

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA**

**APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE
VALOR PARA AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA
MECÂNICA.

Maurício Garcia Vieira

Florianópolis, Março de 2006.

**APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA AVALIAÇÃO DE
UM SISTEMA DE PRODUÇÃO**

MAURÍCIO GARCIA VIEIRA

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA**

**ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

ABELARDO ALVES DE QUEIROZ, Ph.D. – ORIENTADOR

FERNANDO CABRAL, Ph.D. – COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA

FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI, Dr. (UFSC)

JOÃO CARLOS ESPÍNDOLA FERREIRA, Ph.D. (UFSC)

GUSTAVO DANIEL DONATELLI, Dr. (UFSC)

Dedico toda a obra a Renata Baptista, uma alma sem igual a qual só emana alegria, felicidade e bondade, pois ela foi a responsável e quem mais me apoiou a largar tudo para buscar esse mestrado apesar de saber que perderia muito com essa decisão. Tenho e terei com ela, uma dívida eterna, de amor, gratidão, companheirismo e lealdade.

Ela sempre estará comigo e no meu coração!

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Ademir e Elizabeth que desde o início guiaram meu aprendizado e de certa forma pavimentaram todo e qualquer sucesso que eu possa ter. A eles e meus irmãos, Marcelo e Mário, pelo pelas lições de vida, amor e apoio que me deram.

Agradeço a Tharcyla pelo amor, pela paciência, o apoio, o companheirismo e, principalmente, a dedicação a qual não se furtou durante esse árduo período de pesquisa e dissertação. Essa vitória também é dela.

Agradeço ao meu orientador Prof. Abelardo pela dedicação e orientação neste trabalho, aos colegas do GETEQ e ao companheiro Adrian que me ajudou bastante na dissertação e na readaptação à vida acadêmica.

Sou grato aos amigos, que não me deixaram entristecer nos momentos de saudades e angústia, Breno, Pedro, Odir, Jorge, Ricardo, Lili, Gean, João, Fabio, Paulão, Vanessa, Cinthia, Patricia, Mineiro, Greice, Ivo, Davi Barbosa, Rosana Cergoli, Duda, Thaysa, Tatyla, Talitha, júnior e Bruno.

Parágrafo especial para a empresa ECCON, em particular ao pessoal da manufatura, que abriu suas portas como nunca poderia imaginar. Foi uma experiência enriquecedora e gratificante.

Por último, agradeço a todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram neste desafio de defender um mestrado, pois esse fato mudou irreversivelmente minha vida em um curto espaço de tempo. Obrigado.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE FIGURA.....	viii
ACRÔNIMOS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização histórica e importância do tema	2
1.2 Natureza do problema.....	4
1.3 Caracterização da pesquisa.....	4
1.4 Objetivos da dissertação	5
1.5 Método de trabalho da dissertação	6
1.6 Delimitação do estudo	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção (STP)	8
2.2 A manufatura enxuta (ME).....	10
2.3 Mecanismo da função produção	14
2.4 O Pensamento Enxuto	17
2.5 Sete desperdícios (ou perdas)	28
2.6 As quatro regras do DNA Toyota.....	33
3 DESCRIÇÃO DO MÉTODO.....	37
3.1 O que é um mapa?	37
3.2 Mapeamento do fluxo de valor – MFV (<i>Value-Stream-Mapping –VSM</i>)	38
3.3 Descrição da aplicação do MFV.....	42
3.4 Elementos integrantes do método.....	46
3.5 Mapa do fluxo de valor do estado atual ou estado presente	50
3.6 Mapa do fluxo de valor do estado futuro.....	58
4 MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL	63
4.1 A empresa	63
4.2 Definir a família a ser mapeada – início do mapeamento	66
4.3 Identificar a cadeia de valor.....	68
4.4 Identificar estoques e calcular seus volumes em dias.....	69
4.5 Calcular a linha do tempo ou <i>lead time</i>	70
4.6 Construção do Mapa do Fluxo de Valor do estado atual.....	72
4.7 Descrição do <i>Loop</i> Cliente	74
4.8 <i>Loop</i> Placas.....	75
4.9 <i>Loop</i> montagem.....	80
4.10 <i>Loop</i> do Fornecedor.....	84
5 MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO.....	86
5.1 Desenho do mapa do fluxo de valor para o estado futuro e do novo layout de produção. 86	
5.2 <i>Loop</i> Placas.....	87
5.3 <i>Loop</i> montagem.....	95
5.4 Enviar a programação do cliente para um único processo de manufatura (processo puxador – “ <i>pacemaker</i> ”).....	99
5.5 Distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador. Nivelar o mix de produção	99

5.6	Cálculo a nova linha de tempo ou <i>lead time</i>	100
6	RESULTADOS	102
6.1	Comparação entre as tabelas de processo do estado atual e futuro	102
6.2	Redução de <i>lead time</i>	103
6.3	Redução de área.....	104
6.4	Aumento de produtividade	105
7	CONCLUSÃO.....	107
7.1	Limitação do trabalho.....	108
7.2	Recomendações de trabalhos futuros	108
8	REFERÊNCIAS	109
	ANEXO - ÍCONES DO MAPA DA CADEIA DE VALOR	115

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Fluxo de valor da cadeia de suprimentos da lata de alumínio.....	21
Tabela 2 - Características do <i>kaikaku</i> e <i>kaizen</i>	26
Tabela 3 - PTSA – Período (em meses) em que <i>Takt</i> permaneceu sem alteração em meses.....	36
Tabela 4 - Elementos do mapa de fluxo de valor	47
Tabela 5 - Relação entre os objetivos de desempenho e os dados de processos	49
Tabela 6- Matriz de operações versus produtos	66
Tabela 7 - PFMA para separação das famílias	66
Tabela 8 - Produção diária.....	69
Tabela 9 - Estoques em dias e horas no fluxo de valor	70
Tabela 10 - <i>Lead time</i> do fluxo de valor.....	71
Tabela 11 - Tempo de processamento	72
Tabela 12 - Capacidade produtiva no <i>loop</i> placas.....	77
Tabela 13 - ela de processo do estado atual do <i>loop</i> placas	79
Tabela 14 - Dados de produção do <i>loop</i> montagem	81
Tabela 15 - Tabela de processo do estado atual do <i>loop</i> montagem	83
Tabela 16 – Capacidade e distribuição dos produtos entre as SMT 1 e SMT 2 – Configuração 1	89
Tabela 17 – Capacidade e distribuição dos produtos entre as SMT 1 e SMT 2 – Configuração 2	90
Tabela 18 - Capacidade e distribuição dos produtos na PTH.....	91
Tabela 19 - Tabela de processo do Novo Sistema produtivo	94
Tabela 20 - Desvios de processos detectados no teste Burn-in	96
Tabela 21 - Tabela de processo do <i>loop</i> de montagem	98
Tabela 22 - <i>Lead time</i> do MFV do estado futuro	100
Tabela 23 - Tempo de processamento do MFV do estado futuro	101
Tabela 24 – Comparação entre estado atual e futuro do <i>lead time</i> e <i>WIP</i>	104
Tabela 25 - Redução de área na manufatura.....	104
Tabela 26 - Aumento de produtividade na integração.....	105
Tabela 27 - Aumento de produtividade no ICT/Depanelização	105
Tabela 28 - Linha do tempo do MFV	106
Tabela 29 - Ícones e Símbolos de Material (Adaptado de Rother & Shook, 1999)	115
Tabela 30 - Tabela 8 - Ícones e Símbolos Gerais (Adaptado de Rother & Shook, 1999).....	117
Tabela 31 - Tabela 9 - Ícones e Símbolos de Informação (Adaptado de Rother & Shook, 1999)	117
Tabela 321 - Tabela 9 (Cont.) - Ícones e Símbolos de Informação.....	118

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Sistemas Produtivos onde se aplicou o TPS com sucesso. Fonte:BLACK, 1998.	3
Figura 2 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção. Fonte: GHINATO(2000).....	12
Figura 3- Estrutura da Produção. Fonte: SHINGO, 1996a.....	15
Figura 4 - Simbologia dos fenômenos do processo. Fonte: Shingo, 1996a.	16
Figura 5 - Fluxo de Valor. Fonte: CGE,2005.....	20
Figura 6 - Produção por lote.....	23
Figura 7 - Produção em fluxo contínuo.....	23
Figura 8 - Cronograma do Gemba Kaizen. Fonte: Léxico <i>Lean</i>	28
Figura 9 - Ciclo de melhoria do mapeamento de fluxo de valor	40
Figura 10 - Relação entre <i>Kaizen</i> de processo e de fluxo. Adaptado de Rother e Shook (2003)..	40
Figura 11 - mapeamento “porta-a-porta”	41
Figura 12 - Exemplo de mapa de fluxo de valor	41
Figura 13 - Exemplo de mapa de fluxo de valor do estado futuro	45
Figura 14 - Linha do tempo	49
Figura 15 – Etapas do mapeamento de fluxo de valor do estado presente. Adaptado de Rother&Shook (2003)	51
Figura 16- Matriz de produtos e etapas de processos.....	52
Figura 17.....	62
Figura 18 - Fluxograma da produção do VCC.....	64
Figura 19 - <i>Layout</i> da área de manufatura.....	65
Figura 20 - Comparação entre volume de vendas e percentagem do faturamento entre as famílias de produtos	67
Figura 21 - Caixas dos Processos do Fluxo de Valor para o produto VCC	68
Figura 22 - Processo com longo <i>lead time</i>	71
Figura 23 - Mapa do fluxo de valor do estado atual.....	73
Figura 24 - Previsão de Demanda versus faturamento mensal.....	74
Figura 25 - Comparação entre nível de estoque de MP e faturamento mensal	75
Figura 26 - <i>Layout</i> do <i>loop</i> placas.....	78
Figura 27 - Frequência versus processo	80
Figura 28 - <i>Layout</i> do <i>loop</i> montagem	82
Figura 29 - Frequência versus processo	83
Figura 30 - Tempo versus processo.....	84
Figura 31 - Mapa do fluxo de valor do estado futuro.....	86
Figura 32 - Novo <i>layout</i> da área de produção	87
Figura 33 - Fluxo de material no novo <i>layout</i> do <i>loop</i> placas	93
Figura 34 - Gráfico de Pareto para frequência X processo.....	94
Figura 35 - <i>Layout</i> do novo sistema produtivo de montagem	97
Figura 36 - Gráfico de frequência X processo <i>loop</i> montagem.....	98
Figura 37 - Gráfico de tempo X processo.....	99
Figura 38 - Comparação entre quadro de processo do estado atual e futuro.....	103

ACRÔNIMOS

ERP – *Enterprise Resource Planning* (planejamento de recursos da organização).

FIFO – *First in First out* .

FMS – *Flexible Manufacturing System* (sistema flexível de manufatura).

ICT – *In Circuit Test*.

ISO – *International Organization for Standardization*.

JIT – *Just-in-Time*.

ME – Manufatura Enxuta.

MFV – Mapa de Fluxo de Valor.

MP – Matéria-Prima.

MRP – *Material Requirement Planning* (planejamento dos recursos da manufatura).

PCP – Planejamento e Controle da Produção.

PTH – *Pin-Through Hole*.

SMT – *Surface Mount Technology*.

STP – Sistema Toyota de Produção.

TPS – *Toyota Production System*.

TRF – Troca Rápida de Ferramenta.

VCC – *Variable Capacity Compressor* (Compressor de Capacidade Variável)

VSM – *Value Stream Mapping*.

WIP – *Work-in-Process*.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise e propor melhorias, do ponto de vista da manufatura enxuta, para o fluxo de valor de uma empresa. Essa análise e as ações de melhoria foram auxiliadas através da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) e dos conceitos da manufatura enxuta, como o mecanismo da função produção.

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), também conhecido pela sua denominação em inglês: *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta que ajuda na visualização do fluxo da produção atual e no desenvolvimento de um fluxo de valor futuro com menos desperdícios. O MFV é uma ferramenta que auxilia a identificar os desperdícios e atividades que não agregam valor no sistema de produção. A apresentação da ferramenta, bem como os procedimentos de sua aplicação, foi formalizada por ROTHER e SHOOK, com o intuito de fornecer uma aplicação direta do mapeamento para as indústrias. É dito formalização, pois essa ferramenta é usada na Toyota Motor Company (TMC) há mais de 20 anos. Na Toyota ela é conhecida como mapeamento do fluxo de informação e material. Uma das idéias básicas é o mecanismo da função produção, descrita por Shingo, o qual foi utilizado de maneira conjugada ao MFV para analisar o estudo de caso e propor as melhorias no processo produtivo.

Este trabalho encontra-se dividido em duas partes. Na primeira parte, é feito um levantamento da história, dos conceitos e princípios da manufatura enxuta, bem como a apresentação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor. Na segunda parte, a ferramenta é aplicada numa pesquisa de campo em uma empresa do setor de eletrônica com vista a identificar os desperdícios no processo e as oportunidades de melhoria de fluxo de material, informação e layout. Esta pesquisa revela quais as particularidades que o gestor de um projeto com o MFV deve atentar, para minimizar o risco de fracasso na implementação de melhorias no sistema produtivo.

Palavras-chave: Mapeamento de fluxo de valor, Produção enxuta, mecanismo da função produção.

ABSTRACT

The objective of this research is analyzing and proposing improvements, according lean manufacturing point of view, for a value stream of a plant. This analysis and the improvements actions were supported by Value Stream Mapping (VSM), the lean manufacturing concepts and the mechanism of the production function.

The Value Stream Mapping (VSM) is a tool which supports the visualization of the present production flow and the creation of a future value stream with less waste. The VSM support the visualization of non-value adding activities in the production system. The presentation of VSM, as well as the procedures of its application, was formalized by ROTHER and SHOOK, with intention of supplying with a direct application of the mapping to the industries. It is called formalization because Toyota Motor Company (TMC) has been using this tool about 20 years. Inside Toyota, this tool is known as information and material stream mapping. One of the basic ideas is the mechanism of the production function described by Shingo. This concept was applied conjugated with VSM in this study to identify the wastes.

This research was shared in two parts. The first part, describe the history, the concepts and principles of lean manufacturing, as well as the presentation of the Value Stream Mapping. The second part, the VSM was applied on a field research of an electronic company. The objective was identifying process wastes and improvements opportunities in material and information flow. This research reveals which particularities a project manager must have attention to minimize the failure risk in the lean system implementation.

Keywords: value flow mapping, lean manufacturing, mechanism of the production function.

1 INTRODUÇÃO

Com o processo de globalização em curso, o mercado mundial para as empresas tornou-se ainda mais competitivo, exigindo a redução de custos e melhores níveis de produtividade e qualidade, entre outras necessidades. Tudo isto, sem prejudicar a saúde e a segurança dos trabalhadores.

Também é um efeito da globalização, o fato das empresas transacionais criarem novas fábricas ou fecharem fábricas em países desenvolvidos para se instalarem em países “emergentes”. Os países desenvolvidos apresentam algumas desvantagens para abrigar a manufatura. Em geral, os salários são mais altos, os sindicatos são organizados, os empregados têm um maior nível de educação e são mobilizados, os custos de infra-estrutura são maiores e o estado é bastante fiscalizador nas questões de saúde e meio ambiente.

De Masi (2000) afirma que faz parte da dinâmica do sistema capitalista as empresas procurarem localizar suas manufaturas em países que lhe proporcionem custos mais baixos e mais concessões nas questões de saúde e meio ambiente. De acordo com ele, as condições de trabalho vividas pelos países desenvolvidos no século passado, serão a realidade para os países “emergentes”.

O Brasil apesar de ser um país em desenvolvimento, não tem sido a opção prioritária entre as empresas para estabelecimento da manufatura. As empresas brasileiras não conseguem competir com os países “em desenvolvimento” utilizando o mesmo diferencial competitivo usado contra países “desenvolvidos”, o baixo custo operacional: mão-de-obra e infra-estrutura.

A produção industrial brasileira cresceu 2,5% em 2005 contra 9% da Venezuela, 8,5% da Argentina e 9,9% da China. É um valor muito modesto comparado ao crescimento industrial de outros países. Apesar de existirem explicações políticas, tarifárias e econômicas para estas diferenças de crescimento industrial, o fato é que há países mais competitivos que o Brasil – o Japão, que não tem como meta o aumento da produção industrial, cresceu 2,8%. (WILLIAMSON; ZENG, 2005).

Segundo Black (1998), a adoção do Modelo Toyota ou *Lean System* é a solução para sobrevivência e para melhorar o fluxo de valor da empresa e da cadeia de suprimento, reduzindo

os custos, eliminando desperdícios, melhorando a qualidade, melhorando o projeto de produto e reduzindo o *lead time*.

É nesse quesito onde se encaixa esse trabalho, pois a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor tem como objetivo visualizar o fluxo de valor e os desperdícios. Ela é peça fundamental para se permitir efetuar as melhorias onde realmente haja impacto sobre o fluxo de valor.

1.1 Contextualização histórica e importância do tema

As empresas são sistemas de manufatura complexos com o objetivo de produzir bens materiais ou produtos para serem utilizados pelo homem. Por sistemas pode-se entender: conjunto de elementos, concretos ou abstratos, intelectualmente organizados em uma estrutura que se organiza com base em conjuntos de unidades inter-relacionáveis. Os sistemas também têm capacidade de adaptação a mudanças do seu meio ambiente quando elas são graduais. A palavra manufatura vem do latim *manus* – mão; e do latim *facère* – fazer; que pode ser entendido como uma atividade que se realiza através de máquina ou manualmente para produzir um bem. Um sistema de manufatura é um sistema cujos elementos são basicamente homens, máquinas, materiais e métodos. As relações estão dadas basicamente pelas informações e pelos fluxos de materiais que se transformam em produtos dentro do sistema (LUCERO, 2001).

Da última vez que uma revolução em sistemas de manufatura ocorreu, o mundo foi a Detroit para ver as linhas de montagem de Henry Ford, em 1913. Desde o fim da segunda guerra mundial, iniciou-se uma segunda revolução nos sistemas produtivos. Essa revolução silenciosa fez-se ouvir pela primeira vez na década de 70 quando a Toyota passou ilesa à crise do petróleo.

Ghinato (1996) afirma que o processo de estruturação do Sistema Toyota de Produção foi e, ainda é, essencialmente um processo de aprendizado e experimentação, pautado sobre círculo virtuoso da melhoria contínua.

Black (1998) chama de SPMI (Sistemas Produtivos de Manufatura Integrada), o que Womack chama de Manufatura Enxuta e acrescenta dizendo que o SPMI pode ser aplicado em qualquer tipo de processo de fabricação e, também, possui vários nomes como:

- JIT/TQC (Just-in-Time/Controle de Qualidade Total) – várias empresas;
- SPEZ (Sistema de Produção com Estoque Zero) – indústria Omark;

- MAN (Material de Acordo com o Necessário) – Harley Davidson;
- SPIM (Sistema de Produção com Inventário Minimizado) – Westinghouse;
- Sistema Ohno (após Taichii Ohno) – muitas empresas no Japão;
- Produção com Inventário Zero – Hewlett Packard ;
- *Kanban* – muitas empresas no Japão e EUA;
- Bosch Production System (BPS) – Bosch;
- Whirlpool Production System (WPS) – Whirlpool;
- General Motor System (GMS) – General Motors Corporation.

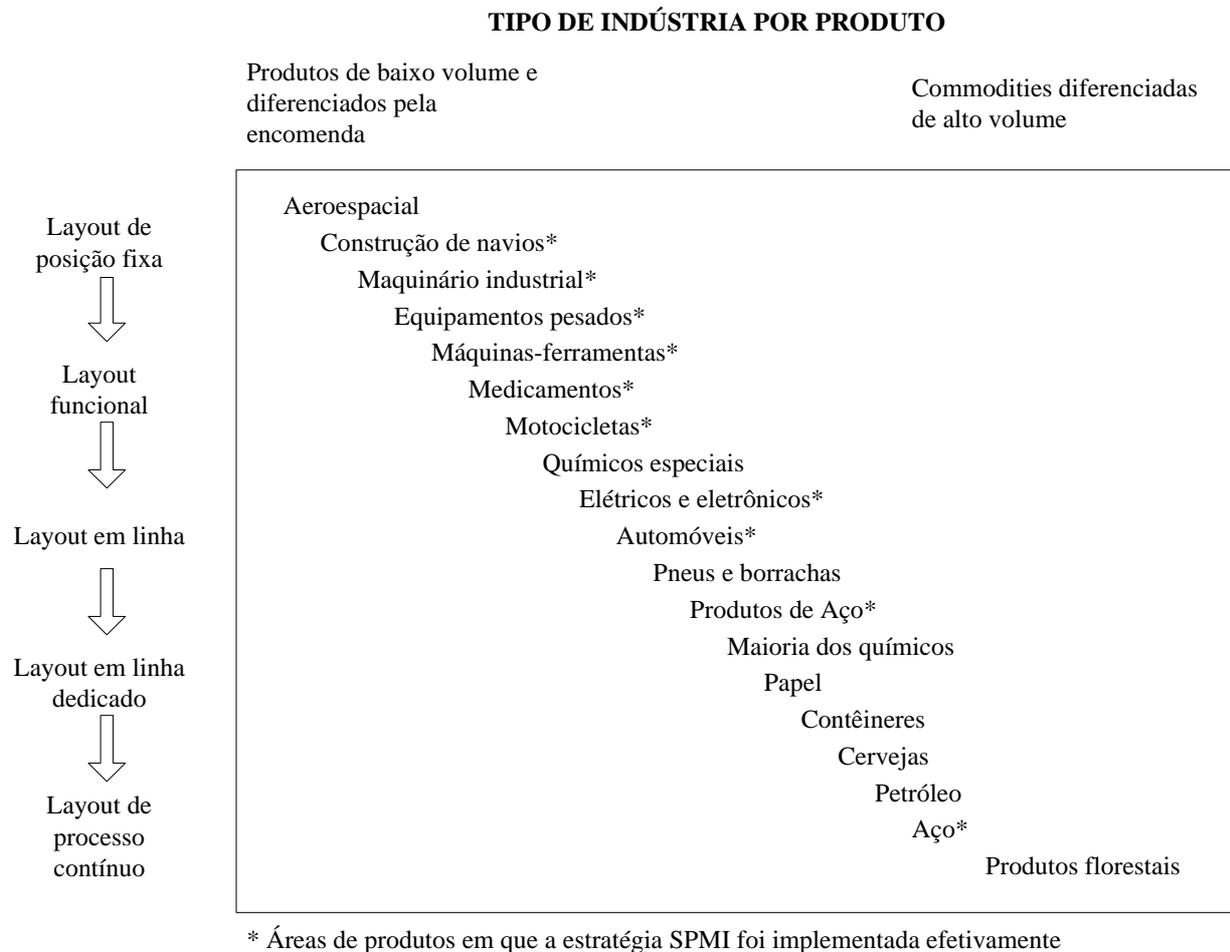


Figura 1- Sistemas Produtivos onde se aplicou o TPS com sucesso. Fonte:BLACK, 1998.

Como se pode observar na figura 1, o Sistema Toyota de Produção é aplicado largamente nos mais variados tipos de empresas.

1.2 Natureza do problema

O problema abordado nesse trabalho diz respeito à aplicação de um método para analisar os potenciais de melhoria na manufatura através da aplicação do mapeamento de fluxo de valor. Ohno (1997) afirma que o Sistema Toyota de Produção nasceu com o objetivo de reduzir o *lead time*, reduzir o tempo entre o cliente fazer o pedido e a empresa comprar a matéria-prima (MP), dessa forma eliminando os desperdícios no fluxo.

Será utilizada a ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor conjugada ao princípio do Mecanismo da Função Produção. O estudo de caso foi feito em uma empresa do ramo de eletrônica de Santa Catarina.

Sabe-se que a redução do *lead time* está diretamente ligada à redução dos estoques de matéria-prima, estoque em processo e a redução é viabilizada através da eliminação dos desperdícios no fluxo de material e informação. A análise do mecanismo da função produção vai auxiliar a enxergar os desperdícios no fluxo de material.

1.3 Caracterização da pesquisa

O estudo de caso desenvolvido na dissertação é caracterizado como uma pesquisa-ação, pois pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. Recorre-se a um método sistemático, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da compreensão, conhecimento e compromisso para ação dos elementos envolvidas na pesquisa.

Yin (2005) apresenta três condições para escolha do método de pesquisa a ser adotado: tipo de questão colocada; grau de controle que o pesquisador tem sobre os eventos; grau de focalização no contemporâneo como oposição a eventos históricos. Ele ressalta que o esquema básico para categorização para os tipos de questão de pesquisa é: “quem”, “o que”, “onde” e “como”. Observa-se que o tipo de questão de pesquisa para este trabalho é o “como” aplicar o mapeamento para melhor o processo de produção. Tais pressupostos direcionam para a pesquisa-ação como o método de pesquisa mais adequado.

O processo de pesquisa-ação envolve o planejamento, o diagnóstico, a ação, a observação e a reflexão, num ciclo permanente. Para Mattos e Vieira (2001) “o primeiro momento da pesquisa-ação é a exploração do local a ser pesquisado para diagnosticar o problema prioritário na visão do grupo. Avalia-se, então, a possibilidade de uma intervenção para sanar o problema identificado. É estabelecido um compromisso entre os que participam do processo, que passam a planejar ação, em reuniões, e seminários e discussão e avaliação”.

A pesquisa também utiliza uma abordagem quantitativa, visto que os trabalhos realizados com a abordagem quantitativa se caracterizam pela definição precisa de hipóteses formuladas a partir de teorias. Estas hipóteses são transformadas em variáveis operacionalmente definidas que são objeto da quantificação. Essa quantificação permite realizar inferências estatísticas que confirmam ou refutam as hipóteses iniciais. Outra forte característica desta abordagem é a relação de causa-efeito testada entre as variáveis, de aonde vem a tradicional divisão entre variáveis independentes e dependentes.

A pesquisa é aplicada porque pretende utilizar o embasamento teórico objetivando testar na prática a eficiência desta ferramenta para estudos de comportamento do setor quando na inserção da variável ambiental. E é descritiva porque intenciona mostrar a situação como ela é, descrevendo-a segundo um estudo realizado em determinado tempo e espaço.

1.4 Objetivos da dissertação

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é fazer uma análise e propor melhorias, do ponto de vista da manufatura enxuta, para o fluxo de valor de um produto de uma empresa. Essa análise e as ações de melhoria serão auxiliadas através da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor (MFV) e dos conceitos da manufatura enxuta e do mecanismo da função produção.

1.4.2 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- a) desenvolver um mapeamento do processo produtivo, avaliando as atividades que agregam e as que não agregam valor;
- b) utilizar a lógica das sete perdas de Ohno para destacá-las no mapa da cadeia de valor identificando oportunidades de melhoria;
- c) Utilizar o mecanismo da função produção descrita por Shingo (1996a) para análise das atividades de manufatura;
- d) realizar melhorias contínuas no sistema de produção sob a ótica do mecanismo da função produção.

1.5 Método de trabalho da dissertação

O tema análise de fluxo de valor, como descrito no capítulo revisão bibliográfica é uma técnica, que apesar de muito moderna e atual já se tornou consolidada junto às comunidades de estudo e práticas do *lean*.

No caso em questão trata-se de uma aplicação desta técnica em um ambiente específico. Para atingir os objetivos relacionados, foram estabelecidas as seguintes etapas.

Realizou-se uma revisão bibliográfica sobre *lean*, incluindo os seguintes assuntos: (a) Sistema Toyota de Produção; (b) Sistemas de Manufatura; (c) Mapeamento de Fluxo de Valor – MFV e (d) células de manufatura.

Em um segundo momento, sob a orientação de um pesquisador, foi-se a campo para iniciar o estudo. Foi ministrada uma palestra para média gerência e *staff* sobre *lean* para apresentar os conceitos básicos.

Foi definida uma equipe para trabalhar nesse estudo de caso, formada por dois funcionários do *staff* e o autor desta dissertação. Em seguida foi ministrado um curso para orientar o grupo a utilizar o MFV.

Terminada a fase de preparação a equipe foi a campo aplicar a ferramenta de MFV para melhorar o fluxo de valor. Montou-se uma sala de reunião com os mapas dos fluxos de valor e ações de melhoria necessárias pregadas nas paredes. Eram feitas reuniões diárias para eliminar as causas dos problemas que atrapalhavam a implementação do fluxo contínuo.

1.6 Delimitação do estudo

O trabalho é desenvolvido a partir da noção de que um sistema de produção é uma parte integrante e alinhada com os objetivos de uma organização. Uma cadeia de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para fazer passar um produto por todos os fluxos essenciais de produção, que são: o fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor, e o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

A produção enxuta possui técnicas e princípios aplicados em toda cadeia de valor e em qualquer área da empresa, por isso o estudo de caso foi previamente delimitado.

Como originalmente os conceitos nasceram no chão de fábrica, isto é, na manufatura, essa foi a delimitação imposta ao trabalho. A análise de fluxo de valor restringiu-se ao processo, mais especificamente, da porta do almoxarifado até a expedição. Os processos, índices e fluxos dentro do almoxarifado e da parte de suprimentos não fazem parte deste trabalho. Dessa forma, não foram feitas ações de melhorias de fluxo de valor para o almoxarifado, pois as ações não estariam ligadas à manufatura, e sim, à cadeia de suprimento. Seriam ações relativas a: fornecedores internacionais, *lead time* envolvendo o tipo de transporte, alfândega e questões de importação. Estas questões estão fora da linha de pesquisa e, por outro lado, também não houve interesse da empresa em trabalhar nessa área.

Portanto, o método proposto analisa o sistema de produção até o nível do fluxo de processos limitado à área de manufatura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a origem do Sistema Toyota de Produção descrito por Ohno (1997) e Shingo (1996a) e posteriormente Monden (1984), Black (1998) e Ghinato (1996) até chegar aos conceitos do “pensamento enxuto” estabelecidos por Womack e Jones (1998).

Esta revisão mostra a lógica das perdas – essencial no desenvolvimento de cada um de seus elementos dentro do mecanismo da função produção, a forma a qual Shingo (1996a, 1996b) interpretava a estrutura do sistema de produção.

Aborda a implementação de melhorias, *kaizen* e *kaikaku* – os processos de implementação contínua de melhorias no sistema. A revisão bibliográfica é concluída com a apresentação dos conceitos do DNA Toyota estabelecido por Spear e Bowen (1999), tempo *takt* e produção nivelada.

2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção (STP)

A Toyota foi fundada em 1932, mas o início da Toyota Motor Company, como é conhecida hoje, deu-se em 1950 quando Eiji Toyoda fez uma visita de três meses à fábrica Rouge da Ford em Detroit. Essa era a segunda vez que alguém da família Toyoda visitava a Ford. Em 1929, o tio de Eiji, Kiichiro Toyoda já havia feito essa visita (WOMACK *et al*, 2004).

No final de 1949, com uma queda vertiginosa nas vendas a Toyota foi obrigada a demitir uma grande quantidade de funcionários. A essas demissões seguiu-se uma longa greve que só terminou quando Kiichiro Toyoda assumiu a responsabilidade pela situação da empresa e pediu demissão. Essa atitude foi simbólica porque ele não possuía responsabilidade direta com a situação vivida pela empresa, mas serviu para mostrar o respeito e a responsabilidade da empresa em relação aos funcionários. A demissão serviu como inspiração para os funcionários e barganha junto ao sindicato para conseguir que os operadores pudessem atuar em várias funções, operadores multifuncionais.

Em 1950, a Toyota produzia 2.685 veículos ao ano, enquanto a fábrica Rouge da Ford produzia 7.000 unidades diariamente. Segundo Womack *et al* (2004), a Toyota vivia um cenário que possui as seguintes características:

- O Mercado doméstico era limitado demandando vasta gama de veículos: carros de luxo para autoridades governamentais, caminhões grandes para transportar mercadorias, caminhões pequenos para agricultores menores e carros pequenos adequados para as cidades populosas com o alto custo do combustível no Japão.
- A força de trabalho nativa já não estava disposta a ser tratada como custo variável ou peça intercambiável. A ocupação norte-americana deu muita força de barganha aos sindicatos e o direito da empresa de demitir empregado foi rigidamente restrito. Além disso, inexistiam os trabalhador-hóspedes no Japão, isto é, imigrantes temporários dispostos a se submeterem aos serviços pesados por uma remuneração compensadora. Essa prática foi usada largamente nas companhias de produção em massa no Ocidente.
- A economia do país estava devastada pela guerra e estava ávido por capitais e trocas comerciais sendo quase impossível comprar as novas tecnologias de produção do Ocidente.
- O mundo estava repleto de produtores de veículos que estavam ansiosos para operarem no Japão e a defender seus mercados a qualquer custo.

Ohno e Eiji chegaram à conclusão que para esse cenário da Toyota e do Japão não seria suficiente copiar o modelo de produção americano e iam além dizendo que o modelo de produção em massa americano jamais funcionaria no Japão. O mercado era demasiadamente pequeno e não se conseguiria exportar o suficiente para utilizar o modelo de produção em massa americano. (WOMACK et al, 2004).

Ohno e Shingo, sempre admiraram a forma pela qual Ford idealizou a sua estrutura de produção, procurando imprimir um fluxo contínuo de produção. O que sempre foi, na verdade, “condenado” é a produção em grandes lotes; o meio pelo qual o fluxo era mantido constantemente, segundo Ohno, resultado de uma falha de interpretação das idéias de Ford por parte de seus sucessores. (GHINATO, 1996).

A estratégia de crescimento da Toyota no período pós-guerra foi a de capacitar-se para sobreviver em um mercado doméstico de demanda discreta onde a estratégia de produção em massa através da fabricação de grandes lotes, não era aplicável. A alternativa lógica foi o

desenvolvimento de um sistema de produção baseado na fabricação de pequenos lotes capaz de fazer frente aos ganhos obtidos na produção em larga escala (OHNO, 1997).

Assim nasceu o STP, de uma necessidade de concorrer com as empresas que usavam o sistema de produção em massa, sem ter um mercado que absorvesse os volumes para se produzir em massa (EMILIANI, 2006).

2.2 A manufatura enxuta (ME)

O termo “enxuta”, do inglês “*lean*”, foi definido por John Krafcik, do Massachusetts Institute of Technology, em meados de 1980, para descrever as técnicas do sistema de produção, o sistema de trabalho e a política de recursos humanos do STP (WOMACK, 2006). Krafcik chamou o sistema de enxuto pela redução de tudo em relação à produção em massa: menos esforço dos funcionários, menos espaço para a fabricação, menos investimento em ferramentas, menos tempo em planejamento, estoques menores no local de fabricação, menos fornecedores, além da redução de defeitos, com uma maior variedade de produtos (WOMACK *et al.* 2004).

Atualmente coexistem várias definições para a Manufatura Enxuta (ME). Womack e Jones (1998), por exemplo, definem Manufatura Enxuta como uma abordagem que busca uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo a qual é possível fazer cada vez mais com menos.

Ghinato (2000) considera o Sistema de Manufatura Enxuta uma filosofia de gerenciamento a qual procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização.

Para Monden (1984), O Sistema de Produção da Toyota é um método racional de fabricar produtos pela completa eliminação de elementos desnecessários na produção, com o propósito de reduzir custos. A idéia básica neste sistema é produzir os tipos de unidades necessárias no tempo necessário e na quantidade necessária.

Drickhamer (2006) afirma que pensar em ME é pensar na redução de variabilidade do processo – homens, máquinas e procedimentos. A eliminação da variabilidade neste trabalho é apresentado através da padronização do trabalho.

Para Black (1998), muitas empresas concordam com os princípios da Manufatura Enxuta, mas a diferença está na profundidade com que os japoneses as praticam: (1) os japoneses acreditam firmemente que a indústria precisa eliminar desperdícios; (2) eles têm um grande respeito pelas pessoas. Liker (2005) concorda e afirmando que o modelo de gestão Toyota está baseado no respeito as pessoas e melhoria contínua.

2.2.1 Os pilares do STP

Um fluxo contínuo da produção ou a adaptação às mudanças de demanda em quantidades e variedades é criado pela obtenção dos conceitos chaves: Just-in-Time e Autonomiação. (OHNO, 1997). Para Monden (1984), Ohno (1997) e Shingo (1996a), esses dois conceitos são os dois pilares do Sistema Toyota.

Por *Just-in-Time* pode-se entender: produzir as unidades necessárias com as quantidades necessárias no tempo necessário. Por autonomiação (Jidoka, em japonês): o controle autônomo de defeitos. Ela apoia o *Jit-in-Time* por não permitir que unidades defeituosas de um processo precedente sigam o fluxo e atrapalhe o processo subsequente.

O Sistema Toyota de Produção (STP) ganhou notoriedade nos meios acadêmicos em grande parte devido ao impacto do *Just-in-Time* (JIT) sobre os meios de produção vigente. No entanto interpretar o STP sendo essencialmente o JIT demonstra um entendimento limitado de sua verdadeira abrangência e potencialidade. O próprio Ohno (1997) afirma que o STP está estruturado sobre a base da “completa eliminação de perdas”, tendo o JIT e a Autonomiação como sendo seus dois pilares de sustentação.

Shingo (1996a) também reconhece que o JIT e a autonomiação se consolidaram como pilares do STP, no entanto, ele considera que os verdadeiros sustentáculos do sistema sejam o “não-estoque” e a “redução do homem-hora”. O JIT e a Autonomiação seriam os métodos utilizados para operacionalizá-los. Monden, outro importante autor ao descrever o STP, concorda com a posição de Shingo.

Os dois pilares são suportados por mais dois conceitos que é a *flexibilidade da mão-de-obra* (Shenjika, em japonês) que significa diversificar o número de funcionários de acordo com a demanda o que os obriga a serem multifuncionais e o outro conceito é o *pensamento criativo ou idéias inventivas* (Soikufu, em japonês), capitalizado nas sugestões dos funcionários (MONDEN, 1984). Esses dois conceitos permitem a estabilidade dos processos, o nivelamento da produção, a produção puxada e a padronização que são as bases dos pilares Just-in-Time e automação.

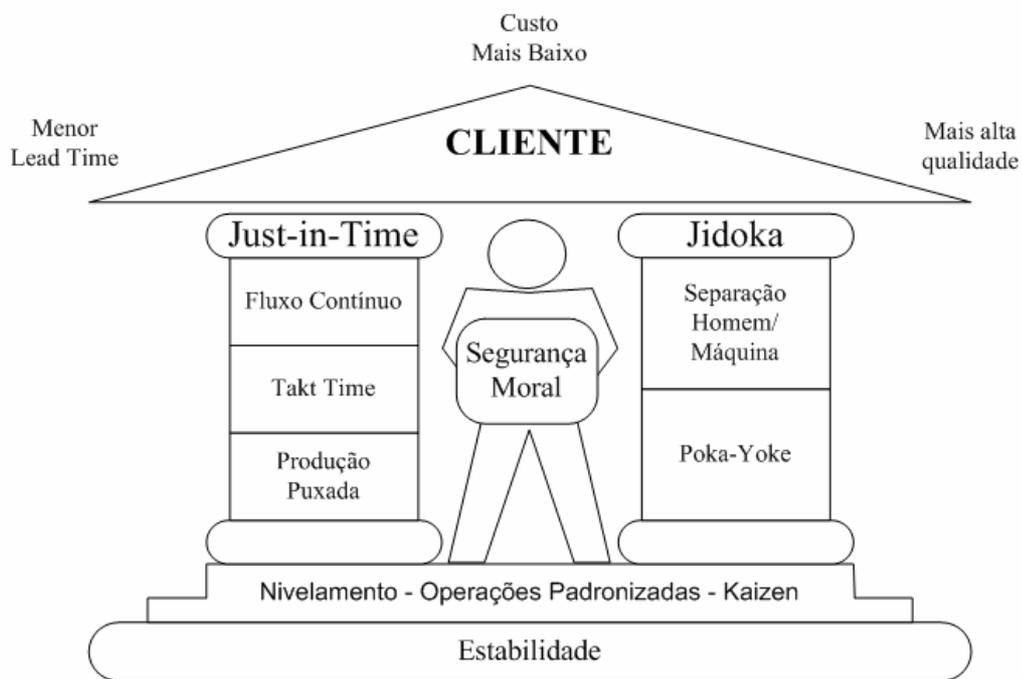


Figura 2 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção. Fonte: GHINATO(2000)

A idéia de desenhar o STP em forma de uma casa era como Ohno (1997) via o sistema. Ele dizia não ser possível pensar em erguer as colunas de *just-in-time* e automação (*jidoka*) sem ter um alicerce forte. Ele afirmava que o STP havia sido erguido sobre a estabilidade dos processos, padronização e melhoria contínua. E que a tudo isso só poderia ser erguido se as pessoas fossem o ponto central da casa, pois elas são o sistema. Liker (2005) afirma o mesmo, quando diz que uma característica dos Sistemas é responder ao meio e que para os Sistemas de Manufatura se comportarem de maneira orgânica é preciso que as pessoas estejam no centro do sistema, movimentado-o e transformando-o.

2.2.2 Just-in-time (JIT)

A expressão em inglês “Just-in-Time” foi adotada pelos japoneses, mas não se consegue precisar a partir de quando ela começou a ser utilizada. Fala-se do surgimento da expressão na indústria naval sendo incorporada, logo em seguida, pelas montadoras. Portanto, já seria um termo conhecido e amplamente utilizado nas indústrias antes das publicações que notabilizaram o JIT como um desenvolvimento da Toyota Motor Co. (GHINATO, 1996).

O JIT é, provavelmente, o mais discutido e estudado elemento da moderna administração industrial. Ohno (1997) afirma que o conceito *Just-in-Time* surgiu com uma idéia de Kiichiro Toyoda de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas no momento da sua utilização (montagem).

A inspiração do JIT veio em 1949 numa época de crise para Toyota, segundo Coriat (1990 apud DOS SANTOS, 1994) para alavancar recursos os financistas exigiram que a Toyota constituísse uma empresa para efetuar a distribuição e comercialização dos produtos, demitisse um grande número de funcionários para reduzir custos, só fabricasse os veículos que a empresa de distribuição tivesse vendido (ajustar a produção às vendas).

Como já foi dito o JIT e a Autonomia são os dois pilares de sustentação do STP. O JIT significa que cada processo deve ser suprido com itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do JIT é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do JIT depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada (GHINATO, 2000).

Normalmente se atribuem ao JIT as seguintes ferramentas: Fluxo Contínuo, Tempo *Takt*, Sistemas de Produção Puxada, Redução do SETUP (TRF), *Kanban*. Essas ferramentas serão explicadas na estrutura de STP do Kaizen Institute.

2.2.3 Autonomia (Jidoka)

O pilar da autonomia precede a própria Toyota. Sakichi Toyoda, pai de Kiichiro Toyoda, criou um tear que parava sozinho sempre que o produto estivesse pronto ou quando a linha arrebentasse. Essa invenção proporcionou a separação homem-máquina. Antes era necessário um

homem para cada tear, depois disso um homem chegava a cuidar de até 55 teares. A venda dessa patente propiciou a fundação da Toyota.

A idéia central do conceito de automação é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha.

A automação é um elemento extremamente importante no combate às perdas. A imediata paralisação do processamento, no caso de detecção de alguma anormalidade, impede a perda por fabricação de produtos defeituosos. Da mesma forma, a paralisação automática do processamento, tão logo a quantidade de produção programada tenha sido atingida, impede a geração da perda por super-produção (produção em excesso). Por último, mas não menos importante, a autonomia da máquina (obtida através da utilização de dispositivos de detecção de anormalidades denominados *poka-yoke*) libera o operador da responsabilidade de supervisionar o processamento, eliminando, assim, a perda por espera do operador, ou seja, a função controle, antes atribuição do operador, é incorporada ao próprio processamento (GHINATO, 1999).

Geralmente atribuem à automação as seguintes ferramentas: Qualidade na Fonte, *Poka-Yoke*, *Layout* Celular, *Andon*, Separação-homem máquina.

2.3 Mecanismo da função produção

“Antes de estudar o Sistema Toyota de Produção, é necessário, entender a função da produção como um todo”. Com essa sentença Shingo (1996a, pg 37) abre o primeiro capítulo do livro O Sistema Toyota de Produção. A frase propositadamente causa impacto e tem como intenção mostrar como a função produção é importante para o Sistema de Produção Toyota.

É importante ressaltar a confusão existente de termos em relação às palavras processo, operação e fluxo de valor dentro da bibliografia do TPS. Womack (1998) e este trabalho chamam de fluxo valor o que Shingo (1996a) denomina de processo, e a operação a qual Shingo se refere é o que Womack e este trabalho chamam de processo ou estação de processo. Também é

importante salientar que para esse trabalho as expressões: operadores, trabalhadores e mão-de-obra têm o mesmo significado.

Para Shingo (1996a), toda produção é definida como um mecanismo da função produção. Segundo ele o mecanismo da função produção é uma rede de processos e operações. A figura 3 ilustra um processo – transformação de matéria-prima em produto acabado – que ocorre através de várias operações. Um *processo* é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço, também será chamado de fluxo de valor; é o fluxo da matéria-prima ao produto acabado. Por outro lado *operações* são os meios para efetivar essa transformação, também será chamado de processo ou estação de processo – é a interação do fluxo de equipamentos e operadores no tempo e no espaço. Assim, a análise do processo examina o fluxo de material ou produto, enquanto a análise de operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelos trabalhadores e pelos equipamentos. Shingo entendia que o processo e as operações são fluxos perpendiculares, conforme na figura 3, assim para realizar melhorias significativas no processo de produção, é preciso distinguir o fluxo de produto (processo) do fluxo de trabalho (operação) e analisá-las separadamente. Ele defende ser um equívoco colocar processo e operações em um mesmo eixo e essa é a razão pela qual muitas vezes a melhoria de uma operação não melhora o desempenho global do fluxo de valor.

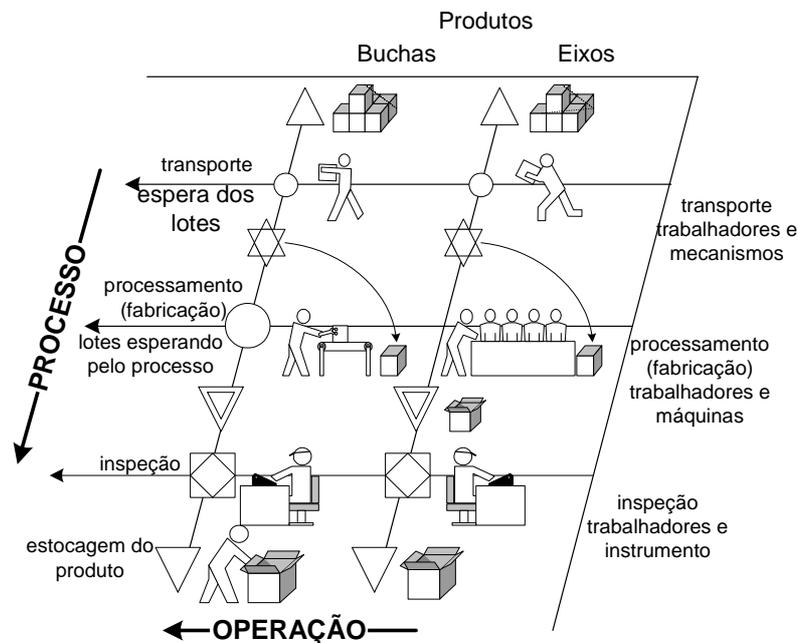


Figura 3- Estrutura da Produção. Fonte: SHINGO, 1996a

Em resumo, pode-se dizer que toda produção executada, tanto na fábrica quanto no escritório, deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Para maximizar a eficiência da produção deve-se analisar profundamente o processo (fluxo de valor) antes de tentar melhorar as operações.

Segundo Ferro (2005), ainda em 2006, a Toyota se tornará a maior fabricante mundial de automóveis em volume, pois em lucratividade ela já é a primeira há anos. De acordo com ele, muitos jornalistas já o contataram para escrever matérias sobre a Toyota e seu segredo para se tornar a primeira fabricante mundial. Ele diz ser uma decepção generalizada o sentimento dos jornalistas ao serem informados que o STP está baseado em simplesmente tratar a rede funcional de processos e operações em detalhes com a intenção de eliminar os desperdícios e focar o valor para o cliente.

2.3.1 Elementos do processo

Gilbreth (1912 apud GHINATO, 1996) postulou que todo o processo é basicamente composto por quatro fenômenos distintos denominados processamento, inspeção, transporte e armazenagem.

Elemento do processo	Simbologia de Shingo	Simbologia de Gilbreth
Processamento		
Inspeção		
Transporte		
Espera em Processo		
Espera por lote		
Estoque		

Figura 4 - Simbologia dos fenômenos do processo. Fonte: Shingo, 1996a.

A definição dos fenômenos do processo pode ser interpretada da seguinte forma:

- Processamento: mudança na forma, mudança nas propriedades, montagem ou desmontagem;
- Inspeção: comparação com um padrão;
- Transporte: mudança de posição;
- Espera: passagem de tempo sem a execução de processamento, transporte ou inspeção.

A espera ainda pode ser subdividida em mais quatro tipos:

- Estocagem de matéria-prima;
- Espera no processo: onde um lote inteiro fica esperando o término da operação que está sendo executada no lote anterior, por operação entende-se processamento, inspeção ou transporte;
- Espera do lote: é a espera que cada peça do lote é submetida até que todas as peças do lote sejam processadas para então seguir para o próximo processo.
- Estocagem do produto acabado.

É importante estudar os elementos do processo, pois o STP foi montado sobre eles. É uma filosofia do Sistema a observação no chão de fábrica (*gemba*) dos elementos do processo para buscar a eliminação dos desperdícios. Ohno (1997) afirma que é uma rotina e está na cultura da empresa a observação desses elementos para buscar a eliminação dos desperdícios nas operações. Inclusive a Toyota utiliza técnicas desenvolvidas por Taylor no estudo de tempos e movimentos para eliminar desperdícios nas análises das operações (LIKER, 2005).

2.4 O Pensamento Enxuto

O pensamento enxuto tem sido nomeado e explicado sob diferentes termos, como por exemplo: Fabricação Classe Universal (SCHONBERGER, 1988), Excelência na Manufatura (HALL, 1988) ou Fabricação Superior (HARMON, 1991).

O ponto essencial para o pensamento enxuto é o valor, assim como o cliente final o reconhece. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem ou um serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico (WOMACK et al,1998).

Na opinião de Plenert (1990), a conceituação dessa filosofia de produção evoluiu através de três estágios. Inicialmente foi entendido como um conjunto de ferramentas como o *kanban* e os Círculos da Qualidade. Depois como uma metodologia de manufatura e, então, como uma filosofia geral de gerenciamento referida em muitos casos como nas denominações descritas no parágrafo anterior. A evolução do conceito impõe-se tanto pelas características da nova abordagem como pela inovação baseada na engenharia, isto é, na experiência do chão de fábrica, ao invés da inovação baseada na ciência.

Dessa forma, os cinco princípios lançados do pensamento enxuto por Womack, são:

- Determinar precisamente o *valor* por produto específico
- Identificar a *cadeia de valor* para cada produto
- Fazer o *valor fluir sem interrupções* (fluxo contínuo)
- Deixar que o cliente *puxe* valor do produto (produção puxada)
- Buscar a *perfeição*.

2.4.1 Valor

O ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o valor. Deve-se começar com uma tentativa consistente de definir precisamente valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas, oferecidas a preços específicos através do diálogo com clientes específicos. (WOMACK, 2006).

O valor só pode ser definido pelo cliente final. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem ou um serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico. (ROTHER E SHOOK, 2003).

O valor é produzido pelo produtor. Womack (1998) conta três tipos de distorções em relação a valor. Os americanos costumam ter uma gestão voltada para custos, então soluções “inteligentes” que extraíam lucros dos fornecedores e desviem receitas dos clientes para garantir os lucros trimestrais são iniciativas distorcidas. Por sua vez a cultura dos engenheiros alemães costuma enxergar valor em produtos de alta complexidade quando muitas vezes são mais dispendiosos e sua complexidade não é entendida e nem valorizada pelo cliente. Na cultura japonesa existe um respeito e compromisso com os empregos dos operários. Então sempre existiu uma tendência e vontade dos gestores em manter as fábricas no Japão, mas mantê-las no Japão agrega valor? Os clientes querem produtos voltados para suas necessidades muitas vezes é preciso estar “perto” para entender a necessidade. Clientes querem produtos personalizados com entrega imediata é impossível atender a essa necessidade tendo que atravessar oceanos para entregar os carros.

Valor pode ser definido como tudo o que o cliente reconhece como valor, a cor, a forma, a embalagem, o serviço de entrega, a forma de comprar, o preço, a marca – tudo isso pode ser valor desde que o cliente o considere. Uma outra forma de definir é dizer que é um atributo avaliado pelo cliente na hora de decidir entre em que concorrentes, ele irá comprar (BLACK, 1998). Assim pode-se dizer que Valor é todo atributo que o cliente está disposto a pagar por ele. (WOMACK et al, 1998).

2.4.2 Cadeia de valor ou fluxo de valor

Após determinar o valor do produto, o próximo passo é identificar a cadeia de valor inteira para cada produto (ou, em alguns casos, para cada família). Fluxo de valor refere-se a todas as atividades que uma companhia deve fazer para projetar, comprar, produzir e entregar seus produtos ou serviços para seus clientes. Basicamente fluxo de valor representa tudo aquilo que a companhia faz para criar valor para o cliente. O fluxo de valor possui uma visão mais relevante e holística de como material, informação e custos fluem através de uma organização *lean* que outros modelos representativos. (KENNEDY, HUNTZINGER, 2005).

Suzaki (1987) define fluxo como sendo um movimento progressivo de um produto através de uma empresa do ponto de recebimento de matéria-prima até o embarque dos produtos acabados.

Segundo Womack e Jones (1998), a cadeia de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico (se ele um bem, um serviço, ou cada vez mais, uma combinação dos dois) a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio:

1. A tarefa de solução de problemas – que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia;
2. A tarefa de gerenciamento de informação – que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma;
3. A tarefa de transformação física – que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

Fluxo de Valor pode ser definido como todas as ações, tanto as de agregação de valor quanto as de não agregação de valor, exigidas para trazer um produto, desde a matéria-prima até o produto acabado, ou do pedido até a entrega, ou ainda, da concepção ao lançamento. Incluem as ações para transformar o produto em seu caminho fluxo abaixo (SHOOK; MARCHWINSKI, 2003). A figura 6 representa um fluxo valor fluindo do fornecedor até o cliente e nesse percurso há vários processos de transformação que possuem desperdícios, como torneiras pingando.



Figura 5 - Fluxo de Valor. Fonte: CGE,2005.

A nomenclatura para localizar a posição dos processos dentro do fluxo de valor segue a analogia de um fluxo, sendo utilizada a expressão “fluxo acima” para o sentido cliente até a matéria-prima e “fluxo abaixo” o sentido matéria-prima ao cliente.

Maskell e Baggaly (2004) propõem três principais tipos de fluxo de valor baseados em produto e desenvolvimento de cliente. O primeiro é o fluxo de valor da realização do pedido do cliente, o qual provê os atuais clientes com os atuais produtos, e isto inclui o recebimento, movimentação e transformação dos materiais desde o tempo do recebimento do pedido do cliente até a entrega do produto.

O segundo é fluxo de valor do desenvolvimento de um novo produto, com foco no desenvolvimento de novos produtos para novos clientes e inclui as áreas de marketing, projetos, desenvolvimento de produto e engenharia de processo.

O terceiro é o fluxo de valor de vendas e marketing, onde o foco é fornecer os atuais produtos e novos produtos.

Apesar de serem fluxos de valores bem distintos, os mesmos conceitos *lean* se aplicam a eles – prover valor, fazer fluir e eliminar desperdícios.

O livro a mentalidade enxuta nas empresas de Womack e Jones (1998), traz um exemplo de fluxo de valor com vários desperdícios ao longo da cadeia. O exemplo trata o *lead time* entre a extração da bauxita na Austrália e o consumo da lata de refrigerante em Londres. O tempo gasto em fazer e desfazer pilhas de bauxita, em transportes, em esperas por processamentos em lote até chegar ao consumidor final é de 319 dias enquanto o tempo total de processamento é de três horas. Isto é, se fosse possível produzir em fluxo contínuo o tempo seria de três horas.

Tabela 1 - Fluxo de valor da cadeia de suprimentos da lata de alumínio.

Processo	Armazenagem Inicial	Tempo de Processamento	Armazenamento Final	Velocidade de processamento	Dias Acumulados	Sucata
Mina	0	20 min	2 semanas	1.000t/h	319	0
Usina de Redução	2 semanas	30 min	2 semanas		305	0
Usina de Fundição	3 meses	2h	2 semanas		277	2
Laminação a quente	2 semanas	1 min	4 semanas	3 m/min	173	4
Laminação a frio	2 semanas	<1 min	4 semanas	600 m/min	131	6
Fabricante de lata	2 semanas	1 min	4 semanas	2.000 /min	89	20
Engarrafador	4 dias	1 min	5 semanas	1.500 /min	47	24
Depósito Tedesco	0	0	3 dias		8	24
Loja da Tedesco	0	0	2 dias		5	24
Casa do consumidor	3 dias	5 min			3	-90
Total	5 meses	3 horas	6 meses		319	24

Fonte: WOMACK e JONES (1998).

Organizações modernas necessitam ser gerenciadas pelo fluxo de valor. Gerenciar por departamento é um retrocesso pois eles tendem a melhorar seus desempenhos próprios o que necessariamente não é a melhor coisa para a organização. As organizações tradicionais costumam premiar e incentivar que os departamentos lutem isoladamente pela sua própria melhoria de processo (KENNEDY, HUNTZINGER, 2005).

2.4.3 Fluxo contínuo

Segundo Womack e Jones, para fazer com que o valor flua é preciso mudar a forma de ver o mundo. Ele sugere que é inerente ao pensamento humano a visão humana de trabalhar com lotes e em departamentos. Ohno (1997), por outro lado, responsabiliza os agricultores por essa forma de pensar e organizar os sistemas. Segundo ele o caçador fazia uma coisa de cada vez de maneira fluída, e quando o homem descobriu a agricultura começou a pensar em lotes (colheitas) e estoques (armazenagem de grãos) forçado pela sazonalidade do clima.

O advento da tecnologia e os estudos em Pesquisa Operacional na metade do século passado vieram a consolidar o conceito de lote. Procurava-se otimizar, maximizar ou minimizar os algoritmos e suas restrições. O que não se percebia era que nesses algoritmos e restrições estavam embutidos os desperdícios de processo. Ao se otimizar o lote de compra, o lote de processo ou lote mínimo de produção levava-se, e ainda leva-se em conta as restrições e desperdícios do sistema.

Ohno (1997) afirma que inclusive Ford tinha vislumbrado a importância do fluxo. Segundo, ele, a produção do modelo T de Ford pode ser considerada um caso especial do Sistema Toyota de Produção, pois como ele possuía apenas um modelo, facilmente ele colocou os processos em fluxo. Ohno continua, ao afirmar que as gerações seguintes de Ford não perceberam a importância do fluxo e não deram continuidade ao trabalho.

Entende-se por fluxo contínuo produzir e movimentar um item por vez (ou um lote pequeno de itens) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Ele também é conhecido como fluxo unitário (*one-piece flow*) (BLACK, 1998).

Tornar um fluxo contínuo consiste em transformar uma produção por lote como na figura 7, através da eliminação dos estoques entre processos e na transferência unitária em os processos, como na figura 8.



Figura 6 - Produção por lote.



Figura 7 - Produção em fluxo contínuo.

Quando Ohno (1997) diz que em todos esses anos a Toyota tem tentando reduzir o tempo entre a chegada do pedido e a expedição do veículo, isto é reduzir o *lead time*, ele também quer dizer que todos esses anos a Toyota tem tentando tornar seu fluxo de material em um fluxo contínuo. Há vários benefícios em se produzir em fluxo contínuo, são eles:

- Redução do estoque em processo;
- Melhor controle de qualidade – perdem-se poucas peças até a detecção da falha;
- Melhoria da qualidade;
- Redução do *lead time*;
- Revela os problemas de processamento e confiabilidade;
- Revela desperdícios de movimento e superprodução;
- Facilita a sincronização das operações.

Segundo Ghinato (1996), para conseguir produzir em fluxo contínuo é preciso de algumas condições, são elas: ter um processo estabilizado e confiável e ter tempos de *setup* baixos. Sem processos estáveis a produção fica mais tempo parada que funcionando e se os tempos de *setup* forem muito altos pode-se passar mais tempo fazendo trocas do que produzindo.

2.4.4 Produção puxada

Slack *et al* (1996) entende por sistema de produção puxada os processos os quais produzem a partir de uma sinalização de necessidade vinda direta do cliente. Em um sistema de produção empurrada, a ordem de produção é enviada para o processo sem uma sinalização do cliente interno ou externo, quando a ordem parte de uma previsão de vendas ou de um planejamento de produção do MRP.

A crítica feita ao sistema de produção empurrada e conseqüentemente ao uso do sistema MRP para planejar e controlar a produção é que ambos enviam ordem tentando “adivinhar” a demanda do cliente interno ou externo. É usado o termo adivinhar pois a demanda varia durante o dia ou mês, da mesma forma acontece com a demanda dos clientes internos, e dessa forma torna-se uma adivinhação qualquer planejamento sem que o cliente esteja literalmente requisitando (HOPP; SPEARMAN, 1996).

No fluxo de valor ideal com fluxo completamente contínuo, nenhuma informação para produzir é exigida com exceção do sinal para início do fluxo de valor informando para fazer o próximo produto específico que o cliente esteja requisitando. Daquele ponto em diante, o produto flui continuamente para o cliente. Na maioria dos fluxos de valor, até na Toyota, existem processos desconectados em partes distintas do fluxo devido a distâncias físicas que rompem fluxo. Nestas situações, o sistema de informação ideal permitiria que cada estação fluxo abaixo avisasse a próxima estação fluxo acima sobre suas necessidades imediatas, para serem abastecidas rapidamente em quantidades pequenas em cada estação. Sob confusas etiquetas de *Just-in-Time*, o enfoque de “puxar” tem sido o aspecto mais conhecido do Sistema Toyota de Produção (HINES *et al*, 1998).

Muitas vezes não é possível fazer com que o fluxo seja contínuo. Nessas situações é preciso ao menos garantir que o estoque entre processos seja constante. A Toyota desenvolveu basicamente três sistemas para regular o fluxo entre processos descontínuos, são eles: FIFO,

supermercado e *kanban* (ROTHER e SHOOK, 2003). Para todos esses três sistemas foi criado um sistema visual para informar a necessidade de produção, basicamente os cartões (*kanban*) informam para os fornecedores internos a necessidade do cliente, tornando o sistema em um sistema puxado.

Liker (2005) afirma que o maior benefício da produção puxada é reduzir o estoque em processo e o estoque de produtos acabados, e como ela tem como condição ter processos estáveis, sua implementação motiva a melhoria e eliminação de outros desperdícios.

Produção nivelada

Nivelamento do mix e volume de produção permitem que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo em que evita excesso de estoque, reduz custos, mão-de-obra e *lead time* de produção em todo o fluxo de valor.

O nivelamento de volume refere-se a manter um volume de produção constante e ter um estoque para atender o pico de demanda. Caso esse estoque tenha um limite máximo que avise a produção para suspender a produção, pois já há produto o bastante, esse estoque é conhecido como supermercado (WOMACK e JONES, 1998).

O nivelamento de produção permite que os recursos sejam usados de melhor forma, pois as capacidades de produção são planejadas para o nivelamento. A utilização de supermercado permite que se tenha estoque controlado e caso haja uma variação brusca na demanda, ela é percebida rapidamente. O nivelamento de mix refere-se a aumentar a frequência com que se produz cada produto para atender a demanda e reduzir os estoques.

Segundo Womack (2006), a idéia de nivelar é muito simples. Basta identificar um lugar ao longo o fluxo de valor - o processo puxador é onde as ordens do cliente são transformadas em instruções de produção. Criando um inventário normal neste momento para permitir cada etapa fluxo acima e fluxo abaixo possa operar nivelado, de modo suave, usando FIFO para programar os processos fluxo abaixo e sinais de "puxar" para fluxo acima.

2.4.5 Perfeição

A perfeição é como o infinito. Tentar imaginá-la (e chegar lá) na verdade é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho (WOMACK, 2006).

A maneira como Womack interpreta a perfeição, torna-a algo ao mesmo tempo abstrata e ao mesmo tempo uma meta tangível. Ela se torna um sentimento de insatisfação com as condições atuais e uma inspiração para melhorar. Imai (2000) descreve um gerente o qual pede diariamente para seus funcionários olharem para o processo atual como se fosse a pior maneira de se produzir.

Segundo Imai (1994), existem dois possíveis enfoques para a melhoria: o enfoque gradual – *kaizen* e o enfoque radical de grandes saltos, resumido pelo termo em japonês *kaikaku*. O *kaikaku* é visto como mudanças importantes e radicais seguindo os avanços tecnológicos, ou como a introdução dos mais recentes conceitos de administração ou técnicas de produção. O *kaikaku* é empolgante e atrai a atenção. O *kaizen*, por outro lado, freqüentemente é monótono e sutil e raramente os seus resultados são visíveis de imediato. Enquanto o *kaizen* é um processo contínuo, o *kaikaku* é, geralmente, um fenômeno momentâneo.

Tabela 2 - Características do *kaikaku* e *kaizen*

	<i>Kaikaku</i>	<i>Kaizen</i>
Efeito	Curto prazo mas dramático	Longo prazo, mas não dramático
Passo	Passos grandes	Passos pequenos
Armação de tempo	Intermitente e não incremental	Contínuo e incremental
Mudança	Abrupta e volátil	Gradual e constante
Envolvimento	Seleciona alguns "campeões"	Todos
Abordagem	Individualismo, idéias e esforços individuais	Coletivismo, esforços de grupo e abordagem de sistemas
Estímulos	Inovação tecnológica, novas invenções, novas teorias	Know-how tradicional e estado da arte
Riscos	Concentrados, "todos os ovos em uma cesta"	Dispersos, muitos projetos simultaneamente
Requisitos práticos	Requer grande investimento, mas pequeno esforço-lo para mantê-lo	Requer pequeno investimento, mas grande esforço para mantê-lo
Orientação de esforços	Tecnologia	Pessoas

**Critérios de
avaliação**

Resultados e lucro

Processos e esforços por melhores
resultados

Fonte: Slack et al, 1996.

Womack & Jones (1998) afirmam que a combinação de *kaikaku* e *kaizen* pode gerar melhorias infinitas. Eles citam que as empresas que completam o realinhamento radical em sua cadeia de valor, em geral dobram a produtividade mediante melhorias incrementais dentro de dois a três anos e cortam pela metade seus estoques, erros e *lead times* durante esse período.

Gemba Kaizen

O *gemba kaizen* é um esforço de melhoria contínua e gradual que tem como característica um esforço concentrado para resolver um problema ou para redesenhar um processo eliminando desperdícios em um período de tempo de cinco dias. Tem como característica juntar um grupo de pessoas de diversas áreas para trazer pluralidade de experiências e formação, além de especialistas, consultores e operadores e gerentes de linhas (SHOOK; MARCHWINSKI, 2003). Os participantes primeiramente aprendem os conceitos do STP, depois vão ao *gemba* para avaliar as condições reais e planejar a célula. As máquinas são reposicionadas e a nova célula é testada. Em caso de sucesso, o processo é padronizado. No final de cada dia a gerência visita o grupo para acompanhar o andamento do trabalho. No último dia a melhoria é apresentada para a direção da empresa (CGE, 2005).

Primeiro Dia	Segundo Dia	Terceiro Dia	Quarto Dia	Quinto Dia
Disseminação de conceitos: <ul style="list-style-type: none"> • Lean • 7 desperdícios • JIT • Padronização • Gestão Visual Simulação de Fluxo Itens a ser atacados	Revisão da Informação Observação dos processos Identificação e Implementação de melhorias dos processos	Continuação: Observação dos processos Identificação e implementação de melhorias dos processos	Refinar e testar a melhoria na área Definir novos padrões Documentar novo padrão	Plano para sustentação da melhoria Apresentação de resultados Celebrar Resultados
Revisão da Gerência	Revisão da Gerência	Revisão da Gerência	Gerência visita Genba para ver o trabalho	

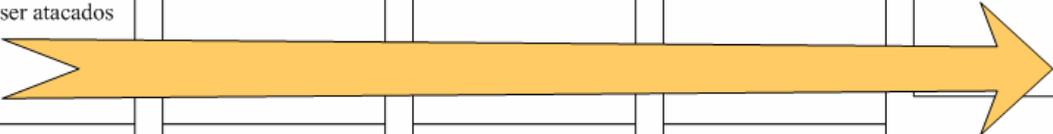


Figura 8 - Cronograma do Gemba Kaizen. Fonte: Léxico *Lean* .

2.5 Sete desperdícios (ou perdas)

Estava claro para a Toyota que na crise vivida do pós-guerra para competir com as empresas ocidentais que utilizavam produção de larga escala, seria necessário operar com custos bem mais baixos. Com o endurecimento das condições de mercado, o poder de escolha dos consumidores passou a determinar o preço de venda do produto. Assim surgiu a necessidade de subverter o “princípio do custo”, onde o preço de venda é formado pelo custo da sua operação mais o lucro desejado, esse princípio “empurrava” os custos excessivos e as perdas da manufatura e gestão da organização para os consumidores, conforme equação (GHINATO, 1996).

$$CUSTOS + LUCROS = PREÇO$$

A subversão da equação proposta por Ohno é a equação que se segue:

$$PREÇO - CUSTOS = LUCROS$$

Nessa equação, a estabilidade dos preço de venda, bem como o aumento dos lucros e o conseqüente sucesso ou fracasso da empresa estão ligados a maneira com que se trata os custos. Essa interpretação implica que uma empresa não pode sobreviver sem esforços implacáveis para cortar custos (GHINATO, 1996). Dessa forma, a orientação básica original do Sistema Toyota de Produção não tem como tratar dos desperdício de excesso de produção, *just-in-time*, ou até com

o sistema *kanban* – todas as técnicas são meramente instrumentos para eliminação total das perdas. (SHINGO, 1996b).

Dessa forma os princípios de produção defendidos por Ohno e Shingo estão fortemente vinculados ao conceito de perdas (Ohno, 1997; Shingo, 1996a, 1996b).

Ghinato (1996) defende que, do ponto de vista da engenharia industrial, existe uma diferença fundamental entre perda e desperdício:

- a) Perda: utilização ineficaz de um determinado recurso, ocorrida ao longo da cadeia de valor de um determinado produto/serviço;
- b) Desperdício: extravio/descarte, via de regra não intencional, de um determinado recurso por simples negligência.

Embora se reconheça a diferença fundamental entre perda e desperdício do ponto de vista da engenharia industrial, os termos perda e desperdício, bem como eliminação de perdas e eliminação de desperdícios, serão utilizados como sinônimos.

A lógica das perdas desenvolvida por Ohno, e defendida também por Shingo, procura identificar e eliminar as perdas (*muda*) presentes ao longo da cadeia de valor do produto/serviço em questão.

Ohno (1997) afirma que Ford parte do princípio de que os materiais pouco valem, adquirindo importância na medida que passam pelas mãos dos trabalhadores. Ou seja, dentro da lógica de agregação de valor, os materiais ganham valor com o trabalho que vai sendo embutido neles.

Dessa forma, basicamente o que não gera valor é perda. Em japonês o termo perda é conhecido como *muda*. As atividades as quais não adicionam valor são divididas em dois tipos:

- a) perda tipo Um é um desperdício que para ser eliminado precisariam ser redefinidas as condições de trabalho, pois ele dá suporte ou é uma atividade necessária para realização do trabalho.
- b) perda tipo Dois é o desperdício que deve ser eliminado imediatamente pois nem dá suporte à operação que gera valor.

Mas recentemente os autores Womack (2006), Black (1998), Rother e Harris (2003), Panizzolo (1998) usam uma nova nomenclatura sob o mesmo conceito. Eles dividem as atividades em três grupos:

- a) Atividades que agregam valor;
- b) Atividades que não agregam valor;
- c) Atividades que não agregam valor mais são importantes para o processo.

Ohno considera o esforço gasto para se produzir um bem como sendo o trabalho real mais os desperdícios, sugerindo a seguinte equação:

$$\text{Capacidade Atual} = \text{trabalho} + \text{desperdícios}$$

Para Ohno, a verdadeira melhoria na eficiência surge quando se produz com zero de desperdício. A eliminação completa desses desperdícios vai aumentar a eficiência de operação por uma ampla margem. Então Ohno classifica, em sete, os desperdícios ou perdas nos processos:

1. Perda por superprodução;
2. Perda por espera;
3. Perda por transporte;
4. Perda por processamento;
5. Perda por estoque;
6. Perda por movimento;
7. Perda por fabricação de produtos defeituosos.

2.5.1 Desperdícios por superprodução

O desperdício por superprodução é o pior de todos os desperdícios. Ele tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada. Existem dois tipos de perda por superprodução:

1. Perda por produzir demais (superprodução por quantidade);
2. Perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação).

A superprodução por quantidade é uma perda inadmissível no Sistema Toyota de Produção. Significa produzir além da necessidade do cliente. A superprodução por antecipação consiste em produzir antes do momento necessário, ou seja, peças/produtos ficam estocadas aguardando o momento de serem consumidos ou processados em etapas posteriores. Esse é o desperdício mais perseguido na Toyota.

2.5.2 Desperdícios por transporte

O transporte é uma atividade que não agrega valor e como tal deve ser encarada como uma muda a ser eliminada. A otimização do transporte é no limite sua eliminação. A melhoria de transporte deve ser feita sob a ótica da função produção (a rede processos e operações). As melhores melhorias são feitas com modificações de layout para reduzir e eliminar o transporte e movimentação de carga. Só depois de eliminar todas possibilidades deve-se pensar em esteiras rolantes ou pontes de movimentação pois em geral o transporte ocupa 45% do tempo total de fabricação (GHINATO, 1996).

2.5.3 Desperdícios por processamento

As perdas por processamento são parcelas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto/serviço. Pode ser considerado como perdas no próprio processamento, situações em que o desempenho do processo encontra-se aquém da condição ideal. Exemplos: baixa velocidade de corte de um torno por força de problemas de ajuste de máquina ou manutenção.

2.5.4 Desperdícios por fabricação de produtos defeituosos

A perda por fabricação de produtos defeituosos é o resultado da manufatura de um produto com alguma característica fora da especificação. Das setes perdas, essa é a mais visível de todas

talvez porque a perda se manifesta no objeto de produção trazendo como consequência o retrabalho do produto. Também costuma ser única perda mensurada pelas empresas em geral. (SHINGO, 1996a). A geração de produtos defeituosos e a sua circulação na fábrica podem desencadear perdas por espera, perdas por transporte, perdas por movimentação, perdas por estoques e uma série de perdas secundárias. (GHINATO, 1996).

2.5.5 Desperdícios por movimentação

As perdas por movimentação relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Esse tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias com estudos de tempos e movimentos. Tipicamente esse estudo reduz os tempos de operação em 10 a 20% (OHNO, 1997). mas outra maneira de eliminar essa perda é via mecanização, mas como Shingo (1996b) alerta, que esse tipo de solução só deve ser aplicada após o esgotamento de todas as possibilidades incluindo a mudança de rotina do operário.

2.5.6 Desperdícios por espera

O desperdício por espera origina-se de um intervalo de tempo em que nem o operador ou máquina executa um processo ou operação. Essa perda pode ser dividida em dois tipos: a perda por espera dos trabalhadores, que acontece quando o operário tem que permanecer junto a máquina, acompanhando (apenas observando) o processamento do início ao fim; e a perda por espera das máquinas que, tipicamente, é a parada de uma máquina por atrasos de suprimento de matéria-prima ou por desbalanceamento do fluxo da produção.

Para Shingo (1996a), uma das razões pela qual a Toyota tolera a perda por espera de máquina, isto é, ter máquinas ociosas é que o custo/hora da mão-de-obra é de 3 a 5 vezes superior ao custo/hora máquina. Além disso existe a possibilidade de depreciação das máquinas e os crescentes custos com salários e benefícios. O índice de utilização das máquinas também pode ser sacrificado pois a Toyota tem um índice de utilização de mão-de-obra de 2 a 3 vezes superior aos índices de companhias concorrentes.

2.5.7 Desperdícios por estoque

As perdas por estoque ocorrem pela manutenção de estoques de matéria-prima, material em processamento e produtos acabados. Shingo (1996a) afirma que uma grande barreira ao ataque das perdas por estoque é a concepção ocidental de que o estoque é um “mal necessário” pois ele funciona como um “retificador” para a oscilação da demanda e confiabilidade das máquinas e operações.

Ghinato (1996) afirma que quanto maior a variabilidade do sistema de produção maior é a necessidade da utilização de estoques. Shingo (1996a) propõe uma tipologia para os estoques intermediários nas empresas. Para ele, existem três tipos distintos de estoques intermediários:

1. Estoques devido ao desbalanceamento entre os processos. Dois fatores justificam a existência destes estoques: o desbalanceamento das quantidades e a falta de sincronização da produção;
2. Estoques que compensam problemas crônicos. Exemplos destes problemas crônicos são: quebras de máquinas, produtos defeituosos, tempo elevado de *setup*, mudanças nos planos de produção, tempos de produção com alta variação;
3. Estoques devido à previsão gerencial de algum desequilíbrio na produção. Estes estoques às vezes são chamados de estoques de segurança.

Para Drickhamer (2006), a manufatura enxuta objetiva reduzir a variabilidade dos processos, o que implica na possibilidade de redução substancial dos estoques.

2.6 As quatro regras do DNA Toyota

Spear&Bowen (1999) identificaram o que eles chamaram de DNA Toyota. Em seu trabalho, eles perceberam que boa parte das empresas que implementaram o STP teve uma melhoria sensível, porém pouquíssimas empresas conseguiram obter os mesmos ganhos da Toyota. Eles identificaram quatro características comuns a essas empresas e a Toyota. São elas:

1. Todos os trabalhos devem ser minuciosamente especificados em termos de conteúdo, seqüência, tempo e resultado.

2. Todas as conexões cliente-fornecedor devem ser diretas, e deve existir um caminho inequívoco de “sim ou não” para enviar solicitações e receber respostas.
3. Todos os fluxos dos produtos e serviços devem ser simples e diretos
4. Todas as melhorias precisam ser feitas em conformidade com método científico, sob a orientação de um mestre e no nível hierárquico mais baixo possível da organização.

O impacto organizacional das regras

Ao tornar as pessoas capazes e responsáveis por executar e melhorar seu trabalho, ao padronizar as conexões entre clientes e fornecedores individuais, e ao empurrar a solução dos problemas de conexão e de fluxo para o nível mais baixo possível da organização, as regras criam uma organização com uma estrutura modular alinhada. A grande vantagem das organizações modulares e alinhadas é que as pessoas podem implementar as mudanças de projeto em uma parte sem afetar necessariamente outras partes. É por isso que os gerentes da Toyota podem delegar tanta responsabilidade sem criar o caos.

2.6.1 Tempo *Takt*

"O objetivo do tempo *takt* é alinhar a produção à demanda, com precisão, fornecendo um ritmo ao sistema de produção. É a batida do coração do sistema *lean*". É essencial para o nivelamento da produção e a implementação de programação e controle da produção. Ele define o ritmo esperado e assim permite a identificação clara de atrasos, sempre orientada pela lógica da demanda, com a conseqüente necessidade de respostas rápidas para corrigi-los (FERRO, 2005).

O tempo *takt* ou *takt time* é a frequência com que o cliente deseja receber o produto. Ele é um indicador de volume de produção para atender a demanda, medido em segundos (ROTHER; SHOOK, 2003).

O tempo *takt* traduz a necessidade quantitativa das compras dos clientes e pode ser comparado facilmente aos tempos de ciclos das diversas operações. Isso possibilita estabelecermos, em diferentes etapas de fabricação, ritmos equivalentes, o mais próximo possível do *takt*. A referência de tempo é então relacionada aos conteúdos de trabalho de cada pessoa/equipe, permitindo identificar anomalias como atrasos (FERRO, 2005).

Feitas essas diferentes considerações, o tempo *takt* pode ser legitimamente entendido como o tempo que rege o fluxo dos materiais em uma linha ou célula. Logo, é fundamental salientar que o conceito de tempo *takt* está diretamente relacionado com a Função Processo, na medida em que trata do fluxo dos materiais ao longo do tempo e espaço (ALVAREZ, 2001).

O tempo *takt* é a divisão entre o tempo disponível para produzir, em segundos, e a demanda do cliente. Calcula-se através da seguinte fórmula:

$$\text{"takt time"} = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do cliente por turno}}$$

Na maior parte das empresas, há uma tendência comum de utilização dos indicadores tradicionais de volume como peças por hora ou outras indicações de output/tempo.

$$\text{Volume_de_produção_horária} = \frac{3600}{\text{takt_time}}$$

O tempo *takt*, como já foi dito, é a referência para sincronizar os processos para atender a demanda. Dessa forma, a mudança do *takt* reflete em uma análise da forma de trabalho de toda a planta pois será necessário balancear novamente as cargas de trabalho, aumentar ou diminuir o número de pessoas nas células e talvez mudar a frequência de abastecimento (ROTHER; SHOOK, 2003). Contudo, o grande problema de mudar o tempo *takt* para Toyota é a padronização, as pessoas levam um tempo para adequar-se a produzir no tempo *takt*, então mudanças constantes de *takt* pioram a qualidade e produtividade. A Toyota tem como mínimo tempo para mudar o *takt* um período de quatro meses (KOSAKA, 2005).

Tabela 3 - PTSA – Período (em meses) em que *Takt* permaneceu sem alteração em meses.

Período	*PTSA	<i>Takt</i> (min.)	Turno	Veic./dia
08/1998 a 05/1999	10	17,7	1	25
06/1999 a 10/1999	5	16,7	1	30
11/1999 a 02/2000	4	13,0	1	38
03/2000 a 06/2000	4	10,5	1	48
07/2000 a 04/2001	10	13,0	2	74
05/2001 a 12/2001	8	12,0	2	79
01/2002 a 04/2002	4	10,5	1	45
05/2002 a 08/2002	4	4,9	1	97
09/2002 a 01/2003	5	4,5	1	106
02/2003 a 07/2003	7	6,0	2	154
08/2003 a 04/2004	9	4,5	2	204
05/2004 a 12/2004	8	4,3	2	213
01/2005 a atual	11	4,0	2	220

Fonte: KOSAKA, 2005.

Uma das práticas na Toyota é de utilizar o recurso de trabalhar mais horas no caso de aumento de demanda –até na ordem de 30% - mantendo o tempo *takt* sem mudança, pois como pode ser observado na tabela 3, a Toyota opera em dois turnos de oito horas de trabalhos com intervalos entre turnos de quatro horas, o que possibilita utilizar os recursos em regime especial por um período determinado (SHINGO, 1996a). Diz-se período determinado, por que, se o período se estender e a perspectiva da demanda se mostrar promissora, o direcionamento a ser dado é o de alterar o tempo *takt* (KOSAKA, 2005).

3 DESCRIÇÃO DO MÉTODO

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta desenvolvida pelo *Operations Management Consulting Division* (OMCD) da Toyota Motor Company, divisão organizada por Ohno originalmente para implementar o STP nos fornecedores da Toyota. A ferramenta sintetiza os princípios do TPS, ajudando a visualizar como está o processo em relação a esses princípios e auxilia a sua implementação (GHINATO, 1996). Apesar da ferramenta ter sido desenvolvida na Toyota na década de 80, ela era desconhecida do público fora da Toyota até os anos 90 quando foi difundida por Rother & Shook (2003) a pedido de Womack (WOMACK, 2006).

3.1 O que é um mapa?

Existem várias definições de um mapa. “Um mapa é uma representação do ambiente. Por representação, nós queremos dizer algo que traduz o ambiente que retrata, e é uma semelhança e um modelo simplificado” (Muehrcke e Muehrcke 1992). A chave para esta definição, para nossos propósitos, é que o mapa é um substituto para o ambiente real. Mapas de cadeia de valor estratégicos poderiam simplificar as relações espaciais em grande parte, mas a essência do ambiente deve ser capturada. “Como é o caso com outras construções gráficas, mapas empregam uma forma de linguagem visual para comunicar informações” (Rouleau 1993, pág. 66). Talvez uma das descrições mais poéticas de mapas vem de Denis Wood (1992, pág. 4). “E isto, essencialmente, é o que mapas nos dão, realidade, a realidade que excede nossa vista, nosso alcance, nosso palmo de dias, uma realidade que nós não alcançamos de nenhum outro modo.”

Os mapas têm sido ferramentas poderosas por séculos porque eles nos permitem ver um mundo que é muito grande e muito complexo para ser diretamente enxergado. A natureza representacional de mapas, porém, é freqüentemente ignorada – o que se vê ao olhar para um mapa não é o mundo, mas uma representação abstrata que é usada convenientemente em lugar do mundo. A eficiência do mapa é uma consequência da seleção dos atributos para o modelo e como sua interação desses atributos pode representar um sistema. Um bom mapa é interpretável, reconhecível, e de formato de fácil disseminação (WOOD, 1992).

3.2 Mapeamento do fluxo de valor – MFV (*Value-Stream-Mapping – VSM*)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*), em particular, é uma ferramenta bastante interessante, e tem sido uma das mais utilizadas no universo de aplicações da produção enxuta (GHINATO, 1996). Aqui, entende-se por fluxo de valor o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria prima até a entrega ao consumidor do produto final. Esta ferramenta, introduzida por Mike Rother e John Shook (2003), é um método de modelagem de empresas relativamente simples (utiliza papel e lápis) com um procedimento para construção de cenários de manufatura. Esta modelagem leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações e ajuda bastante no processo de visualização da situação atual e na construção da situação futura.

O MFV foi desenvolvido para ser uma ferramenta de baixa tecnologia. O mapeamento é encorajado a ser feito com papel e lápis, apesar de já existirem softwares para isso. A razão disso é encorajar os usuários da ferramenta a andar através do fluxo de valor (POJASEK, 2004). Essa atitude de ver por si mesmo para compreender completamente a situação do processo (*genchi genbutsu*) é descrita por Liker (2005) como décimo segundo princípio do Modelo Toyota em seu livro.

Por outro lado, ela é uma ferramenta que, assim como as outras da Produção Enxuta, se concentra mais nas questões relativas à redução do *lead time* (dimensão tempo) dos sistemas. A dimensão tempo parece ser a principal e, às vezes, a única dimensão considerada neste tipo de ferramenta. Este trabalho pretende trazer também a dimensão custo ao processo de análise e de tomada de decisão em aplicações da Produção Enxuta.

O mapa como modelo traz algumas limitações gráficas. Por ele estar focado sobre o fluxo de valor, ele perde a visão das operações e de métricas financeiras. A ferramenta foi construída com a intenção de reduzir o *lead time* e conseqüentemente a eliminação dos desperdícios, que para Ohno (1997) invariavelmente ocasionaria um impacto positivo sobre todos os objetivos de desempenho descritos por Slack (1996) – custo, qualidade, entrega, rapidez e flexibilidade.

Nesse sentido, segundo Kaplan & Cooper (1997), é preciso uma análise racional que justifique também as vantagens e desvantagens econômicas derivadas do fato de se destinarem certos recursos para a melhoria de determinado processo de uma organização.

A ferramenta de mapeamento tem como característica:

- Fornece uma linguagem comum, visual e simbólica;
- Fácil visualização e compreensão pelo mais baixo nível hierárquico o qual irá utilizá-la.
- Ajuda a visualizar além dos processos individuais, ajuda a enxergar o fluxo de valor através departamentos e processos;
- Mostra a relação entre o fluxo de informações e fluxo de materiais no sistema de manufatura;
- Assiste na melhoria do sistema como um todo e não apenas uma de suas partes;
- Ajuda a identificar mais do que desperdícios, ajuda a identificar as fontes de desperdícios;
- Agrega técnicas e conceitos de manufatura enxuta;
- Forma a base de um plano de implementação, tornando-se referência para a implementação.

Khaswala e Irani (2004) reconhecem a utilidade da ferramenta mas listam várias restrições do MFV como: (a) dificuldade em mapear vários produtos de fluxo diferentes; (b) a falta de registro gráfico para questões de transportes, filas, distâncias devido ao layout; (c) a falta indicadores financeiros como lucro, custos de operação, despesas com inventário; (d) a falta de gráficos para visualização espacial de layout, manuseio de material; (e) a deficiência em detalhar o conteúdo de informação do fluxo de informação; (f) a falta de um método para escolher o tipo de melhoria a ser feita inicialmente.

Apesar das críticas Khaswala e Irani, a ferramenta também está dentro da filosofia *lean* de simplicidade, divisão da informação na forma de gestão visual e inclusão e delegação de atividades para o nível hierárquico mais baixo.

O mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta de melhoria contínua pois como se observa na figura 10, ela cria um círculo virtuoso no qual após realizar as ações para atingir o mapa futuro, o mapa do estado futuro torna-se o mapa do estado presente e serão elaboradas novas ações de melhoria para atingir o novo mapa futuro. Esse ciclo costuma ter um tempo de

três a seis meses. Na Toyota , as ações de melhoria e novos mapas futuros são finalizados a cada três meses (ROTHER; SHOOK, 2003).

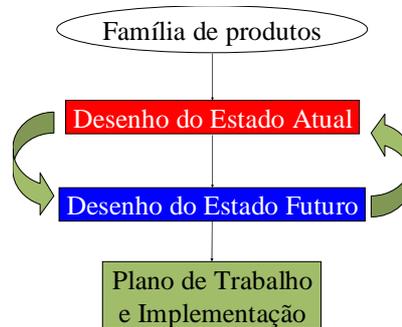


Figura 9 - Ciclo de melhoria do mapeamento de fluxo de valor

Como foi citado na bibliografia, o fluxo de valor corre perpendicular às estações de processo, o mesmo afirmado por Shingo (1996a) ao dizer que o processo (fluxo de valor) corre perpendicular às operações (estações de processo). O mapa do fluxo de valor ajuda a concentrar os esforços de melhoria no fluxo e não nos processos. Para Rother e Shook (2003) os *kaizen* podem ser divididos em dois tipos: *kaizen* de processo e *kaizen* de fluxo, como observado na figura. O *kaizen* de fluxo estaria mais ligado à gerência pelo seu caráter interdepartamental e por estar fazendo melhorias no fluxo de valor. O *kaizen* de processo estaria mais ligado ao chão de fábrica por tratar de assuntos pontuais do processo, que talvez não tenha um grande impacto no fluxo de valor, mas pode melhorar sensivelmente as condições de operação.

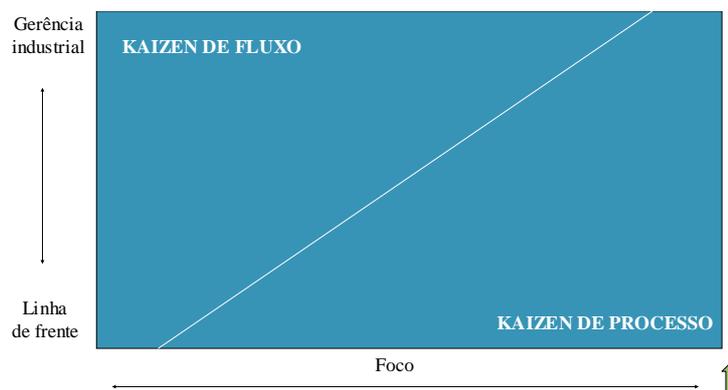


Figura 10 - Relação entre *Kaizen* de processo e de fluxo. Adaptado de Rother e Shook (2003)

O MFV é utilizado para melhorar os processos internos (mapeamento “porta-a-porta”), mas pode, e tem sido utilizado para mapear a cadeia de suprimentos inteira pois a lógica de reduzir o *lead time*, através de melhoria contínua, para ganhar eficiência e qualidade no fluxo de valor é a mesma (GARDNER; COOPER, 2003). Fazer o mapeamento “porta-a-porta” significa mapear da porta do almoxarifado até a porta de expedição de produtos acabados.

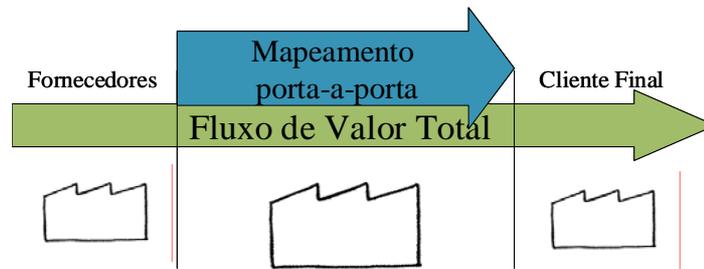


Figura 11 - mapeamento “porta-a-porta”

A figura 13 mostra um mapa de fluxo de valor simplificado de uma empresa tradicional. Há um MRP para gerar ordens de produção as quais empurram o material para o processo seguinte. Entre os processos criam-se estoques “descontrolados” pelo sistema não ser sincronizado e o sistema ser empurrado. Na parte inferior do mapa localiza-se a linha de tempo com a qual se compara o *lead time* e o tempo de processamento.

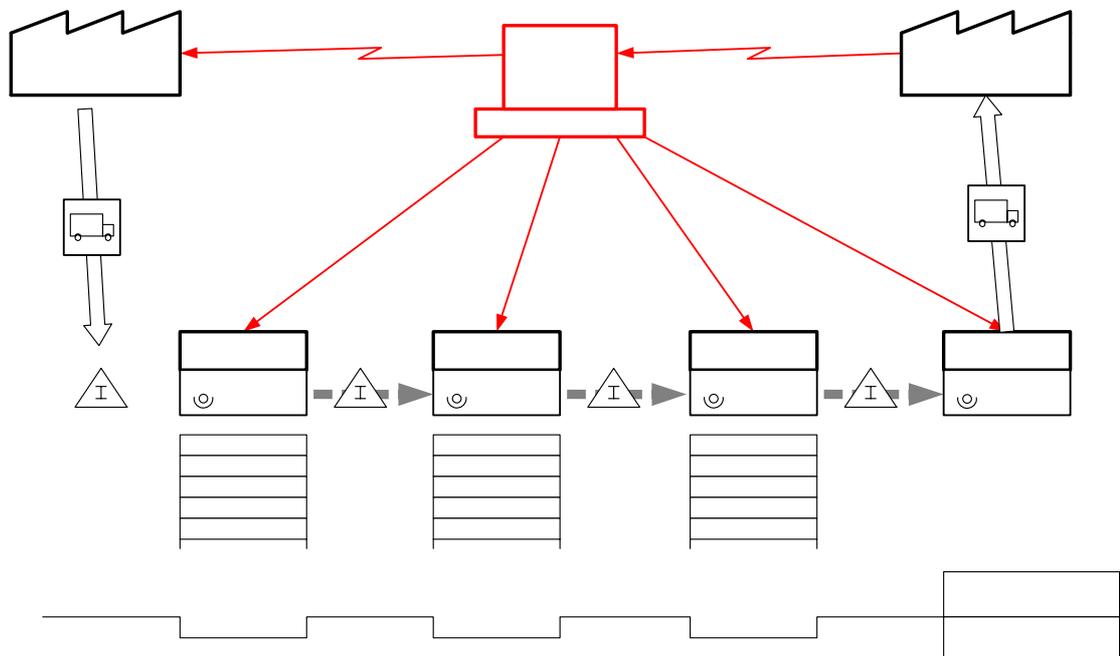


Figura 12 - Exemplo de mapa de fluxo de valor

3.3 Descrição da aplicação do MFV

Todo valor produzido por uma organização é o resultado final de um complexo processo, uma série de ações que os pensadores *lean* chamam de fluxo de valor. O que mais os clientes estão interessados, sejam internos ou externos, é que o valor flua para eles. Não estão interessados nos esforços de melhoria de cada produto para a organização e nem no valor fluindo para outros clientes (WOMACK, 2006).

Womack (2006) divide o processo de mapeamento do fluxo de valor em alguns passos, sendo o primeiro passo para qualquer atividade de mapeamento a identificação da família de produto. Serão maiores os benefícios para a empresa quanto melhor for a definição das famílias, pois todo o fluxo e decisões serão feitos para melhorar o fluxo das famílias.

O próximo passo é mapear o estado presente (ou atual) do fluxo de valor. Essa é a tarefa mais árdua segundo Rother e Shook (2003). Obter o estado presente certo é crítico, porque os problemas de desempenho no fluxo de valor a serem melhorados são resultados diretos do mapeamento do estado presente. A melhoria do fluxo de valor é baseada na precisa identificação dos problemas durante mapeamento do fluxo de valor do estado atual. De acordo com Womack (2006), isto é mais um desafio humano em lugar de razões técnicas, pois os empregados e gerentes envolvidos no estado atual estão normalmente trabalhando muito duro em fazer seus superiores contentes, e é natural para eles explicar muito dos problemas observados durante o mapeamento como anormalidades do sistema. Por isso é extremamente importante registrar dados reais do fluxo valor, e não dados como supostamente trabalharia o fluxo de valor em dias os quais tudo dá certo, quando clientes não mudam um pedido na última hora ou quando nenhum fornecedor comete quaisquer enganos.

O objetivo em desenhar o mapa é identificar cada passo do processo que cria o valor desejado do ponto de vista do cliente. Especificamente, quer-se saber se cada passo do processo é: valioso, capaz, disponível, adequado, flexível.

Ao se dizer valioso, quer-se dizer se realmente cria valor do ponto de vista do cliente. A medida mais simples do valor de uma atividade é perguntar se o cliente seria menos satisfeito com o produto se esta atividade fosse omitida. Por exemplo, omitindo o passo de pintar um carro seria um problema para praticamente todos os clientes, assim pintar adiciona valor ao produto enquanto os retoques de pintura por falha no processo não adicionam.

Ao se dizer capaz, quer-se dizer o grau de qualidade que constantemente é alcançado. Esta é a principal preocupação do movimento da qualidade, e o ponto de partida para muitos projetos Seis Sigma.

Ao se dizer disponível, quer-se dizer quanto a estação de trabalho pode operar quando for solicitado. Essa é a preocupação central da Manutenção Produtiva Total. Em operações típicas, muitas atividades não podem produzir um bom resultado durante uma fração significativa do tempo (por problema de capacidade), e não funcionará em toda uma fração significativa do tempo (por problema de disponibilidade).

Ao se dizer adequado, quer-se dizer que a capacidade é suficiente para responder os pedidos dos clientes. A adequação é comumente o enfoque de Teoria das Restrições, e a análise de gargalos é essencial para melhorar o desempenho do fluxo de valor.

Geralmente as estações de trabalho possuem uma capacidade maior do que a necessária, e isto cria um desperdício de um tipo diferente. Este desperdício acontece porque os projetistas de equipamento ainda querem construir grandes máquinas projetadas para custo mais baixo por atividade e em volumes maiores (ROTHER e SHOOK, 2003). Porém, de ponto de vista do pensamento enxuto, uma coisa certa de acontecer são os erros nas previsões de demanda do mercado. Tais erros guiam as atividades para crônica supercapacidade ou intratável subcapacidade, e quando é necessária uma pequena de capacidade adicional requer-se compra de outra máquina grande (WOMACK et al, 1998). A resposta do pensamento enxuto está no equipamento de "tamanho certo". Isto significa a habilidade de adicionar e subtrair incrementos pequenos de capacidade de máquina e força de trabalho de acordo com a necessidade da demanda (SHINGO, 1996a).

Ao se dizer flexível, quer-se dizer, a capacidade de uma etapa do processo conseguir trocar rapidamente em um baixo custo de uma família de produto para outra. A flexibilidade permite a produção de lotes muito pequenos, ou até unitários, com muitos benefícios para o fluxo de valor, como já foi visto na revisão bibliográfica.

Womack (2006) termina por avaliar os passos do processo sob o ponto de vista de três dos cinco objetivos de desempenho de um fluxo de valor citados por Slack *et al* (1996). Dos cinco objetivos de desempenho – custo, rapidez (*lead time*), confiabilidade, qualidade e flexibilidade – Womack utiliza os três últimos, visto que custo e rapidez são medidas para o fluxo e para as

operações. Ele ainda adiciona mais dois critérios para as estações de processo, se são adequadas e valiosas. Esses dois critérios estão intimamente ligados aos conceitos *lean* como já foi visto.

Pensando em como medir se as estações criam o valor desejado do ponto de vista do cliente, foram desenvolvidas algumas métricas para medir os atributos de cada estação de trabalho. São as chamadas caixas de dados de processo e serão detalhas mais adiante nesse capítulo.

Com todos os passos do processo identificados e caracterizados, a próxima etapa é o mapeamento do fluxo de material e informação, onde basicamente compara-se o fluxo de material e informação com os princípios do pensamento enxuto.

No fluxo de valor ideal, o produto nunca pára de se mover do início ao fim do processo. Isto permite resposta quase imediata para o cliente, e freqüentemente isto torna possível a transição de *build-to-stock* para *build-to-order*. Criar fluxo contínuo e particularmente nas atividades de fabricação fluxo acima, não apenas a montagem final tem sido uma preocupação central do Sistema de Produção de Toyota.

Durante o mapeamento indica-se o tamanho dos estoques ao longo de um fluxo de valor com ícones de triângulo simples, e anota dentro ou em baixo de cada triângulo a quantidade de estoque disponível.

O mapeamento do sistema de informações é mais complicado, envolvendo desenhar setas que indicam o caminho do fluxo de informações ao longo o fluxo de valor, indicando o ponto inicial e o final para cada instrução de produção.

A etapa final do mapeamento do fluxo de valor é caracterizar a linha do tempo, o qual Ohno descreveu ser sua minimização a razão dos esforços da Toyota em eliminar perda. Minimizar a quantidade de tempo decorrido entre o pedido até entrega. Então, capturando o tempo total desde o começo do trabalho para fabricação de um produto até que esteja pronto para o cliente é freqüentemente o caminho mais útil para caracterizar o desempenho do fluxo inteiro.

Com um mapa do estado atual pronto, começa-se a pensar sobre um estado futuro melhor que ajudará os clientes e os fornecedores. O mapa futuro é o exercício de vislumbrar as melhorias necessárias para aplicar os princípios do pensamento enxuto e eliminar os desperdícios encontrados. Chegar a esse estado futuro pode envolver várias ações de melhoria. Porém, segundo Shingo (1996a), na prática percebe-se que algumas melhorias no fluxo de valor são provavelmente de maior retorno do que outras.

O primeiro passo para desenhar o mapa futuro é questionar se cada estágio do fluxo de valor está realmente criando valor. Retrabalhos e armazenagem de produtos são raramente de qualquer valor para o cliente, e estes devem ser eliminados sempre que possível (WOMACK, 2006).

Um segundo passo é colocar tantas etapas do fluxo de valor quanto possível em fluxo contínuo. O fluxo contínuo pode reduzir dramaticamente o tempo de processamento, e quase sempre reduz substancialmente os custos. Alcançar fluxo contínuo freqüentemente exige mudança de *layout* e pode exigir a introdução de novas tecnologias de processo.

Um terceiro passo é criar condições para fazer a produção puxada. Regular o fluxo de material, onde não é possível ser fluxo contínuo, utilizando supermercados, FIFO's e *kanban's*. Nivelar a produção e tornar o sistema puxado.

A aplicação dos princípios do pensamento enxuto no MFV do estado futuro, invariavelmente deve fazer com que a nova linha do tempo seja drasticamente menor, reduzindo os custos e o *lead time*. O ciclo de aplicação do MFV se completa quando as ações de melhoria para alcançar o estado futuro são realizadas e o estado futuro torna-se o estado presente. A figura 14 mostra um exemplo de mapa de fluxo de valor do estado futuro, onde há fluxo contínuo entre processos e supermercados para regular o fluxo onde não é possível criar fluxo contínuo.

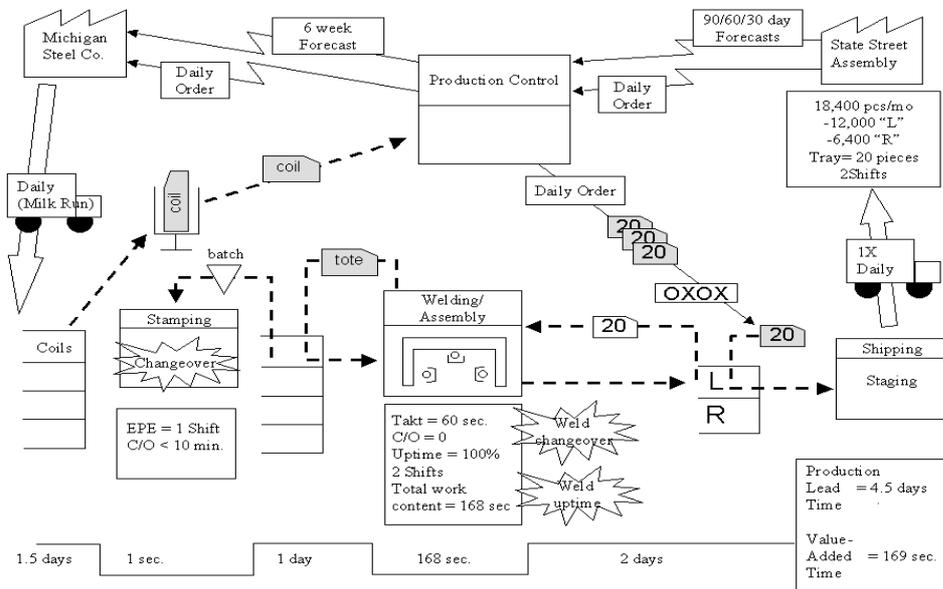


Figura 13 - Exemplo de mapa de fluxo de valor do estado futuro

3.4 Elementos integrantes do método

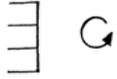
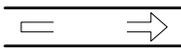
O mapeamento do fluxo de valor é formado por vários elementos, ele tem como característica ser uma ferramenta padronizada. Essa padronização de termos e figuras tem como vantagem sua fácil leitura por quem quer conheça a ferramenta. Ao mesmo tempo, a ferramenta tem flexibilidade para adaptar elementos do mapa para se adequar a processos específicos.

O mapa de fluxo de valor é uma representação simbólica e concisa do fluxo de material e informação. Assim ele lança mão de alguns elementos representativos, sendo que os mais comuns são:

- a. Caixa de processo – representa as estações de processos. É o estágio onde se agrega valor ao produto. É entendido agregar valor o local onde há modificação ou transformação de matéria ou informação
- b. Caixa de dados – é o elemento onde se descreve os dados relativos aos processos, os quais incluem o tempo de ciclo, o tempo de setup e outros que serão vistos a seguir. Cada caixa de processo possui uma caixa de dados.
- c. Identificação da forma com que o sistema flui. Representando o sentido do fluxo de material e indicando se o fluxo é “empurrado” ou “puxado”.
- d. Estoques – esse elemento indica a existência de estoque, seja em processo, matéria-prima ou produto final. Esse elemento é um dos mais importantes pois a existência de estoques revela a existência de problemas.
- e. Planta ou fábrica – representa um fornecedor ou cliente localizado fisicamente fora da empresa mapeada.
- f. Meio de transporte utilizado para entrega e recebimento de produto acabado e matéria-prima respectivamente.
- g. Fluxo de informação – esse elemento mostra o sentido em que flui a informação e se ela é eletrônica ou convencional.

A tabela 4 resume as figuras mais comuns, uma lista mais completa está nos anexos do trabalho.

Tabela 4 - Elementos do mapa de fluxo de valor

Ícone	Nome	Ícone	Nome
	Caixa de processo		Supermercado (processo “puxado”)
	Caixa de dados		FIFO (processo “puxado”)
	Processo “empurrado”		Comunicação convencional.
	Estoque		Comunicação por meio eletrônico
	Planta ou fábrica		Caixa do PCP e MRP

3.4.1 Os dados integrantes das caixas de dados

Como foi dito anteriormente, a caixa de dados contém dados relativos a um determinado processo. O levantamento desses dados é de uma importância fundamental pois eles vão dar base à decisão de criar planos de melhoria. Eles são as informações base para melhorar o fluxo de valor.

Tanto Ohno (1997) quanto Shingo (1996a) discorrem sobre a importância em ir buscar dados no chão de fábrica, dados atualizados os quais mostrem a condição do processo. Ao mesmo tempo ambos defendem a posição de não se perder muito tempo buscando dados. Em outras palavras, melhor uma informação mais grosseira e atual sobre o chão de fábrica que uma informação refinada e velha.

O tempo de ciclo (T/C) é um dos dados mais comuns, o qual corresponde ao tempo para se fabricar um produto dentro de uma estação de processo. É uma medida bem simples mas, segundo Ferro (2005), costuma ser vista com muito ceticismo pelos gestores da produção convencional. O T/C é o equivalente à capacidade de produção horária. Enquanto um mede 360

peças por hora, o T/C mede mesma informação como sendo 10 segundos o tempo para a produção de uma peça. A primeira vantagem em trabalhar com esse índice é poder balancear toda sua produção pelo tempo *takt* o qual também informa a demanda em segundos de cada peça. A outra vantagem é a separação do componente confiabilidade e T/C que estão misturados no índice de capacidade de produção horária.

Outro dado também bastante comum é a disponibilidade de máquina. Ela está ligada ao tempo que a máquina está disponível para produção, costuma ser medido em porcentagem. Esse dado pode ser às vezes muito complexo, envolvendo confiabilidade de máquina, paradas para ajuste, preparação, alimentação e quebras de máquinas. No entanto pode-se obter um número grosseiro, dividindo o tempo de máquina em operação pelo tempo total do expediente de trabalho ou ainda dividindo o volume de produção de um período pelo volume teórico de produção.

Outro dado da caixa é o tempo de troca (TR) ou *setup*. É basicamente o tempo entre a última peça de uma produção até o início da produção da primeira peça dentro das especificações do novo produto. O tempo de troca é um dado importante pois muitas vezes ele é a razão da produção em grandes lotes e a existência de grandes estoques em processo e produto acabado. Além do mais, como foi escrito na bibliografia, a redução do tempo de troca está ligada ao início do desenvolvimento do TPS, à redução dos lotes de produção e conseqüentemente os estoques.

O TPT (Toda Parte Toda) é outro dado levantado. O TPT está ligado ao tamanho do lote. Se a empresa produz seus produtos com freqüência de uma semana então o TPT é de uma semana. Em última análise reduzir o TPT é reduzir o lote.

Os outros dados levantados mais comuns na indústria, são: número de operadores na estação de trabalho, número de modelos do produto, taxa de refugo, tamanho da embalagem do processo ou lote de transferência.

Lucero (2006) faz uma comparação entre os índices utilizados para mensurar a eficiência dos processos com os cinco objetivos de desempenho para a manufatura propostos por Slack *et al* (1996). De acordo com a tabela 5 pode-se observar que os índices utilizados pelo TPS estão ligados aos cinco objetivos de desempenho.

Tabela 5 - Relação entre os objetivos de desempenho e os dados de processos

Dados de processos	Unidade	Objetivos da produção
T/C (Tempo de ciclo)	Tempo (segundos, minutos, horas)	Rapidez
TR (Tempo de troca ou <i>setup</i>)	Tempo (minutos, horas)	Flexibilidade e Rapidez
Disponibilidade real da máquina	Porcentagem	Confiabilidade
TPT (Toda Parte Toda - tamanho do lote)	Tempo (dias, turnos, horas)	Custo
Número de operadores	Número absoluto	Custo
Taxa de refugo	Porcentagem	Qualidade
Lote de transferência.	Número absoluto	Custo e Rapidez

Apesar de existir um grande número de tipos dados, geralmente não são utilizados todos, pois nem todos são relevantes ao processo.

3.4.2 Linha indicadora de tempo

Para a Toyota a eficiência do fluxo de valor é medida pelo *lead time*, isto é, quanto menor o *lead time* menor o volume de estoques no fluxo de valor e mais eficiente é a empresa. A linha indicadora de tempo do mapa de fluxo de valor é a forma de registrar, expor e calcular o *lead time* no mapa de fluxo de valor e o somatório dos tempos de ciclo de cada processo.

A linha de tempo é uma barra indicadora que fica na parte inferior do mapa de fluxo de valor. Ela basicamente compara o somatório dos tempos de ciclo de cada processo ao *lead time*, somatório do estoque em dias.

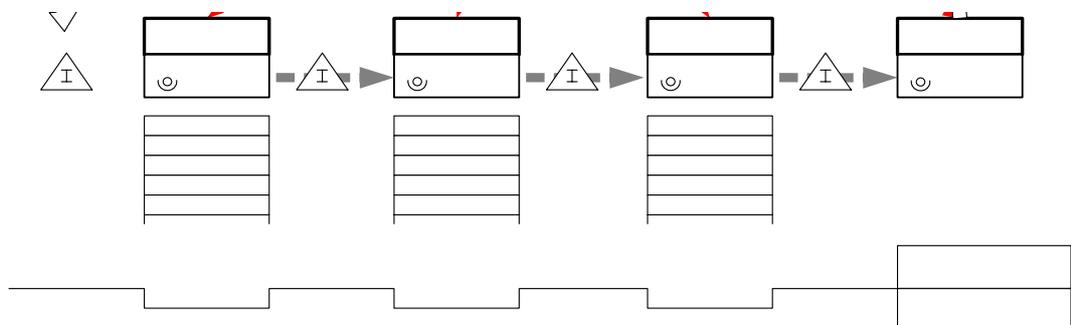


Figura 14 - Linha do tempo

A mudança dos processos buscando a eliminação dos sete desperdícios e a implementação dos cinco princípios do *lean* necessariamente faz com que o *lead time* do processo diminua.

Para montar a linha de tempo é preciso transformar todas as informações na mesma grandeza, isto é, em tempo. Dessa forma o estoque que é medido em peças, deve também ser calculado em dias. Os dias de estoque devem ser calculados da seguinte forma:

$$\text{Dias de estoque} = \frac{\text{Quantidade em estoque}}{\text{Quantidade Pedida diariamente pelos clientes}}$$

O *lead time* é o somatório dos estoques em dias, da matéria-prima ao produto acabado.

A eficiência do fluxo de valor pode ser medida pela divisão do somatório dos tempos de ciclo de cada processo pelo *lead time*. De acordo com a consultoria CGE (2005), as empresas mais eficientes as quais utilizam o sistema tradicional possuem uma eficiência de 5%, enquanto a Toyota, que é o *benchmark*, tem uma eficiência em torno de 30%.

3.5 Mapa do fluxo de valor do estado atual ou estado presente

O mapa do estado atual ou estado presente é um retrato instantâneo do fluxo de valor na manufatura. É uma fotografia onde se deve apenas registrar a realidade do momento. O mapa contém o fluxo de material e informação da empresa. No fluxo de material estão as estações de processo, seus dados, os estoques de matéria-prima, produto acabado e em processo, se o fluxo é empurrado ou puxado, a forma que com que ocorre o suprimento pelos fornecedores e a expedição de produtos para os clientes.



Figura 15 – Etapas do mapeamento de fluxo de valor do estado presente. Adaptado de Rother&Shook (2003)

3.5.1 Definir a família a ser mapeada

A premissa para o mapeamento de fluxo de valor é enxergar o fluxo da perspectiva do cliente final, o que obriga que a análise de fluxo seja feita por produto ou por famílias de produtos. Pois por mais complexo que seja a maneira como se produz ou por mais que várias famílias compartilhem uma mesma máquina, a premissa é especificar o valor do cliente final e enxergar o fluxo desse valor reconhecido pelo cliente final (DUGGAN, 2002). Essa é a razão principal para a primeira etapa do mapeamento ser a definição da família a ser mapeada.

Há muito tempo as indústrias têm tido problemas para gerenciar o fluxo de material quando existe um grande número de produtos. O número de combinações de layouts e fluxos pode ser muito grande para ser testado ou simulado. Segundo Irani (2000), a melhor maneira para tratar fluxos com vários produtos é através do agrupamento por famílias, que pode ser feito utilizando-se a ferramenta *Product Family Matrix Analysis* (PFMA).

O PFMA é basicamente uma matriz onde os produtos fabricados são registrados nas linhas e os processos, ou os principais processos, onde esses produtos passam são colocados nas colunas. As famílias são definidas por processos similares como mostrado na figura 17.

		Estações de trabalho							
		1	5	6	3	2	4	7	8
Produtos	A	X	X	X	X	X			
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X	X	X		X	
	F	X	X	X	X			X	
	G	X	X	X	X			X	
	D				X	X	X	X	X
	E				X	X	X	X	X

Famílias de Produtos

Figura 16- Matriz de produtos e etapas de processos

Segundo Womack (2006), é vital investir um tempo considerável na definição de famílias, pois os mapas e as decisões serão tomadas para melhorar o fluxo para uma determinada família de produtos. Caso as famílias não estejam bem definidas os benefícios podem ser reduzidos (KENNEDY E HUNTZINGER, 2005).

O mapeamento é uma ferramenta de auxílio à melhoria contínua, assim apesar de ser tratada uma família por vez, o ideal é que o exercício de mapear seja feito para todas as famílias. Rother e Harris (2002) sugerem para começar com as famílias que geram o maior impacto sobre a empresa, pois os resultados serão maiores e mais motivadores.

Ghinato (1996) afirma não haver nenhum registro na Toyota de utilização de teoria de famílias para aplicação do mapeamento de fluxo de valor. O fluxo de material da Toyota parece nascer projetado para famílias devido a um dos quatro fatores do DNA Toyota – “Todos os fluxos dos produtos e serviços devem ser simples e diretos”.

3.5.2 Identificar as estações de processos no fluxo de valor

As estações de trabalho são geralmente os postos de transformação de material ou, pelo menos, onde o material é trabalhado de alguma forma. A identificação dos postos de trabalho está relacionada ao fluxo do material ou o caminho que ele percorre dentro da área de manufatura. Suzuki (1987) e Shingo (1996a) entendem as estações de processo como sendo as operações as quais são perpendiculares ao fluxo de valor.

Entende-se por posto de trabalho, uma máquina, uma bancada a qual o material passe e por estação de trabalho o conjunto de postos de trabalho onde o material esteja fluindo. As estações de trabalho, como já foi dito, são representadas por uma caixa de processo. A regra geral para definir uma estação de trabalho é observar se entre os postos de trabalhos o material é transportado em lotes e se a amplitude da variação do estoque entre os postos de trabalho é grande. É importante observar isso pois vários postos de trabalho de uma célula de manufatura formam uma estação de trabalho (ROTHER e SHOOK, 2003).

3.5.3 Identificar os desperdícios

A eliminação de desperdícios é uma das maiores bandeiras do STP. A clara percepção das atividades que agregam valor e das que não agregam e a postura incansável de eliminar as atividades que não agregam valor mesmo quando ocasionadas por limitações tecnológicas, é uma característica da Toyota. Ohno era obcecado em procurar e eliminar desperdícios. Liker (2005) lembra o folclórico círculo de Ohno, onde ele riscava um círculo no chão e obrigava o engenheiro ficar dentro dele e observar o processo até encontrar um desperdício.

A fase de identificação de desperdícios no mapeamento ocorre simultaneamente às fases de identificação dos processos e dos estoques. O processo é basicamente olhar o fluxo de material de forma crítica e associando esse fluxo aos sete desperdícios listados na revisão bibliográfica.

Shingo (1996b) afirma que as perdas não devem ser evitadas e sim eliminadas através de método científico para atacar a causa raiz do desperdício. O conceito apesar de ser simples, normalmente não é exercitado. Soluções para movimentações de materiais costumam ser automatizar a atividade. A solução ordinária para o excesso de tempo perdido com uma talha manual é utilizar uma elétrica. A gestão de informação no chão de fábrica utiliza a mesma lógica.

Reduzir o desperdício resume-se a fazer a atividade que não agrega valor mais rápido para não perder muito tempo. Shingo enfatiza a importância de pensar sem restrições e atacar a causa raiz do problema.

3.5.4 Identificar estoques entre processo e calcular seus volumes em dias.

Para o STP, os estoques medem a ineficiência de um processo. Acredita-se que ele está ligado a alguma dificuldade ou ineficiência. E nesse sentido Ohno é bastante radical por considerar estoque de matéria-prima ou produto acabado por restrições geográficas como um desperdício. Apesar de reconhecer as restrições, ele pregava que enquanto for considerado um desperdício continuará incomodando e em algum momento será resolvido. A decisão de espalhar fábricas da Toyota por todo o mundo, isto é, levar para próximo do mercado consumidor passou, também, por essa visão de estoque como desperdícios.

A identificação dos estoques são feitos com uma figura triangular com um “E” de estoque ou um “I” de inventário. O sentimento de Ohno, sobre estoques, parece ter contaminado a Toyota pois ela utiliza como símbolo para estoque uma lápide com as siglas RIP (*rest in peace*).

No mapeamento eles são desenhados com um ícone na forma de triângulo de advertência para mostrar a localização e a quantidade de estoque. Conforme já foi mostrado, os estoques são calculados em dias para o cálculo do *lead time*.

3.5.5 Levantamento dos dados de processo (caixa de dados)

O levantamento dos dados das caixas de processo, já mencionado neste mesmo capítulo, é parte importante do método, pois eles ajudarão a tomar decisões nos planos de melhoria. Esse levantamento é um processo simples onde são medidos os tempos de ciclo (T/C) e os tempos de troca (TR).

3.5.6 Identificar o fluxo de informação

A importância da informação para as organizações é universalmente aceita, constituindo, senão o mais importante, pelo menos um dos recursos cuja gestão e aproveitamento estão diretamente relacionados com o sucesso desejado. A informação também é considerada e utilizada em muitas organizações como um fator estruturante e um instrumento de gestão. Portanto, a gestão efetiva de uma organização requer a percepção objetiva e precisa dos valores da informação e do sistema de informação.

Basicamente, a informação tem duas finalidades: para conhecimento dos ambientes interno e externo de uma organização e para atuação nestes ambientes (CHAUMIER, 1986).

O ponto principal é perceber a informação pertencendo a dois domínios (VAN WEGEN & DE HOOG, 1996). No primeiro deles, ela deve atender às necessidades de uma pessoa ou de um grupo. Nesse caso, a disponibilidade da informação deve satisfazer os seguintes requisitos:

- Ser enviada à pessoa ou ao grupo certo;
- Na hora certa e no local exato;
- Na forma correta.

O segundo domínio é o da organização, que introduz questões a respeito da determinação do valor da informação. Neste contexto, o valor da informação está relacionado ao seu papel no processo decisório. A determinação do valor somente do conteúdo parece um corolário natural do uso da informação como um insumo da tomada de decisão (MORESI, 2000)

Para o mapeamento de fluxo de valor, o fluxo de informação é focado no domínio de atender as necessidades dos processos. Desta forma, durante o mapeamento tenta-se responder questões como: Como empresa faz para saber o quanto fabricar e quando fabricar? Como a informação chega à linha de produção? Como o fornecedor sabe quando expedir? Como ele recebe a previsão de vendas? Como chegam os pedidos e previsão de vendas? Essas questões devem ser contempladas no mapa.

De acordo com Pojasek (2004), o MFV não oferece um nível de detalhamento do fluxo de informação como outras ferramentas como por exemplo o mapa de processo hierárquico. Ele afirma que MFV cobre o os níveis mais altos do fluxo, limitando-se ao sistema de informação no que diz respeito ao fluxo de material.

a. Previsão de demanda

O planejamento da produção tem a previsão de demanda como um dos seus principais subsídios. A previsão de demanda tem a função de fornecer informações sobre a demanda futura dos produtos para que a produção possa ser planejada com antecedência, permitindo que os recursos produtivos estejam disponíveis na quantidade, momento e qualidade adequada. Uma boa previsão proporcionará menor estoque, custo financeiro e tempo de entrega, maior previsibilidade e satisfação do cliente.

Martins & Laugeni (1998) definem previsão da seguinte maneira: “Previsão é um processo metodológico para a determinação de dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida”.

Segundo Moura Júnior (1996), as previsões de demanda podem ser classificadas em:

- Curto prazo: estão relacionados com a programação da produção e decisões relativas ao controle de estoque.
- Médio prazo: o horizonte de planejamento varia aproximadamente de seis meses a dois anos. Planos tais como plano agregado de produção ou plano mestre de produção se baseia destas previsões.
- Longo prazo: o horizonte de planejamento se estende aproximadamente a cinco anos ou mais. Auxilia decisões de natureza estratégica, como ampliações de capacidade, alterações na linha de produtos, desenvolvimento de novos produtos, etc..

A previsão é uma ferramenta de auxílio às decisões do planejamento da produção e de nenhuma forma é a palavra final, principalmente porque existem alguns acontecimentos políticos, econômicos e até materiais que podem mudar substancialmente o comportamento dos consumidores. Contudo, para a produção qualquer informação confiável da demanda futura é de grande utilidade, já que decisões equivocadas de antecipação de compras, contratação ou produção que não reflitam o desejo de consumo dos clientes podem acarretar grandes prejuízos ou perdas de oportunidades de negócios (CAVALHEIRO, 2003).

Para registrar no mapa de fluxo de valor a maneira com que a demanda chega ao PCP, utiliza-se setas mostrando o sentido do fluxo e caixas de texto informando a frequência ou detalhando o tipo de informação que está fluindo.

b. Como a informação de produzir chega as estações de trabalho

Conforme Slack et al (1996), o planejamento e controle da produção (PCP) compreende as atividades que conciliam o fornecimento dos produtos de um sistema com sua demanda.

Para Vollmann et al (1997), basicamente o sistema de PCP provê informações para eficientemente gerenciar o fluxo de materiais, efetivamente utilizar pessoas e equipamentos, coordenar atividades internas com as atividades dos fornecedores, e comunicar-se com os consumidores sobre as necessidades do mercado.

Atividades típicas de gerenciamento suportado pelo sistema de PCP incluem: (a) planejar as necessidades de capacidades; (b) planejar os materiais; (c) planejar estoques adequados de matérias-primas, semi-acabados e produtos finais nos pontos certos; (d) programar atividades de produção para que pessoas e equipamentos estejam certos; (e) informar sobre materiais, pessoas, ordens, equipamentos que estejam trabalhando no momento e tarefa certos; (f) informar sobre materiais, pessoas, ordens, equipamentos e outros na fábrica; (g) comunicar-se com consumidores e fornecedores e ser capaz de reagir eficazmente a situações adversas (CÔRREA et al 1997).

Côrrea ainda define três níveis hierárquicos para as atividades de PCP, estratégico, tático e operacional. No nível operacional está o foco do mapeamento no que tange o fluxo de informações da área de manufatura. No mapeamento de fluxo de valor para o departamento de PCP, o mesmo é desenhado como uma caixa de processo, incluindo a informação sobre a utilização de MRP para programar as ordens para o chão de fábrica se for o caso. É importante verificar se as ordens de produção seguem direto para as estações de trabalho ou são concentradas em um supervisor que depois redistribui as ordens entre as estações de trabalho.

Além de se dedicar em verificar os fluxos de informações na manufatura, o mapeamento registra as atividades de PCP com relação aos fornecedores e clientes. Faz parte do mapa de fluxo de valor o registro do meio de transporte com que os fornecedores entregam a matéria-prima, o *lead time* e a frequência com que os fornecedores suprem a fábrica. Esses mesmos dados são levantados para o fornecimento ao cliente.

3.5.7 Identificar a forma como os processos são supridos pelos fornecedores internos (Sistema Puxado ou Empurrado)

Como já foi dito no capítulo de revisão bibliográfica, os sistemas podem ser supridos basicamente de duas maneiras: “puxado” ou “empurrado”. Um sistema é “empurrado” quando o fornecedor interno produz sem que seu cliente interno tenha solicitado diretamente alguma produção. Nesse sistema os processos produzem de acordo com uma lista de produção predeterminada. Os sistemas os quais produzem a partir de uma ordem gerada por um MRP, costumam ser sistemas “empurrados”.

O sistema é dito “puxado” quando o cliente interno solicita diretamente o material para seu fornecedor interno, isso faz com que o fornecedor interno pare de produzir assim que o cliente interno pare, assim evitando a superprodução.

3.5.8 Calcular a linha do tempo ou *lead time* e desenhar o mapa de fluxo de valor do estado atual

Como já foi dito nesse capítulo, a linha do tempo é a forma com que se mede a eficiência do fluxo de valor. Ela basicamente compara o *lead time* com o somatório dos tempos de processamento. Note que quanto menor o *lead time* menor o tempo entre pagar pela matéria-prima e receber pelo produto acabado.

3.6 Mapa do fluxo de valor do estado futuro

O mapa do estado futuro é o próximo estágio o qual se busca alcançar para o fluxo mapeado. O que se deseja no mapa futuro é buscar o que Taiichi Ohno disse ser a busca da Toyota desde o início: “Tudo o que estamos tentando fazer é diminuir a linha do tempo”. A importância dessa afirmação é ter uma direção para saber quais desperdícios eliminar primeiro. Deve-se eliminar os desperdícios que aumentam o *lead time*. Reduzindo a linha do tempo, o tempo de matéria-prima no estoque é reduzido e o tempo entre o cliente fazer o pedido e a empresa receber o dinheiro é reduzido. Esse é o benefício direto. Os benefícios indiretos quando a empresa consegue diminuir esses tempos consistem em conseguir reduzir as taxas de refugo, conseguir aumentar a produtividade, reduzir os erros de informação, reduzir área de manufatura e por si só reduzir o custo do produto.

A Toyota desenvolveu alguns procedimentos para se buscar o mapa futuro. São linhas guias para o desenho do novo mapa. Esse guia nasceu da experiência de anos aplicando a ferramenta e vivenciando os cinco princípios da produção enxuta que terminam por reduzir o *lead time*.

3.6.1 Produzir de acordo com o tempo *takt*

O tempo *takt* foi discutido na revisão bibliográfica. Ele representa a necessidade do cliente por produtos na unidade de tempo, geralmente em segundos. Por exemplo: uma demanda de 2.880 peças por dia e produzindo 8 horas por dia, equivale a uma demanda de 360 peças por hora. Para esse exemplo o tempo *takt* seria de 10 segundos, pois produzindo uma peça a cada 10 segundos, a demanda de 360 peças por hora seria atendida.

Segundo Ghinato (1996), a vantagem de utilizar o tempo *takt* está em evitar o desperdício da super produção pois só se produz o que é consumido, ter um número de referência para balancear as estações de trabalho e ter um índice mais amigável para medir fluxo de produção. Segundo Ferro (2005), entender o fluxo de produção pelo tempo *takt* é melhor do que pela produção horária.

Existem alguns casos onde produzir de acordo com o tempo *takt* é mais difícil pois a demanda precisa ser minimamente estável e sem grandes amplitudes. Um exemplo onde é difícil produzir sob no tempo *takt* é na produção por projeto ou *jobbing*. Não é possível prever uma demanda, nem de volume e nem de *mix*.

Pode se citar como sendo uma outra situação onde a utilização do tempo *takt* é menos proveitosa, as estações de trabalho onde são produzidos mais de um tipo de família. Os tempos *takt* das famílias pode ser muito distintos pois a demanda pode ser muito diferente. Para esses casos é sugerido tratar todas as famílias como se fosse apenas uma e se calcular a imagem *takt*. Essa imagem não tem todos os benefícios do tempo *takt*.

Assim, produzir de acordo com o tempo *takt* é fazer com que os processos produzam a quantidade desejada pelos clientes deste modo evitando a super produção, melhorando a produtividade, evitando sub-aproveitamento dos recursos com a criação de um único ritmo de produção para todas as estações de trabalho.

3.6.2 Desenvolver fluxos contínuos onde for possível

O fluxo contínuo é um dos princípios do *lean* discutido na revisão bibliográfica. A redução dos estoques está ligada a redução dos lotes de fabricação. Lotes menores geram estoques de produto em processo e produto finais menores. Aumentam o número de troca de produto e nivelam a produção. Ao se reduzir os lotes cria-se a possibilidade de reduzir os lotes de compra também, reduzindo o estoque de matéria-prima.

Quanto mais contínuo for o fluxo, menores serão os desperdícios pois fazer o fluxo fluir está intimamente ligado a eliminação de desperdícios. Já foram discutidos os problemas na produção em lotes e a repercussão que ele faz por todo o fluxo de valor mas a eliminação ou redução dos lotes só pode ser feita com melhorias no processo. A melhoria mais comum é a redução do tempo de troca.

Há situações onde não é possível criar fluxo contínuo. Segundo Rother e Shook (2003), alguns processos foram concebidos para produzir em grandes lotes, são grandes e de difícil locomoção ou modificação. São chamados de monumentos, e os melhores exemplos de monumento são as grandes câmaras de pintura. Quando não é possível criar fluxo contínuo, tenta-se regular o fluxo entre os processos, isto é, limitar o estoque entre processo. As ferramentas mais usadas para regular o fluxo são os supermercados, os *kanbans* e os FIFO's.

3.6.3 Utilizar supermercado ou FIFO (first in – first out) para regular o fluxo entre processos que não são contínuos

“Um supermercado é onde um cliente pode obter (1º) o que é necessário, (2º) no momento necessário, (3º) na quantidade necessária. Às vezes, é claro, o cliente pode comprar mais do que ele precisa. Em princípio, entretanto, o supermercado é um lugar onde compramos conforme a necessidade. Os operadores dos supermercados, portanto, devem garantir que os clientes possam comprar o que precisam em qualquer momento” (OHNO, 1997).

Essa visão de Ohno para os supermercados mostra duas características que foi utilizada na manufatura. A primeira é a limitação do estoque em processo, nos supermercados a quantidade

de produtos é limitada pelas gôndolas e prateleiras. A segunda é a produção puxada pelo cliente pois os funcionários apenas completam as gôndolas e prateleiras com os produtos retirados anteriormente pelo cliente.

Os supermercados e FIFO são técnicas utilizadas para regular e limitar o fluxo entre os processos onde não foi possível fazer a com que o fluxo fosse contínuo.

3.6.4 Enviar a programação do cliente para um único processo de manufatura (processo puxador – “*pacemaker*”)

Uma das funções do supermercado é deixar o cliente escolher o momento, o tipo e a quantidade do produto a ser comprado. Em um ambiente fabril onde o cliente interno escolhe o tipo, o momento e a quantidade de produto necessário a ser utilizado do fornecedor interno, é dito que o sistema de produção é puxado.

A implementação de um sistema “puxado” de produção é uma tarefa muito delicada pois trabalhar com esse sistema sem fazer os kaizen necessários pode fazer com que o resultado seja pior do que o inicial. Colin (1996) descreve uma implementação de kanban cujo o estoque em processo, já regulado e limitado, ficou maior do que anterior com sistema “empurrado”. Para criar um sistema “puxado” é preciso ter processos estáveis e confiáveis, baixos tempos de troca, uma produção nivelada e ter o fluxo mais contínuo possível. Caso contrário o sistema ficará muito vulnerável ou ter estoques altos para ter segurança contra os problemas.

Pacemaker é a denominação para processo puxador. O ideal é que haja apenas um processo puxador. Contudo muitas vezes é necessário ter híbridos de sistema “puxado” e “empurrado” ou até mesmo mais de um processo puxador até se conseguir ter apenas um processo puxador de todo o fluxo de valor.

3.6.5 Distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador. Nivelar o *mix* de produção

Por tradição, a tendência natural das empresas é fazer as mínimas mudanças de série possíveis. Se a empresa estiver produzindo produtos do tipo A então normalmente mantém-se produzindo esses produtos o maior tempo possível, mudando depois para outro produto. Assim poupa-se o tempo de troca que é necessário para mudar de série. Nivelar a produção consiste em

programar a produção diária de diferentes produtos numa seqüência, nivelando os picos e vales das quantidades produzidas e o mix de produção. Este nivelamento da produção permite que a empresa possa fornecer todos os produtos aos seus clientes sem acumular estoque. O nivelamento da produção é uma forma inteligente de utilizar a produção em pequenos lotes para atender a demanda com mais rapidez e flexibilidade e reduzir os estoques de matéria-prima, em processo e produto final.

Nivelamento de produção é o fluxo de produção estável e em pequenos lotes. O nivelamento reflete a necessidade da estabilidade da demanda dos produtos finais. O nivelamento depende de sistemas estáveis, baixos tempos de troca e da produção em lotes pequenos. O nivelamento de volume e mix é uma das condições para implementação de kanban. (SIMÃO, 2003).

4 MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL

Este capítulo se propõe a apresentar a empresa e a fazer o mapeamento do fluxo de valor do estado presente da família VCC.

4.1 A empresa

O trabalho foi realizado em uma empresa especializada no desenvolvimento e fabricação de controles eletrônicos para eletrodomésticos. A empresa possui 200 funcionários e um faturamento anual de cinquenta milhões de reais. Os produtos produzidos podem-se dividir em basicamente em 6 grandes famílias. Dentro de cada família os modelos podem variar de 4 a 100 tipos. Basicamente todos passam pelos mesmos processos. O *core business* é o desenvolvimento de produtos e a fabricação dos controles eletrônicos.

A empresa produz *starter* para compressores de refrigeradores domésticos e industriais, controles eletrônicos de velocidade para compressores domésticos e industriais, controles eletrônicos para sanitários, sensores de temperatura, e controles eletrônicos de temperatura ambiente.

O presente trabalho foi desenvolvido para o fluxo de valor da família mais importante para a empresa, que corresponde à família do VCC. O processo de fabricação de placas eletrônicas é bastante simples e o maquinário utilizado é “de balcão”, isto é, comum entre os concorrentes.

Deve-se fazer uma breve explicação sobre a diferença de painel eletrônico e placa eletrônica nesse texto. O painel eletrônico é um conjunto de placas eletrônicas separadas por um vinco. As máquinas processam painéis para ganhar escala de produção e no fim os painéis são separados em placas. Para o produto VCC um painel tem quatro placas.

A figura 18 mostra o fluxograma do processo do VCC.

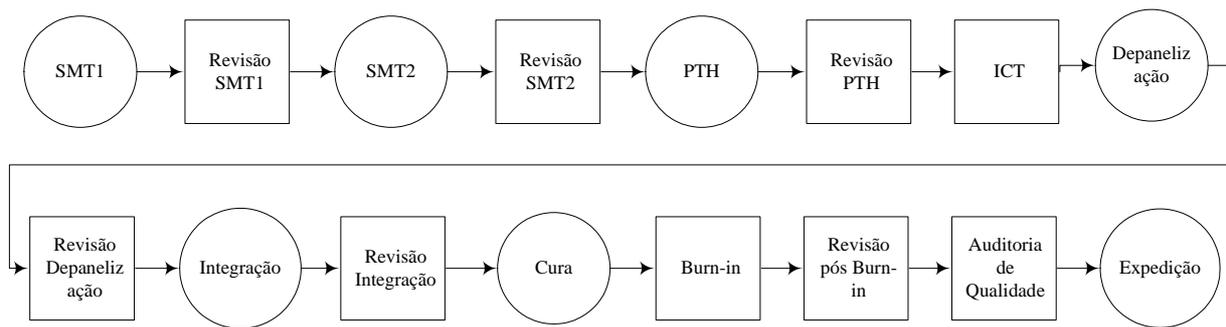


Figura 18 - Fluxograma da produção do VCC.

O processo inicia-se na máquina SMT, que solda com pasta os microcomponentes ao painel eletrônico. O painel passa por uma inspeção visual e segue para inserção de componentes maiores.

O processo seguinte é a máquina PTH que solda com estanho todos os componentes ao painel. O processo é seguido por inspeções visuais e teste “*in circuit*” dos painéis (ICT), onde se verifica se os componentes estão funcionando e se houve curto circuito devido à solda.

Os próximos passos são depanelização, onde o painel é separado em placas, e a inspeção visual para a depanelização. As placas seguem para a integração onde são montadas dentro dos corpos plásticos e conectadas aos cabos. A princípio nesse momento o inversor está pronto, mas segue ainda para o teste de morte prematura de componentes. Para fazer esse teste, as placas precisam ficar 24h aguardando a cura da pasta dissipadora térmica que foi colocada na integração. Após a cura, todas as placas passam pelo *burn-in* que testa a morte precoce de componentes. A partir desse momento as placas estão liberadas para auditoria de qualidade e em seguida expedição.

É importante salientar que o *burn-in* não é um teste, é um processo o qual coloca-se o produto acabado para funcionar por um período determinado de tempo com intuito de averiguar algum indicador. Nesse trabalho o *burn-in* é tratado como teste e chamado de teste pois sua função na empresa é garantir que não haja problemas de campo com os produtos por morte precoce de componentes.

4.1.1 Processos produtivos

A planta dispõe de duas linhas SMT, duas linhas PTH, duas ICT e seis linhas de integração (ou montagem final), sendo uma para cada família de produto.

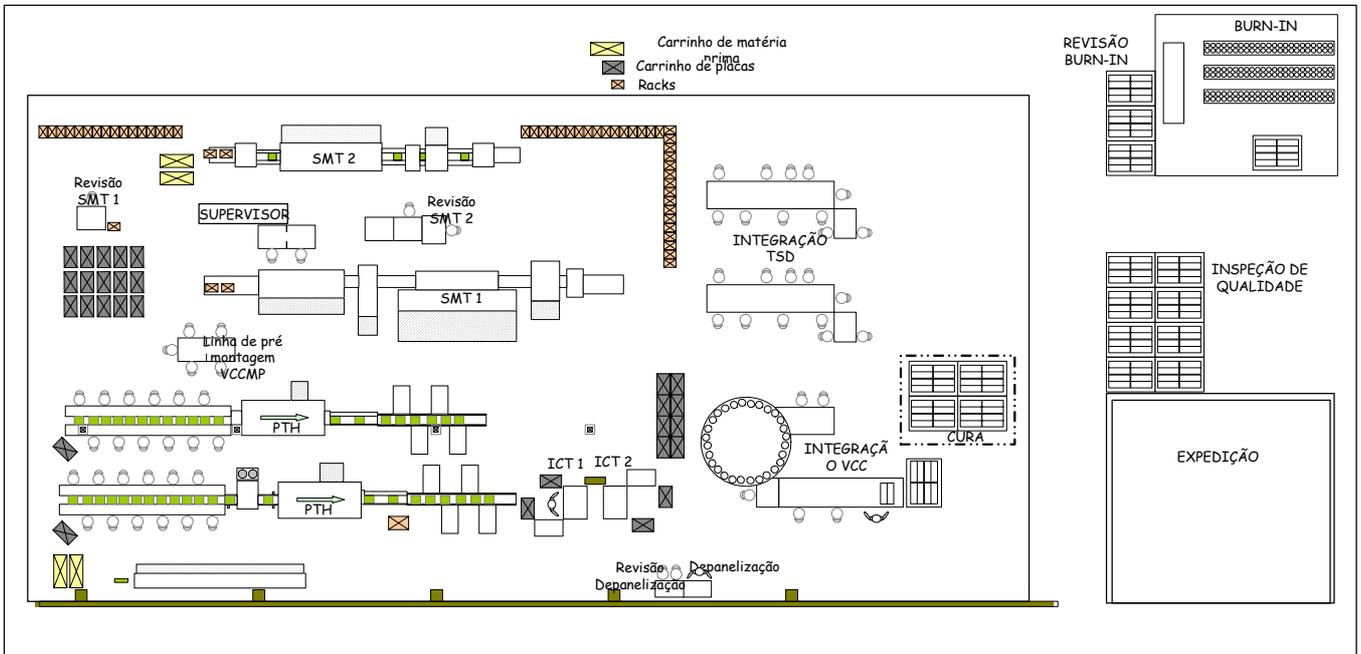


Figura 19 - Layout da área de manufatura

As características que esse tipo de layout apresenta no sistema produtivo atual são as seguintes:

- Como no layout funcional a configuração é tipo "departamentalizada", pode-se observar equipamentos agrupados por tipo de processo e não por produto ou seqüência de operações;
- Como os equipamentos e os estoques são afastados, há excesso de transporte de material e excesso de movimentação pelo operador;
- Necessidade da presença do operador para a execução das atividades pela máquinas automáticas;
- Fluxos de materiais e do operador descontínuos e freqüentemente caóticos.

A empresa trabalha em dois turnos de oito horas e meia, e este tempo o operador pára trinta minutos para lanche e tem duas paradas para fazer ginástica laboral com tempo total de vinte

minutos. Assim, os operadores trabalham sete horas e quarenta minutos por turno de segunda a sexta-feira e no sábado trabalham apenas no turno da manhã. Isso corresponde a trezentos e sessenta e oito horas (368h) por mês de horas disponíveis para produção.

4.2 Definir a família a ser mapeada – início do mapeamento

Inicialmente é preciso definir qual família será mapeada. Para tanto será utilizado o *Product Family Matrix Analysis* (PFMA).

Tabela 6- Matriz de operações versus produtos

		Produtos						
		VCCa	Kirchof	TSDc	TSDu	VCCx	Docol	Indurama
Processos	1	Depanelização 2			X	X		
	2	ICT	X		X	X	X	
	3	Montagem TSDc			X			
	4	SMT2	X				X	
	5	Montagem TSDu				X		
	6	Montagem Bancada		X				X
	7	Depanelização 1	X	X			X	X
	8	Montagem VCC	X				X	
	9	SMT1	X	X	X	X	X	X
	10	PTH	X	X	X	X	X	X

Tabela 7 - PFMA para separação das famílias

		Produtos						
		VCCa	VCCx	Kirchof	Docol	Indurama	TSDc	TSDu
Processos	9	SMT1	X	X	X	X	X	X
	4	SMT2	X	X				
	10	PTH	X	X	X	X	X	X
	2	ICT	X	X			X	X
	7	Depanelização 1	X	X	X	X	X	
	1	Depanelização 2					X	X
	8	Montagem VCC	X	X				
	3	Montagem TSDc					X	
	5	Montagem TSDu						X
	6	Montagem Bancada			X	X	X	

A tabela 7 mostra como a ferramenta PFMA ajudou a dividir os produtos basicamente em três grupos: VCC, TSD e outros.

Os produtos Kirchoff, Indurama e Docol, serão tratados todos como um grupo pois, apesar de ter estações de montagens separadas, as operações são muito simples e apenas os gabaritos de teste de placa são diferentes, podendo colocar todos em uma só célula. Além disso, estes produtos possuem uma demanda muito baixa o que pode permiti fazer todos em apenas uma célula sem uma prévia preocupação com tempos de setup.

Fazendo uma análise de importância das famílias de produtos do ponto do vista de volume de produção e percentagem no faturamento tem-se o gráfico abaixo.

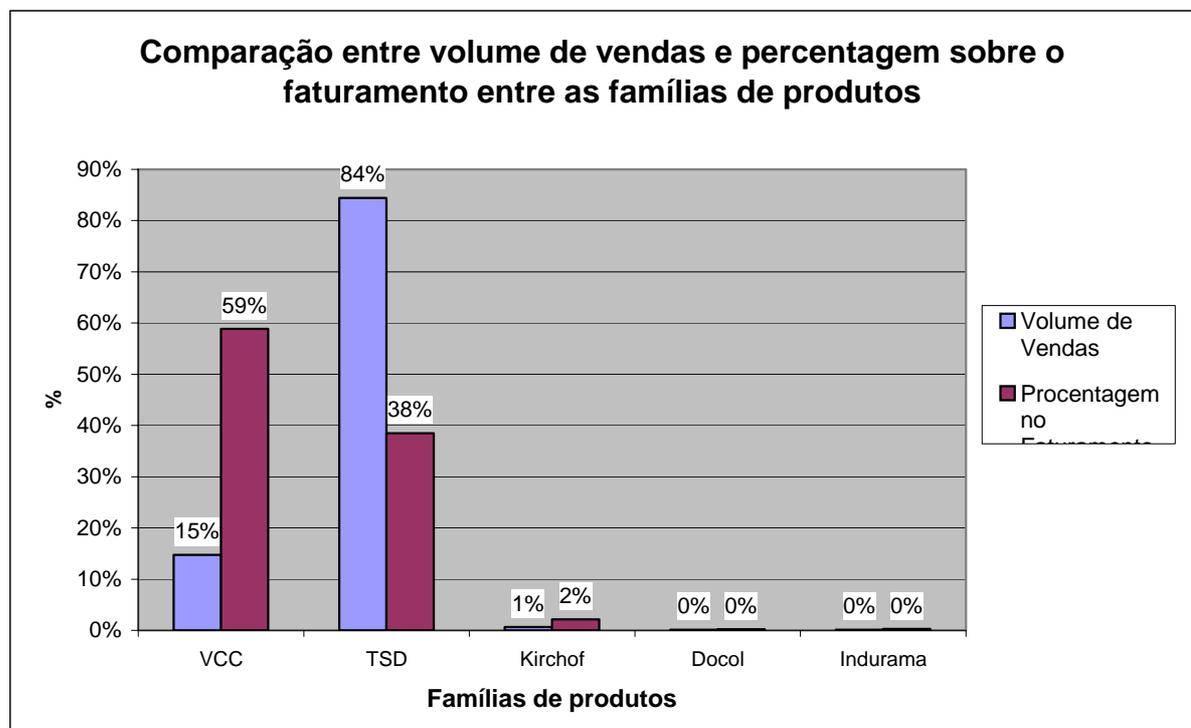


Figura 20 - Comparação entre volume de vendas e percentagem do faturamento entre as famílias de produtos

Ao analisar o gráfico da figura 20, observa-se que apesar do volume de produção mensal do TSD ser maior, o faturamento do VCC é maior. O fator decisivo para iniciar o mapeamento pela família de VCC é a margem de lucro do produto. Ela é três vezes maior que a da família do TSD.

Dessa forma entende-se que ao iniciar a implementação do *lean* pela família do VCC, estará se iniciando na família onde os ganhos iniciais serão maiores.

4.3 Identificar a cadeia de valor

Seguindo o fluxo de material da expedição até o início do processo, conforme sugere a ferramenta de MFV, mapeou-se os seguintes processos que estão em seqüência no fluxo: SMT(top), Revisão(top), SMT(bottom), Revisão(bottom), PTH, ICT, Depanelização, Revisão Depanelização, Integração, Cura, Burn-in, Revisão Pós-Burn-in, Auditoria da Qualidade e Expedição.

Na figura 21 se verifica a seqüência dos processos do fluxo de valor do VCC.

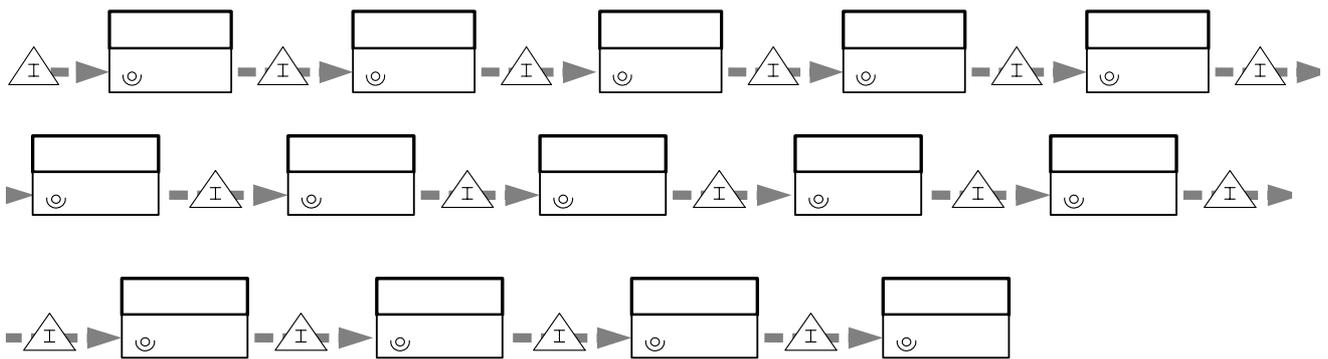


Figura 21 - Caixas dos Processos do Fluxo de Valor para o produto VCC

O levantamento das caixas de processo revelou um grande número de inspeções e testes. Conforme Rother e Shook (2003), inspeções, revisões e testes são processos que não agregam valor. Basta verificar que das quatorze caixas de processo sete são inspeções ou testes, ainda poder-se-ia incluir a cura como um desperdício pois ela só é realizada na planta para poder fazer o processo de Burn-in, caso contrário não seria necessário haver uma área específica para manter o produto 24 horas aguardando o teste. Assim dos quatorze processos, oito são inspeções ou desperdícios.

Com exceção da PTH e integração, todas as inspeções estão sendo tratadas como processos separados pois apesar de terem operários dedicados, elas não inspecionam em fluxo contínuo, os

painéis e placas são transportados em lotes, existem estoques entre processos e o fluxo é intermitente.

4.4 Identificar estoques e calcular seus volumes em dias.

Para calcular os estoques em dias é preciso primeiramente calcular a demanda diária e o tempo disponível por turno. O tempo disponível de trabalho por operador da seguinte forma: o turno é de 8,5h com trinta minutos de almoço e vinte de ginástica laboral, tem-se como tempo disponível 7,6h ou 27.600s,

a tabela 8 mostra o cálculo da produção diária.

Tabela 8 - Produção diária

Demanda mensal	35.000 unidades
Dias de produção	22 dias
Demanda diária	1.591 unid/dias
Tempo disponível para trabalho por turno =	27600 segundos
	7,66 horas

A tabela 9 mostra o levantamento dos estoques em unidades de peças e unidade de tempo, da matéria-prima até o material da expedição.

Tabela 9 - Estoques em dias e horas no fluxo de valor

Processo	Estoque em unidades	Estoque em dias	Estoque em horas
Armazenagem de Matéria-Prima	168.636	106	1625
SMTt	259	0,2	2,5
Revisão SMTt	0	0	
SMTb	0	0	
Revisão SMTb	830	0,5	8
PTH	31	0,0	0,3
ICT	363	0,2	3,5
Depanelização	0	0	
Revisão Depanelização	6.350	4	61,2
Integração	2.905	1,8	28
Cura	0	0,0	0
Burn-in	3.227	2,0	31,1
Revisão Burn-in	446	0,3	4,3
Produto Acabado	477	0,3	4,6
Total	183.525	115	1.769

4.5 Calcular a linha do tempo ou *lead time*

Existem alguns casos de processos especiais que afetam o cálculo da linha de tempo, um deles refere-se aos processos de cura, que é encontrado no estudo de caso. Geralmente o processo de cura é demorado e agrega valor ao produto pois ele permite alguma funcionalidade ao produto. Sugere-se, para os processos de cura, somar o tempo de ciclo tanto à linha de tempo dos estoques quanto à linha de tempo de processamento, pois apesar de agregar valor, ele é um estoque que influencia muito na linha de tempo. Assim ele é contabilizado nas duas linhas de tempo como mostra a figura 22.

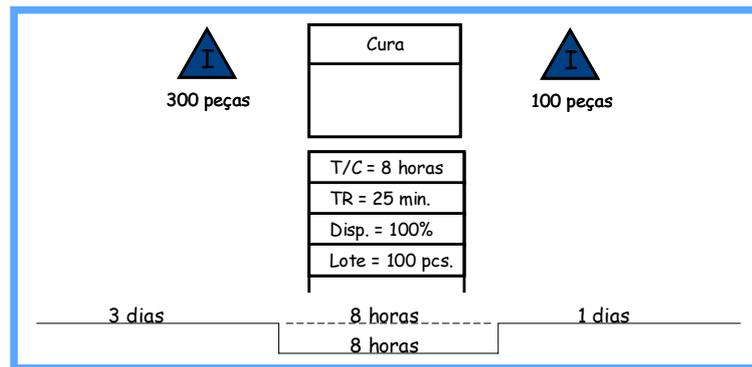


Figura 22 - Processo com longo *lead time*

O *lead time* é calculado através do somatório dos estoques em dias mais o somatório dos processos. Particularmente neste estudo de caso, existe um processo de cura que apesar de ser um processo que agrega valor, ele é muito longo e compromete o *lead time*. Dessa forma sugere-se que o tempo de cura faça parte tanto do *lead time* quanto do tempo de processamento. O mesmo foi feito para o processo de auditoria de qualidade, foram acrescentados dois dias de produção tanto ao *lead time* quanto ao tempo de processamento. Dois dias de produção equivalem a 30,7 horas, são quatro turnos de 27600 segundos. A tabela 10 mostra os estoques em dias mais o tempo de cura gerando um *lead time* de 119 dias.

Tabela 10 - *Lead time* do fluxo de valor

Processo	Estoque em unidades	Estoque em dias	Estoque em horas
Matéria-Prima	168.636	106	1625
SMTt	259	0,2	2,5
Revisão SMTt	0	0,0	
SMTb	0	0,0	
Revisão SMTb	830	0,5	8
PTH	31	0,0	0,3
ICT	363	0,2	3,5
Depanelização	0	0,0	
Revisão Depanelização	6.350	4,0	61,2
Integração	2.905	1,8	28
Cura	2.490	1,6	24
Burn-in	3.227	2,0	31,1
Revisão Burn-in	446	0,3	4,3
Processo de Auditoria		2	30,7
Produto Acabado	477	0,3	4,6
Total	186.015	119	1.824

Além do *lead time*, faz parte da linha do tempo o tempo de processamento que é a soma dos tempos de ciclo dos processos. A tabela 11 mostra o tempo de processamento.

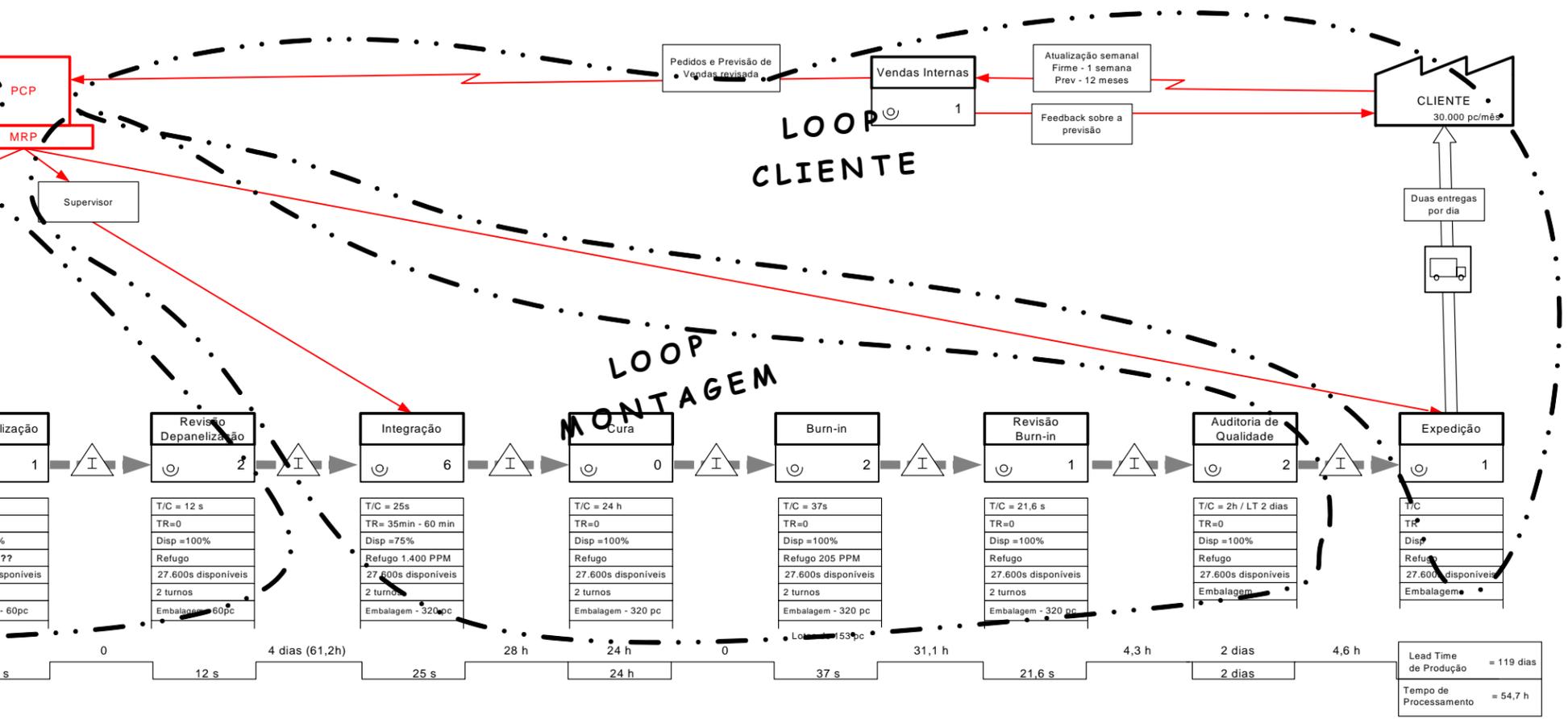
Tabela 11 - Tempo de processamento

	segundos	horas
T/C dos processos	169,6	0,05
Tempo de Cura		24,0
Tempo de Auditoria Qualidade		30,7
Total		54,71

4.6 Construção do Mapa do Fluxo de Valor do estado atual

As instruções de mapeamento foram seguidas conforme o capítulo 3 e usando os símbolos do Anexo para a representação dos processos e dos fluxos.

O Mapa do Estado Atual foi dividido em quatro grandes *loops* (Fornecedor, placas, montagem e Cliente), conforme apresentado na Figura 23. Um *loop* é um segmento do mapa do fluxo de valor utilizado com o intuito de facilitar a visualização e o detalhamento dos fluxos, além de constituir-se em uma excelente maneira de dividir os esforços de implementação do futuro estado em partes administráveis. O critério para a segmentação do mapa foi baseado na existência de dois tipos de *loop's*: *loop* puxador e *loop* adicionais.



Descrição do *Loop* Cliente

O *loop* cliente inclui o fluxo de material e de informação entre empresa e cliente e o estoque da expedição.

No *loop* do cliente está representada a primeira porção do fluxo de informação. O cliente semanalmente atualiza a previsão de vendas da semana e do ano. A informação é passada via computador.

A previsão de demanda mensal média foi de 35.000 unidades. Efetivamente ocorreu um faturamento médio de 30.800 unidades, no entanto o gráfico da figura 24 mostra um grande descompasso da previsão de vendas em relação à demanda e alguns pontos de pico de vendas.

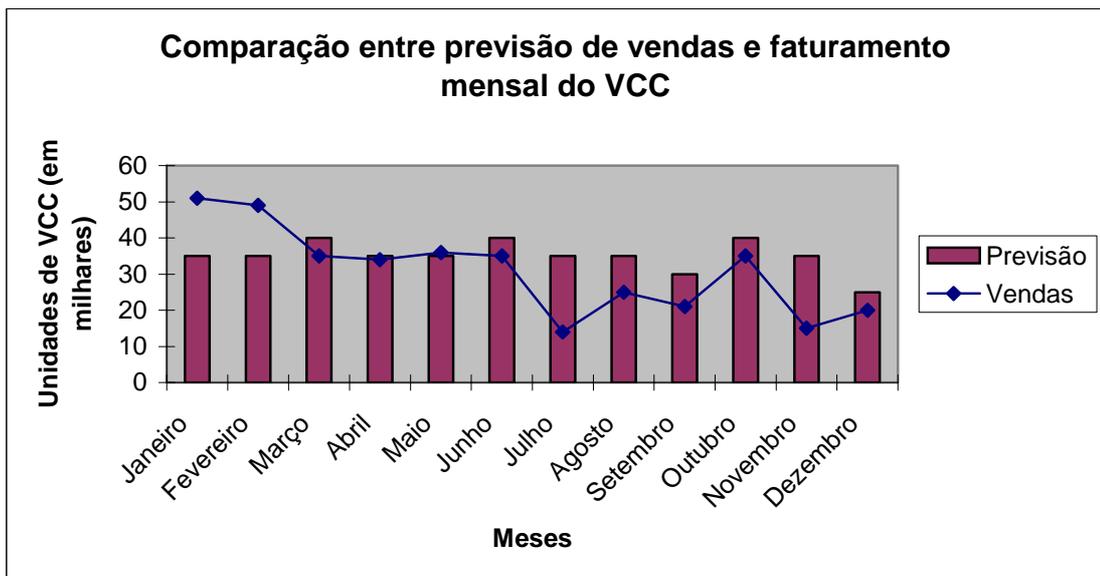


Figura 24 - Previsão de Demanda versus faturamento mensal

Esse desnivelamento de demanda faz com que a empresa seja obrigada a trabalhar com um excesso de capacidade produtiva pois estrategicamente ela produz contra pedido, podendo-se afirmar que a programação da produção é *make-to-order*.

A possibilidade de se trabalhar com um estoque de segurança para absorver os picos de demanda foi rechaçado pela empresa devido à experiências anteriores de de sucateamento de estoque por obsolescência devido à freqüente atualização de produto.

Apesar da empresa produzir contra pedido, o desperdício da superprodução para atendimento do cliente é observado na programação da produção. Com intuito de se precaver contra problemas de qualidade ou do desnivelamento de demanda, o PCP inicia a produção dos itens com 4 dias de antecedência em relação à data necessária para início de produção.

Um outro efeito do desnivelamento de demanda se reflete nos estoques de matéria prima. Devido ao grande *lead time* de fornecimento, em torno de 4 meses, o desnivelamento tem um efeito de amplificar o estoque. Esse efeito é conhecido como efeito chicote ou efeito Forrester (SLACK, 1996).

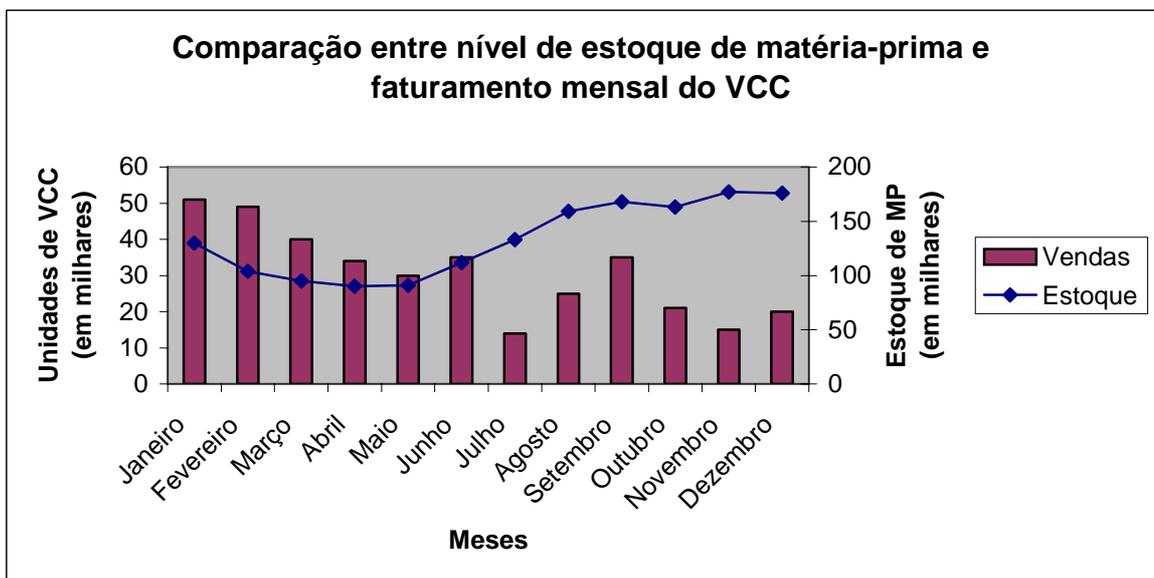


Figura 25 - Comparação entre nível de estoque de MP e faturamento mensal

No gráfico da figura 25 percebe-se claramente a variação do nível de estoque devido ao efeito Forrester.

4.7 Loop Placas

O *loop* placas é o início do processo de fabricação, e é formado pelo fluxo que vai da SMT à revisão da depanelização, onde a placa eletrônica está totalmente montada.

- SMT – Faz a fixação de microcomponentes eletrônicos sobre o painel eletrônico. Ela é composta de uma matriz onde a pasta de solda é depositada nas posições onde serão colocados os componentes, um módulo que posiciona os componentes sobre o painel e um forno para curar solda. O produto é processado duas vezes neste equipamento, pois primeiro é feita a fixação de um dos lados do painel, o lado top, e em seguida processam novamente para fixar os componentes do lado bottom do painel. A empresa possui duas linhas SMT, chamadas de SMT1 e SMT2. Cada SMT possui 2 operadores. Um operador para operar a máquina e outro para alimentar a máquina com componentes.
- Revisão SMT – Após serem processados na SMT, os painéis são revisados visualmente para verificar se na soldagem houve deslocamento de componentes ou a máquina deixou de fixar algum componente. Revisa-se 100% da produção. Os painéis de VCC, os quais passam duas vezes na SMT, são revisados duas vezes, na primeira vez no lado top e na segunda vez, no lado bottom.
- PTH – O próximo processo é a PTH, onde são inseridos componentes maiores, e soldados aos painéis com solda onda. A PTH possui três partes em fluxo contínuo. A primeira parte é a inserção manual onde sete pessoas inserem componentes no painel, uma pessoa revisa e uma pessoa faz a alimentação de material na linha, totalizando nove pessoas. Após a inserção, os painéis correm sobre uma esteira onde os componentes são soldados com estanho ao painel. Há um operador para cuidar da máquina de solda. Saindo da máquina de solda, os painéis seguem na esteira para três pontos de revisão visual, para verificar se houve solda e se há curto circuito. São mais três pessoas na revisão. Esse processo possui ao todo 13 operadores, sendo oito inserindo componentes, 4 inspecionando e um operador de máquina.
- ICT – É um teste *in circuit* que é feito nos painéis. Nesse teste, se verifica as soldas, os contatos, se há mal contato ou curto circuito e se os componentes estão funcionando. Existem duas máquinas desse tipo, há um operador em cada máquina.
- Depanelização – A depanelização consiste em cortar o painel para separá-lo em placas. A partir desse ponto, os postos processarão placas, que é o produto fim. Esse posto de trabalho possui um operador.
- Revisão da Depanelização – Há dois operadores para verificar se ao cortar o painel para separar as placas houve danificação de componentes ou circuito.

4.7.1 Características do sistema produtivo atual

O sistema produtivo atual é caracterizado por *make-to-order* e o fluxo de produção é empurrado pelo PCP. O PCP envia ordens de fabricação para os postos de trabalho e para o supervisor o qual verifica visualmente se as ordens em produção são as planejadas.

a) Capacidade Produtiva

Observando-se os dados da tabela 12, verifica-se que o gargalo do processo é a PTH com tempo de ciclo de 15 segundos, apesar do ICT possuir tempo de ciclo maior usam-se duas máquinas de ICT para uma de PTH.

Tabela 12 - Capacidade produtiva no loop placas

Dados	Número de operadores	Tempo de ciclo	Tempo de TR	Disp. (%)	Taxa de Refugo	Turnos	Embalagem
SMT top	2	12 s	28min - 46min	0,73	6.500 PPM	2	200 peças
Revisão SMT top	1	6,5 s	0	1	-	2	1.032 peças
SMT bottom	2	8,5 s	28min - 46min	0,71	2.900 PPM	2	200 peças
Revisão SMT bottom	1	5 s	0	1	-	2	1.032 peças
PTH	13	15 s	32 min	0,91	18.350 PPM	2	1.032 peças
ICT	2	19 s	10 min	0,85	90 PPM	2	1.032 peças
Depanelização	1	8 s	0	1	-	2	60 peças
Revisão Depanelização	2	12 s	0	1	-	2	60 peças

O tempo de troca ou tempo de *setup* é uma informação que chama atenção pois o tempo de *setup* padrão da SMT deveria ser 10 minutos, a PTH e ICT de 5 minutos.

Por fim, percebe-se que as embalagens de transporte estão superdimensionadas já que se produz em lotes de 200 peças e muda-se para containers de 1.032 peças para transportar e depois passa-se a utilizar novamente containers de 200 peças para processamento. Perde-se mais tempo mudando de container do que transportando em pequenos lotes.

b) Layout representação do fluxo de material

No *layout* do processo da figura 26 observa-se que o fluxo de material se cruza várias vezes, lotes são feitos e desfeitos para serem transportados para postos próximos.

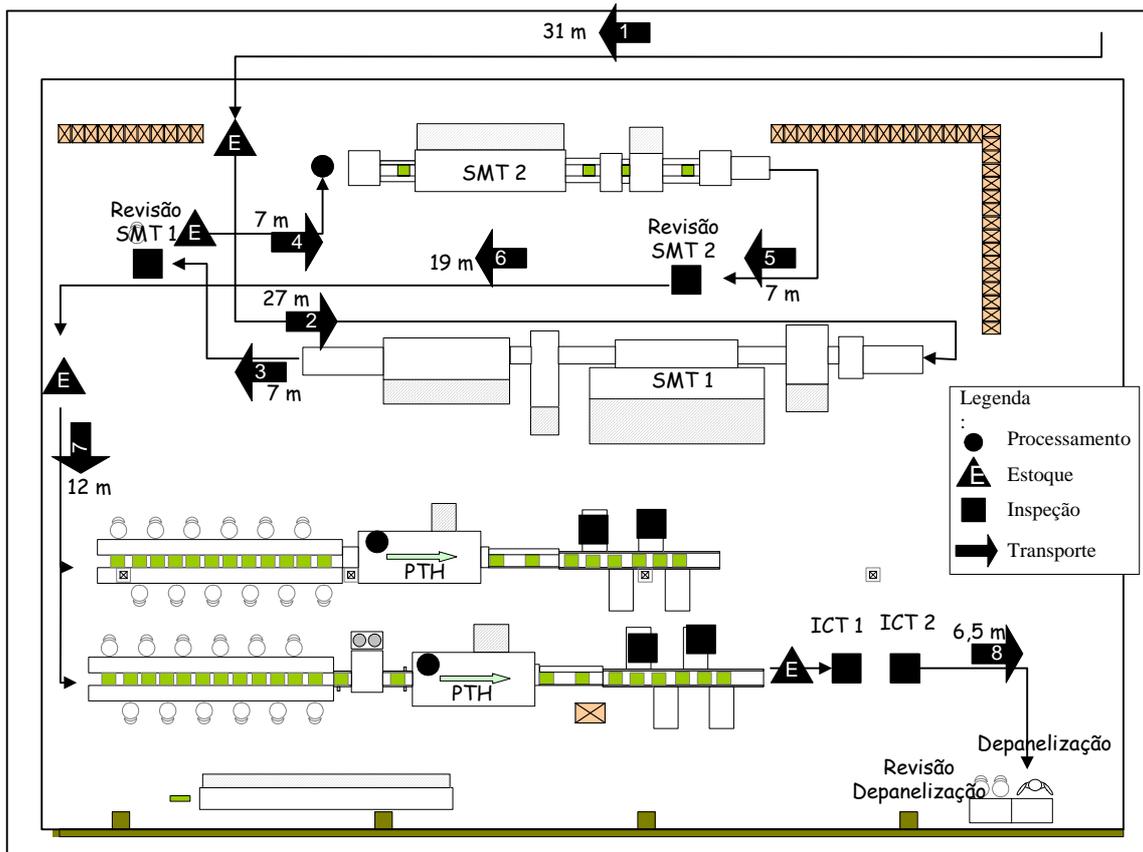


Figura 26 - Layout do loop placas

Esse tipo de representação gráfica permite que se observe os desperdícios dentro de um modelo dimensional, que é uma limitação do mapa do fluxo de valor.

c) Construção da tabela de processo

Para melhor visualizar o fluxo de material atual foi construído uma tabela de processo (ver Tabela 13).

Tabela 13 - ela de processo do estadod atual do *loop* placas

Passo	Descrição	Distância (m)	Tempo (minutos)	Transporte	Inspeção	Processamento	Estoque
				←	■	●	▲
1	Estoque de MP		97500,0				●
2	Transporte de MP	31	0,7	●			●
3	Estoque de MP na linha		0,0				●
4	Transporte para SMT 1	27	0,6	●			●
5	Inserção na SMT 1		0,2			●	
6	Transporte para Revisão SMT 1	7	0,2	●			●
7	Revisão SMT 1		0,1		●		
8	Estoque de painéis revisados		0,0				●
9	Transporte para SMT 2	7	0,2	●			●
10	Inserção na SMT 2		0,2			●	
11	Transporte para revisão SMT 2	7	0,2	●			●
12	Revisão SMT 2		0,1		●		
13	Transporte para estoque de painéis pronto	19	0,4	●			●
14	Estoque de painéis prontos para solda		480,0				●
15	Transporte para PTH	12	0,3	●			●
16	Solda PTH		0,3			●	
17	Estoque de painéis soldados		18,0				●
18	Teste ICT		0,0		●		●
19	Estoque de painéis testados		210,0				●
20	Transporte depanelização	6,5	0,1	●			●
21	Depanelização		0,1			●	
22	Revisão depanelização		0,2		●		
Total		117 metros	712 minutos	8	4	4	6
				2,59	0,39	0,76	98208
				0,003%	0,0004%	0,001%	99,996%

Os dados obtidos da Tabela 13 evidenciam a predominância de atividades de estoque, que representam quase 100% de todas as atividades executadas. A princípio creditou-se essa concentração na atividade estoque à inclusão do estoque de matéria-prima, contudo eliminando o passo 1 (estoque de MP) da tabela, ainda assim a atividade de estoque fica com quase 100% do tempo. Isso ocorre devido à predominância de processos de produção e transferência em lotes.

Através dos dados obtidos da Tabela 13, foi gerado o gráfico de Pareto para o número de atividades versus processo (ver Figura 27), onde evidencia-se a predominância de atividades de transporte que representam 36% de todas as atividades executadas, refletindo um layout no qual o sistema produtivo possui equipamentos e estoques afastados.

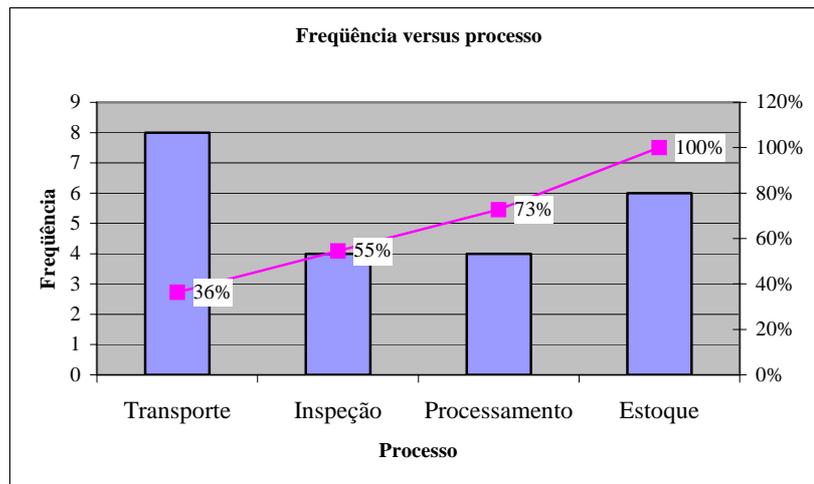


Figura 27 - Frequência versus processo

4.8 Loop montagem

O *loop* montagem é formado pelo fluxo da integração à inspeção de qualidade.

- Integração ou montagem - é o processo de montagem dos produtos, e trata basicamente da montagem das placas eletrônicas produzidas em processos anteriores nas peças plásticas e conectores. Desse processo sai o produto final, no entanto o produto ainda precisa seguir para o teste de morte precoce de componente. Na integração, existem seis operadores.
- Cura – A família do VCC possui uma pasta com função de dissipação térmica, antes de o inversor funcionar ela precisa curar por 24h. Como 100% dos produtos são testados por uma hora, todos precisam ficar 24h em cura.
- Burn-in ou teste de morte precoce – É o processo para verificar a morte precoce de componentes. Os produtos ficam sendo estressados por uma hora
- Revisão Pós-Burn-in – Após o Burn-in, as placas passam por uma auditoria interna da produção para verificar se todas as placas possuem as marcas das revisões e testes anteriores, se os cabos estão bem acoplados e se as placas estão armazenadas adequadamente. Após esse estágio o produto está liberado para Auditoria da qualidade e inspeção. Há um operário dedicado a esta função.

- Auditoria da Qualidade – Faz uma amostragem de 1% dos lotes e testam o funcionamento, cabos e marcas de revisão.

4.8.1 Características do sistema produtivo atual

O sistema produtivo atual é caracterizado por *make-to-order*, como já foi descrito anteriormente, e o fluxo de produção é empurrado pelo PCP. O PCP envia ordens de fabricação para os postos de trabalho e para o supervisor.

a) Capacidade Produtiva

Observando os dados da tabela 28, verifica-se que o gargalo do processo é o teste de burn-in, o qual precisa trabalhar em três turnos para poder testar toda a produção mensal, visto que trabalhando em dois turnos pode-se produzir apenas 30.000 unidades por mês e a demanda é de 35.000 unidades. Trabalhando em três turnos, sobram apenas 5 dias livres para testar os outros produtos.

Tabela 14 - Dados de produção do *loop* montagem

Processos	Número de operadores	Tempo de ciclo	Tempo de TR	Disp. (%)	Taxa de Refugo	Turnos	Embalagem
Integração	6	25 s	35min - 60min	0,75	1.400 PPM	2	320 peças
Cura	0	24 h	-	1	-	2	320 peças
Burn-in	2	37 s	0	1	205 PPM	3	320 peças
Revisão Burn-in	1	21,6 s	0	1	-	2	320 peças
Auditoria de Qualidade	2	2 h/ 2 dias	-	-	-	-	-

b) Layout representação do fluxo de material

A figura 28 apresenta o layout do sistema atual de produção, onde está representado, também, o fluxo de material. O objetivo desta representação é visualizar o fluxo de material sob a ótica do mecanismo da função produção e identificar e mensurar as atividades que agregam e que não agregam valor ao produto.

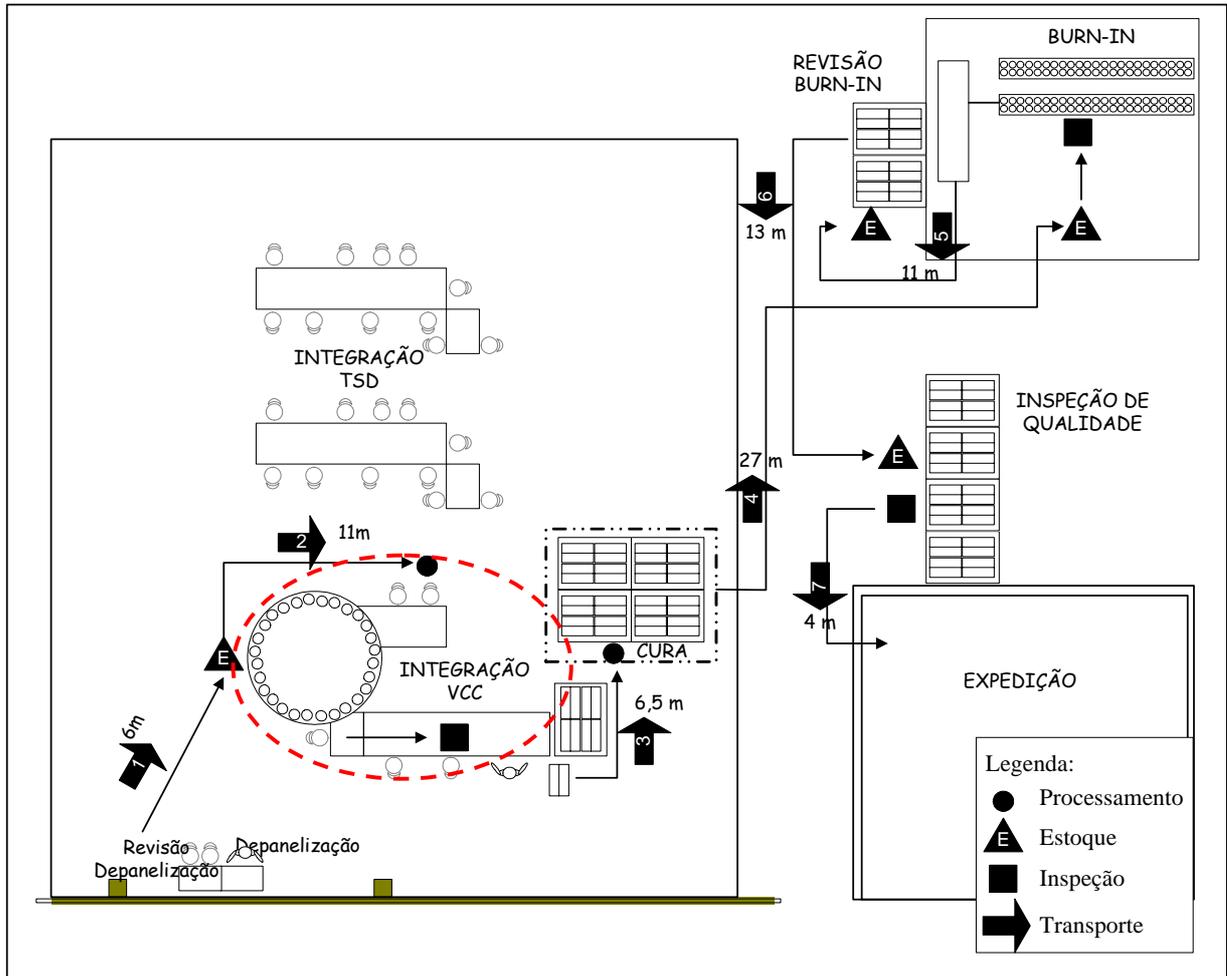


Figura 28 - Layout do loop montagem

Como pode ser verificado na figura 28, a integração é uma célula em U onde os operadores ficam do lado externo do U, tendo também a alimentação de placas e matéria-prima pelo lado externo e os equipamentos, os quais precisam de manutenção e limpeza diária no lado interno.

c) Construção da tabela de processo

Para facilitar compreensão do fluxo de material atual foi construída uma tabela de processo (ver Tabela 15) sob o ponto de vista do mecanismo da função produção.

Tabela 15 - Tabela de processo do estado atual do *loop* montagem

Passo	Descrição	Distância (m)	Tempo (minutos)	Transporte	Inspeção	Processamento	Estoque
				←	■	●	▲
1	Transporte de placas	6	0,1	●			
2	Estoque de placas para integração		3672,0				●
3	Transporte para célula de integração	11	0,2	●			
4	Montagem do produto		0,4			●	
6	Transporte para cura	6,5	0,1	●			
7	Cura		1440,0			●	
8	Transporte para Burn-in	27	0,6	●			
9	Teste Burn-in		0,6			●	
10	Transporte para área de pós burn-in	11	0,2	●			
11	Estoque da revisão burn-in		258,0				●
12	Revisão pós burn-in		0,4			●	
13	Transporte para Inspeção de qualidade	13	0,3	●			
14	Estoque de inspeção de qualidade		15,3				●
15	Inspeção de qualidade		120,0			●	
16	Transporte para expedição	4	0,1	●			
Total		79 metros	5508 minutos	7	4	2	3
				1,7	121,0	1713,8	3945,3
				0,03%	2,1%	29,6%	68,2%
							vezes
							minutos

Através dos dados obtidos da Tabela 15, foi gerado o gráfico de Pareto para o número de atividades versus processo (ver Figura 29), onde evidencia-se a predominância de atividades de transporte que representam de 44% de todas as atividades executadas. Isto é um reflexo do tipo de *layout* apresentado pelo sistema produtivo atual, no qual os equipamentos e os estoques estão afastados.

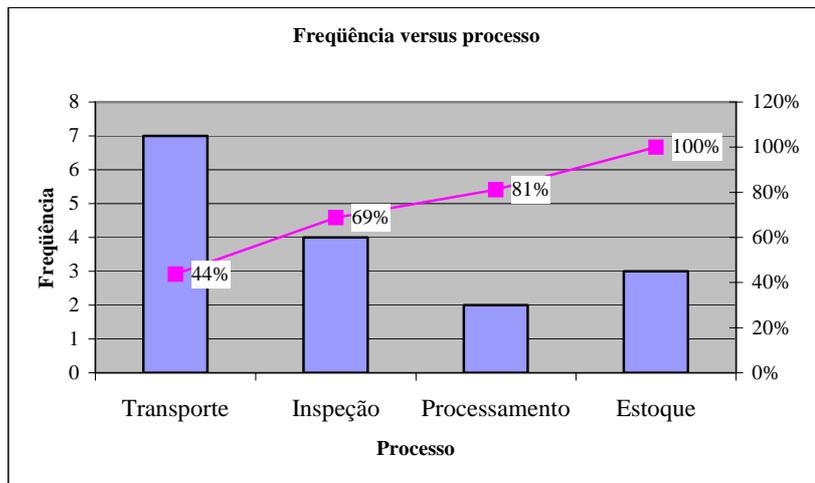


Figura 29 - Frequência versus processo

Ainda utilizando os dados da Tabela 15, foi construído o gráfico de Pareto tempo versus processo (ver figura 30). Através deste gráfico foi evidenciado que a atividade que consome maior tempo é o estoque, representando em torno de 68%. É importante observar que o processamento, como única atividade que agrega valor, representa 30% do tempo total por causa do processo de cura, eliminando o processo de cura o tempo de agregação de valor seria de 6%.

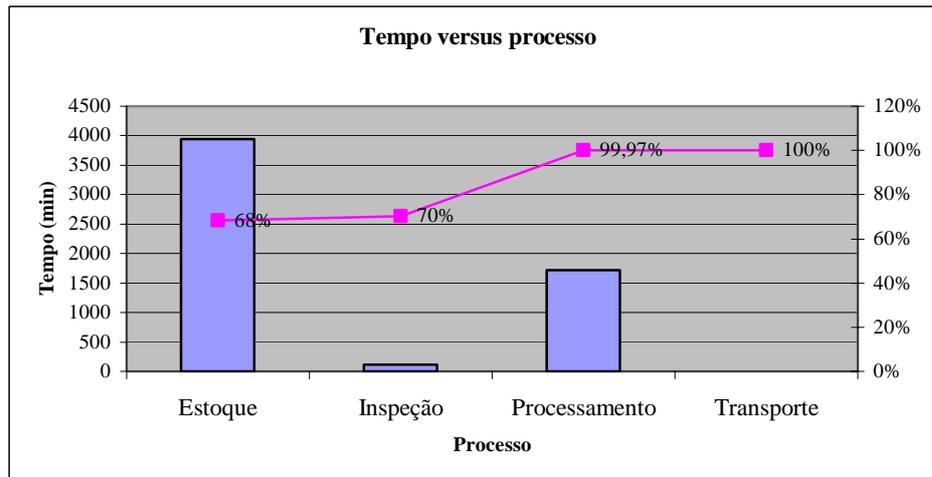


Figura 30 - Tempo versus processo

A predominância da atividade estoque é associada com o excesso de estoque de matérias-primas e de produto acabado e pelo tipo de produção que é empurrada, gerando estoques entre processos.

4.9 Loop do Fornecedor

Como descrito no capítulo de delimitação do tema, o trabalho está limitado ao escopo da área de manufatura.

Não há um *loop* de sistema de informação pois o sistema de informação faz parte de todos os *loop*, mas é importante descrevê-lo separadamente para compreensão do sistema de informação como um todo.

4.9.1 Suprimentos

O PCP trabalha com uma semana de pedidos firmes. A previsão de vendas é a base para fazer os pedidos de matéria-prima aos fornecedores. A empresa divide os fornecedores basicamente em dois tipos: nacionais e internacionais.

Para os fornecedores nacionais o PCP envia mensalmente uma previsão de consumo do mês e uma para os próximos seis meses. Semanalmente o PCP envia as ordens de entrega aos fornecedores nacionais. Os fornecedores nacionais abastecem a planta semanalmente via terrestre.

Para os fornecedores internacionais, o PCP envia uma previsão de consumo para M4 (para o quarto mês a partir deste) e as previsões de M5 a M12. Os fornecedores internacionais fazem uma entrega por mês via aérea.

O suprimento de matéria prima importada é feito uma vez por mês via aérea e o suprimento de matéria-prima nacional é feito por via terrestre semanalmente. O abastecimento do cliente é feito duas vezes por dia, de segunda a sexta por via terrestre.

4.9.2 Planejamento de produção

O PCP utiliza um software de MRP para fazer o planejamento de produção e envia as ordens de produção para as linhas SMT, PTH e Integração. O MRP é o responsável por sincronizar as ordens de produção. O planejamento não tem um compromisso formal ou uma diretriz em relação aos estoques intermediários.

4.9.3 Controle da produção

O controle da produção é feito pelo levantamento de ordens fechadas enquanto, que para as ordens abertas é preciso ir ao *gemba* para verificar como está a ordem. Como foi dito, os índices de controle estão migrando para o SAP, assim desde julho/05, não existe um controle sobre a produção horária ou tempo de *setup*. Por isso serão instalados quadros de controle de produção para se buscar a estabilidade dos processos e permitir que os próprios operadores possam controlar o ritmo de produção.

5 MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO

Este capítulo se propõe a fazer o mapeamento do estado futuro da família do VCC. Para fins didáticos, este capítulo inicia mostrando o resultado final obtido e em seguida mostra como ele foi obtido.

Conforme foi descrito na delimitação do tema, os *loop* cliente e fornecedor não foram implementados no projeto.

5.1 Desenho do mapa do fluxo de valor para o estado futuro e do novo layout de produção.

A figura 31 mostra o mapa do fluxo de valor do estado futuro da família do VCC. O trabalho realizado sobre o fluxo de material simplificou o sistema e reduziu drasticamente a quantidade de processos isolados.

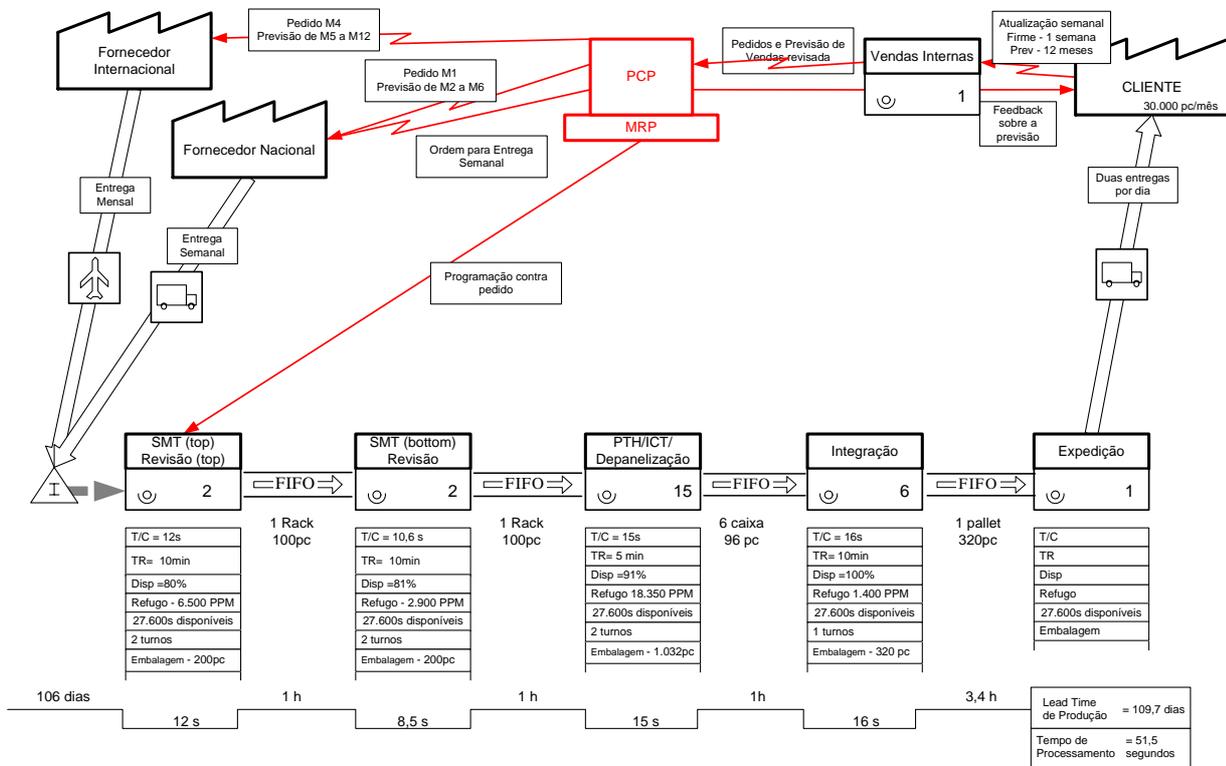


Figura 31 - Mapa do fluxo de valor do estado futuro

A figura 32 mostra o do novo *layout* geral, no qual os elementos em hachura são as áreas reduzidas em relação ao *layout* original.

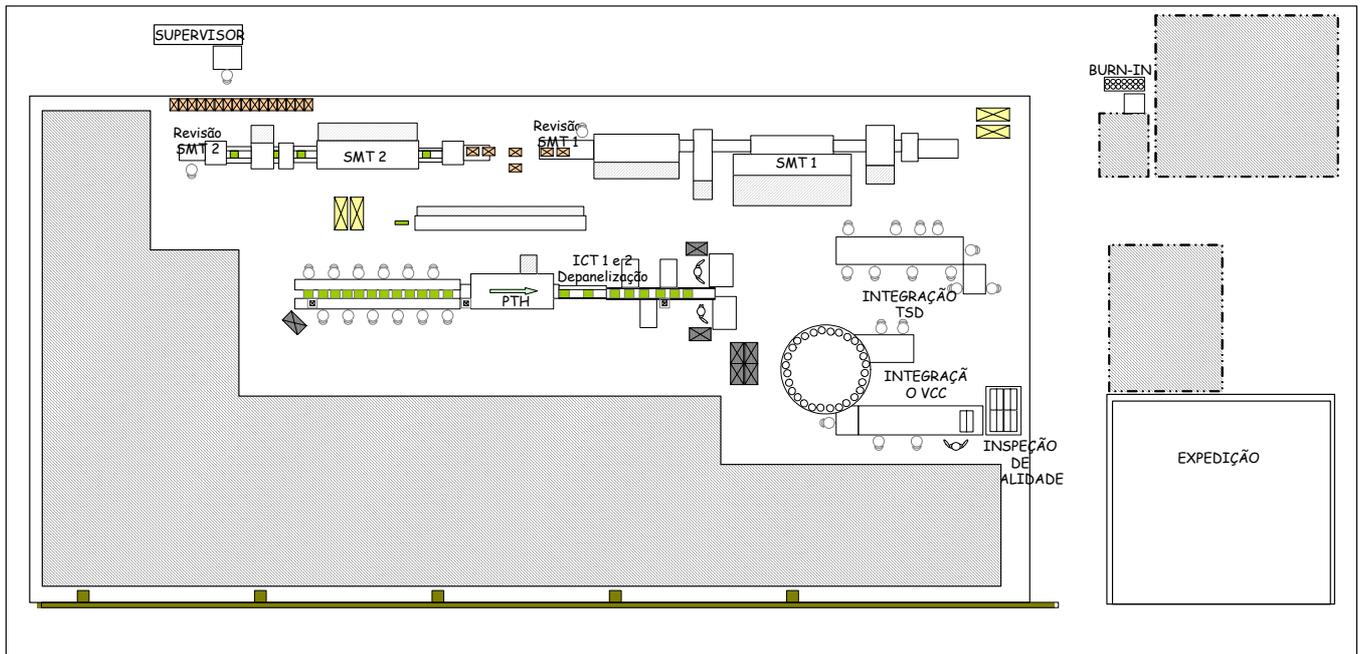


Figura 32 - Novo layout da área de produção

5.2 Loop Placas

O primeiro passo dentro do *loop* para desenhar o mapa de fluxo de valor do estado futuro é analisar onde é possível se fazer fluxo contínuo, e para isso é preciso saber o tempo *takt*.

Como já foi dito na revisão bibliográfica, a vantagem em criar fluxo de produção ao invés de trabalhar com lote, é a redução do *lead time*, a exposição dos problemas antes mascarados e eliminação dos desperdícios ligados à transferência de lote (transporte, movimento, espera e estoque).

5.2.1 Produzir de acordo com o tempo *takt*

Para produzir para uma demanda de 35.000 peças por mês, em dois turnos, durante 24 dias e com 27.600 segundos disponíveis para produção por turno, tem-se um tempo *takt* de 37,8 segundos. Utilizando a fórmula para calcular o tempo *takt*, tem-se:

$$takt = \left(\frac{35.000 \text{ peças}}{24 \text{ dias}} \times \frac{1}{2 \text{ turnos}} \right)^{-1} \times 27.600 \text{ seg} = 37,8 \text{ seg}$$

O tempo *takt* significa que o cliente deseja um VCC a cada 37,8 segundos. Esse valor servirá para balancear a produção as linhas de produção do VCC.

5.2.2 Criar fluxo contínuo

a) Fluxo contínuo entre SMT e revisão SMT

No estado atual os processos estão como ilhas isoladas. Não há muita dificuldade em fazer fluxo contínuo entre a SMT 1 (top) e sua revisão e entre a SMT 2 (bottom) e sua revisão, pois as revisões possuem operadores dedicados e o tempo de ciclo das revisões são menores do que das linhas, a modificação se resume a adaptar a bancada de revisão na saída da linha SMT para a transferência entre SMT e revisão ser unitária.

Essa modificação cria um certo desconforto, pois a produção na saída da máquina é intermitente e nesse caso o revisor fica ocioso com certa frequência. Esse desconforto será benéfico pois obrigará as pessoas a desenvolver um processo de inspeção por amostra na qual o próprio operador pode fazer, dispensando assim a necessidade do revisor. Nas condições atuais os revisores deixam acumular uma hora às vezes até três horas de produção para começar a inspeção, enquanto as placas se acumulam. Além dos desperdícios já mencionados ainda corre-se o risco de estar se produzindo placas defeituosas.

Essa modificação é válida tanto para a revisão SMT1 quanto para a revisão da SMT2.

b) Fluxo contínuo entre revisão SMT1 e SMT2

Quando há várias famílias dividindo a mesma máquina, que é o caso dessa empresa pois o processo só se torna dedicado à família na montagem final, é melhor utilizar uma

tabela para verificar a capacidade da máquina em relação a todo o volume que se precisa produzir no mês.

A fábrica trabalha em dois turnos de 7,67 horas disponíveis para produção, isto equivale a 337,3 horas no mês destinadas à produção. Observando a tabela 16 verifica-se que há a possibilidade de conectar as duas SMT através de *conveyors* ou esteiras sem acarretar problemas de capacidade de máquina.

Tabela 16 – Capacidade e distribuição dos produtos entre as SMT 1 e SMT 2 – Configuração 1

Produtos	Demanda Mensal	SMT1 (pc/h)	Tempo Necessário(h)	SMT2 (pc/h)	Tempo Necessário
VCCt	35000	220	159	170	
VCCb	35000	300		230	152
TSD	200000	1800	111	1600	
Kirch	5000	600	8	500	
Docol	500	1600	0		
Indurama	1000	180	6		
Indurama power	1000	225	4	180	
		Total	289	Total	152

No entanto conectar as duas SMT com esteiras resultou em dois problemas. O primeiro problema é a perda de capacidade produtiva para todos os produtos com exceção do VCC pois é o único produto que precisa processar os dois lados do painel. Desta forma sempre que se produzir produtos diferentes do VCC uma das máquinas ficaria desligada.

O segundo problema refere-se à disponibilidade das máquinas. AS SMT's têm disponibilidade de 80%. Isso significa que não se pode ultrapassar mais de 269 horas de utilização de máquina por mês.

A tabela 17 mostra uma segunda configuração para a distribuição de produtos entre as SMT's.

Tabela 17 – Capacidade e distribuição dos produtos entre as SMT 1 e SMT 2 – Configuração 2

Produtos	Demanda Mensal	SMT1 (pc/h)	Tempo Necessário(h)	SMT2 (pc/h)	Tempo Necessário
VCCt	35000	220	159	170	
VCCb	35000	300		230	152
TSD	200000	1800	56	1600	63
Kirch	5000	600		500	10
Docol	500	1600	0		
Indurama	1000	180	6		
Indurama power	1000	225		180	6
		Total	221	Total	230

Nessa nova configuração, os produtos são divididos entre as duas máquinas, consequentemente não pode haver esteiras ligando uma à outra. Foi utilizado um FIFO entre as duas máquinas, o qual é do tamanho de um rack, isto equivale a 100 placas.

c) Fluxo contínuo entre a revisão SMT2 e PTH

A empresa possui duas linhas de PTH, pois está mudando a solda com estanho e chumbo para a solda só com estanho, que é ecologicamente correta, e segue as diretrizes Rohs (Restriction of Hazardous Substances). Alguns clientes colocam a norma *Rohs* como restrição para a compra do produto.

Apesar de existir duas máquinas de solda PTH, utiliza-se apenas uma equipe de inserção manual, e isto significa que sempre uma máquina fica parada. Uma outra peculiaridade é que a capacidade produtiva da máquina pode ser aumentada ou diminuída simplesmente aumentando ou diminuindo o número de pessoas que inserem componentes na linha de inserção.

A tabela 18 mostra como poderia ser feita uma configuração para atender a demanda do mês inteiro, levando em consideração a disponibilidade de 90% da solda.

Tabela 18 - Capacidade e distribuição dos produtos na PTH

Produtos	Demanda Mensal	PTH (8 pessoas) pc/h	Tempo Necessário(h)	PTH (11 pessoas) pc/h	Tempo Necessário
VCC	35000	240	146	350	
TSD	200000	1800	111	2600	
Kirch	5000	80		116	43
Docol	500	220		319	2
Subtotal			257	Subtotal	45
Total de horas necessárias por mês				302	

A configuração proposta é produzir as famílias de menor significância em uma velocidade mais alta e sempre na mesma máquina. Caso contrário poder-se-ia ter uma mesma família com dois tempos de ciclo diferentes, uma para cada máquina.

Dessa forma foi desenhado um FIFO entre as SMT's e a PTH. O FIFO é de 1 rack ou 1 hora no *lead time* do fluxo de valor.

d) Fluxo contínuo entre PTH, ICT, Depanelização e Revisão Depanelização

- Fluxo contínuo entre PTH e ICT

A PTH produz a uma velocidade de 240 peças/hora, e é o gargalo da fábrica, enquanto o ICT produz a 160 peças/hora. Apesar de existirem duas máquinas de ICT, existe apenas um *fixture* para cada família.

Fixture é o dispositivo de teste que é acoplado ao ICT, então apesar de ter dois ICT's só é possível testar com um deles a 160 peças por hora. Sendo assim, é evidente que não é possível fazer fluxo contínuo entre esses processos.

Uma solução para se produzir em fluxo contínuo entre a ICT e PTH seria aumentar o número de trocas de produto fluxo acima. Isso faria com que se criasse um estoque controlado entre PTH e ICT, mas isso dependeria de ter-se produto em carteira para produzir e de ter setup's mais rápidos.

A realidade dos últimos meses na empresa mostra que muitas vezes só existe pedido em carteira de um tipo de família para se produzir, e isso obrigaria a parada da PTH e SMT enquanto o ICT estivesse testando para respeitar o limitador de fluxo.

Como já estava nos planos de investimento comprar mais um *fixture* para a outra ICT, o que possibilitaria testar com duas máquinas a 160peças/hora, optou-se por criar um fluxo contínuo e unitário entre o PTH e ICT

- Fluxo contínuo entre ICT, depanelização e revisão depanelização

Decidida a questão de como fazer fluxo contínuo entre a PTH e ICT, foi analisado como criar um fluxo entre ICT, a depanelização e a revisão depanelização.

A máquina de depanelização do VCC é utilizada por três famílias (VCC, Kirchoff, Docol), e por essa razão ela não pode ser dedicada à família. O tempo de ciclo da depanelização é de 8 segundos e o tempo de revisão é de 12 segundos. O tempo de ciclo da ICT é 19 segundos, o que permite com que seja possível fazer fluxo contínuo e unitário. Atualmente existe um operador para a depanelização de todas as famílias e dois revisores para todas as famílias. O objetivo é fazer com que o operador da ICT seja capaz de depanelizar e que a operação de revisão seja eliminada. Assim não seria necessário deslocar os operários da depanelização para a junto da ICT, apenas as máquinas.

5.2.3 Layout e representação do fluxo de material

Através da análise dos desperdícios levantados no mapa do estado atual, foi desenhado todo o novo layout fabril. A figura 33 mostra a modificação no *loop* placas.

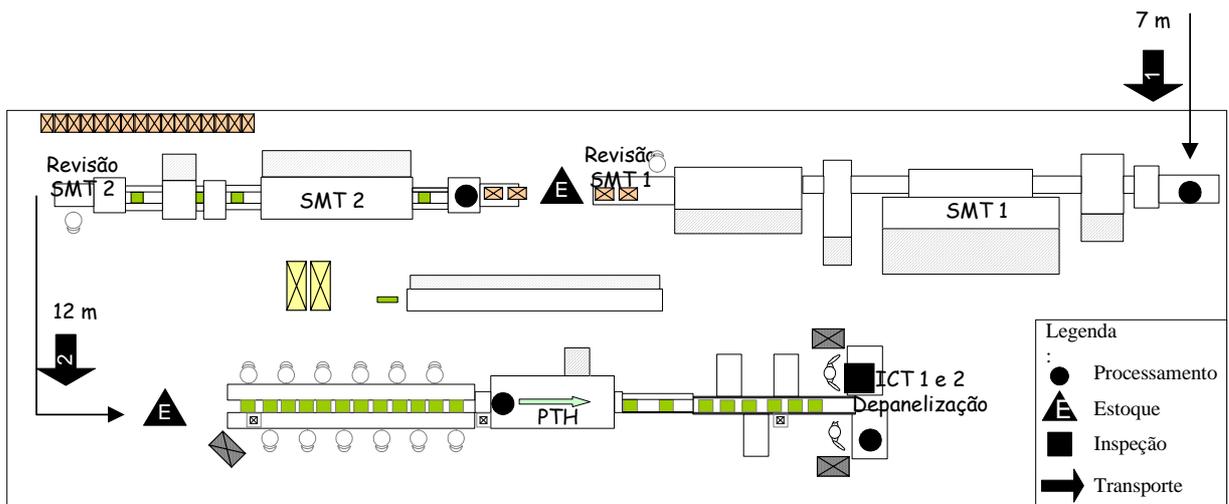


Figura 33 - Fluxo de material no novo layout do *loop* placas

As características que este tipo de layout apresenta no novo sistema produtivo são as seguintes:

- Nesta configuração pode-se observar equipamentos próximos e na seqüência de operações;
- Fluxo de material e do operador lógico, suave e contínuo.
- Como os equipamentos e os estoques são próximos, há pouco transporte de material e pouca movimentação do operador; tarefas simples;

a) Tabela de Processo

A tabela 19 mostra a descrição, segundo o mecanismo da produção, da modificação no *loop* de placas do mapa de fluxo de valor do estado futuro.

Tabela 19 - Tabela de processo do Novo Sistema produtivo

Passo	Descrição	Distância (m)	Tempo (minutos)	Transporte	Inspecção	Processamento	Estoque	
				←	■	●	▲	
1	Estoque de MP		97500,0				●	
2	Transporte de MP	7	0,2	●				
3	Inserção na SMT		0,2		●	●		
4	Revisão SMT 1		0,1		●			
5	Estoque de painéis revisados		60,0				●	
6	Inserção na SMT 2		0,2		●	●		
7	Revisão SMT 2		0,1		●			
8	Transporte para estoque de painéis para s	12	0,3	●				
9	Estoque de painéis prontos para solda		60,0				●	
10	Solda PTH		0,3		●	●		
11	Teste ICT		0,0		●			
12	Depanelização		0,1		●			
Total		19 metros	121 minutos	2	3	4	3	vezes
				0	0	1	97620	minutos
				0%	0%	0%	100%	

Através da tabela 19, montou-se o gráfico da figura 34. Nele pode-se observar que a atividade predominante é a de processo, com 33% contra 25% de estoque, 25% de inspeção e 17% de transporte.

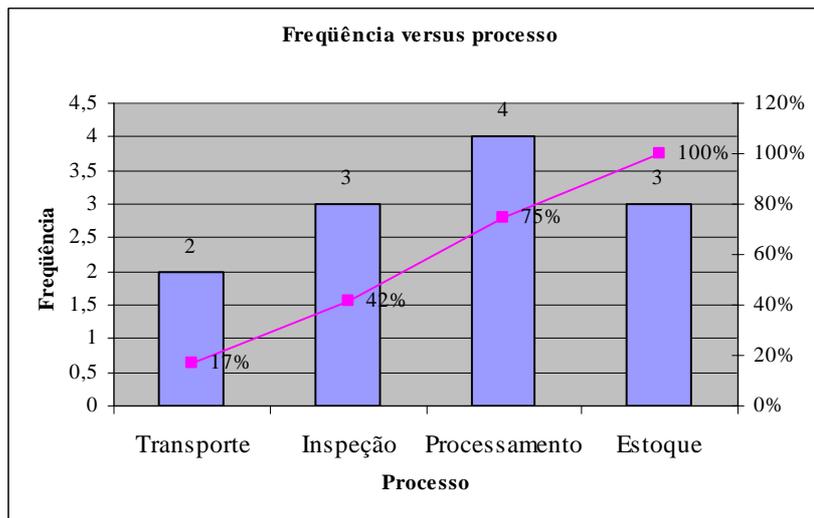


Figura 34 - Gráfico de Pareto para frequência X processo

Quanto ao tempo gasto em cada atividade, observa-se na tabela que 100% do tempo estão na atividade de estoque.

5.3 Loop montagem

O primeiro passo dentro do *loop* para desenhar o mapa de fluxo de valor do estado futuro é analisar onde é possível se fazer fluxo contínuo.

5.3.1 Criar Fluxo contínuo

a) Fluxo contínuo entre ICT/depanelização/revisão depanelização e integração

No mapeamento de fluxo de valor atual observou-se que o maior estoque em processo se acumula na frente do processo de integração. Isso se dá porque enquanto os processos fluxo acima produzem 240 peças/hora, a integração produz 110 peças/hora e também pelo desperdício de superprodução o qual inicia-se a produção de um pedido antes do momento.

Como já há em andamento um projeto de duplicação da produção horária da integração, decidiu-se por reduzir o tempo de ciclo da integração pela metade e assim reduzir a operação da célula para 1 turno apenas.

O novo tempo de ciclo da integração será de 16 segundos, o que significa 240 peças/hora. Esse tempo de ciclo permitirá fazer fluxo contínuo entre o processo ICT/depanelização/revisão depanelização e a integração, contudo não será fluxo unitário pois o primeiro processo é dividido entre várias famílias enquanto a integração é dedicada à família VCC.

Foi utilizado um FIFO entre os dois processos, o tamanho máximo da fila será de 1 turno, o que equivale a 96 peças. Dessa forma a PTH trabalha apenas 1 turno para a família VCC e tem liberdade de produzir a qualquer hora do dia e não apenas durante o turno de produção.

b) Fluxo contínuo integração, cura, burn-in e revisão burn-in

O processo de *burn-in* é utilizado para verificar morte precoce de componente com menos de uma hora. A tabela 20 mostra no ano de 2005, o teste não detectou morte precoce de nenhum componente. Os desvios mais encontrados são problemas criados pelo próprio teste, falhas no teste funcional e, por fim, defeitos de cabos. Esse teste tem funcionado como um filtro para reter os problemas de processamento e as falhas das inspeções anteriores do que sua função fim. O grande complicador desse filtro é que ele é um gargalo, já que a integração produz 110 peças/hora, irá produzir 240peças/hora, e ele apenas 93 peças por hora, além do mais, ele aumenta o tempo de processamento em 24 horas, pois a cura existe apenas para poder fazer esse teste. Caso não houvesse o teste, o produto poderia ficar curando na expedição ou a caminho do cliente.

Tabela 20 - Desvios de processos detectados no teste Burn-in

Desvio Constatado	%	Observação
Inversor sem def. fabricação	31%	Análise destrutiva
Inversor danificado em teste	30%	Análise destrutiva
Diodo retificador com baixa impedância	5%	Problema de fornecedor e falha do teste funcional
Cabo de frequência danificado	4%	Problema de fornecedor

O teste burn-in foi desenvolvido como uma ação de contenção a um problema de um fornecedor específico que em 2004 fez a empresa ter grandes perdas e arranhou sua imagem. A empresa considerou que o investimento para testar 100% dos produtos era baixo ante o prejuízo ocorrido. No entanto, em vista dos resultados de desvios constatados onde há pelo menos um ano não é registrado nenhuma morte precoce de componente e considerando todos os desperdícios que esse teste acarreta para o fluxo, a retirada do teste do fluxo de valor é um decisão acertada. O teste será realizado de forma amostral. Enquanto as amostras ficam 24 horas curando, o restante do lote está liberado para seguir para o cliente. Eliminando o teste burn-in, conseqüentemente é eliminada a revisão burn-in e todo os desperdícios de transporte, movimentação, defeito e espera associados a estas atividades.

5.3.2 Layout e representação do fluxo de material

Observa-se na figura 35 o novo layout e fluxo de material do *loop* integração.

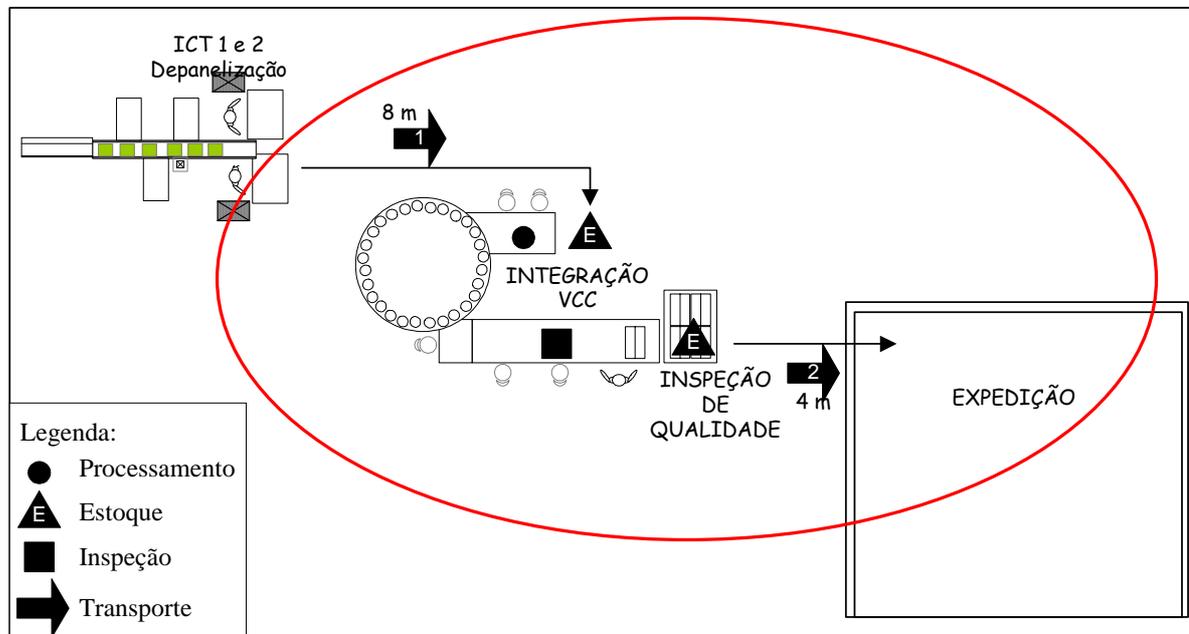


Figura 35 - Layout do novo sistema produtivo de montagem

Está bastante evidente que o fluxo de material e o layout do *loop* de montagem ficou muito mais simples e suave. A eliminação do teste de burn-in do fluxo de material simplificou e reduziu os desperdícios do fluxo. As áreas estão muito mais próximas.

a) Tabela de processo

A tabela 21 mostra a descrição, segundo o mecanismo da produção, da modificação no *loop* montagem do mapa de fluxo de valor do estado futuro.

Tabela 21 - Tabela de processo do loop de montagem

Passo	Descrição	Distância (m)	Tempo (minutos)	Transporte	Inspeção	Processamento	Estoque
				←	■	●	▲
1	Transporte de placas	8	0,2	●			
2	Estoque de placas para integração		60,0				●
3	Teste final		16,0		●		
4	Montagem do produto		16,0			●	
5	Estoque de produto acabado		204,0				●
6	Transporte para expedição	4	0,1	●			
Total		12 metros	296 minutos	2	1	1	2
				0		16	264
				0%	0%	6%	94%

Através dos dados da tabela de processo, foi gerado o gráfico da figura 36 o qual evidencia uma predominância da atividade de estoque.

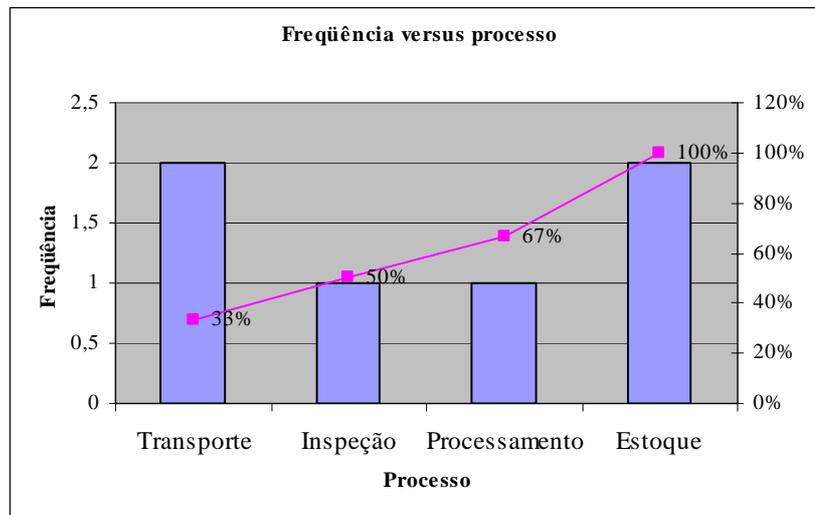


Figura 36 - Gráfico de frequência X processo loop montagem

No gráfico de tempo versus processo, observa-se que 94% do tempo está na atividade estoque e 6% na atividade de processamento.

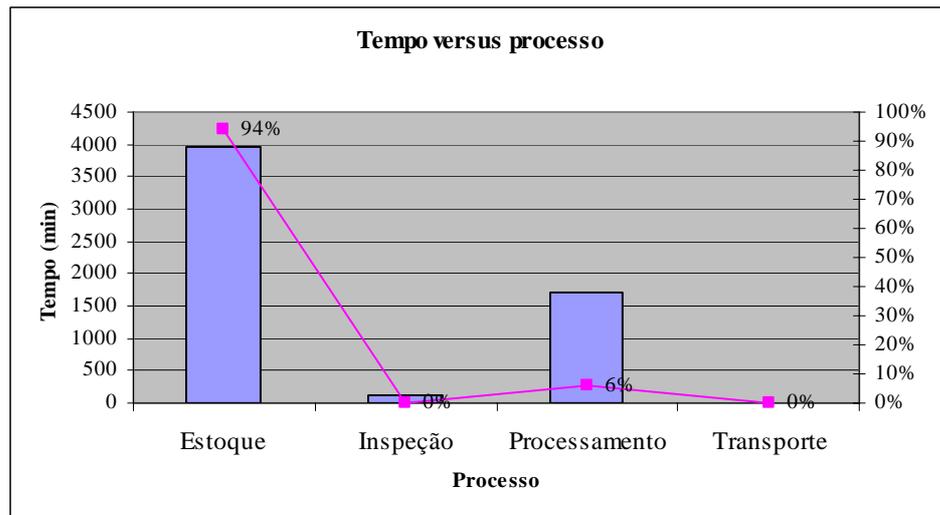


Figura 37 - Gráfico de tempo X processo

5.4 Enviar a programação do cliente para um único processo de manufatura (processo puxador – “pacemaker”)

No capítulo 3, de método, foi afirmado que tornar uma produção puxada é um estágio bem avançado de organização da manufatura.

O mapa do fluxo de valor do estado futuro foi desenhado de forma que toda informação de produção segue apenas para um processo. Como foi utilizado FIFO's ou filas para regular o fluxo entre os processos, enviando a informação para o processo inicial o material deve fluir para todo o resto. Dessa forma o processo puxador é a SMT 1 onde se inicia o processo de fabricação.

5.5 Distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador. Nivelar o mix de produção

A distribuição de produtos uniformemente no decorrer do tempo é uma questão delicada para a empresa no estágio atual a qual se encontra pois sua demanda está variando muito e está bem abaixo da previsão de vendas. O nivelamento é feito quando existe uma carteira mais ou menos estável, situação que não condiz com a realidade atual porém foi feita uma análise utilizando a previsão de vendas e pretende-se nivelar a produção com no máximo três trocas de produtos por dia da seguinte forma: Produzindo VCC em um dos turnos e no turno seguinte TSD e outra

família. Como a previsão de vendas para as outras famílias é muito baixa e o pedido mensal é para entregá-lo todo no mesmo dia, não haverá mais do que cinco dias no mês com três trocas de produto.

5.6 Cálculo a nova linha de tempo ou *lead time*

A comparação da linha de tempo do mapa do estado futuro com a do estado atual vai mostrar quanto o processo melhorou em relação ao *lead time*.

O *lead time* para o mapa do fluxo de valor do estado futuro ficou em 109,6 dias, conforme se observa na tabela 22.

Tabela 22 - *Lead time* do MFV do estado futuro

Processo	Estoque em unidades	Estoque em dias	Estoque em horas
Matéria-Prima	168.636	106	1625
SMTt / Revisão SMTt	100	0,1	1
SMTb / Revisão SMTb	100	0,1	1
PTH / ICT / Depanelização / Revisão Depanelização	48	0,0	1
Integração	320	0,2	3,4
Cura		1,6	24
Burn-in / Revisão pós Burn-in	1038	0,7	10
Processo de Auditoria		1,0	15,3
Total	170.242	109,6	1.681

O tempo de processamento ficou em 39,4 horas conforme mostra a tabela 23.

Tabela 23 - Tempo de processamento do MFV do estado futuro

	segundos	horas
T/C dos processos	88,5	0,02
Tempo de Cura		24
Tempo de Auditoria Qualidade		15,3
	Total	39,4

Da mesma forma que foi feito no mapa do estado atual, o tempo de agregação de valor foi de 51,5 segundos. Esse tempo diz respeito apenas às novas três células que agregam valor ao produto, SMT, PTH e integração.

6 RESULTADOS

O MFV assistiu na geração de planos de melhoria para o processo. Esses planos têm como finalidade eliminar os desperdícios encontrados no mapa de fluxo de valor e melhorar o próprio fluxo de valor. Nos itens a seguir serão analisados os resultados obtidos com o MFV do estado futuro.

6.1 Comparação entre as tabelas de processo do estado atual e futuro

Na figura 38 de comparação entre as tabelas de processo é visível a redução de atividades entre o estado atual e estado futuro. Enquanto o primeiro tem 37 passos, o segundo possui apenas 18 passos. Sob a ótica dos elementos de trabalho houve uma redução de 48% das atividades.

A reorganização do *layout* do processo reduziu a distância percorrida de 195 metros para 31 metros, uma redução de 84% das distâncias.

Antes havia um desequilíbrio entre inspeções e processo. Havia oito inspeções para seis atividades de processamento, agora há quatro inspeções para cinco atividades de processamento.

ESTADO ATUAL				Transporte	Inspeção	Processamento	Estoque	ESTADO FUTURO				Transporte	Inspeção	Processamento	Estoque
Passo	Descrição	Distância (m)	Tempo (minutos)	←	■	●	▲	Passo	Descrição	Distância (m)	Tempo (minutos)	←	■	●	▲
1	Estoque de MP		97500,0					1	Estoque de MP		97500,0				
2	Transporte de MP	31	0,7					2	Transporte de MP	7	0,2				
3	Estoque de MP na linha		0,0					3	Inserção na SMT		0,2				
4	Transporte para SMT 1	27	0,6					4	Revisão SMT 1		0,1				
5	Inserção na SMT 1		0,2					5	Estoque de painéis revisados		60,0				
6	Transporte para Revisão SMT 1	7	0,2					6	Inserção na SMT 2		0,2				
7	Revisão SMT 1		0,1					7	Revisão SMT 2		0,1				
8	Estoque de painéis revisados		0,0					8	Transporte para estoque de painéis para solda	12	0,3				
9	Transporte para SMT 2	7	0,2					9	Estoque de painéis prontos para solda		60,0				
10	Inserção na SMT 2		0,2					10	Solda PTH		0,3				
11	Transporte para revisão SMT 2	7	0,2					11	Teste ICT		0,0				
12	Revisão SMT 2		0,1					12	Depanelização		0,1				
13	Transporte para estoque de painéis prontos	19	0,4					13	Transporte de placas	8	0,2				
14	Estoque de painéis prontos para solda		480,0					14	Estoque de placas para integração		60,0				
15	Transporte para PTH	12	0,3					15	Teste final		16,0				
16	Solda PTH		0,3					16	Montagem do produto		16,0				
17	Estoque de painéis soldados		18,0					17	Estoque de produto acabado		204,0				
18	Teste ICT		0,0					18	Transporte para expedição	4	0,1				
19	Estoque de painéis testados		210,0					Total		31 metros	97918 minutos	4	4	5	5
20	Transporte depanelização	6,5	0,1									1	17	17	97884
21	Depanelização		0,1									0%	0%	0%	100%
22	Revisão depanelização		0,2												
23	Transporte de placas	6	0,1												
24	Estoque de placas para integração		3672,0												
25	Transporte para célula de integração	11	0,2												
26	Montagem do produto		0,4												
27	Transporte para cura	6,5	0,1												
28	Cura		1440,0												
29	Transporte para Burn-in	27	0,6												
30	Teste Burn-in		0,6												
31	Transporte para área de pós burn-in	11	0,2												
32	Estoque da revisão burn-in		258,0												
33	Revisão pós burn-in		0,4												
34	Transporte para Inspeção de qualidade	13	0,3												
35	Estoque de inspeção de qualidade		15,3												
36	Inspeção de qualidade		120,0												
37	Transporte para expedição	4	0,1												
Total		195 metros	103720 minutos	15	8	6	9								
				4	121	1715	102153								
				0%	0%	2%	98%								

Figura 38 - Comparação entre quadro de processo do estado atual e futuro

6.2 Redução de lead time

Ao se criar estoques controlados e criar fluxo contínuo entre processos, os estoques em processo (WIP) diminuiriam. O estoque em processo (*WIP – Working in Process*) diminuiu de 13 dias para 3,7, uma redução de 72 %.

Tabela 24 – Comparação entre estado atual e futuro do *lead time* e WIP

Família	Estado Atual	Estado Futuro	Redução do <i>Lead time</i> Total
<i>Lead time</i>	119	109,7	8%
WIP	13,0	3,7	72%

Apesar da redução do estoque em processo ter sido grande, o impacto no *Lead time* foi bem menor pois os estoques de matéria-prima são volumosos. O *Lead time* reduziu em 8% do MFV original para o futuro, conforme a tabela 24.

Facilmente se percebe que o volume de matéria-prima é o item de maior impacto sobre a linha de tempo dos MFV.

6.3 Redução de área

A eliminação do teste *burn-in*, revisão pós *burn-in* e a segunda máquina de solda PTH, juntamente com a instalação da inspeção de qualidade na linha, possibilitou uma drástica redução de área. Essa redução pode ser bem observada na tabela 25.

Tabela 25 - Redução de área na manufatura

Localização	Redução de Área (m²)	Ganho em relação à área de total de manufatura
Área de manufatura	530	33,0%
Área do <i>burn-in</i>	63	4,0%
Área da revisão pós <i>burn-in</i>	7	0,4%
Área para estocar pallet da inspeção de qualidade	29	1,8%
Total	629	39,2%

A tabela 25 mostra uma redução real de 39,2% em relação à área total e manufatura.

6.4 Aumento de produtividade

Houve um aumento da produtividade de 18,3 peças/hora-MOD para 31,4 peças/hora-MOD na linha de integração. A compra do segundo painel de teste propiciou um grande aumento de produção com a adição de apenas uma pessoa, isso demonstra como a eficiência do balanceamento das operações estava baixa.

Tabela 26 - Aumento de produtividade na integração

	Estado Atual	Estado Futuro
Produção (peças/hora)	110	220
Número de Operadores	6	7
Produtividade (Peças/hora-MOD)	18,3	31,43

Ao se criar fluxo contínuo unitário agregando a operação de depanelização, aproveitando o tempo morto do operador da ICT e a eliminação da inspeção de depanelização, houve um ganho de produtividade como se verifica na tabela 27.

Tabela 27 - Aumento de produtividade no ICT/Depanelização

	Estado Atual	Estado Futuro
Produção (peças/hora)	378,9	240
Número de Operadores	4	2
Produtividade (Peças/hora.MOD)	94,7	120,00

Segundo Shingo (1996a) a técnica de utilizar o tempo morto do operador do ICT, é conhecido no TPS como sendo o sistema Nagara.

6.4.1 Melhoria no fluxo de valor

A tabela 28 mostra a diferença de *lead time* e o tempo de processamento. Como os estoques são a medida da ineficiência do sistema (SHINGO, 1996a), observa-se que o sistema tem muitos desperdícios.

Tabela 28 - Linha do tempo do MFV

	MFV - Presente	MFV - Futuro
Lead Time (dias)	119	109,7
Tempo de Processamento	54,7h	51 seg
Valor agregado	3%	0,001%

A medida do valor agregado pode ser feita dividindo o tempo de processamento pelo *lead time*. Para tanto se considera o dia como tendo 15,3 horas, que é o tempo disponível por dia para agregar valor.

Na tabela 28 mostra que o sistema piorou do estado atual para o futuro, já que antes 3% das atividades agregavam valor e no mapa futuro apenas 0,001% agrega valor. Na realidade havia dois processos muito demorados, cura e a inspeção de qualidade, eles foram modificados e não se perde mais tempo com eles. Caso já não existissem no estado atual as atividades de cura e inspeção de qualidade, isto é excluindo esse tempo da linha de agregação de valor, o valor agregado no estado atual seria de 0,0005%. Isso mostra que do estado atual para o estado futuro houve uma melhora de 100% na agregação de valor.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho aplicou um método de análise de sistemas de produção baseada na utilização conjugada de duas ferramentas de diagnóstico: o mapeamento da cadeia de valor e o mecanismo da função produção.

O mapeamento da cadeia de valor é uma poderosa ferramenta que possibilita a visualização das oportunidades de melhoria num sistema produtivo. O mecanismo da função produção, por sua vez, apesar de originar-se em meados dos anos 50 a partir dos estudos de Shingo (Shingo, 1996a), é outra poderosa ferramenta de análise de sistemas produtivos.

Conforme Shingo (1996a) mesmo defende, as principais melhorias estão necessariamente associadas ao processo, pois estes servem aos clientes (foco na cadeia de valor) enquanto as operações melhoram a eficiência das partes (otimização local). Com a incorporação da análise da função processo ao mapeamento da cadeia, propõe-se o que Shingo implicitamente advoga: a otimização do sistema a partir de ações que impactem diretamente sobre a cadeia de valor, reduzindo *lead time* de produção, reduzindo custo de manufatura e melhorando a qualidade do produto/serviço.

Conforme observado no estudo de caso, a aplicação do método proposto proporcionou uma apresentação clara e objetiva das perdas presentes no sistema, resultando na implementação de melhorias nos fluxos de material e informação. A comparação dos estados atual e futuro permitiu apontar com precisão a dimensão e impacto das melhorias implementadas, como por exemplo, a redução do *lead time* (resultante da redução das perdas por espera, transporte, processamento e estoque), e a redução das distâncias percorridas (perdas por transporte e perda por movimentação).

É importante ressaltar que a ferramenta de MFV se mostrou bastante importante, mas sua simples utilização sem o domínio dos conceitos da produção enxuta faz com que sua utilidade seja bastante restrita. Ela serve apenas para evidenciar os problemas e, muitas vezes nem isso, pois quem a utiliza precisa estar atento aos desperdícios. Além do mais, a ferramenta não sugere soluções, as soluções dependem do conhecimento e experiência em *lean* de quem a utiliza.

7.1 Limitação do trabalho

É importante ter uma visão crítica do trabalho. Ter limitado o trabalho à área de manufatura fez com que se trabalhasse no local onde mais se agrega valor ao cliente, mas não no lugar onde estavam os maiores desperdícios no fluxo de valor da empresa. Os maiores desperdícios estavam na matéria-prima. Isso ficou evidenciado no mapa do estado presente o qual mostra 106 dias de estoque. A prévia delimitação do trabalho à área de manufatura fez com que se conseguisse uma redução de 72% WIP, estoque em processo sem incluir MP, a qual não se traduziu no *lead time*, onde a MP é incluída. A redução do *lead time* foi de 8%. Claramente os maiores ganhos para o fluxo de valor não estavam na redução de WIP, estavam na redução de MP.

Uma outra limitação do trabalho diz respeito ao tempo para realizar o estudo de caso. Levantado em consideração que na empresa estudada foi preciso desenvolver treinamentos de conceitos e ferramentas para treinar os colaboradores para só assim iniciar o mapeamento. O tempo disponível torna-se curto para acompanhar a conclusão de todas as ações para se alcançar o mapa de fluxo de valor do estado futuro. A eliminação do burn-in é um exemplo de falta de tempo hábil para se acompanhar no estudo de caso. Foi decidido fazer uma eliminação gradual e o tempo disponível para realizar o estudo de caso não foi suficiente para esperar com que o plano de ação de eliminação do burn-in fosse concluído..

7.2 Recomendações de trabalhos futuros

Quando se pensa nas possibilidades de novos trabalhos em *lean*, as opções são enormes. Em relação ao tema estudado, seria um desafio adequar a ferramenta de MFV a um ambiente de serviços. Desenvolver um método de custeio para contabilizar as melhorias conseguidas com o MFV, como o trabalho que Kayser (2001) fez para mensurar os ganhos com a eliminação dos sete desperdícios.

Especificamente para a empresa estudada, criar uma logística *lean* para reduzir o estoque de MP e reduzir drasticamente o *lead time* seria um ótimo trabalho. Como já dito anteriormente, o grande impacto no *lead time* se dará reduzindo-se o estoque de MP.

Uma terceira e última recomendação diz respeito ao que o Lean Institute chama de estabilidade básica. Seria interessante desenvolver um sistema de padronização aos moldes da Toyota, criando uma cultura onde os procedimentos são melhorados continuamente e os problemas são resolvidos na causa raiz.

8 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Roberto dos Reis and ANTUNES JR., José Antonio Valle. *Takt-time: concepts and context in Toyota Production System*. **Gestão da Produção**. São Carlos – SP, vol.8, no.1, p.1-18, abr. 2001

ATTUCH, Leandro. Toyota rumo ao topo do mundo. **Isto é dinheiro**; 16/03/2005; Nº 392. Disponível em <<http://www.terra.com.br/istoedinheiro/392/negocios/toyota.htm>, 2005>. Acesso em 30 jun. 2006.

BHASIN, Sanjay; BURCHER, Peter. *Lean viewed as a philosophy*. **Journal of Manufacturing Technology Management**. Shelton, UK, vol.17, n.1, p 56-72, jan, 2006.

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. 1.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CAVALHEIRO, Darlene. **Método de previsão de demanda aplicada ao planejamento da produção de indústrias de alimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CGE consulting; Apresentação do curso: **Conceitos básicos do Lean**, set. 2005. 1CD.

CHAUMIER, J. **Systemes d'information: marché et technologies**. Paris: Enterprise Moderne, 1986.

COLIN, Emerson C. Estudo da implementação do sistema *kanban* em uma empresa brasileira de autopeças: dificuldades e caminhos. In: **Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, UNIMEP, 1996.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

DE MASI, Domenico. **O Ócio Criativo**. Rio de Janeiro, 2º ed: Sextante, 2000.

DOS SANTOS, Maurílio J. **O Just-in-Time e a Cultura da Empresa: Estudo Comparativo de Casos em Empresas da Indústria Metal – Mecânica do Estado de Santa Catarina**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 1994.

DRICKHAMER, David. *Lean's Secret Ingredient*. **Material Handling Management**. Cleveland, vol.61, n.3; p.5, mar. 2006.

DUGGAN, Kevin J. **Creating Mixed Model Value Streams: practical lean techniques for building to demand**. New York, NY, Productivity Press, 2002.

EMILIANI, M.L. Origins of *lean* management in America. **Journal of Management History**, vol. 12, n.2, p.167-184, 2006.

FERRO, José R. A importância do tempo *takt*. **Lean Institute Brasil**, Porto Alegre, set. 2005. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/leanmail/mailSetembro05.htm>>. Acesso em nov. 2005.

GARDNER, John T.; COOPER, Martha C. Strategic supply chain mapping approaches. **Journal of Business Logistics**, Ohio, vol.24, n..2, 2003.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. 1. ed. Caxias do Sul: EDUSC, 1996.

GHINATO, Paulo. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. In: **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora Univarsitária da UFPE, Recife, 2000.

GHINATO, P. Autonomia e Multifuncionalidade no Trabalho: Elementos Fundamentais na Busca da Competitividade, In.: **Série Monográfica Ergonomia: Ergonomia de Processo**, Cap. 4.1, Vol. 2, 2a. Edição, Ed.: Lia B. de M. Guimarães, PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1999.

GIESTA, Lílian C.; MAÇADA, Antônio C.G. Análise do Sistema de Produção Enxuta (SPE) Na percepção dos funcionários: O caso de uma empresa de tratores e retroescavadeiras. In: **Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração – EnANPAD XXVI 2002 - Gestão de Operações e Logística**.

HALL, Robert. W. **Driving the Productivity Machine: Production Planning and control in Japan**. Falls Church, American Production and Inventory Control Society, 1981.

HALL, Robert W. **Excelência na Manufatura**. 3ª Ed., São Paulo: IMAM, 1988.

HARMON, Roy L., Peterson, Le Roy D. **Reinventando a Fábrica : Conceitos Modernos de Produtividade Aplicados na Prática**, Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HARRIS, Rick; HARRIS, Chris; WILSON, Earl. **Fazendo fluir os materiais: – um guia lean de movimentação de materiais para profissionais de operações, controle de produção e engenharia.** São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2004.

HINES, Peter; RICH, Nick; ESAIN, Ann. Creating a *lean* supplier network: a distribution industry case. **European Journal of Purchasing & Supply Management.** Cardiff, UK, n.4 p235-246, 1998.

HIRANO, Hiroyuki. **5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation.** Portland, Productivity Press, 1995.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark L. **Factory Physics – Foundation of Manufacturing Management.** Boston: McGraw-Hill, 1996.

HUNTZINGER, Jim; KENNEDY, Frances A. *Lean* accounting: measuring and managing the value stream. **Cost Management.** vol. 19, n 5, p.31. Sep/Out, 2005 ABI/INFORM global

IMAI, Masaaki. **KAIZEN - A Estratégia para o Sucesso Competitivo.** São Paulo: IMAM, 1994.

IMAI, Masaaki. **GEMBA KAIZEN – Estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica.** São Paulo: IMAM, 2000.

IRANI, Shahrukh A. “Value Stream Mapping in Custom Manufacturing and Assembly”. **The Ohio Manufacturer**, n. 9, p12-13 Spring 2000.

KENNEDY Frances A.; HUNTZINGER Jim. *Lean* Accounting: Measuring and managing the value stream. **Cost Management.** Vol.19, n.5, p. 31, Set./Out. 2005.

KAPLAN, Robert S.; NORTON David P. **A estratégia em ação.** Rio de Janeiro,: Campus, 1997.

KAYSER, Detley. **Identificação e redução de perdas segundo o Sistema Toyota de Produção: Um estudo de caso na área de revestimentos de superfícies.** Dissertação submetida à Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do grau de mestre em engenharia de produção, Porto Alegre, 2001.

KHASWALA, ZahirAbbas N.; IRANI, Shahrukh A. **Value Network Mapping (VNM): Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps.** Department of

Industrial, Welding and Systems Engineering. The Ohio State University. Columbus Ohio 43210, 2004.

KOSAKA, Gilberto I. O tempo *takt* na Toyota do Brasil. **Lean Insitute Brasil**, Porto Alegre, jan. 2005. Disponível em <http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_22>. Acesso em out. 2005.

LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota – 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUCERO, Adrian G. R. **Um Método de Otimização para a Programação da Manufatura em Pequenos Lotes**. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de mestre em engenharia mecânica, Florianópolis- Brasil, Fevereiro, 2001.

LUCERO, Adrian.G.R. **Um método para desenvolvimento de medidas de desempenho como apoio à gestão de sistemas de manufatura**. Tese de Doutorado submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de doutor em engenharia mecânica, Florianópolis- Brasil, Maio, 2006

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.

Maskell, B. and Baggaley, B. (2004), **Practical Lean Accounting – A Proven System for Measuring and Managing a Lean Enterprise**. Productivity Press, New York, NY, 2004.

MATOS, Kelma S. L.;VIEIRA, Lerche S. **Pesquisa educacional: o prazer de conhecer**. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2001.

Miyai, J. The redesign of Japanese management systems and practices, **APO Productivity Journal**, Summer, pp. 2-11, 1995.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção**. 1ed. São Paulo: IMAM, 1984.

MORESI, Eduardo Amadeu Dutra. **Delineating the value of the information system of an organization**. Vol.29, no.1, p.14-24. ISSN 0100-1965, Ci. Inf., abr. 2000.

MOURA JÚNIOR, Armando. N. C. de. **Novas tecnologias e sistemas de administração da produção – análise do grau de integração e informatização nas empresas catarinenses**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

MUEHRCKE, Phillip; MUEHRCKE, Juliana., **Map Use: Reading, Analysis and Interpretation**. Madison, WI: JP Publications, 1992.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PANIZZOLO, Roberto. Applying the lessons learned from 27 *lean* manufacturers. The relevance of relationships management. **International journal of production economics**. Veneza, Itália, vol. 55, p.223-240, mar. 1998.

PLENERT, Gerhard J. Three Differing Concepts of JIT. Production and Inventory. **Management Journal**, p. 1-2, Second Quarter, 1990.

POJASEK, Robert B. Mapping information flow the production process. **Environmental Quality Manager**. South Carolina, vol.13, n.3; p.89, mar.-mai, 2004.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo – um guia de ação para gerentes engenheiros e associados da produção**. São Paulo: *Lean* Institute Brasil, 2002.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: *Lean* Institute Brasil, 2003.

ROULEAU, Bernard. **Basic Cartography for Students and Technicians**. London; New York: Published on behalf of The International Cartographic Association by Elsevier Applied Science Publishers; Distributed by Pergamon Press, Vol. 1, pp. 65-91, 1993.

SCHONBERGER, Richard J. **Fabricação Classe Universal: As Lições de simplicidade aplicadas**. São Paulo: Pioneira, 1988.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de Produção com estoque zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas**. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 1996b.

SHOOK, John; MARCHWINSKI, Chet. **Léxico *Lean* – Glossário ilustrado para praticantes do pensamento *lean***. 1 ed. São Paulo: *Lean* Institute Brasil, 2003.

SIMÃO, Luiz A. P. M. **Estruturação das lições aprendidas na implantação da produção enxuta na Alcoa de Poços de Caldas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de ciências exatas e tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Editora Atlas, São Paulo, 1996.

SPEAR, Steven; BOWEN, H Kent. Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção. **Havard Business Review**, set.-out.1999.

SUZAKI, Kiyoshi. **The new manufacturing challenge: Techniques for continuous improvement**. New York, NY: The Free Press, 1987.

VAN WEGEN, Bert; DE HOOG, Robert. Measuring the economic value of information systems. **Journal of Information Technology**, v. 11, n. 3, p. 247-260, set. 1996.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. **Manufacturing planning and control systems**. 4ed. USA: McGraw-Hill, 1997.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

WILLIAMSON, Peter; ZENG, Ming. **HSM Management**. São Paulo, vol. 6, n.53, ano 9, nov/dez, 2005.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o desperdício e crie Riqueza**. 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, James P. Value Stream Mapping. **Manufacturing Engineering**, Dearborn, vol.136, n.5, p. 145, mai. 2006.

WOOD, Denis. **The Power of Maps**. New York: Guilford Press, 1992.

ANEXO - ÍCONES DO MAPA DA CADEIA DE VALOR

Os ícones e símbolos para mapear os estados atual e futuro estão divididos em três categorias: Fluxo de Material (Tabela 29), Fluxo de Informação (Tabela 31) e Ícones Gerais (Tabela 30).

Tabela 29 - Ícones e Símbolos de Material (Adaptado de Rother & Shook, 1999)

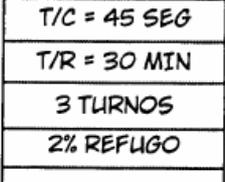
Ícones de Material	Representação	Notas
	Processo de Produção	Uma caixa equivale a uma área do fluxo contínuo. Todos os processos devem ser rotulados. A caixa também é usada para departamentos como o controle de produção.
	Fontes externas	Usada para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção internos.
	Caixa de dados do processo	Usada para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, etc.

Tabela 29 - Tabela 7 (Cont.) - Ícones e Símbolos de Material

	Estoque	Quantidade e tempo devem ser anotados.
	Caminhão de entrega	Anotar a frequência das entregas.
	Movimento de materiais da Produção empurrada	Identifica movimentos de material que são empurrados pelo produtor, não puxados pelo cliente (o processo seguinte).
	Movimento de produtos acabados para o cliente	Também mostra movimentos de matéria-prima e componentes do fornecedor se eles não são empurrados.
	Supermercado	
	Puxada física	Materiais puxados de um supermercado.
<p data-bbox="325 1588 512 1688"><u>max 20 peças</u> FIFO</p>	Transferência de Quantidade Controladas de material entre processos em uma sequência “primeiro a entrar— primeiro a sair”	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material (FIFO) entre os processos. A quantidade máxima deve ser indicada.

Tabela 30 - Tabela 8 - Ícones e Símbolos Gerais (Adaptado de Rother & Shook, 1999)

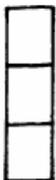
Ícones de Gerais	Representação	Notas
	Necessidade de <i>Kaizen</i>	Destaca as melhorias críticas necessárias em processos específicos. Pode ser usada para planejar os workshop kaizen.
	Perdas	Identifica as sete perdas.
	Estoque de segurança ou Pulmão	“Pulmão ou estoque de segurança” deve ser anotado.
	Operador	Representa uma pessoa vista de cima.

Tabela 31 - Tabela 9 - Ícones e Símbolos de Informação (Adaptado de Rother & Shook, 1999)

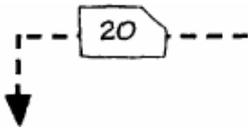
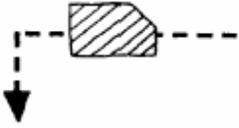
Ícones de Informação	Representação	Notas
	Fluxo de informação manual	Por exemplo: Programação da produção Programação da entrega
	Fluxo de informação Eletrônica	Por exemplo via EDI20
	Informação	Descreve um fluxo de Informação.
	Kanban de produção (linhas pontilhadas indicam o fluxo do kanban)	Diz à um processo quanto do que pode ser produzido e dá permissão para fazê-lo.

Tabela 321 - Tabela 9 (Cont.) - Ícones e Símbolos de Informação

	Kanban de retirada	Diz quanto do que pode ser retirado e dá permissão para fazê-lo.
	Kanban de sinalização	Kanban usado com processos em lote (ex.: estamperia) que sinaliza quando o ponto de fazer o pedido foi alcançado e um outro lote precisa ser produzido.
	Posto de kanban	Local onde o kanban é coletado e mantido para transferência.
	Nivelamento de carga	Ferramenta para nivelar o volume e mix de kanbans durante um período de tempo especificado.
	Bola para puxada sequenciada	Dá permissão para produzir uma quantidade e tipo pré-determinados.
	Programação da produção "vá ver"	Ajuste da programação com base na verificação dos níveis de estoque. Não é uma puxada verdadeira. Usado nos diagramas do estado atual.