lhes introduzirem constantes melhorias. A aplicação de novos conceitos de processos de melhorias devem ser realizados por meio de programas de capacitação bem definidos.

Alguns processos de melhoria para aplicação ao processo produtivo:

- programa Kaizen;
- controle estatístico de processo;
- redução de retrabalho e de desperdícios;
- análise do fluxo de materiais;
- gerenciamento da cadeia de suprimentos;
- análise de devoluções.

Ganhos com a introdução de programas de melhorias:

- redução dos gastos com matéria-prima;
- redução do tempo de processo;
- garantia da qualidade do produto;
- eficiência no gerenciamento do processo.

Finalmente, o fluxo de valor deve estar sob constante avaliação para a implementação lenta e gradual das Metodologias no processo produtivo, trazendo, dessa forma, benefícios em relação a todos os itens indicados no QUADRO 09.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS

As empresas do ramo Eletroeletrônico fabricantes de placas de circuito impresso que utilizam o processo SMT, estão constantemente necessitando buscar novas tecnologias de forma a alinhar as suas estratégias de manufatura às necessidades competitivas do mercado. Como essas empresas se utilizam de processos previamente definidos e devido às características do produto fabricado (EMS), nem sempre apresentam condições de busca e de aplicação de novos conceitos tecnológicos. Assim trabalham, muitas vezes, de acordo com suas próprias diretrizes e regras.

A pesquisa realizada mostrou que:

- a empresa não utiliza as metodologias Lean;
- em alguns requisitos onde o grau de aderência está entre L2 e L3, deve-se as características do produto e do processo;
- falta orientação e treinamento para a utilização dos programas Lean.

A pesquisa mostrou ainda, através dos QUADROS 09 e 10, que uma empresa que trabalha com um monitoramento do seu processo fabril utilizando *Indicadores de Performance* não tem uma boa indicação do seu estado em relação ao grau de aderência do processo ao Lean.

O roteiro de aplicação proposto mostra que as metodologias apresentadas podem auxiliar a empresa a aproximar-se do *Lean*. Em alguns casos a metodologia aplicada para a melhoria de um dos requisitos proporciona também melhorias nos demais requisitos.

Para a aplicação das metodologias Lean ao processo, será necessário utilizar os dados do QUADRO 11 para determinar a prioridade de implementação das melhorias.

Após o término da pesquisa na empresa do ramo eletroeletrônico, citada neste trabalho, foi possível verificar que outras empresas de outros ramos de trabalho como a metal mecânica, têxtil, entre outras, podem ser exploradas mantendo-se a filosofia contida neste trabalho.

Comparando-se o estágio atual do processo tecnológico da empresa com as metodologias do *Lean Manufacturing*, verifica-se uma lacuna para a implementação dos conceitos dessa metodologia, a qual deverá ser aplicada com base na sua necessidade apresentada no QUADRO 09.

7.1. Sugestões para Futuros Trabalhos

Esta pesquisa exploratória teve como objetivo o levantamento dos dados atuais da empresa, a verificação do Grau de aderência do processo produtivo às metodologias do *Lean Manufacturing* utilizando-se das Normas SAE J4000 e J4001 e à proposição de um sistema orientativo para o balizamento e o conhecimento das Metodologias Enxutas para a melhoria do processo produtivo.

Como forma de novos estudos, sugere-se que o trabalho tenha continuidade monitorando-se e avaliando-se a eficiência da identificação dos pontos de melhoria da manufatura. O monitoramento e a análise servirão para corrigir e aperfeiçoar esta proposta, validando a eficiência da pesquisa em relação ao guia orientativo.

Após o término da pesquisa exploratória nessa empresa do ramo eletroeletrônico, citada nesse trabalho, foi possível verificar que outras empresas de outros ramos de trabalho como a metal mecânica, têxtil, entre outras, podem ser exploradas seguindo a filosofia *Lean Manufacturing*, contida neste trabalho (BRUCE, DALY e TOWERS, 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHANGA, P.; SHEHAB, E; ROY, R; NELDER, G. **Critical Success Factors for Lean Implementation within SMEs.** Journal of Manufacturing Technology Management; Volume: 17 Issue: 4; 2006.

ALVAREZ, Roberto dos R.; ANTUNES, Jr. Valle José A. **Takt time: Concepts and Context in Toyota Production System.** Gest. Prod., Apr. 2001, vol.8, no.1, pages 1-18.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial.** São Paulo. Editora Atlas, 1993.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro.** Porto Alegre. Editora Bookman, 1998.

BRUCE, Margaret; DALY, Lucy; TOWERS, Neil. **Lean or Agile: A solution for Supply Chain Management in the Textiles and Clothing Industry.** International Journal of Operations & Production Management; Volume: 24 Issue: 2; 2004.

CORREA, H.; GIANESI, I. **Estratégias de Operações in: Contador, José Celso, Coordenador: Gestão de Operações.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., Fundação Vanzolini, 1997, pages 309-316.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria; SANTORO, Miguel Cezar. **Avaliação do Grau de Prioridade e do Foco do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Modelos e Estudos de Casos.** Gestão de Produção, vol.12, no.1, São Carlos Jan./Apr. 2005.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. **Rapid Exchange of Tools. Method Steps and Case Study.** Gest. Prod., Aug. 2003, vol.10, no.2, pages163-181.

GIL, Yolanda. **Integrated Architectures for Artificial Intelligence**. School of Computer Science Carnegie Mellon, University Pittsburgh PA, 15213, USA, 1991.

GONÇALVES, R. **Ô Abre-alas: A Nova Inserção do Brasil na Economia Mundial**. Rio de Janeiro, Editora Relume Dumará, 1994, pages 150-158.

GUNASEKARAN, A.; CECILLE, P. **Implementation of Productivity Improvement Strategies in a Small Company**. Technovation, Vol. 18, Issue 5, May 1998, pages 311-320.

HEDERSON, J. **Box Build: from Concept Through Manufacturing**. Circuits Assembly, Oct. 2000.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management**. Publisher, McGraw-Hill, New York, 1996.

HOUAISS, Antonio. **Dicionário Eletrônico da Língua Portuguesa 1.0**. Rio de Janeiro, 2001.

KUMAR, K. **Contract Manufacturing of Electronic Hardware**. Electronic Information & Planning, May-June, 1999, pages 395-407.

JESUS, Alex Ribeiro de. **Programa 5S**. Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos Comitê de Qualidade dos Correios, São Paulo, v.65, n.1/2, jan./dez., 2003, pages 57-58.

LYELL, M. **Vertical Integration Helps OEMs Compete**. SMT Magazine, July 1998, pages 87-90.

MARK, N. R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre. Editora Bookman, 2001, pages 132-136.

MONDEN, Yosuihiro. **Toyota Productions System**. Institute of Industrial Engineers, 1983.

NORMA SAE-J4000. **Identification and Measurement of Best Practice in Implementation of Lean Operation**. Automotive Quality And Process Improvement Committee, Ago, 1999.

NORMA SAE-J4001. **Implementation of Lean Operation User Manual**. Automotive Quality And Process Improvement Committee, Nov., 1999.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**. Além da produção em larga escala. Porto Alegre, Editora Bookman, 1997, page 152.

PEÇAS, P.; HENRIQUES, E. **Best Practices of Collaboration Between University and Industrial SMEs**. Benchmarking, An International Journal, Volume: 13 Issue: 1/2; 2006.

PIRES, S. R. I.; AGOSTINHO, O. L. **Estratégias Competitivas e Prioridades Competitivas da Manufatura**. Um Estudo Exploratório. Revista Produção. Minas Gerais, 1994, Vol. 4, nº1, pages 23-32.

PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva- Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência**. 7a ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva das Nações**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992, pages 1-23.

REBELLO, Maria Alice de França Rangel. **Implantação do Programa 5S para a Conquista de um Ambiente de Qualidade da Biblioteca do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo**. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v. 3, n. 1, jul./dez. 2005, pages 165-182.

REYNOLDS, Kanton T. **Cellular Manufacturing & the Concept of Total Quality**. Department of Industrial Engineering, North Carolina A & T State University, Greensboro, North Carolina, 1998.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo, DTC, 1998, pages 3-96.

SHAH, Rachna.; WORD, Peter, T. **Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance**. Journal of Operations Management 21, 2003, pages 129–149.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**. Editora Bookman, 1996.

SCHIFFAUEROVA, Andrea; THOMSON, Vince. **Cost of Quality: A Survey of Models and Best Practices**. Submitted to the International Journal of Quality and Reliability Management, McGill University, 2006.

SLACK, Nigel. **Vantagem Competitiva em Manufatura**. São Paulo: Atlas, 1993.

TOWLE, K. A. **Low Volume, High Mix Manufacturing**. Circuits Assembly, Jan. 1998, pages 52-59.

WALTERS, K.; FISCHBECK, K.; PEARCE, R. **Improving the Reflow Process with SPC**. Circuits Assembly, Feb. 2002.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992, pages 9-39.

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AZZONE, Giovanni; MACCARRONE, Paolo. **The Emerging Role of Lean Infrastructures in Technology Transfer: The Case of the Innovation Plaza Project.** Technovation, Volume 17, Issue 7, July 1997, pages 391-402.

BARTHOLOMEW, D. **Where's the Magic.** Industry Week; Jul 2006; 255, 7; BI/INFORM Global; page 40.

BITITCI, U.S. **Modelling of Performance Measurement Systems in Manufacturing Enterprises.** International Journal of Production Economics, Vol.42, 1995, pages 137-147.

BLACK, J. T. **Cellular Manufacturing Systems Reduce Setup Time, Make Small Lot Production Economical.** Industrial Engineering, Norcross, NOV. 1983, pages 36-48.

CAGLIANO, Raffaella; BLACKMON, Kate; VOSS, Chris. **Small Firms Under Microscope: International Differences in Production / Operations Management Practices and Performance.** Integrated Manufacturing Systems. 12/7; 2001, pages 469-482.

CONNER, Gary. **Don't Let Wasteful Tasks Slow you Down: Lean Manufacturing Eliminates Meaningless Activities from the Shop Floor While Boosting Productivity and Efficiency .** Metal Finishing, Volume 104, Issue 3, March 2006, pages 13-15.

CRUTE, V.; BROWN, Y.; WARD, S.; GRAVES, A. **Implementing Lean in Aerospace-challenging the Assumptions and Understanding the Challenges.** Technovation, Volume 23, Issue 12, December 2003, pages 917-928.

CUSUMANO, M. **The Limits of Lean**, *Sloan Management Review*, Vol.35, No.4, 1994, pages 27-32.

DURAN, O.; BATOCCHIO, A. **Na Direção da Manufatura Enxuta Através da J4000 e o Lem**. 06/2003, *Revista Eletrônica de Engenharia de Produção*, Florianópolis, SC, Brasil, Vol. 3, Fac. 2, 2003, pages 1-22.

HERRON, C.; BRAIDEN, P. M. **A Methodology for Developing Sustainable Quantifiable Productivity Improvement in Manufacturing Companies**. *International Journal of Production Economics*, In Press, Corrected Proof, Available online 3 March 2006.

HOLWEG, Matthias. **The Genealogy of Lean Production**. *Journal of Operations Management*, In Press, Corrected Proof, Available online 8 May 2006.

HUDSON, M.; SMART, P.; BOURNE, M. **Theory and Practice in SME Performance Measurement Systems**, *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 21, No. 8, 2001, pages 1096-1115.

KENTON, R. **The Make-buy Decision**. *SMT Magazine*, Dec. 1997, pages 63-66.

LEANDRO, C. R. **Utilização dos Conceitos do Sistema Toyota de Produção em uma Pequena Empresa**. *Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção*, Universidade Metodista de Piracicaba, 2003.

MAHMOUD, Houshmand; JAMSHIDNEZHAD, Bizhan. **An Extended Model of Design Process of Lean Production Systems by Means of Process Variables**. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 22, Issue 1, February 2006, pages 1-16.

MAESTRELLI, N. C.; SIMON, A.T.; BATOCCHIO, A. **A Manufatura Enxuta e Sua Aplicação aos Processos de Conformação dos Metais**. Revista Máquinas e Metais, Abril, 2002.

MERTINS, K.; JOCHEM, R. **Architectures, Methods and Tools for Enterprise Engineering**. International Journal of Production Economics, Volume 98, Issue 2, 18 November 2005, pages 179-188.

NARASIMHAN, Ram; SWINK, Morgan; KIM, Soo Wook. **Disentangling Leanness and Agility: An Empirical Investigation**. Journal of Operations Management, In Press, Corrected Proof, Available online 19 January 2006.

OLIVEIRA, Carlos Machado; CARVALHO, Marcius Fabius Henriques de. **Analysis of Supply Chain Management Policies Through Simulation Models**. Gest. Prod., Sept./Dec. 2004, vol.11, no.3, p.313-329.

RIBEIRO, C. R. **Processo de Implementação da Manutenção Produtiva Total (T.P.M.) na Indústria Brasileira**. Taubaté: UNITAU, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, 2003.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas Industriais Japonesas**. Nove Lições sobre a Simplicidade. São Paulo: Pioneira, 1984.

TUBINO, D. F.; DANNI, T. S. **Uma Proposta de Sistema de Avaliação Operacional no Ambiente Just-in-Time**. Máquinas e Metais, Julho, 1997, pages 120-130.

WHITE, Richard E.; PRYBUTOK, Victor. **The Relationship Between JIT Practices and Type of Production System**. Omega, Volume 29, Issue 2, April 2001, pages 113-124.

WINCENT, Joakim. **A Study of Firm Behavior and Outcomes in Strategic SME Networks.** Journal of Small Business and Enterprise Development; Volume: 12 Issue: 3; 2005.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas,** Rio de Janeiro: Campus, 1994.

ANEXO I. Questionário de Pesquisa**Questionário para a coleta de dados, referente ao Elemento 09 da Norma SAE J4000, relativo ao Processo e ao Fluxo Produtivo para os 13 requisitos.**

Nome:

Função:

Marque com um **X** a alternativa que mais se aproxima da visão da sua área de trabalho.

1 - O local de trabalho deve ser limpo, bem organizado e regularmente auditado, em relação ao padrão definido pela prática do 5S.

- L0 - O requisito não se verifica ou existem grandes inconsistências na sua aplicação.
- L1 - O requisito está presente, mas existem pequenas inconsistências na sua aplicação.
- L2 - O local de trabalho é limpo, bem organizado e regularmente auditado, em relação ao padrão definido pela prática do 5S.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

2 - Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva, com as atividades de manutenção ocorrendo de maneira adequada, quanto à sua periodicidade, para todos os equipamentos.

- L0 - A manutenção ocorre apenas no caso de quebra de equipamentos.
- L1 - Algumas atividades de manutenção são planejadas, mas não existe programa de manutenção preventiva.

- L2 - Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva, com as atividades de manutenção ocorrendo de maneira adequada, quanto à sua periodicidade, para todos os equipamentos.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

3 - Listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas, são utilizadas e sua organização obedece aos preceitos da engenharia de valor.

- L0 - Listas de materiais e padronização de operações não são utilizadas ou registradas.
- L1 - Existem listas de materiais e padronização de operações, mas estão desatualizadas e sem utilidade.
- L2 - As operações de manufatura baseiam-se nas listas de materiais e na padronização de operações existentes. Há evidências de utilização de engenharia de valor.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

4 - O fluxo de valor é completamente mapeado e os produtos são fisicamente confinados de acordo com o fluxo de processos.

- L0 - O fluxo de valor não é definido ou não é registrado.
- L1 - O fluxo de valor é parcialmente ou inadequadamente mapeado, ou seguido apenas para parte dos produtos.
- L2 - O fluxo de valor é completamente mapeado e os produtos são fisicamente confinados de acordo com o fluxo de processos.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

5 - O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema *pull* definido pelos clientes, e a demanda é estabelecida regularmente, para o planejamento das operações.

- L0 - A programação da produção é reativa, de acordo com as necessidades dos clientes, sem respeitar planejamento anterior O fluxo de valor não é definido ou não é registrado.
- L1 - A carga de alguns equipamentos é planejada regularmente, para os períodos produtivos. Desvios do sistema MRP ocorrem regularmente, se o sistema for usado.
- L2 - O seqüenciamento da produção baseia-se em um sistema *pull* definido pelos clientes,e a demanda é estabelecida regularmente para o planejamento das operações.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

6 - O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo.

- L0 - O fluxo de produção obedece a uma seqüência pré planejada. Um sistema do tipo MRP pode ser usado.
- L1 - Implementação parcial da forma visual de controle.
- L2 - As atividades produtivas são controladas por indicadores visuais e audíveis, dentro do ambiente produtivo.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

7 - O processo está sob controle estatístico; os requisitos de capacidade estão identificados e a variabilidade dos parâmetros de processo é continuamente reduzida.

- L0 - Métodos de controle estatístico não são usados.

- L1 -Existem alguns registros de métodos estatísticos. As ferramentas estatísticas não são usadas para determinar capacidade de processos ou para identificar causas principais de variabilidade.
- L2 - O processo está sob controle estatístico; os requisitos de capacidade estão identificados e a variabilidade dos parâmetros de processo é continuamente reduzida.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

8 – Ações preventivas com métodos estruturados para solução de problemas, são utilizados e registrados, sempre que forem identificadas não conformidades de produto ou processo.

- L0 - Não são utilizados métodos de análise para identificar causas de problemas.
- L1 - Existem análises de causas de problemas, mas a documentação é incompleta. Ações preventivas são inconsistentes.
- L2 - Ações preventivas, utilizando-se métodos estruturados para solução de problemas são utilizados e registrados, sempre que forem identificadas não conformidades de produto ou processo.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

9 - O fluxo produtivo tem início no recebimento da ordem de produção. O fluxo produtivo obedece ao *takt time* (tempo de cadência), em quantidades unitárias e de acordo com a necessidade dos clientes.

- L0 - Técnicas do sistema *pull* não são utilizadas.
- L1 - Implantação parcial. Existe estoque em processo. .

- L2 - O fluxo produtivo tem início no recebimento da ordem de produção. O fluxo produtivo obedece ao *takt time* (tempo de cadência), em quantidades unitárias e de acordo com a necessidade dos clientes.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

10 - Existem programas estruturados e em aplicação constante, para reduzir continuamente os tempos de *setup* e os tamanhos de lotes.

- L0 - Sistemas para redução de *setup* e tamanhos de lotes não são utilizados.
- L1 - Implantação parcial.
- L2 - As atividades são realizadas de modo consistente; as melhorias e as aplicações são adequadamente documentadas.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

11 - O layout da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo da produção, as distâncias e movimentações de materiais são continuamente reduzidas, e o fluxo de componentes melhorado.

- L0 - O sistema utilizado é a produção por lotes.
- L1 - Existe preocupação com o fluxo, mas não existe sincronismo e ocorrem estoques intermediários.
- L2 - O fluxo é sincronizado, sem a formação de estoques em processo.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

12 - Métodos estruturados de estudos de tempos e métodos padronizados são utilizados, procurando distribuir e balancear adequadamente as cargas de trabalho, de acordo com o previsto no *takt time* (tempo de cadência ou ritmo de produção).

- L0 - Métodos estruturados de tempos e métodos não são utilizados.
- L1 - Existem métodos estruturados de ETM, mas apresentam dados sem utilidade; ou balanceamentos e cargas incorretos são verificados.
- L2 - Métodos estruturados de estudos de tempos e métodos padronizados são utilizados, procurando distribuir e balancear adequadamente as cargas de trabalho, de acordo com o previsto no *takt time* (tempo de cadência ou ritmo de produção).
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.

13 - O Fluxo de Valor está sob constante avaliação, por meio da aplicação regular de programas de melhoria contínua.

- L0 - O fluxo de valor não é medido ou avaliado.
- L1 - O fluxo de valor é definido e documentado, mas não é utilizado para programas de melhorias contínuas.
- L2 - Existe um programa regular, periódico, de avaliação de cada elemento da organização, visando à busca de melhorias contínuas.
- L3 - L2 mais evidências de refinamento e melhorias nos últimos 12 meses.