

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR RENATO A.
FAGUNDES E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 26 / 02 / 07


ORIENTADOR
Prof. Dr. ANTONIO BATOCCHIO
Matricula 176982
DEF/FEM/UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

“Implementação de um processo cadenciador na
fabricação de circuitos impressos rígidos”

Autor: Renato Alexandre Fagundes
Orientador: Prof. Dr. Antônio Batocchio

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

“Implementação de um processo cadenciador na fabricação de circuitos impressos rígidos”

Autor: Renato Alexandre Fagundes
Orientador: Prof. Dr. Antônio Batocchio

Curso: Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica
Área de concentração: Planejamento e Gestão Estratégica da Manufatura

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2007
SP - Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

F139i	Fagundes, Renato Alexandre Implementação de um processo cadenciador na fabricação de circuitos impressos rígidos. / Renato Alexandre Fagundes. -- Campinas, SP: [s.n.], 2007. Orientador: Antônio Batocchio Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. 1. Células de fabricação. 2. Engenharia de produção. 3. Fluxo de valor. 4. Controle de produção. 5. Balanceamento de linha de montagem. I. Batocchio, Antônio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.
-------	--

Titulo em Inglês: Implementation of pacemaker process at printed circuit board manufacturing

Palavras-chave em Inglês: Lean manufacturing, Value stream mapping, Takt time, OBC

Área de concentração: Planejamento e Gestão Estratégica da Manufatura

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Olívio Novaski, Dario Ikuo Miyake

Data da defesa: 26/02/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

Trabalho Final de Mestrado Profissional

“Implementação de um processo cadenciador
na fabricação de circuitos impressos rígidos”

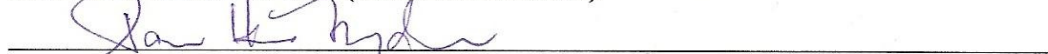
Autor: Renato Alexandre Fagundes
Orientador: Prof. Dr. Antônio Batocchio



Prof. Dr. Antônio Batocchio (FEM-UNICAMP)



Prof. Dr. Olívio Novaski (FEM-UNICAMP)



Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake (Poli-USP)

Campinas, 26 de Fevereiro de 2007

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos que sempre me apoiaram.

Agradecimentos

A minha esposa Regina que durante todos estes anos de estudo esteve sempre ao meu lado me incentivando e estimulando em todos os momentos de minha vida.

Aos meus filhos Caio e Igor por terem compreendido e aceitado os vários finais de semana em que não passamos juntos.

A todas as empresas em que trabalhei durante os mais de vinte anos de trabalho e que proporcionaram o meu crescimento profissional.

Aos amigos João Eduardo Souza Silva e Fernando Guerra, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

A todos os professores e colegas do curso de Mestrado Profissional pela troca de experiência profissional e pela convivência dos dois anos de estudos.

Em especial ao meu Orientador Professor Dr. Antônio Batocchio que acreditou no meu trabalho e pelo apoio dado para que o mesmo pudesse ser terminado.

O trabalho espanta três males:
O vício, a pobreza e o tédio.
Voltaire

Resumo

FAGUNDES, Renato A. *Implementação de um processo cadenciador na fabricação de circuitos impressos rígidos*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 117p. Dissertação (Mestrado Profissional)

Este trabalho tem como objetivo a implementação de um processo cadenciador (ou puxador) na linha de produção de uma indústria fabricante de placas de circuito impresso rígidas, focando principalmente na implantação de um sistema cadenciador para que o fluxo de produção flua de uma maneira cadenciada e limpa para atender uma determinada família de produtos de placas de circuito impresso rígido (não metalizadas “simples face” e metalizadas “dupla face”). A montagem da célula de produção para o estudo foi desenvolvida a partir da análise da técnica de mapeamento de fluxo estendido para se obter a melhor produtividade do sistema e atender as demandas do cliente final. A existência de algumas formas de variabilidades nos tempos takt, balanceamento de operadores, tempo para troca de modelos e dimensionamento do ciclo de máquinas foram estudadas e apresentadas buscando sempre uma otimização do fluxo contínuo dentro do processo cadenciador. Através das técnicas de mapeamento de fluxo de valor foi montado um mapa de estado atual e futuro o qual nos permite visualizar de uma maneira mais clara as correções propostas.

Palavras chaves

- Manufatura enxuta, Mapeamento de Fluxo de Valor, Tempo Takt, OBC

Abstract

FAGUNDES, Renato A. *Implementation of pacemaker process at Printed Circuit Board Manufacturing*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 117p. Dissertação (Mestrado Profissional)

This work has as objective the implementation of a pacemaker process in the line of production of an industry manufacturer of rigid printed circuit board, where the major is on the implantation of a pacemaker process allowing a production flow clean and smooth for one definitive product family of the printed circuit board (not metallized "single face" and metallized "double face"). The assembly of the cell of production for the study was developed from the analysis of the technique of Mapping Stream Value to get the best productivity of the system and to take care of the demands of the final customer. The existence of some forms of variabilities like : takt time, balancing of operators, time for exchange of models and sizing of the cycle of machines had been studied and presented searching always an optimization of the continuous flow inside of the pacemaker process. Through the techniques of Mapping Stream Value from the current state to future state was mounted which in allows them to visualize in a clear way of the corrections proposals.

Key words

- Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Takt Time, OBC

Índice

Lista de figuras	xii
Lista de tabelas	xiv
Lista de gráficos	xv
Nomenclatura	xvi
 Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	 01
1.1- Objetivos do trabalho	03
1.2- Estrutura do trabalho	04
 Capítulo 2 – A EVOLUÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA, DO PENSAMENTO	
ENXUTO E DO FLUXO CONTÍNUO	06
2.1- Introdução	06
2.2- O surgimento / evolução da manufatura enxuta	07
2.3- Princípios e operação da produção / manufatura enxuta	10
2.3.1- Sistema Kanban - “O método de operação do sistema Toyota” de produção”	10
2.3.2- O J.I.T – “Just-In-Time”	13
2.3.3- JIDOKA ou “Autonomação”	15

2.3.4-	A sincronização da produção ou “Nivelamento da Produção”	17
2.4-	O pensamento enxuto	22
2.4.1-	Os “Sete desperdícios”	23
2.4.2-	Princípios do pensamento enxuto	26
2.5-	Criação de um fluxo contínuo	28
2.5.1-	A família de produtos e o fluxo contínuo / “One-Piece-Flow”	29
2.5.2-	Células de produção	32
2.5.3-	Tempo takt – “Takt-Time”	33
2.5.4-	Outras abordagens no fluxo contínuo	35
Capítulo 3 –	EVOLUÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	39
3.1-	Introdução	39
3.2-	Implementando o mapeamento de fluxo de valor	42
3.3-	Análise em ambientes com alta mixagem de produtos	45
Capítulo 4 –	APLICAÇÃO DE PRÁTICAS ENXUTAS	48
4.1-	Introdução	48
4.2-	Mapa do estado atual (“Situação inicial – o tempo takt”) versus Mapa do estado futuro (“Situação Proposta – o tempo takt”)	49
4.2.1-	Situação atual – tempo takt	49
4.2.2-	Situação proposta – tempo takt	50
4.2.2.1-	Escolha da matriz família de produtos	53
4.2.2.2-	Refinamento da família de produtos (Conteúdo do trabalho)	55
4.2.2.3-	“Takt-Time” do processo cadenciador	57
4.3-	Verificação do equipamento de suporte do processo cadenciador	59
4.3.1-	Situação atual	59

4.3.2- Situação proposta	60
1- Cálculo do tempo de ciclo para cada operação na estação de teste #Op.150 (número de equipamentos requeridos para o novo processo cadenciador)	60
2- Cálculo do up-time de 95% do equipamento de teste - operação #150	62
4.4- Cálculo do intervalo de produção e número máximo de trocas para o processo cadenciador	63
4.4.1- Proposta inicial – intervalo por semana	63
4.4.2- Proposta final – intervalo por dia	65
4.4.3- Tempo de troca “changeover time” – para um up-time de 95%	66
4.4.4- Tempo de troca “changeover time” – para um up-time de 98%	67
4.5- Verificação do fluxo unitário no processo cadenciador através do OBC – “Operator Blance Chart”	68
4.5.1- “OBC” – Proposta estado atual	70
4.5.2- “OBC” – Proposta estado futuro	71
4.6- Balanceamento do ciclo de máquinas	74
4.7- Dimensionamento do FIFO no processo cadenciador	76
4.8- Mapa do estado futuro com o processo cadenciador	78
4.9- Considerações finais	78
Capítulo 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	86

Lista de Figuras

Figura 2.1	Amostra de Kanban	10
Figura 2.2	Estrutura do Sistema Toyota de Produção	17
Figura 2.3.a	Evolução do sistema enxuto	20
Figura 2.3.b	Evolução do sistema enxuto	21
Figura 2.4	Os Sete desperdícios segundo Taping et al.	23
Figura 2.5	Processamento em fluxo contínuo – One piece flow	30
Figura 2.6	Célula de produção em formato “U”	32
Figura 2.7	Definição / Equação do Tempo Takt	34
Figura 2.8	Tempo de ciclo x Tempo Takt	35
Figura 3.1	Interação entre fluxo de informação e fluxo de material	41
Figura 3.2	Etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor	43
Figura 3.3	Exemplo da técnica de mapeamento do fluxo de valor	45
Figura 4.1	Matriz família de produtos (processos compartilhados/dedicados)	53

Figura 4.2	Caixa de processo Op.#150 – Estação de Teste – estado atual	60
Figura 4.3	Equação do número de equipamentos requeridos para o processo Cadenciador	61
Figura 4.4	Caixa de processo Op.#150 – Estação de Teste – estado futuro	63
Figura 4.5	Caixas do processo cadenciador	77

Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Funções do Kanban x Regras para utilização	12
Tabela 2.2	Matriz família de produtos	30
Tabela 2.3	Determinação do número de operadores em uma célula	37
Tabela 4.1.a	Demanda diária (limite) de PCB's	51
Tabela 4.1.b	Demanda semanal produto PCB's	52
Tabela 4.2	Matriz família de produtos focada (processos dedicados)	54
Tabela 4.3	Famílias A e B da PW Brasil	55
Tabela 4.4	Matriz com os tempos de cada produto da família de produtos PCB's	56
Tabela 4.5	Demanda dos produtos família A (semanal e diária)	58
Tabela 4.6	Cálculo do tempo de ciclo do produto na estação de teste	61
Tabela 4.7	Planejamento para intervalo de 01 semana (semanal)	64
Tabela 4.8	Planejamento para intervalo de 01 dia (diário)	65
Tabela 4.9	Carga de trabalho por estação no processo cadenciador	69
Tabela 4.10	Cálculo do Tempo de Ciclo x Demanda diária para o AWCT	74

Lista de Gráficos

Gráfico 4.1.a	Gráfico troca para um up-time de 95% na estação #Op.150	67
Gráfico 4.1.b	Gráfico troca para um up-time de 98% na estação #Op.150	68
Gráfico 4.2.a	OBC para estado atual – produtos Santana/Gol/AB9 Gol MY03 F-Series/Tupy	70
Gráfico 4.2.b	OBC para estado atual – produtos Toyota/Honda FIT	71
Gráfico 4.3.a	OBC para estado futuro produtos Santana/Gol AB9/Gol MY03 F-Series/Tupy	72
Gráfico 4.3.b	OBC para estado futuro para produtos Toyota/Honda FIT	73
Gráfico 4.4	Gráfico estação de teste com balanceamento da máquina	75

Nomenclatura

Siglas e Palavras estrangeiras

AWCT (Average Weighted Cycle Time) – Tempo de Ciclo Médio

Bakayoke – À prova de erros

Changeover time (Tempo de Troca de Modelo) – Processo de mudança da produção de um produto para outro em uma máquina com a troca de peças e matrizes.

CNC – Control Numeric Center (Centro de Controle Numérico)

Complexo Rouge – Fábrica da Ford Motor Company em Dearborn, MI - USA

Core Tool – Ferramenta principal

DBO / OBC – Diagrama de balanceamento de Operador / Operator Balance Chart

Door-to-Door – Porta a porta

Dry-Film (Filme seco) – Resina fotosensível utilizada na confecção de circuito impresso.

HAL (Hot Air Leveling) – Sistema de nivelamento horizontal à base de ar quente, que permite um revestimento uniforme de estanho na placa de circuito impresso.

Heijunka – Nivelamento

JIT (Just In Time) – Na hora certa (Sistema de Produção)

Kaizen – Melhoria contínua

Kanban – Sinal/Etiqueta (dispositivo sinalizador para a produção)

Lay out – Disposição física

Lead Time – Tempo de entrega

Lean Manufacturing - Manufatura Enxuta

MFV - Mapeamento Fluxo de Valor

Mix – Mistura

Muda – Desperdício em “japonês”

Multilayer – Multicamadas (processo de fabricação de circuitos impressos rígidos)

One-Piece-Flow Process – Processo de fluxo unitário

Part Numbers – Número das partes/peças (identificação)

PCB – Printed Circuit Board (placa de circuito impresso)

PCI – Placa de circuito impresso

PCT (Planned Cycle Time) – Tempo de ciclo planejado

PTH (Pin Through Hole) – Componente de terminal metálico para montagem em placas de circuito impresso.

Set up – Tempo necessário para realizar uma troca

Silk-screen – Serigrafia

STP – Sistema Toyota de Produção

Takt Time – Tempo disponível para a produção

Toyota's Operation Management Consulting Division in Japan – Centro de Gerenciamento no Japão para Gerenciamento e Consulta das Operações

Toyota Supplier Center – Centro de Fornecimento da Toyota

Up-Time – Medida do tempo onde um sistema computadorizado é ligado e começa a funcionar.

VSM (Value Stream Mapping) – Mapeamento Fluxo de Valor

WIP (Work In Process) – Peças boas em processo

Capítulo 1 – Introdução

Nos últimos 60 anos temos presenciado uma mudança intensa no que diz respeito aos níveis de produção principalmente nas técnicas utilizadas na fabricação de peças para o segmento automotivo. Cada vez mais Engenheiros e Administradores vêm estudando e aprofundando seus conhecimentos sobre a manufatura de produtos de uma forma mais enxuta para a satisfação plena dos clientes que com o passar dos anos ficaram cada vez mais críticos e exigentes.

Desta forma abriu-se um campo enorme na manufatura de produtos cada vez mais competitivos num mundo globalizado principalmente no ramo automobilístico fazendo com que novas técnicas florescessem de uma forma muita mais rápida a fim de transformar matéria prima em produtos finais de uma forma muito diferente com que os antigos manufatureiros estavam acostumados, ou seja; uma forma mais limpa e enxuta de se produzir produtos para o mercado consumidor.

Nos anos 20 o Fordismo defendia arduamente o trabalho repetitivo, o trabalho dedicado à produção em massa, gerando com isto um produto mais acessível ao grande público, ou seja; um automóvel que poderia ser adquirido pela classe média americana.

Ano após ano, esta foi a tese defendida pelos estudiosos de que a Ford havia inventado um sistema de produção infalível, à prova de todos os contratemplos que poderia ocorrer.

Porém no início dos anos 40 um jovem engenheiro japonês chamado Taiichi Ohno (1912-1990) em visita à planta da Ford nos Estados Unidos da América mais precisamente na cidade de Dearborn, Michigan no chamado “*Complexo Rouge*”, pode observar que poderia fazer algo que não gerasse tanto desperdício e que fosse feito de uma maneira mais racional e muito mais flexível.

Nasce daí a idéia de “Manufatura / Processo Enxuto”, mais racional na sua maneira de se produzir um lote de determinado produto, “mais precisamente um automóvel”. Através de técnicas de manufatura denominadas e conhecidas mais tarde de “*Lean Manufacturing*” ou “Manufatura Enxuta”, a Toyota Motor Company (empresa onde Taiichi Ohno trabalhava) pôde despontar como um grande fabricante de automóveis e de um modo excepcional tornou-se motivo de estudos no ocidente através do seu método de produção enxuto denominado “S.T.P” (Sistema Toyota de Produção).

Logo no início dos anos 80 o mundo ocidental da gestão da produção sofre um forte abalo: os princípios de manufatura aplicados desde os anos 20 da era Ford (produção em massa ou produção empurrada) foram tombados e deram lugar às técnicas oriundas do Japão, mais precisamente as técnicas adotadas pela Toyota Motor Company com o seu “S.T.P”.

Atualmente o Sistema de Manufatura Enxuto está se difundindo de uma maneira muito rápida por todos os segmentos da produção não só na indústria automotiva como também em vários outros segmentos da produção (alimentício prestação de serviços, educação, saúde e etc.).

Um assunto que vem preocupando os estudiosos da área é justamente o incremento na produção, ou seja, o quanto ficou complexo as operações fabris no que diz respeito ao cumprimento dos prazos e entrega na hora marcada pelo cliente mesmo se tendo um ambiente complexo e com alta variação na produção.

Neste ambiente foram estudadas técnicas de análise destes fatores preocupantes tais como: excesso de produção; atendimento à demanda do cliente, nivelamento da produção, entrega na hora certa e outras mais que serão apresentadas neste estudo. Para este estudo / análise lançamos mão do mapeamento de fluxo de valor dentro do âmbito da manufatura enxuta com alta variação no planejamento da produção, ou seja, análise de modelo de produção com alta variação na demanda.

Diante deste fato, o referido trabalho tem o intuito de levantar estas questões bem como discuti-las nesta dissertação sobre quais metodologias a serem aplicadas nestes ambientes complexos e mistos (alto volume versus a alta complexidade de produtos), e para isto foi escolhida para este estudo em questão uma indústria eletrônica fabricante de circuitos impressos em dupla face e multicamadas fornecedora para empresas sistemistas do ramo automotivo, telecomunicações, linha branca e entretenimento para efeito do estudo de caso. Portanto, esta dissertação foi desenvolvida dentro do escopo acima.

1.1 Objetivos do Trabalho

No início deste trabalho, foi delimitado como objetivo o seguinte escopo:

- ✓ Estudar o desenvolvimento de programas de remessa de uma grande empresa multinacional do ramo sistemista automotivo para com os seus fornecedores locais, e de como esta estrutura de fornecimento funciona e quais as implicações destes fornecedores em supri-la diante das mudanças constantes no seu mix de produção;
- ✓ Delimitar os fatores positivos e negativos desta situação complexa de fornecimento entre a multinacional e seus fornecedores locais através da análise do mapeamento de fluxo estendido;
- ✓ Aplicar nesta análise os conceitos de manufatura enxuta e mapeamento do fluxo de valor.

Durante a preparação deste trabalho os fatores relativos aos conceitos de mixagem de produtos em alta escala de produção bem como os meios e técnicas para se atingir o nivelamento ideal da produção sem detrimento da capacidade produtiva e do atendimento ao cliente sem falhas nas entregas, motivaram o pesquisador a seguir na exploração do tema (“Mixagem / Nivelamento e Mapeamento do fluxo de produção”) e das técnicas de implementação em ambiente de produção complexo, tanto que; para isto os novos objetivos do trabalho são os descritos a seguir:

- ✓ Aplicar e implementar as técnicas de mapeamento de fluxo para ambiente com alta mixagem de produtos;
- ✓ Analisar as variações existentes nestes ambientes complexos de acordo com a solicitação dos programas de remessa encontrados;
- ✓ Propor novas formas de análise destes ambientes complexos com exemplos comentados bem como propor novos *lay-outs* no mapa de fluxo.

1.2- Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está estruturada em 05 capítulos, cujos conteúdos estão descritos a seguir:

Capítulo 1: Breve introdução à Manufatura Enxuta e ao Mapeamento de Fluxo de Valor, os objetivos iniciais que seriam estudados neste trabalho e os que foram adotados para finalização desta dissertação.

Capítulo 2: Evolução da Manufatura Enxuta, do Pensamento Enxuto e do Fluxo Contínuo de Produção. Serão apresentados os princípios, as ferramentas e as técnicas utilizadas para a análise de processos produtivos.

Capítulo 3: Evolução do Mapeamento do Fluxo de Valor e do Fluxo de Valor para Modelos Mistos. Apresentação dos elementos utilizados para análise e implementação do fluxo de valor em ambientes de alto volume de produção (“Alta Mixagem de Produtos”).

Capítulo 4: Análise do Estudo de Caso, que irá tratar da implementação das técnicas de análise de fluxo em ambientes altamente mixados. Será apresentado um caso de análise de uma empresa do ramo eletro-eletrônica (fabricante de circuitos impressos rígido de dupla face e multicamadas) bem como as melhores implementações possíveis a fim de melhorar a produtividade e eficiência da empresa.

Capítulo 5: Conclusões sobre o presente trabalho, bem como recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

A Evolução da Manufatura Enxuta, do Pensamento Enxuto e do Fluxo Contínuo de Produção

2.1 - Introdução

Neste capítulo serão apresentados os conceitos que levaram a evolução da Manufatura Enxuta ou “*Lean Manufacturing*” como ficou mais conhecida nos ambientes fabris de todo o mundo. Os princípios do Sistema Enxuto [Ohno, 1988] e [Womack, 1998], serão expostos e analisados no decorrer deste capítulo para que fiquemos familiarizados com os mesmos e também com a sua contribuição para o moderno sistema de manufatura que algumas organizações ocidentais vêm adotando desde que os mesmos foram revelados ao mundo através da Toyota Motor Company no seu já conhecido e divulgado Sistema Toyota de Produção ou simplesmente “S. T. P”.

Em seguida serão apresentados os princípios que norteiam o Mapeamento do Fluxo de Valor [Rother e Shook, 1999] na cadeia produtiva e as principais ferramentas e passos para sua implementação na área fabril.

Por fim, será apresentada a revisão bibliográfica sobre “Modelos Mixados de Fluxo de Valor” e a caracterização dos mesmos para o aumento da produtividade e para o correto balanceamento do fluxo de produção neste ambiente.

2.2- O Surgimento / Evolução da Manufatura Enxuta ou “Lean Manufacturing”

O termo “ENXUTO” se aplica à produção ou manufatura. Este termo foi utilizado pela primeira vez pelo pesquisador do IMPV (International Motor Vehicle Program – Programa Internacional de Veículos Automotores coordenado pelo MIT – Massachusetts Institute of Technology), que significa: utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa [Womack, 1992]. Talvez o mais importante para se relatar neste momento sobre produção enxuta é o fato de sempre estar querendo almejar a busca pela perfeição, ou seja, custos baixos, lotes pequenos, ausência de itens defeituosos em processo e no cliente e, por fim, a redução do estoque.

O início do surgimento da Produção Enxuta deu-se quando um jovem Engenheiro Japonês chamado Eiji Toyoda resolveu fazer uma peregrinação de três meses na fábrica do complexo Rouge da Ford na cidade de Detroit nos Estados Unidos da América. Desta data em diante muita coisa mudaria na companhia fundada pelos seus pais a Toyota Motor Company. Após exaustivas análises e pesquisas do modelo Ford de produção, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno chegaram à conclusão de que os métodos adotados por Ford em sua fábrica no Complexo Rouge em Detroit não poderiam ser adotadas pelas indústrias manufatureiras do Japão devido a diversos fatores particulares da indústria japonesa tais como: baixo volume e modelos variados de automóveis o que não era comum no sistema implementado por Ford e também na própria economia do país. Surgia daí a nova necessidade de um novo enfoque no sistema de produção.

Taiichi Ohno começou, então, a realizar estudos e experimentos permanentes sobre como fazer com que o seu programa de produção fosse mais eficiente do que o implementado por Ford

e, para isto, em conjunto com Eiji Toyoda os dois começaram a fazer experimentos no chão de fábrica com algumas prensas adquiridas nos Estados Unidos da América, no final dos anos 40.

A prática ocidental dominante exigia centenas de prensas para todas as peças das carrocerias de carros e caminhões, enquanto que o orçamento de Taiichi Ohno exigia que todo o carro fosse estampado em umas poucas linhas de prensas [Womack, 1992].

O que realmente estava em estudo eram os tempos de trocas das séries, pois no modelo criado por Ford estes tempos eram extremamente longos e as trocas exigiam pessoas especializadas neste tipo de operação. Para se ter idéia destes tempos no complexo Rouge da Ford, o tempo de troca de uma série para outra era de 24 horas. Este tempo era extremamente longo para que pudesse ser implementado na fábrica da Toyota no Japão, uma vez que as condições econômicas, já citadas acima, não permitiam tal implementação.

Diante de tais entraves, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda decidiram então que o correto e mais perto da realidade da Toyota seria implementar técnicas mais simples de troca de séries e fazer isto de uma forma mais freqüente, ou seja, a cada duas ou três horas, utilizando-se para isto carrinhos para transportar os moldes para as suas posições e mecanismos de ajustes mais simples do que os utilizados no Complexo Rouge. Ao contrário do que acontecia com as grandes empresas localizadas em Detroit, Taiichi Ohno teve a idéia de aproveitar a própria mão de obra da Toyota utilizando operadores que ficavam ociosos durante as trocas dos moldes. Já no final dos anos 50, Taiichi Ohno já dominava plenamente a troca de seus moldes baixando o tempo inicial de 24 horas para exatamente 3 minutos. Durante todo este processo de aprendizado e de tentativas de reduções do tempo de trocas, Taiichi Ohno fez uma descoberta importante e totalmente inesperada: o custo por peça prensada era menor na produção de pequenos lotes do que no processo utilizado por Ford, ou seja, os de grande lotes de produção.

O sistema então desenvolvido e implementado por Shigeo Shingo (1909-1990) na Toyota seria o mais econômico devido a dois fatores primordiais:

- ✓ Lotes pequenos eliminavam custos adicionais de estoque;
- ✓ A produção de pequenos lotes faz com que os erros apareçam de uma forma mais rápida, ou seja, evita-se o desperdício de peças defeituosas no processo.

Os dois fatores acima fizeram com que os operadores da seção de estampagem se preocupassem bem mais com a qualidade eliminando o desperdício no grande número de peças com defeito. Para que isto realmente acontecesse, Taiichi Ohno deveria contar com funcionários não só qualificados, mas também altamente motivados.

O S.T.P teve seu início numa busca incessante do Presidente da Toyota Motor Company - Sr. Kiichiro Toyoda (1894-1952) em alcançar os Estados Unidos da América em apenas três anos, caso contrário a indústria automotiva do Japão não sobreviveria [Ohno, 1988]. Havia algo que os japoneses estavam desperdiçando de alguma forma e se este desperdício fosse contido eles poderiam aumentar a produtividade e com isto alcançar ou até mesmo passar os Estados Unidos da América.

Diante desta situação de quase impossibilidade de se atingir os patamares fabris e de qualidade das indústrias americanas é que surgiu o Sistema Toyota de Produção ou simplesmente S.T.P, sistema este baseado principalmente na luta contra o desperdício na produção, por tempos cada vez mais curtos de troca entre as séries e na alta flexibilidade para se atender os clientes.

Na produção automotiva a matéria prima é transformada em um determinado componente e este flui na direção de uma montagem final, ou seja, o material flui de um processo inicial para um processo final até formar por completo um automóvel.

Analisando este processo de produção sobre uma nova ótica, ou seja, do final da montagem para o início do processo, o processo final vai até o processo inicial para pegar somente as peças de que ele necessita para realizar a montagem do referido produto na hora certa e na quantidade necessária. Este fato nos mostra que o processo anterior ou inicial irá fabricar somente o número de componentes utilizados pelo processo subsequente ou posterior.

Entre estes processos haverá então a necessidade de comunicação entre eles para que sejam retiradas e produzidas somente o que foi utilizado, surge então um sistema sinalizador para os processos de produção chamado de *KANBAN*.

2.3 – Princípios e Operação da Produção / Manufatura Enxuta

2.3.1- Sistema KANBAN - “O Método de Operação do Sistema Toyota de Produção”

Um *KANBAN* (etiqueta) é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária à retirada da mercadoria ou componente [Ohno, 1988].

Uma outra definição para *KANBAN*: “O *kanban* é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. Os cartões *kanban* são os exemplos mais conhecidos e comuns de sinalização” [Shook, 2003].

Hora da Entrega 10:30  Fundação Ohashi Prateleira nº 1 – Embaixo	Área de Estocagem A 1 - 1 Número do Item 53018-60011 Nome do Item Linha de pressão do radiador 21 Kanban de pedido de peças	Identificação Usado em: FJ Carro tipo: (I) Tipo de caixa Especial Capacidade da caixa 30	Fábrica Central da Toyota Motors Montagem nº 2 50
---	---	--	---

Quando a *Ohashi Iron Works* (Fundação Ohashi) entrega peças à fábrica central da *Toyota Motors*, eles usam este *kanban* de pedido de peças para subcontratantes. O número 50 representa o número do portão de recebimento da Toyota. A vareta é entregue à área de estocagem A. O número 21 é o número de controle de item para as peças.

Figura 2.1 - Amostra de cartão *kanban* [Ohno, 1988]

Com frequência, são simples cartões de papelão, às vezes protegidos por envelopes de plástico contendo informações como o nome da peça, número da peça, fornecedor externo ou processo fornecedor interno, local de armazenamento e o local do processo de consumo. Pode-se adicionar ao mesmo um código de barras com a finalidade de permitir uma rastreabilidade ou uma cobrança automática.

Segundo Ohno [1988], neste pedaço de papel dentro deste envelope de vinil retangular a informação pode ser dividida em três categorias:

- ✓ Informação de coleta;
- ✓ Informação de transferência;
- ✓ Informação de produção.

De acordo com Shook [2003], outras configurações de *kanban* podem ser adotadas tais como:

- ✓ Placa triangular de metal
- ✓ Bolas coloridas
- ✓ Sinais eletrônicos
- ✓ Ou qualquer outro dispositivo que forneça as informações necessárias, evitando a entrada de instruções erradas.

Qualquer que seja a sua forma, o *kanban* tem duas funções primordiais em uma operação de produção: (1) instruir os processos para a fabricação dos produtos (também chamado *kanban* de produção) e (2) instruir os movimentadores de carga para moverem os produtos (conhecido como *kanban* de retirada).

O *kanban de produção* informa a um processo fluxo acima que tipo e em que quantidade o produto deve ser produzido para atender a um processo fluxo abaixo. Já um *kanban de retirada* autoriza a movimentação das peças em direção a um processo fluxo abaixo. Frequentemente este

tipo de *kanban de retirada* possui duas formas: (1) *kanban* interno – para a retirada de um processo interno e (2) *kanban* de fornecedor - para a retirada de um fornecedor externo.

Normalmente os dois *kanbans* (o de produção e o de retirada) devem sempre trabalhar em conjunto para que se crie um sistema de produção puxado.

Segundo Ohno [1988] existem algumas regras que devem ser seguidas para a correta utilização do *kanban*. Tais regras podem ser vistas na Tabela 2.1 relacionadas também com as principais funções:

Tabela 2.1 – Funções do Kanban X Regras para Utilização

Funções do Kanban	Regras para Utilização
1- Fornecer informação sobre apanhar e transportar.	1- O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo <i>kanban</i> no processo precedente.
2- Fornecer informação sobre a produção.	2- O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas no <i>kanban</i> .
3- Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	3- Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>kanban</i> .
4- Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.	4- Serve para afixar um <i>kanban</i> às mercadorias.
5- Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.	5- Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6- Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques.	6- Reduzir o número de <i>kanbans</i> aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Toda esta sistemática de implantação do *kanban* foi retirada das observações do Sr. Taiichi Ohno dos supermercados americanos no ano de 1956 quando este estava em visita aos Estados Unidos da América.

Todo este processo acima descrito como sistema *kanban* permite que o processo funcione de uma maneira bastante sincronizada, ou seja, cada componente e produto é montado dentro de um determinado planejamento (na hora certa e na quantidade certa) o que em outras palavras é, produzir *JUST-IN-TIME*, ou mais precisamente ter produtos acabados nas linhas de produção somente quando realmente houver a necessidade de sua produção.

2.3.2 - O J.I.T (“Just-In-Time”)

A expressão “*Just-In-Time*” foi usada pelos japoneses, mas não tem como precisar de quando realmente a mesma começou a ser utilizada. Na indústria naval a expressão já tinha sido utilizada, porém com o advento da indústria automotiva a mesma foi incorporada ao vocabulário das montadoras. Portanto, vimos que o termo já era conhecido bem antes das publicações que notabilizaram o “*J.I.T ou Just-In-Time*” como sendo um desenvolvimento exclusivo da Toyota Motor Company. Porém, Taiichi Ohno, afirma que o conceito tenha surgido nos anos de 1930 das idéias do Sr. Kiichiro Toyoda fundador da Toyota Motor Company, de que, numa indústria automotiva o ideal era se ter todas as peças ao lado da linha de montagem no momento exato de sua utilização. Entretanto Taiichi Ohno deu seus primeiros passos em direção ao J.I.T, na prática, em 1949-50.

De acordo com Ghinato [2000], “*Just-In-Time*” ou simplesmente “*J.I.T*” significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo.

Just-in-time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária Ohno [1988].

“Finalmente, Ohno desenvolveu uma maneira de coordenar o fluxo de peças no sistema de suprimentos, o famoso *just-in-time* (na hora certa), Womack [1992]”.

O maior objetivo do “*Just-In-Time*” é identificar, localizar e eliminar os desperdícios para atingir a melhor qualidade possível, o menor custo de produção, o menor tempo para se produzir e o menor prazo de entrega ou “*lead time*”. Embora extremamente simples na sua concepção, o mesmo requer uma alta dose de disciplina para que seja implementado eficazmente.

O *J.I.T* baseia-se no “*heijunka*” ou nivelamento, e é formado por três elementos que estão totalmente inter-relacionados: (1) o fluxo contínuo, (2) o *takt-time* e (3) a produção puxada. Estes três fatores serão explanados nos próximos capítulos deste trabalho.

Através de técnicas do *just-in-time*, as áreas de trabalho são organizadas de maneira que assegure que cada operador irá receber o material necessário para completar as suas tarefas, no momento exato de sua utilização, Sharma e Moody [2003].

Portanto, é de consenso geral entre os estudiosos do assunto de que os principais objetivos da filosofia *J.I.T* implementada pela Toyota Motor Company são:

- ✓ Eliminação de estoques;
- ✓ Garantia do processo produtivo;
- ✓ Garantia da qualidade do processo produtivo;
- ✓ Flexibilidade na produção e no atendimento ao cliente;
- ✓ Treinamento e educação contínuos;
- ✓ Fazer produção em pequenos lotes;
- ✓ Promover a produção puxada;
- ✓ Fazer com que a manufatura seja celular;
- ✓ Integração externa e interna;
- ✓ Desenvolvimento e respeito pelas pessoas.

Para que um sistema baseado no “*Just-In-Time*” funcione exatamente da maneira como foi idealizado, toda a organização precisa ter em mente e praticar todos os dias ininterruptamente o “*Just-In-Time*”. Em outras palavras, o “*Just-In-Time*” sem dúvida nenhuma é uma filosofia ou modo de vida, não apenas uma técnica utilizada na produção.

Um outro fator que o Sr. Taiichi Ohno observou foi o fato de se dar autonomia às máquinas por meio do que ele chamou de autonomação que com o *just-in-time* vieram a formar o pilar do S.T.P.

2.3.3- JIDOKA ou “Autonomação”

A expressão “*Jidoka*” ou “Autonomação” teve sua origem numa máquina de tecer inventada pelo fundador da Toyota Motor Company Sr. Sakichi Toyoda (1867-1930) e que não deve ser confundida com a simples automação, mas sim uma automação com um toque humano.

Muitas máquinas funcionam sozinhas desde que estejam energizadas, mas as máquinas atuais possuem uma capacidade de desempenho que pequenas anormalidades, como por exemplo, a queda de um pequeno fragmento em seu interior poderia de alguma forma danificá-la, ou seja, as matrizes ou encaixes se quebram. Quando este tipo de problema ocorre, dezenas ou até mesmo centenas de peças defeituosas serão produzidas e logo teremos um acúmulo de peças defeituosas no final do processo. Com uma máquina automatizada deste tipo a produção em massa de peças defeituosas não poderá ser evitada. Neste caso podemos verificar claramente de que não existe nenhum sistema de conferência embutido na máquina para evitar tal situação.

Na Toyota Motor Company uma máquina automatizada com um toque humano é aquela que tem acoplada a ela um dispositivo de parada automática. Em todas as fábricas da Toyota Motor Company, a maioria das máquinas, sejam elas velhas ou novas, estão equipadas com estes dispositivos, bem como com vários outros, de segurança, parada de posição fixa e sistemas “*bakayoke*” à prova de defeitos para impedir produtos defeituosos. Desta forma, inteligência humana, ou um toque humano, é dado às máquinas.

Segundo Ohno [1988], a automação muda o significado da gestão. Não será necessário um operador enquanto a máquina estiver funcionando normalmente. Apenas quando a máquina pára devido a uma situação anormal é que ela recebe a atenção humana. Como resultado, um operador pode atender a diversas máquinas, tornando possível reduzir o número de operadores e aumentar com isto a eficiência da produção.

Sob um outro foco, as anormalidades jamais desaparecerão se um operador sempre tomar conta de uma máquina e ficar parado atento a ela para quando ocorrer uma nova anormalidade.

Se os materiais ou as máquinas são consertados sem que haja uma comunicação ao supervisor de operações, melhorias nunca serão atingidas. Parar a máquina, quando da ocorrência da irregularidade, faz com que todos tomem conhecimento do problema e trabalhem em equipe para que o mesmo seja sanado o mais rápido possível não prejudicando a eficiência produtiva.

Num produto como o automóvel, a segurança deve estar sempre em primeiro lugar. Portanto, em qualquer máquina, em qualquer linha de produção e em qualquer fábrica, as distinções entre operações normais e anormais devem ser claras e medidas de segurança devem ser sempre tomadas a fim de evitar a ocorrência. É por isso que a automação tornou-se o outro pilar do Sistema Toyota de Produção, Ohno [1988].

Portanto o “*Just-In-Time*” (peça certa, na hora certa) juntamente com a “Automação” ou “*JIDOKA*” (automação com um toque humano) vem a ser os dois pilares do Sistema Toyota de Produção e o método “*Kanban*” o meio pelo qual todo o Sistema Toyota de Produção flui suavemente.

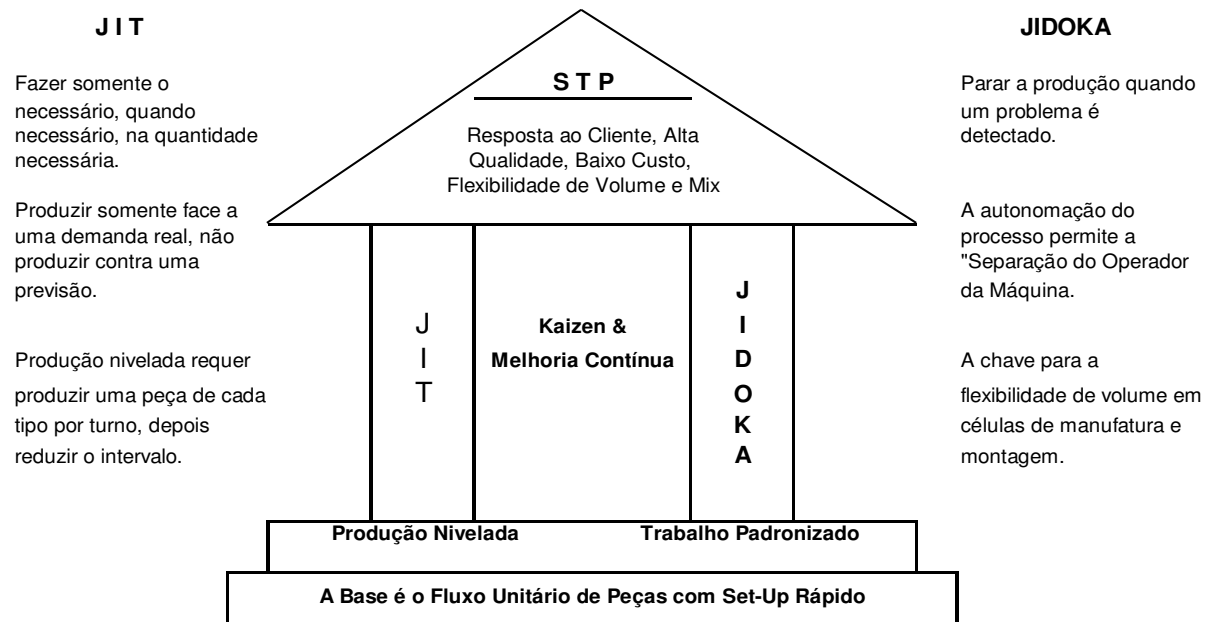


Figura 2.2 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção [Ohno, 1988]

2.3.4- A Sincronização da Produção ou “Nivelamento da Produção”

O surgimento deste tema na Toyota Motor Company advém do fato do sistema de produção não ficar totalmente dependente dos inúmeros contratempos que possam ocorrer durante a fabricação e montagem dos componentes na linha de produção.

Fatos como: falta de peça e ou componente na área de usinagem, por exemplo, acarretam contratempos na operação seguinte de uma montagem, interrompendo assim o fluxo produtivo. Operadores parados aguardando determinada peça para dar continuidade ao seu trabalho causam prejuízo, pois são tempos desperdiçados e mal administrados que não podem jamais ser recuperado numa linha de produção.

De acordo com Shook [2003], o nivelamento da produção permite que ela atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo em que evita excesso de estoque, reduz custos, reduz a mão de obra e o *lead time* de produção em todo o fluxo de valor.

“Estabelecer (1) um fluxo de produção e (2) uma forma de manter um constante suprimento externo de matérias primas para as peças a serem usinadas era o modo pelo qual o Sistema Toyota, ou japonês, de produção deveria ser operado” Ohno [1988].

A maioria das empresas acredita que programar grandes lotes de um determinado produto, pode evitar mudanças em excesso no processo produtivo (troca de matrizes), e com isto ganham produção em escala. Este conceito está totalmente equivocado se pensarmos numa produção enxuta com fluxo contínuo. As produções em grandes lotes acarretam fatores negativos tais como:

- ✓ Dificuldade no atendimento ao cliente que solicita sempre algo diferente;
- ✓ Prazos de atendimento maiores (*lead time* mais extenso acarretando estoques maiores);
- ✓ Aumento do estoque em trânsito necessário nos supermercados anteriores devido ao fato dos produtos serem consumidos em lotes.

A maneira de se evitar todos estes transtornos relacionados acima é a “Nivelção da Produção” ou “Nivelamento da Produção” como é mais usualmente conhecida.

Este nivelamento consiste basicamente em distribuir a produção de diversos produtos uniformemente durante um determinado período de tempo (ao invés de montarmos todos os carros da cor PRATA pela manhã e todos os carros da cor PRETA à tarde, montam-se estes mesmos carros alternadamente no processo, em pequenos lotes, ou seja, a produção seria planejada da seguinte forma: cor PRATA/cor PRETA/cor PRATA/cor PRETA).

O termo nivelamento da produção é também conhecido por “*HEIJUNKA*” (que em japonês significa “nivelamento”) e permite que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo evitando acúmulos nos estoques, redução de custos, redução de mão de obra e redução de prazos de entrega (ou em inglês “*lead time*”) em todo o fluxo de produção. Shook [2003]

Segundo Womack [1990], este é o principal motivo pelo qual a Toyota e todos os seus seguidores que praticam a manufatura enxuta trabalham arduamente no nivelamento da produção (*heijunka*), em que o volume total produzido de cada modelo é mantido o mais constante possível ao longo do tempo para se evitar as variações bruscas nas demandas de insumos e componentes e, por conseguinte obter reduções dos desperdícios gerados no processo. Outro motivo de se uniformizar a produção é assegurar aos seus fornecedores e parceiros no negócio um volume regular de produção. Com esta tática, seus fornecedores e parceiros podem se utilizar dos empregados e equipamentos bem mais efetivamente do que nas indústrias do Ocidente, onde são comuns súbitas mudanças em cima da hora no volume e composição dos pedidos de compras. Devido a estas mudanças abruptas, fornecedores ocidentais são obrigados a manter estoques desnecessários e capacidade extra, pois estes sentem a necessidade de se precaverem contra aumentos inesperados nas suas carteiras de fornecimento. Na Toyota os fornecedores recebem informações com certa antecedência a fim de que as mudanças solicitadas sejam processadas e

analisadas antes de se tomar qualquer atitude de fabricação. Deste modo se houver um incremento razoável nos pedidos e estes persistirem, as duas partes, cliente e fornecedor poderão se sentar e negociarem um meio termo que atenda as duas partes envolvidas no processo de manufatura.

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, foram montadas nas figuras 2.3a e 2.3b a evolução da produção enxuta.

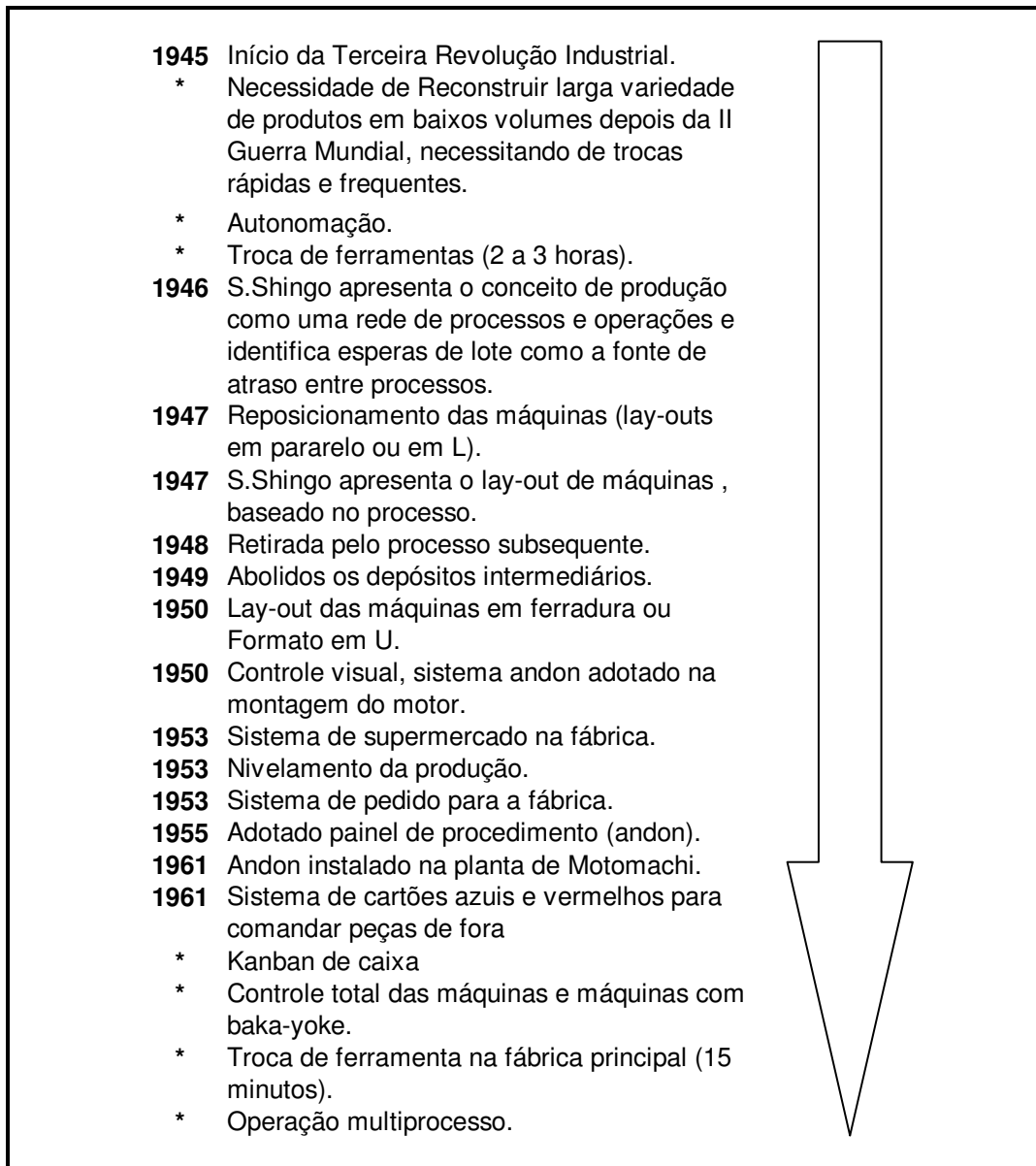


Figura 2.3a – Evolução do Sistema Enxuto

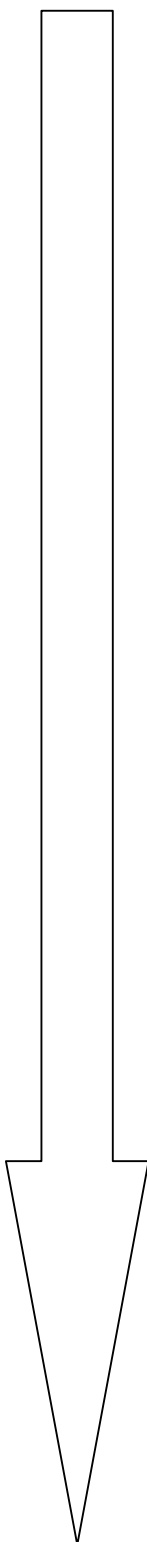
- 
- 1962** Kanban adotado em toda a fábrica.
- 1965** Adoção do kanban para comandar peças de fora, sistema de suprimento 100%, STP começa a ser ensinado as afiliadas.
- 1966** Primeira linha automatizada, fábrica de Kamigo.
- 1969** S.Shingo desenvolve troca rápida de ferramentas em menos de 10 minutos (TRF).
- 1969** S.Shingo introduz a pré-automação.
- 1971** Taiichi Ohno completa o Sistema Toyota de Produção.
- 1971** Troca de ferramenta na fábrica principal e na Motomachi (3 minutos).
- 1975** S.Shingo cria o Sistema de Produção com estoque Zero.
- 1980** S.Shingo, Estudo do Sistema Toyota de Produção sob o ponto de vista da Engenharia de Produção.
- 1981** Primeira edição em inglês do livro Estudo do Sistema Toyota de Produção de S.Shingo, é publicado no Japão.
- 1984** Edição do Sistema Toyota de Produção de Yasuhiro Monden.
- 1984** S.Shingo, Uma Revolução na Manufatura: O Sistema TRF.
- 1985** S.Shingo, Controle Zero de Qualidade: Inspeção na Fonte e o Sistema Poka-Yoke.
- 1988** É publicado o livro "O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala de Taiichi Ohno.
- 1990** Womack e Jones publicam "A Máquina que Mudou o Mundo".
- 1996** Womack e Jones publicam "A Mentalidade Enxuta nas Empresas".
- 1999** Rother e Shook - Aprendendo a Enxergar (mapeando o fluxo de valor).
- 2001** Harris e Rother lançam um guia de ação sobre "Criando Fluxo Contínuo".
- 2002** Tapping et al (Value Stream Management- Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements).
- * Womack e Jones publicam "Seeing the Whole"- Mapping the extended value stream.
- * Kevin Duggan lança um livro sobre Práticas e Técnicas Enxutas para manter a demanda - "Creating Mixed Model Value Streams".

Figura 2.3b – Evolução do Sistema Enxuto

2.4 – O Pensamento Enxuto

Conforme Ohno [1988], o Sistema Toyota de Produção, que deu origem ao que conhecemos atualmente - Manufatura Enxuta, é um método totalmente baseado na "*eliminação do desperdício*" ou "***Muda***" como o termo é conhecido em japonês. O objetivo principal desta eliminação do desperdício está ligado principalmente ao aumento da produtividade do sistema produtivo. Esta erradicação total do desperdício refere-se a todos os elementos da produção que não agregam valor algum ao produto final, mas que onera os custos de produção, acarretando com isto sistemas ineficientes e com uma alta taxa de ineficiência embutida no preço final que irá se refletir diretamente no cliente que não está disposto a pagar por tal acréscimo.

Todo este custo excedente que não agrega valor algum no produto final deve ser combatido de uma forma bastante radical onde o envolvimento de todos os operários e da alta administração é de primordial importância. Todos de uma maneira geral deverão receber treinamentos para poderem identificar os desperdícios em suas áreas e com isto contribuir de uma forma racional na eliminação de tais valores desnecessários.

De acordo com Womack; Jones [1996] o Sr. Taiichi Ohno [1912-1990] foi o mais feroz crítico do desperdício que a história humana já conheceu, e foi responsável pela identificação dos sete principais tipos de *Muda* ou desperdícios na área de manufatura.

Como o objetivo primordial do Sistema Toyota de Produção é a eliminação dos desperdícios em processo e com isto obter um aumento na eficiência do sistema, podemos definir como primeiro passo para implementação deste sistema a identificação dos sete desperdícios ou "*Muda*". Tapping et al. [2002] definem "*Muda*" ou desperdício como sendo alguma coisa que adiciona custo ou tempo sem adicionar valor ao produto final, ou seja, no que o cliente realmente irá pagar.



Figura 2.4 – Os Sete Desperdícios segundo Tapping et al. [2002]

2.4.1 – Os “Sete Desperdícios”

1- Desperdício da produção em excesso

Produzir além da necessidade do próximo processo produtivo poderá resultar num fluxo pobre de peças e/ou informações, ou num excesso de inventário. Segundo Hines; Taylor [2000], “superprodução é reconhecido como o mais sério desperdício que atrapalha a implantação de um fluxo suave de produtos e serviços e inibe também a qualidade e a produtividade. A superprodução tende a levar a um *lead time* e estoques elevados”. A superprodução também leva a um excesso de “*WIP - (Work In Process)*” resultando com isto em uma comunicação pobre entre as estações de trabalho.

2- *Desperdício da espera ou de tempo disponível*

Operadores ociosos enquanto as máquinas operam ou esperando devido a falhas no equipamento produtivo e peças que não chegam, resultando assim num fluxo pobre bem como em prazos ou *lead times* mais longos. Segundo Slack et al. [1999], “a maioria das empresas está consciente de que o tempo de espera constitui uma fonte de desperdício. Eficiência de máquina e eficiência de mão de obra são duas medidas comuns e são largamente utilizadas para avaliar os tempos de espera de máquina e de mão de obra, respectivamente”.

3- *Desperdício de transporte excessivo*

Movimentação desnecessária de produtos ou peças: de uma etapa de processamento até o almoxarifado e dali para outra etapa do processo quando a segunda etapa poderia estar localizada ao lado da primeira. Toda esta movimentação excessiva gera despesas de capital, de tempo e de energia.

4- *Desperdício de processamento*

Realização de etapas desnecessárias ou simplesmente incorretas, geralmente devido a um equipamento ruim ou até mesmo um projeto. De acordo com Hines; Taylor [2000], “processo inadequado ocorre quando soluções complexas são usadas para procedimentos simples, como uma máquina complexa e não flexível ao invés de várias máquinas simples”. Este tipo de desperdício geralmente leva a uma superprodução devido, muitas vezes, à dificuldade de se realizar operações de *set-up* em máquinas mais complexas.

5- *Desperdício de estoque ou inventário desnecessário*

Estoques maiores do que o mínimo necessário que um sistema puxado requer.

Este tipo de desperdício também gera custos excessivos para a organização fazendo com que tenhamos gente a mais para controlar estes estoques, áreas maiores destinadas a estocar estes materiais, gastos nas compras de equipamentos necessários

para movimentação deste excesso de peças bem como investimento maior em sistemas que realizem os controles dos mesmos além da complexidade nos sistemas para gerenciamento dos itens.

6- *Desperdício de movimentação desnecessária*

Trabalhadores realizando movimentações desnecessárias, tais como: procurar por equipamento, peças ou documentos. Este tipo de desperdício geralmente é causado pela falta de organização no ambiente de trabalho gerando por consequência baixo desempenho e perda constante de itens.

7- *Desperdício de correção ou produtos defeituosos*

Desperdício causado por inspeção, retrabalhos e refugos. Problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega.

Portanto, a eliminação dos desperdícios listados acima faz com que a eficiência do sistema produtivo aumente de uma forma significativa. Uma maneira efetiva para eliminação destes desperdícios é a aplicação do Pensamento Enxuto que nada mais é do que uma especificação de valor, colocando na seqüência as ações que geram valor.

Womack; Jones [1996] interpretam o Pensamento Enxuto como sendo uma forma de se fazer mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo, capaz de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.

2.4.2 – Princípios do Pensamento Enxuto ou “Lean Manufacturing”

Segundo Shook [2003], o Pensamento Enxuto ou Mentalidade Enxuta ou simplesmente “*Lean Manufacturing*” em inglês, é um processo de pensamento produtivo nos quais cinco etapas foram propostas por Womack; Jones [1996], a fim de orientar os gerentes e supervisores em um processo de transformação “*lean*” ou enxuto.

Os princípios sugeridos por Womack e Jones têm como meta tornar as empresas mais flexíveis e capacitá-las para responderem de uma forma mais rápida e eficiente as necessidades dos clientes. Os princípios que norteiam o pensamento enxuto são:

- ✓ Especificação do valor;
- ✓ Identificação da cadeia de valor;
- ✓ Estabelecer um fluxo de valor;
- ✓ Introdução da produção puxada;
- ✓ Perfeição.

1- Especificação do valor

Este princípio é o ponto de partida e deve ser definido segundo a perspectiva do cliente final. Deve-se começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor em termos de produtos e serviços específicos. Segundo Womack; Jones (1996) “o valor só pode ser definido pelo cliente final. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico”.

2- Identifique a cadeia de valor

A cadeia de valor é o conjunto de todas as atividades para se levar um produto específico a passar pelas tarefas de desenvolvimento desde a concepção até ao seu lançamento ou da transformação física (da matéria prima até ao produto final).

Womack;Jones [1996] sugerem que o conjunto destas ações específicas passem pelas três tarefas gerenciais a saber: (1) a *tarefa da solução de problemas* que se inicia na concepção e se estende até ao lançamento do referido produto, passando para isto pelo detalhamento do projeto e pela engenharia; (2) a *tarefa de gerenciamento da informação*, que se inicia no recebimento de um pedido e vai até a entrega do mesmo ao cliente final, passando por um cronograma detalhado e finalmente (3) pela *tarefa da transformação física*, que vai desde a matéria prima até ao produto acabado nas mãos do cliente.

3- Estabelecendo um fluxo

Nesta etapa é necessário fazer com que todos os passos que criam valor fluam de uma maneira suave e precisa. Para isto uma mudança de mentalidade é requerida, o produto e as suas necessidades devem ser os focos, e não as máquinas e equipamentos. O objetivo principal é reduzir as atividades que não agregam valor ao produto final.

De acordo com Womack;Jones [1996], “uma vez que o valor tenha sido especificado com precisão, a cadeia de valor de determinado produto totalmente mapeada pela empresa enxuta e, obviamente, as etapas que geram desperdício eliminadas, chegou a hora de dar o próximo passo no pensamento enxuto – um passo realmente estimulante: fazer com que as etapas restantes, que criam valor, fluam”.

4- Introduzindo a produção puxada

Produção puxada é fazer com que os clientes (internos ou externos) recebam aquilo que precisam no momento certo, permitindo que o produto seja puxado somente quando necessário. Isso minimiza os estoques comumente encontrados em sistemas de produção tipo “empurrados”. Em outras palavras, significa que você deixa o cliente puxar o produto de você, quando há a necessidade, em vez de empurrar o produto, muitas vezes indesejados pelo cliente final.

5- Atingindo a perfeição

Fazer com que os quatro princípios anteriores interajam entre si em um círculo na eliminação dos desperdícios, especificando o valor com precisão, identificando a cadeia

de valor como um todo e fazendo com que os passos da cadeia de valor fluam. Tudo isto é possível uma vez que se criem condições para que o valor flua, fazendo com que os desperdícios ocultos na cadeia de valor sejam expostos. Toda esta seqüência anterior fará com que os envolvidos percebam que os processos de redução dos esforços, tempo, espaço, custo e erros sejam infinitos e ao mesmo tempo percebam que atingiram um produto muito próximo do que realmente o cliente deseja.

Womack;Jones [1996], sugerem que o estímulo mais importante para que a perfeição seja atingida no seu verdadeiro sentido é que seja praticada sempre a transparência. É fundamental que todos os envolvidos num processo enxuto, sejam fornecedores de primeiro nível, integradores de sistemas, distribuidores, clientes e funcionários, para que possam de uma maneira rápida e fácil descobrir e propor melhorias constantes para se criar valor.

2.5- Criação de um Fluxo Contínuo

O processo de fluxo contínuo é um conceito que significa que cada item é processado e movido diretamente para a próxima etapa, uma peça por vez. Cada etapa do processo opera somente uma única peça que será necessária ao próximo passo, um pouco antes que este passo precise dela. Conhecido também como fluxo de uma só peça ou “*one-piece-flow process*”.

Rother; Harris [2002], propuseram para a criação de um fluxo contínuo uma série de etapas as quais devem esclarecer todas as necessidades para o desenvolvimento deste fluxo contínuo dentro de um sistema puxador. Trataremos aqui das mais importantes para que o fluxo de valor contínuo seja estabelecido dentro deste processo.

2.5.1- A Família de Produtos e o Fluxo Contínuo / “One-Piece-Flow”

Antes de se iniciar a construção do mapa do fluxo de valor de um determinado processo, devemos primeiramente selecionar uma família de produtos que significa nada mais do que reunir

um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam para isto equipamentos comuns nos processos. Esta escolha da família de produtos é cercada de determinados princípios que faz com que as mesmas sejam selecionadas sempre a partir do lado do consumidor do fluxo de valor identificado. Segundo Womack; Jones [2002], uma família de produtos é um grupo de produtos que passam por um mesmo processo e utilizam os mesmos equipamentos.

O primeiro passo a ser considerado na escolha de uma família de produtos é identificar corretamente quais os produtos que farão parte desta família através de uma lista com os códigos comerciais e nomes dos respectivos produtos, para em seguida determinar qual a verdadeira demanda do cliente e também a frequência de entrega destes produtos. Devemos sempre nos lembrar de que os produtos que farão parte desta “família de produtos” compartilhem os mesmos equipamentos de produção bem como passem pelos mesmos processamentos durante sua produção. Para isto devemos sempre utilizar uma matriz para identificação fácil desta família de produtos onde plotamos nos eixos horizontal e vertical as informações sobre etapas e produtos a fim de identificarmos corretamente quais os produtos selecionados para esta possível família. A utilização da matriz da tabela 2.2 é sugerida pelos pensadores enxutos ou “*Lean*” a fim de identificar as famílias apropriadas de produtos.

Tabela 2.2 - Matriz de Família de Produtos - Rother;Shook [1999]

	Etapas de Montagem + Equipamentos						
	1	2	3	4	5	6	7
Produto A	√	√	√		√	√	
Produto B	√	√	√	√	√	√	
Produto C	√	√	√		√	√	
Produto D		√	√				√
Produto E		√	√	√			√
Produto F			√	√			√
Produto G			√				√

Fazer fluxo contínuo em um determinado processo produtivo é o objetivo da manufatura enxuta e criar realmente estes fluxos contínuos tem sido o alvo primordial dos projetos “*kaizen*” ou de “melhoria contínua”. Numa concepção ideal, os produtos numa determinada linha de produção deveriam fluir sem restrições através dos fluxos de valor, ou seja, da matéria prima ao produto final.

O fluxo contínuo pode ser obtido de várias maneiras, desde a utilização de linhas de produção até células manuais. O fluxo contínuo é também conhecido como “fluxo de uma peça” ou “fluxo de uma só peça” (*one-piece-flow*), ou seja, fabricação e movimentação de somente uma peça por vez.

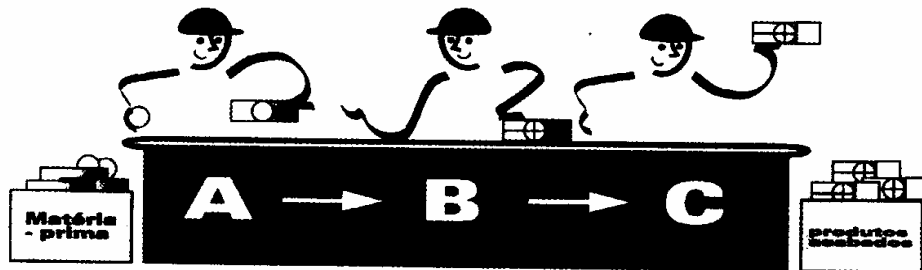


Figura 2.5 – Processamento em fluxo contínuo – “One-Piece-Flow” – Shook;Rother [1999]

Estes dois são os mais significativos segmentos de um fluxo de valor, pois através deles é que poderemos estabelecer os reais fluxos de atendimento ao cliente bem como estabelecer toda uma cadência para os processos anteriores. Estabilidade na produção, nivelamento da produção adequada ao número de produtos, e fluxos de materiais contínuos irão fazer deste processo puxador os grandes aliados para demandas regulares e consistentes para o fluxo de valor. Entretanto, alguns cuidados devem ser observados quando da atribuição dos produtos adequados e escolhidos na família de produtos ao processo puxador. Rother; Harris [2002], sugerem algumas orientações úteis quando da escolha dos produtos que irão fazer parte da família de produtos:

- ✓ ***Flexibilidade*** (compartilhar os modelos de produtos entre as células multi-modelos e variação da demanda);
- ✓ ***Variação no conteúdo total do trabalho*** (a quantidade de trabalho total não deve variar mais do que em torno de 30% entre os diferentes produtos finais processados na célula a fim de se manter um fluxo estável na produção);
- ✓ ***Similaridade das etapas do processo e dos equipamentos*** (quando os estágios necessários para produzir diferentes produtos dentro da célula variam muito, os operadores terão de mudar a forma de trabalho toda vez que houver uma nova montagem ocasionando com isto problemas na produtividade da célula);
- ✓ ***Tempo Takt – ritmo da produção*** (observar sempre o tempo takt da célula; tempos menores que 10 seg. torna o trabalho do operador repetitivo e estressante e tempos maiores do que 120 seg. fazem com que o número de elementos do trabalho sejam grandes e com isto dificultando a padronização dos movimentos).
- ✓ ***Localização do cliente*** (verificar custos de transportes, taxas de câmbio, prazos de entregas para justificar a implantação de linhas dedicadas ou não).

2.5.2- Células de Produção

Para a criação do fluxo contínuo deve-se entender o conceito de “*células de trabalho*” ou “*células de produção*”. De acordo com Rother; Harris [2002], “uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através dos quais as partes são processadas em um fluxo contínuo (ou em alguns casos de forma consistente com lotes pequenos mantidos em toda a seqüência das etapas do processo)”. O conceito de célula também é importante pelo fato do processo puxador ou cadenciador do sistema produtivo estar todo baseado e construído sobre o mesmo. Uma célula de produção é mais conhecida pelo seu formato ou “*lay-out*” na forma de um “*U*” como ilustra a figura 2.6, mas outras formas são também possíveis de utilização. A forma em “*U*” é a mais usual, pois evita a necessidade de percorrer distâncias muito grandes e possibilita combinações diferentes de tarefas para os operadores. Esta consideração é muito importante na manufatura enxuta, pois o número de operadores em uma determinada célula irá se alterar conforme a mudança na demanda. Também nesta mesma linha de raciocínio, esta forma em “*U*” possibilita o desempenho da primeira e última etapa do processo pelo mesmo operador, sendo útil para a manutenção do ritmo de trabalho e de um fluxo mais suave.

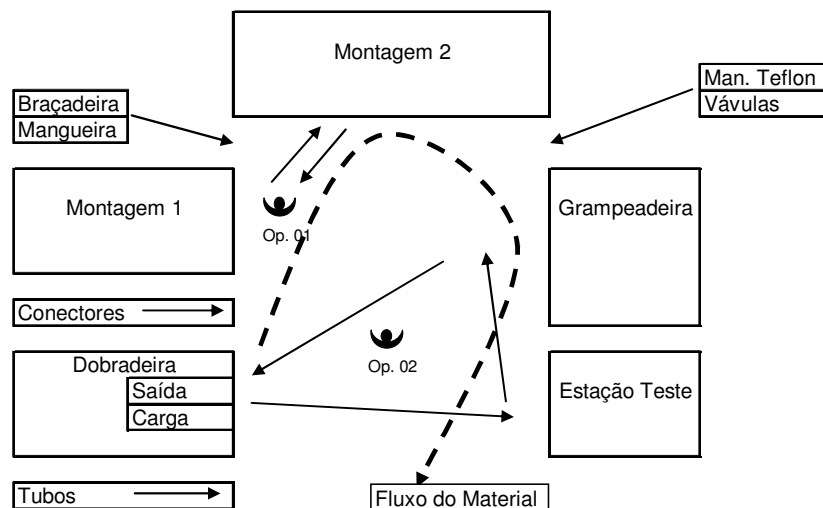


Figura 2.6 – Célula de produção em formato “U” – Shook;Marchwinski [2003]

2.5.3- Tempo Takt ou “Takt-Time”

Um outro fator de extrema importância para se criar um fluxo contínuo num processo puxador é a determinação do “*Tempo Takt*”, palavra esta originária da língua alemã e que é usada para velocidade, compasso ou ritmo. Foi utilizada pela primeira vez como ferramenta no gerenciamento de produção na indústria aeronáutica alemã. Era o intervalo em que uma aeronave era transportada à estação de produção seguinte. O conceito foi largamente utilizado na Toyota Motor Company na década de 1950 e seu uso já estava completamente difundido na cadeia de fornecedores da empresa na década seguinte. O termo “*takt-time*” é utilizado como um número de referência para ajudar a vincular a taxa de produção em um processo puxador ao ritmo da demanda do cliente. Shook [1998] cita o termo “*takt*” como sendo uma palavra de origem germânica para designar o compasso de uma composição musical, tendo sido introduzida no Japão nos anos 30 com o sentido de “*ritmo de produção*”, quando técnicos japoneses estavam aprendendo técnicas de fabricação com os engenheiros alemães.

O “*takt-time*” é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para a produção, é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Sua principal finalidade é definir a capacidade de produção real, o quanto o processo puxador está apto para atender a demanda diária do cliente efetivamente. Matematicamente resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas. Geralmente o “*tempo takt*” é expresso em “segundos por peça”. Duggan [2002] define “*tempo takt*” como sendo a taxa de demanda do cliente. “O *tempo takt* é usado para sincronizar a cadência de produção com a cadência das vendas, particularmente num processo puxador”.

$$\text{Tempo "TAKT"} = \frac{\text{Tempo de Trabalho Disponível por Turno}}{\text{Demanda do Cliente por Turno}}$$

Figura 2.7 – Definição / equação do tempo takt

Na Figura 2.7, entende-se por “*tempo de trabalho disponível por turno*” como sendo o tempo do início ao final do turno menos as paradas do operador de linha para tarefas tais como: lanches, limpeza e reuniões.

Um outro elemento importante a ser levado em consideração quando da elaboração e medição do *tempo takt* é o “*tempo de ciclo*” ou simplesmente “*T/C*” como é mais conhecido e que significa a frequência com que uma peça ou produto é completado por um processo, conforme cronometrado por observação. Segundo Rother; Harris [2002], “é a frequência com que uma unidade acabada sai do final da célula no processo puxador”. Rother; Shook [1999] consideram ainda como sendo o “*tempo que um determinado operador leva para percorrer todos os passos de seu trabalho antes de repeti-los*”. Uma observação importante quanto ao “Tempo de Ciclo” ou “*T/C*” é que o mesmo nunca deve ser muito menor que o “*Tempo Takt*” da operação, pois isso pode gerar um excesso de produção. Caso isto venha a acontecer, esta condição fará com que se utilizem operadores a mais no processo como ilustra a Figura 2.8. Além dos problemas apontados acima pode também levar a uma condição de não se descobrir os verdadeiros problemas da produção e com isto reduz-se o estímulo para encontrar tais desperdícios e eliminá-los efetivamente.

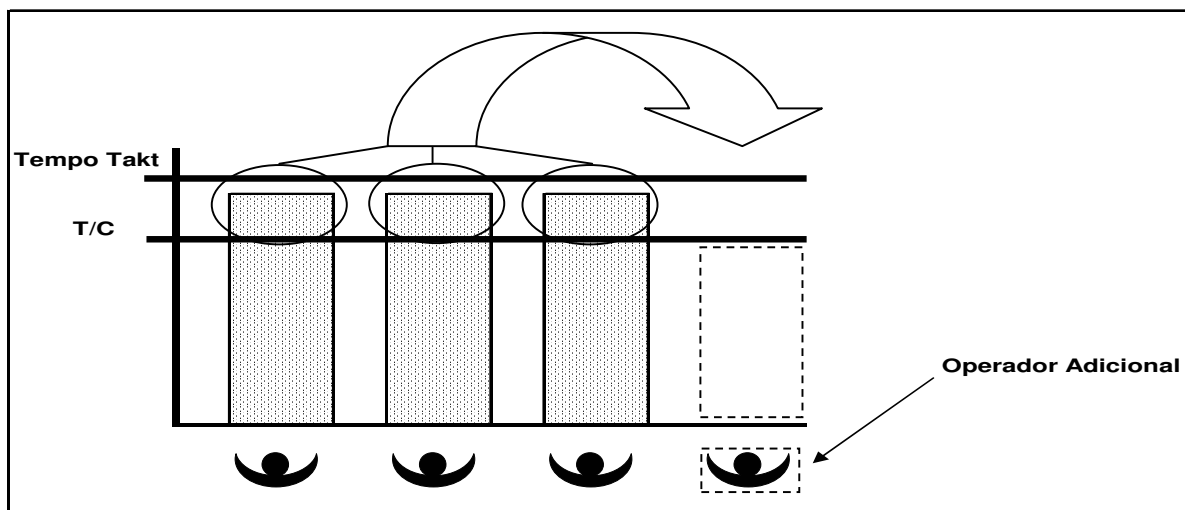


Figura 2.8 – Tempo de Ciclo x Tempo Takt – Rother; Harris [2001]

2.5.4- Outras abordagens no fluxo contínuo

Seguindo ainda a orientação de Rother; Harris [2001], outras questões devem ser levadas em consideração quando do levantamento e apuração de um processo puxador. Itens de abordagem para uma construção sólida de um sistema efetivo e com uma capacidade de processamento dentro das devidas atribuições de um processo enxuto e de fluxo contínuo agregam valor ao produto na visão do cliente final. Conceitos tais como “*elementos de trabalho*” - menor incremento de trabalho que pode ser transferido para uma próxima estação de trabalho - determinação e descrição exata destes elementos, operação por operação; cronometragem destes elementos de trabalhos, etapa por etapa, determinam o tempo real necessário para cada elemento, devendo ser transferidos para as folhas de processos e com isto gerar toda a seqüência correta de operação desta fase na célula de produção.

Atividades de “*kaizen*” ou “*melhoria contínua*” devem ser monitoradas e ajustadas periodicamente a fim de se conseguir os reais objetivos destas práticas no âmbito da produção para em seguida serem construídos os diagramas de balanceamento de operador ou simplesmente “*DBO*” ou “*OBC*” do inglês “*Operator Balance Chart*”.

Os “*DBO's*” são diagramas de barras verticais para representar a quantidade total de trabalho a ser realizado por cada operador comparado com o *tempo takt*. As barras verticais para cada operador são formadas por pequenas barras representando os diversos elementos de trabalho, com a altura de cada elemento proporcional à quantidade de tempo requerida. Esta visualização permite redistribuir os elementos de trabalho entre os operadores bem como aplicação de melhorias contínuas ou “*Kaizens*” a fim de eliminar desperdícios e etapas desnecessárias ao processamento de determinado item.

Um outro fator que se deve levar em consideração são os equipamentos. Deve-se verificar se os mesmos são capazes de operar dentro do “*tempo takt*” estabelecido no sistema puxador para que não se tenha surpresas no “*tempo efetivo de ciclo de máquina*”.

Entenda-se por “*tempo efetivo de ciclo de máquina*” como sendo “o tempo de ciclo da máquina por peça mais o tempo de carga e descarga, adicionado ao tempo de troca, dividido pelo número de peças entre trocas”.

“*Níveis de automação*” também são requeridos nos estudos de capacitação das células dos sistemas puxadores, pois quanto maiores estes níveis de automação menos dependentes da ação humana as mesmas serão. Níveis mais elevados de automação permitem com que operadores sejam mais bem aproveitados dentro das células não havendo desperdícios durante as fases de produção em que há carga ou descarga de materiais nas máquinas e enquanto estas estiverem sendo utilizadas para a finalização de determinada operação.

Rother; Harris [2001] propõe cinco níveis de automação sendo: “*nível número #1*” o mais elementar de todos, ou seja, todas as operações dentro da célula dependem exclusivamente do fator humano para carregar a máquina, realizar o ciclo de máquina, descarregar a máquina e finalmente executar a transferência das peças para a próxima estação de trabalho. O nível de maior grau seria o de “*número #5*” onde todas as operações acima seriam realizadas automaticamente sem interferência humana, exemplo disto; estações totalmente robotizadas.

Um “*lay-out*” celular eficiente também deve ser levado em consideração a fim de que os operadores possam executar seus elementos de trabalho o mais eficiente possível. De acordo com Rother; Harris [2001], algumas orientações para o *lay-out* celular devem ser observadas:

- ✓ Máquinas e estações de trabalho devem ficar as mais próximas possíveis;
- ✓ Remover obstáculos do caminho do operador;
- ✓ Manter a largura da célula em torno de 1,5 metros para permitir maior flexibilidade na realocação dos elementos de trabalho;
- ✓ Manter alturas apropriadas para locais de trabalho;
- ✓ Eliminar espaços onde estoques de peças em processo possam se acumular;
- ✓ Manter ferramentas manuais próximas dos operadores;
- ✓ Utilizar ferramentas manuais dedicadas;
- ✓ Fazer transferências de peças/materiais na horizontal;
- ✓ Garantir a segurança e a ergonomia dentro da célula.

Finalmente é preciso verificar quantos operadores serão necessários para atender o “*tempo takt*” de modo a obter a maior eficiência possível dentro da célula e distribuir o trabalho entre os operadores. A determinação do número de operadores necessários é obtida pela razão do conteúdo total de trabalho pelo “*tempo takt*”. Na Tabela 2.3 se tem uma orientação para a determinação do número de operadores em uma determinada célula segundo Rother; Harris [2001].

Tabela 2.3 – Determinação do número de operadores em uma célula

Sobra a partir do cálculo do número de operadores	Orientação / Meta
< 0,3	Não adicionar operador extra. Reduzir o desperdício e trabalhos não importantes.
0,3 --- 0,5	Ainda não adicionar operador extra. Após duas semanas de operação avaliar se desperdícios e trabalhos não importantes podem ser eliminados.
> 0,5	Adicionar um operador extra se necessário e manter a redução dos desperdícios e trabalhos não importantes para eliminar este operador extra.

A distribuição do trabalho entre os operadores poderá ser efetivada de várias maneiras conforme alguns métodos descritos a seguir:

- ✓ ***Divisão do trabalho*** (dividir o trabalho entre os operadores de modo que cada um realize uma fração do conteúdo total de trabalho correspondente a um tempo takt);
- ✓ ***Circuito*** (um operador realiza todos os elementos de trabalho fazendo o circuito completo de uma célula no sentido do fluxo de material);
- ✓ ***Fluxo reverso*** (os operadores fazem o circuito no sentido reverso ao do fluxo de material);
- ✓ ***Combinação*** (divisão do trabalho em um circuito ou fluxo reverso);
- ✓ ***Um operador/estação*** (cada operador posicionado em uma estação);
- ✓ ***Serrote ou corte*** (cada operador opera duas máquinas e corta parte do trabalho).

Capítulo 3

Evolução do Mapeamento do Fluxo de Valor

3.1 - Introdução

Na Toyota Motor Company o método chamado “*Mapeamento do Fluxo de Valor ou simplesmente MFV*” ou em inglês “*Value Stream Mapping*” é utilizado para retratar o “*estado atual*” e o “*estado futuro*” no desenvolvimento dos planos para implementação dos processos enxutos. Entende-se por “*estado atual*” como sendo o caminho de um determinado produto desde o pedido até a entrega para determinar as condições atuais; e “*estado futuro*” o desdobramento das oportunidades de melhoria identificada no mapa do estado atual para se atingir um nível mais alto de desempenho em algum ponto no futuro. Na Toyota Motor Company o estabelecimento do fluxo de valor é de uma importância vital a fim de que os desperdícios sejam totalmente eliminados e que o fluxo realmente agregue valor ao produto. A metodologia foi exaustivamente utilizada pela “*Toyota’s Operation Management Consulting Division*” no Japão, primeiramente para trabalhar com os seus fornecedores localizados no Japão e depois utilizados pela “*Toyota Supplier Center*” nos EUA, como a principal ferramenta (*core tool*) de alinhamento das idéias da Toyota para com seus fornecedores localizados fora do Japão. O mapeamento simplesmente focava no “*fluxo de material*” e no “*fluxo de informação*”.

Não havia neste momento nenhuma estrutura organizacional e nem dados técnicos sobre os processos individuais nestes mapas desenvolvidos pela Toyota e seus parceiros. A única informação disponível era o mapeamento do estado corrente ou atual e a identificação das possíveis fontes de desperdícios que faziam com que o fluxo não fluísse.

Mike Rother e John Shook transformaram toda esta idéia da Toyota Motor Company em uma nova forma de visualização de todo o contexto de verificação e correção (melhorias contínuas através do mapa de estado futuro) das etapas de um fluxo de produção utilizando para isto alguns ícones específicos, uma metodologia de desenhar os fluxos e uma filosofia ilustrativa que tornam o mapeamento muito mais claro e objetivo para ser realizado e futuramente pesquisado para se atingir a possível perfeição no estado futuro.

Segundo Rother; Shook [1998], o “*Mapeamento de Fluxo de Valor*” é uma ferramenta essencial, pois ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. O mapeamento ajuda a enxergar o fluxo; ajuda a identificar muito além do desperdício. De acordo com Tapping et al [2002], um fluxo de valor consiste de todas as atividades num fluxo produtivo que fazem com que uma transformação seja possível, incluindo atividades que não agregam valor.

O Mapeamento de Fluxo de Valor permite uma forma simples de visualização da cadeia de valor composta pelos fluxos de processos, material e informação, ajudando a identificar as fontes de desperdícios ou “*Mudas*”. A atividade de mapear também fornece uma linguagem simples e comum para tratar dos processos de manufatura; torna as decisões sobre fluxo visíveis e mais lógicas; agrega os conceitos e técnicas enxutas de modo a evitar a implementação de algumas destas técnicas isoladamente; forma a base para um plano de implementação, e mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. Uma vez identificado e mapeado o estado atual, parte-se para o mapeamento do estado futuro o qual poderá se tornar realidade em curto espaço de tempo com todas as melhorias implementadas que foram observadas durante a fase do mapeamento do estado atual.

Dentro de um fluxo de produção o primeiro fluxo que vem em mente é o “fluxo de movimentação de materiais” dentro de uma unidade fabril. Um outro tipo de fluxo que deve ser levado em consideração devido a sua importância, é o “fluxo de informação”, responsável por avisar cada etapa do processo o que se deve produzir ou ser feito em seguida. Num processo de mapeamento do fluxo de valor, estes dois tipos de fluxos devem ser levados em consideração devido a interação entre ambos.

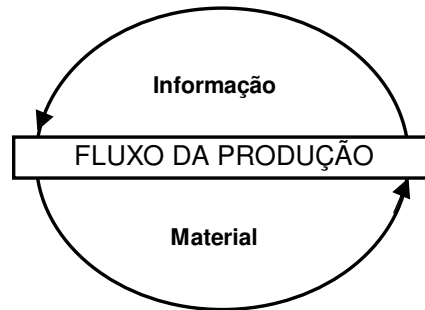


Figura 3.1 – Interação entre fluxo de informação e fluxo de material, Rother;Shook [1998]

A meta que se pretende alcançar pelo Mapeamento do Fluxo de Valor é a obtenção de um fluxo contínuo durante todo o processo, sempre orientado pelas necessidades dos clientes, desde a matéria prima até o produto final.

Womack; Jones [2002], definem que o Mapeamento do Fluxo de Valor é um processo simples de observação direta dos fluxos de informações e de materiais, e de como eles ocorrem e interagem entre si, permitindo assim a realização de um estado futuro com um desempenho muito melhor do que o anterior.

De acordo com Rother; Shook [1998], a meta do mapeamento de fluxo de valor é construir uma representação gráfica da cadeia de produção onde os processos individuais estejam ligados aos seus clientes por meio de um fluxo contínuo ou produção puxada. A principal idéia é fazer com que cada processo produza somente o que os clientes necessitam e quando necessitam.

3.2 - Implementando o Mapeamento de Fluxo de Valor

A técnica do Mapeamento de Fluxo de Valor apresenta um conjunto de questões que irão auxiliar no desenvolvimento conceitual da situação futura de um sistema de produção enxuta. As questões propostas por Rother; Shook [1998] são:

- ✓ Qual é o “*Tempo Takt*” do sistema?
- ✓ A produção será para supermercado (sistema de puxar ou *kanban*) ou para atender diretamente a expedição?
- ✓ Em qual parte do processo podemos estabelecer um fluxo contínuo de produção?
- ✓ Onde haverá necessidade de instalação de um supermercado para puxar a produção?
- ✓ Onde será instalado e programado o processo puxador?
- ✓ Como nivelar o “MIX” de produção no processo puxador?
- ✓ Quais incrementos de trabalho serão liberados do processo puxador?
- ✓ Quais são as melhorias de processo para fazer com que o fluxo de valor flua?

A técnica proposta por Rother; Shook [1998], parte do princípio de que tanto o fluxo de material como o de produção tem que ser avaliados e mapeados durante todas as fases de produção, e para que isto ocorra deve-se ir até o chão de fábrica e de lá coletar os dados necessários para o mapeamento do fluxo de valor tendo sempre em mente que nada deve ficar despercebido e, portanto, deixar de ser mapeado durante a observação no estado atual. Este mapeamento irá fazer com que o fluxo de valor fique mais claro, ajudará a identificar as fontes de desperdícios, fará com que as decisões sobre o fluxo de valor fiquem mais visíveis, formará a base do plano de implementação e mostrará a relação entre os fluxos de informação e de material.

Em resumo, para tornar o processo cada vez mais eficiente, é necessário implementar um fluxo que realmente agregue valor ao produto em questão. A seleção de uma família de produtos também é essencial para se iniciar o mapeamento de fluxo de valor, pois se não houver esta

consideração tornar-se-á praticamente inviável o mapeamento dos produtos, porque na visão dos consumidores os mesmos só se preocupam com alguns produtos e não com todos que são produzidos. Por esta razão a escolha da família de produtos é de uma importância fundamental.

Mapear este fluxo de valor significa percorrer todas as etapas de produção dentro da fábrica e colher todas as informações importantes relativas a esta família de produtos. Para finalizar todas as etapas descritas acima, um plano de implementação deve ser elaborado a fim de registrar como se dará a chegada ao estado futuro. Este mapa sempre será atualizado para que melhorias contínuas no nível do fluxo de valor sejam implementadas.

Para gerenciar todas estas etapas do mapeamento do fluxo de valor, os autores Rother e Shook sugerem a escolha de uma pessoa com responsabilidade pelo entendimento do fluxo desta família de produtos e pelas implementações de suas melhorias. Esta pessoa é chamada de “*Gerente do Fluxo de Valor*” e este terá toda a autoridade para realizar as mudanças que se fizerem necessárias no ambiente produtivo. O primeiro passo na utilização da ferramenta de mapeamento é desenhar o estado atual que permitirá o desenvolvimento posterior do estado futuro. Estes dois estados estão intimamente relacionados, pois os esforços são superpostos nestas duas situações. Na Figura 3.2 pode-se verificar a inter-relação destes dois processos.

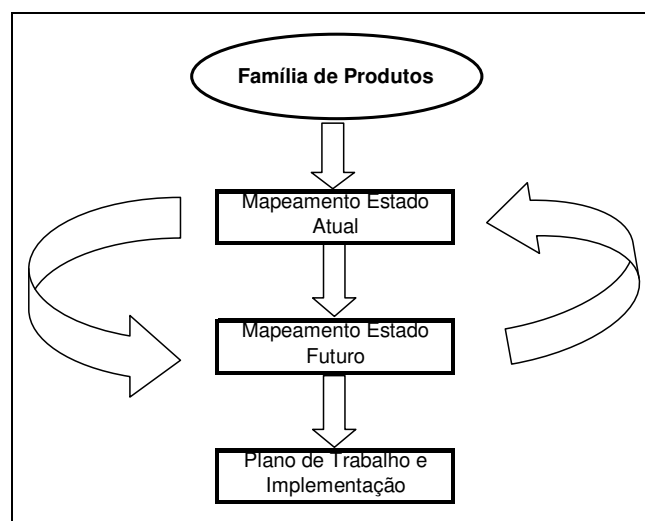


Figura 3.2 – Etapas Iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor – Rother; Shook [1998]

O processo de mapeamento inicia-se efetivamente com a construção do conjunto de dados da empresa a ser mapeada, pela escolha da família de produtos para tal função e por último a visita no chão de fábrica realizando as perguntas e entrevistas necessárias para retratar de uma forma simples e completa o mapeamento. Este mapeamento inicia-se pela demanda do cliente até o ponto onde a matéria prima inicia seu ciclo de produção dentro da empresa.

Rother; Shook [1998] estabeleceram para estas atividades alguns passos importantes que devem ser seguidos para que o mapeamento seja o mais simples e eficiente possível. Estes passos asseguram as condições necessárias para um estudo pertinente do estado futuro e das possíveis implementações de melhorias contínuas. Para que isto ocorra temos abaixo os passos recomendados por estes autores Rother e Shook:

- ✓ Estabeleça um conjunto de dados da empresa a ser estudada;
- ✓ Inicie o mapeamento sempre pela demanda do consumidor;
- ✓ Estabeleça os ícones do cliente / fornecedor com as respectivas caixas de dados das reais demandas;
- ✓ Coloque as caixas de processos onde a matéria prima realmente flui com as respectivas linhas do fluxo de material;
- ✓ Adicione as linhas de fluxo de informação entre o cliente e o fornecedor;
- ✓ Indique entre os processos as setas de processos indicadores de produção empurrada;
- ✓ Uma linha de tempo deve ser colocada logo abaixo das caixas de processos e dos estoques para registrar o “*lead time*” de produção.

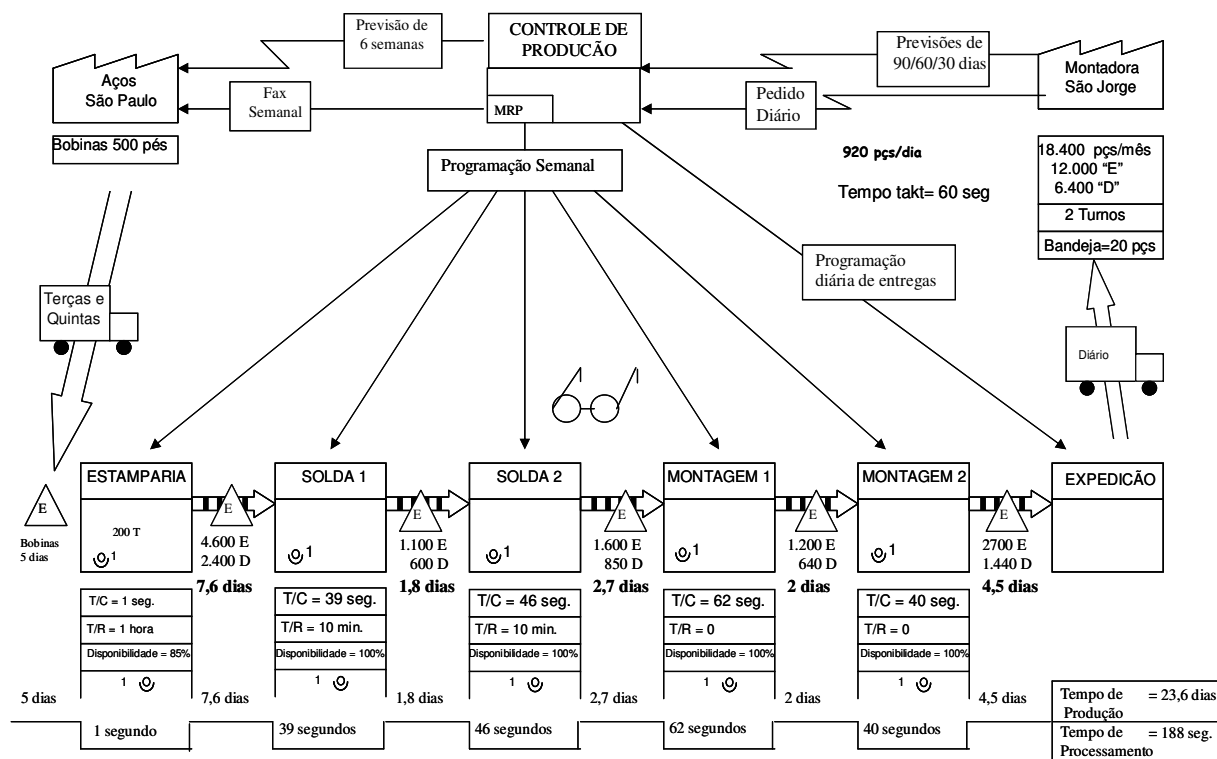


Figura 3.3 – Exemplo da técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor – Rother; Shook [1999]

3.3 - Análise em Ambientes com Alta Mixagem de Produtos

Muitas das empresas não possuem um caixa disponível para a aquisição de equipamentos de produção dedicados a um único produto. Equipamentos são utilizados para inúmeros produtos dentro de uma linha de produção. Na maioria das empresas, o mix de produtos é processado através de um único equipamento. Quando o número de produtos aumenta enquanto o tempo de produção destes produtos diminui, a complexidade necessita ser ajustada. Produzir modelos mistos significa produzir uma variedade ou um mix de produtos ou variações destes produtos através de um mesmo fluxo de valor orientado pela puxada do cliente. Na maioria das vezes tenta-se ajustar estas complexidades com um bom sistema de planejamento de produção o qual adiciona alterações nestas complexidades. Algumas das dificuldades em implementar o fluxo e a puxada da produção na prática podem ser encontradas nas seguintes áreas:

- ✓ ***Alta combinação de produtos:*** uma alta variedade de produtos pode fazer com que fique difícil a determinação da família de produtos, isto é; a determinação de qual equipamento será dedicado a uma determinada família de produtos ou qual equipamento deverá ser dividido através das várias famílias de produtos. Uma alta combinação de produtos que compartilhem uma mesma linha ou equipamento também faz com que o planejamento fique bastante difícil devido a disponibilidade de máquinas e capacidade produtiva. Planejamento complexo de materiais para a produção, na maioria das vezes faz com que o inventário seja extremamente alto no chão de fábrica, o que eleva o “*lead time*”, e faz partes desaparecerem nos processos, elevando-se os custos. Como consequência disso, um constante clima de “*apagar incêndio*” se instala na produção a fim de se dar conta do tempo perdido;
- ✓ ***Recursos compartilhados:*** na maioria das empresas os equipamentos são compartilhados. Medidas tais como utilização de máquinas, variação e produtividade são algumas das razões para se produzir lotes grandes de produto e otimizar o tempo de máquina. O tamanho dos lotes é determinado pela quantidade econômica de produção. Partes são produzidas independentemente se o próximo processo irá precisar ou não. Tudo isto é feito a fim de otimizar os recursos internos.
- ✓ ***Fluxos de informação:*** em um ambiente de manufatura o fluxo de informação pode ser uma coisa difícil de enxergar, mas também pode alterar muito rapidamente. Operadores e supervisores estão constantemente de olho no planejamento a fim de ajustar as prioridades. Controles de produção buscam a acuracidade constantemente dentro do sistema de planejamento da produção a fim de compensar as falhas dos equipamentos e partes defeituosas.

A discussão sobre fluxo de valor para modelos mixados é válida para processos nos quais se tem centena de produtos que devem ser produzidos através de um só fluxo de valor. Para mostrar os conceitos enxutos num ambiente com alta mixagem de produtos o conceito de “*família de produtos*” deve ser utilizado para um determinado número de produtos, podendo ser perfeitamente estendido para um número maior de produtos, por exemplo, uma centena deles.

Também se deve considerar o estudo dentro das “*quatro paredes*” da empresa ou no inglês “*door-to-door*” onde o foco principal será a criação de um processo “cadenciador” ou “puxador” que possa reagir às mudanças impostas pela demanda do cliente.

De acordo com Duggan [2002], para ambientes com alta mixagem de produtos que necessitam passar por um mesmo fluxo de valor, o Mapeamento do Fluxo de Valor é uma excelente ferramenta para que todos possam enxergar o fluxo de valor e eliminar os desperdícios existentes. Aplicando os conceitos enxutos tais como: tempo takt, fluxo contínuo, produção puxada e outras novas ferramentas dedicadas ao ambiente com alta mixagem de produtos, atinge-se um fluxo de valor estável com uma redução do inventário.

Capítulo 4

Aplicação de práticas enxutas.

4.1 - Introdução

O presente capítulo apresenta um estudo de caso que trata da análise e aplicação de conceitos de “Manufatura Enxuta”, bem como, do “Mapeamento de Fluxo Extendido” em um ambiente com alta mixagem de produtos e alta demanda de produção na fabricação de placas de circuito impresso para o segmento eletro-eletrônico e automotivo. A empresa estudada é uma empresa com um alto mix de produção e alta customização dos produtos ofertados.

Inicialmente foi realizada uma análise da empresa envolvida no referido estudo e um conjunto de dados de processo foi estabelecido para esta empresa a fim de que o estudo pudesse ser desenvolvido. Daqui por diante esta empresa será denominada de “**PWB BRASIL**” cuja verdadeira razão social será preservada. Podemos afirmar que a empresa de capital Norte-Americano está estabelecida na cidade de São Paulo, e está presente em todos os ramos de atividades que se utilizam de seus circuitos impressos, fabricados sob um rígido Controle de Qualidade de padrão internacional.

Com as informações coletadas e analisadas, foi elaborado primeiramente um mapa de estado atual ou corrente baseado nos conceitos de manufatura enxuta e de mapeamento de fluxo de valor já estudados anteriormente (Anexo I) e que serviu de base para a elaboração do mapa do estado futuro.

4.2 - Mapa do Estado Atual / Corrente (“Situação Inicial – O Tempo Takt”) x Mapa do Estado Futuro (“Situação Proposta – O Tempo Takt”)

4.2.1- Situação inicial / atual ou corrente (TEMPO TAKT)

A situação encontrada inicialmente na empresa “*PWB Brasil*” durante a pesquisa realizada é de um *lay-out* em linha, com capacidade produtiva de **3.092 peças/dia**, com cerca de 18 modelos de placas de circuito impresso divididos em três famílias de tecnologia sendo:

1-**NÃO-METAL** em laminado CEM-1 (simples face)

2-**METAL** em laminado FR-4 (dupla face)

3-**MULTILAYER** em laminado FR-4 (multicamadas)

****Verificar as respectivas demandas diárias para cada modelo no Anexo II.**

Durante o ano de 2005 foram coletados dados mensalmente na produção da empresa em estudo para cada modelo **NÃO-METAL / METAL e MULTILAYER** (Anexo III) onde se podem observar os volumes solicitados mensalmente pelo cliente.

De acordo com o levantamento do mapa de estado atual ou corrente (Anexo I), o “tempo total de processo” ou “tempo de processamento” envolvido para se fazer uma placa de circuito impresso é cerca de **440,20 segundos** sendo que a placa de circuito impresso leva **35 dias** para percorrer toda a fábrica, ou seja; este é o “*lead time*” de produção para a peça em questão. Todo o processo utiliza 34 operadores. O tempo efetivo de trabalho da empresa “*PWB Brasil*” é de 27.000 segundos / turno, ou seja:

- 1- Tempo de horas disponível por turno: 08 horas ou 480 minutos
- 2- Total de turnos em operação na empresa: 02 turnos
- 3- Tempo total de paradas por turno: 30 minutos (paradas para café e descanso)
- 4- Tempo total efetivo de trabalho por turno: 480 minutos – 30 minutos = 450 minutos ou 450 minutos x 60 segundos = 27.000 segundos disponíveis/turno ou 7,5 horas/turno.
- 5- Tempo total efetivo de trabalho por dia: 27.000 seg. x 2 turnos = 54.000 seg. ou 900 minutos

O *tempo takt* para a condição atual ou corrente desta operação está em torno de 17,46 segundos, ou seja, (54.000 segundos / 3092 peças por dia = 17,46 segundos por peça) ou seja, o cliente estará adquirindo um determinado produto a cada 17,46 segundos da linha de produção da “PWB Brasil”.

Nota-se no mapa do estado atual ou corrente que o único processo ligado diretamente ao cliente é o departamento de produção que praticamente informa e é informado diariamente da real necessidade de produção. Todos os outros processos estão trabalhando de forma a empurrar o material para a estação seguinte, independente da demanda ou não do cliente.

4.2.2- Situação proposta / futura (TEMPO TAKT)

A solução proposta foi a de re-configurar o sistema produtivo atual dotando-o de um sistema “cadenciador” ou “puxador” que possa estar operando de uma maneira cadenciada caso haja variação na demanda por parte do cliente. Para esta re-configuração precisaremos primeiramente analisar as fontes que possam interagir com o sistema antes de determinarmos o tempo takt deste processo puxador.

Observamos no mapa de estado atual ou corrente (Anexo I) que se houver um acréscimo na demanda diária de produção, além do máximo permitido que é de 3092 peças, a empresa

“PWB Brasil” não consegue fazer com que o cliente seja atendido, ou seja, alguns produtos terão que ser sacrificados para que outros sejam produzidos. Estas duas situações podem ser observadas nas Tabelas 4.1a e 4.1b sobre a demanda diária e semanal.

Tabela 4.1a – Demanda diária (limite) de PCB's

Lista de produtos que utilizam PCB's

Produto (códigos)	Descrição produto	Demanda por dia
MODELO METAL	Projeto	
992.655.923	PAINEL SANTANA	21
992.657.207	AB 9 2000 (Painel Gol)	5
1323.71.900.02	Cab Freshening	168
A2C53032747	GOL MY 2003 (Painel)	135
890.502.118	Ford F Series - Index A	33
890.502.117	TOYOTA	119
A2C53023637	HONDA FIT	104
A2C53025934	TUPY	235
890.502.127	VSS	58
MODELO NÃO METAL	Projeto	
992657017	BLUE MACAW	466
992.657.323	Blue Macaw High Line	101
992655985	GOL VMC	120
A2C53022003	Cluster ASTRA	33
992.657.097	Cluster Corsa S4300	494
A2C53022003	Cluster ASTRA	239
MODELO MULTILAYER	Projeto	
1324.71.110.00	MTCO - PRINCIPAL	281
1324.71.201.02	MTCO - DISPLAY	128
T187105002	KTCO	352
TOTAL		3092

A demanda (limite) para este tipo de família de produto é de 3092 peças/dia

Se houver um acréscimo num determinado dia da semana (por exemplo, numa segunda feira) haverá problemas para atender ao embarque das ordens planejadas para aquele determinado dia. Na Tabela 4.1b observa-se o comportamento da linha de produção da “PWB Brasil” para um aumento na demanda num determinado dia da semana para um determinado produto.

Tabela 4.1b – Demanda semanal por produto – PCB's

Lista de produtos que utilizam PCB's

Produto (códigos)	Descrição produto	Demanda por dia
MODELO METAL	Projeto	
992.655.923	PAINEL SANTANA	21
992.657.207	AB 9 2000 (Painel Gol)	5
1323.71.900.02	Cab Freshening	168
A2C53032747	GOL MY 2003 (Painel)	135
890.502.118	Ford F Series - Index A	33
890.502.117	TOYOTA	119
A2C53023637	HONDA FIT	104
A2C53025934	TUPY	235
890.502.127	VSS	58

MODELO NÃO METAL	Projeto	
992657017	BLUE MACAW	466
992.657.323	Blue Macaw High Line	101
992655985	GOL VMC	120
A2C53022003	Cluster ASTRA	33
992.657.097	Cluster Corsa S4300	494
A2C53022003	Cluster ASTRA	239

MODELO MULTILAYER	Projeto	
1324.71.110.00	MTCO - PRINCIPAL	281
1324.71.201.02	MTCO - DISPLAY	128
T187105002	KTCO	352
TOTAL		3092

A demanda (limite) para este tipo de família de produto é de 3092 peças/dia

Ordens do Cliente por dia

SEG	TER	QUA	QUI	SEX	Total da semana
20	21	25	30	20	116
5	5	10	15	12	47
168	168	150	120	125	731
130	100	135	130	120	615
33	33	30	15	25	136
105	115	119	120	120	579
100	105	104	104	95	508
235	235	235	220	250	1175
65	50	55	58	58	286
450	400	466	460	420	2196
100	105	110	115	100	530
120	120	120	125	105	590
40	33	33	10	25	141
550	494	515	405	325	2289
239	239	250	240	240	1208
280	280	265	225	260	1310
125	128	125	128	128	634
350	355	315	330	350	1700
3115	2986	3062	2850	2778	14791

Neste dia pode haver problema para atender a demanda do cliente que é de 3092 peças/dia

Nota-se claramente que o processo de produção requer algo mais para trabalhar sob uma forma normal, ou seja, que todos os produtos sejam atendidos sob uma forma cadenciada.

Uma maneira de se adequar a produção à exigência de todos os modelos solicitados pelo cliente seria lançar mão da mixagem dos produtos para que todos os produtos possam ser atendidos dentro da capacidade produtiva da linha de produção, mas para isto é necessário que classifiquemos os diversos produtos por família antes mesmo de partirmos para a utilização do sistema cadenciador ou puxador no layout atual.

4.2.2.1 - Escolha da matriz família de produtos

A primeira etapa para o correto mapeamento do fluxo de valor na empresa “PWB Brasil” é determinar onde exatamente os processos de equipamentos dedicados começam (a *puxada do processo*) para que possamos traçar a matriz da família de produtos e daí mapearmos adequadamente o processo produtivo da empresa para adequá-lo à demanda correta solicitada pelo cliente.

A Figura 4.1 mostra os produtos envolvidos na matriz da família de produtos selecionada no mapeamento do fluxo de valor e as respectivas operações de produção relatadas no mapa do estado atual ou corrente. Notamos que a referida figura indica onde se dá o início da puxada pelo sistema, ou seja, onde realmente começa as operações dedicadas da produção que vão desde a de número #100 até a de número #160.

Matriz Família de Produtos		Equipamentos compartilhados									Linhas Dedicadas (início da puxada)							
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
Produto (códigos)	Descrição produto	Corte do laminado	Furação dos alvos	Furação da placa de circuito impresso	Metização dos furos (PTH)	Aplicação Dry-film externo (exposição e revelação de imagem)	Deposição de cobre eletrolítico na superfície da placa de circuito impresso	Remoção do Dry-film externo (Ristop)	Incisão - Remoção do cobre (laminado não protegido)	Aplicação máscara de solda verde	Aptecação de legenda	Aplicação de carbono	Aplicação de Estanho/Chumbo (HAL)	Pré-Corte em V	Acabamento em CNC	Teste elétrico	Pacote + Embarque	
992655923	Cluster Santana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
992657207	Cluster Gol AB-9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1323.71.900.02	Cab Freshening	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
A2C53032747	Cluster Gol MY2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
890502118	Ford F-Series	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
890502117	Cluster Toyota	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
A2C53023637	Cluster Honda FIT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
A2C53025934	Cluster Tupy	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
890502127	VSS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
992657017	GMB Blue Macaw LL	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
992657323	GMB Blue macaw HL	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
992655985	Cluster Gol VMC	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
A2C53022003	Cluster Astra	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
992657097	Cluster Corsa	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
A2C53022003	Cluster Astra GMB	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	

Neste processo temos os equipamentos compartilhados

Neste processo temos o início da puxada no fluxo

Figura 4.1 – Matriz família de produtos (processos compartilhados / dedicados)

A próxima etapa a ser cumprida é a construção da “matriz família de produtos focados” dos processos que estão dentro dos processos dedicados a fim de avaliarmos onde deveremos agir para a determinação e escolha do processo “cadenciador” ou “puxador” correto para a operação de produção.

Na Tabela 4.2 observa-se a matriz de família de produto focada para somente os processos dedicados.

Tabela 4.2 – Matriz família de produtos focada (processos dedicados)

		100	110	120	130	140	150	160
Matriz Família de Produtos "Com FOCO"		Aplicação de legenda	Aplicação de carbono	Aplicação de Estanho/Chumbo (HAL)	Pré-Corte em V	Acabamento em CNC	Teste elétrico	Pacote + Embarque
Produto (códigos)	Descrição produto							
992655923	Cluster Santana	X	X	X	X	X	X	X
992657207	Cluster Gol AB-9	X	X	X	X	X	X	X
1323.71.900.02	Cab Freshening	X		X	X	X	X	X
A2C53032747	Cluster Gol MY2003	X	X	X	X	X	X	X
890502118	Ford F-Series	X	X	X	X	X	X	X
890502117	Cluster Toyota	X	X	X	X	X	X	X
A2C53023637	Cluster Honda FIT	X	X	X	X	X	X	X
A2C53025934	Cluster Tupy	X	X	X	X	X	X	X
890502127	VSS	X		X	X	X	X	X
992657017	GMB Blue Macaw LL	X	X		X	X	X	X
992657323	GMB Blue macaw HL	X	X		X	X	X	X
992655985	Cluster Gol VMC	X	X		X	X	X	X
A2C53022003	Cluster Astra	X	X		X	X	X	X
992657097	Cluster Corsa	X	X		X	X	X	X
A2C53022003	Cluster Astra GMB	X	X		X	X	X	X

Deveremos agora agrupar os produtos em famílias de produtos que possuem ou estão num mesmo processo produtivo a partir da puxada da produção pelo cliente, ou seja, a partir da operação #100.

Na Tabela 4.3 o conjunto de produtos está dividido em duas famílias, ou seja, a “**Família A**” e a “**Família B**” com os respectivos produtos agrupados por afinidade de produção.

O critério estabelecido para o agrupamento da “**Família A**” foi o de se escolher produtos que requerem as mesmas etapas do processo de fabricação.

Tabela 4.3 - Famílias A e B da PWB Brasil

Matriz Família de Produtos "Com FOCO"		100	110	120	130	140	150	160	Família
		Aplicação de legenda	Aplicação de carbono	Aplicação de Estanho/Chumbo (HAL)	Pré-Corte em V	Acabamento em CNC	Teste elétrico	Pacote + Embarque	
Produto (códigos)	Descrição produto								
992655923	Cluster Santana	X	X	X	X	X	X	X	A
992657207	Cluster Gol AB-9	X	X	X	X	X	X	X	A
A2C53032747	Cluster Gol MY2003	X	X	X	X	X	X	X	A
890502118	Ford F-Series	X	X	X	X	X	X	X	A
890502117	Cluster Toyota	X	X	X	X	X	X	X	A
A2C53023637	Cluster Honda FIT	X	X	X	X	X	X	X	A
A2C53025934	Cluster Tupy	X	X	X	X	X	X	X	A
992657017	GMB Blue Macaw LL	X	X		X	X	X	X	B
1323.71.900.02	Cab Freshening	X		X	X	X	X	X	B
890502127	VSS	X		X	X	X	X	X	B
992657323	GMB Blue macaw HL	X	X		X	X	X	X	B
992655985	Cluster Gol VMC	X	X		X	X	X	X	B
A2C53022003	Cluster Astra	X	X		X	X	X	X	B
992657097	Cluster Corsa	X	X		X	X	X	X	B
A2C53022003	Cluster Astra GMB	X	X		X	X	X	X	B

Família A

4.2.2.2 –Refinamento da família de produtos (“Conteúdo de trabalho”)

Uma vez definida que a família de produtos escolhida foi a “**Família A**” por apresentar todos os produtos compartilhando os mesmos processos, o próximo passo será plotar os tempos de cada processo produtivo da família de produtos “A”. Na Tabela 4.4 temos a família de produtos “A” com os tempos determinados para cada operação.

Nesta tabela , os “**Part Numbers**” dos produtos foram substituídos por letras de A até G a fim de facilitar o manuseio dos dados durante a pesquisa.

Tabela 4.4 – Matriz com os tempos de operação para cada produto dentro da família de produtos “A”

		100	110	120	130	140	150	160	
Matriz Família de Produtos "PCB's"		Aplicação de legenda	Aplicação de carbono	Aplicação de Estanho/Chumbo (HAL)	Pré-Corte em V	Acabamento em CNC	Teste elétrico	Pacote + Embarque	Total em segundos
Produto (códigos)	Descrição produto								
A	Cluster Santana	12	25	10	15	50	60	X	172
B	Cluster Gol AB-9	12	25	10	15	50	60	X	172
C	Cluster Gol MY2003	12	25	10	15	50	60	X	172
D	Ford F-Series	12	25	10	15	50	60	X	172
E	Cluster Toyota	12	35	10	21	70	90	X	238
F	Cluster Honda FIT	12	35	10	21	70	90	X	238
G	Cluster Tupy	12	25	10	15	50	60	X	172

**Todos os tempos em segundos

Observamos acima que há variações nos tempos para alguns produtos como, por exemplo, nos produtos destinados aos clientes Toyota e Honda. Isto se deve ao fato das especificações destes clientes solicitar um tempo maior para a realização de determinadas operações.

Uma importante observação a ser feita nesta etapa da análise é verificarmos o conteúdo de trabalho de cada produto a fim de checar se todos os produtos agrupados na família de produtos estão num mesmo nível de conteúdo de trabalho.

Como regra geral, o range do conteúdo de trabalho em um processo compartilhado para cada produto dentro de uma família de produtos deve ficar em torno de 30%, Duggan[2002].

O range do conteúdo de trabalho para esta família de produtos em análise é dada pela fórmula seguinte:

$$\frac{(\text{Maior valor conteúdo de trabalho} - \text{Menor valor conteúdo de trabalho})}{(\text{Maior valor conteúdo de trabalho})} \times 100$$

Ou seja,

FAIXA DO CONTEÚDO DE TRABALHO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS “A”

$$[(238 - 172) / 238] \times 100 = \mathbf{27,73\%}$$

Diante desta análise concluímos que o range do conteúdo de trabalho para todos os produtos da família de produtos “A” estão dentro dos 30% estipulado como regra geral. Desta maneira não haverá necessidade de se alterar a família de produtos estipulada na Tabela 4.4.

4.2.2.3 - “TAKT TIME” do processo cadenciador

Nesta etapa o mapa de estado futuro deverá começar a tomar forma e para isto o mapa de estado corrente ou atual (Anexo I) deverá ter os recursos compartilhados identificados e disponibilizados para a aplicação do processo cadenciador ou **“PACEMAKER”**. No Anexo IV observa-se no mapa de estado corrente ou atual onde será aplicado o processo cadenciador no sistema produtivo. Os processos que farão parte deste processo cadenciador serão os seguintes:

Processo #100 - Aplicação de legenda

Processo #110 - Aplicação de carbono

Processo #120 – Aplicação de estanho chumbo (HASL)

Processo #130 - Pré-corte em V (vincadeira)

Processo #140 - Acabamento em CN

Processo #150 – Teste elétrico

Através dos dados extraídos da Tabela 4.1b foi estabelecido o *tempo takt* para o sistema cadenciador da futura célula de produção.

Tabela 4.5 – Demanda dos produtos da família “A” - “Semanal e Diária”

Matriz Família de Produtos "Com FOCO"		Total conteúdo de trabalho (seg)	Demanda / Semana	Demanda / Dia
Produto (códigos)	Descrição produto			
A	Cluster Santana	172	116	23
B	Cluster Gol AB-9	172	47	9
D	Cluster Gol MY2003	172	615	123
E	Ford F-Series	172	136	27
F	Cluster Toyota	238	579	116
G	Cluster Honda FIT	238	508	102
H	Cluster Tupy	172	1175	235
			3176	635

- 1- Tempo de horas disponível por turno: 08 horas ou 480 minutos
- 2- Total de turnos em operação na empresa: 02 turnos
- 3- Tempo total de paradas por turno: 30 minutos (paradas para café e descanso)
- 4- Tempo total efetivo de trabalho por turno: 480 minutos – 30 minutos = 450 minutos ou 450 minutos x 60 segundos = 27.000 segundos disponíveis/turno ou 7,5 horas/turno.
- 5- Tempo total efetivo de trabalho por dia: 27.000 seg. x 2 turnos = 54.000 seg. ou 900 minutos.

O *tempo takt* para o processo “cadenciador” ou “puxador” do estado futuro desta operação ficará em torno de 85,03 segundos (54.000 segundos / 635 peças por dia = 85,03 segundos por peça) ou seja, o cliente estará adquirindo um determinado produto da família “A” de produtos da “PWB Brasil” numa taxa de um produto a cada 85,03 segundos.

4.3 – Verificação do equipamento de suporte do processo cadenciador

Um outro ponto a ser verificado dentro do processo cadenciador é verificar se o equipamento existente está com capacidade de produção suficiente para atender à família de produtos proposta e o mix de produtos com o *takt time* calculado. Para determinar o número correto de máquinas para atender a demanda necessária teremos que calcular o TEMPO DE CICLO para cada produto na estação de teste.

Alguns produtos possuem um tempo de ciclo “T/C” maior do que os outros produtos da família devido a alguma característica especial solicitada pelo cliente.

4.3.1- SITUAÇÃO ATUAL

*Número de estações de teste elétrico:

Operação #150 (03 estações de teste elétrico com 01 operador em cada estação, ou seja, 06 operadores trabalhando em 02 turnos, com um tempo de ciclo “T/C” variando de 60 a 90 segundos, com tempo de troca “T/R” de 33 min., com um tempo de operação efetiva – operação real da máquina - de 95% e um tempo disponível para trabalho por turno “T/D” de 27.000 segundos) para atender uma demanda diária de 3092 peças (Figura 4.2).

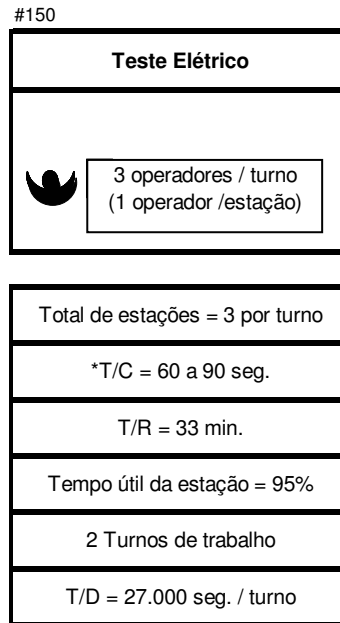


Figura 4.2 – Caixa de processo “Op. #150” – Estação de teste elétrico do estado atual/corrente

4.3.2- SITUAÇÃO PROPOSTA

Neste estágio é necessário o estudo do tempo de ciclo “T/C” de cada produto inserido na família de produtos “A” a fim de determinar a real necessidade de tempo para os equipamentos a serem considerados dentro do processo cadenciador que deve atender a demanda solicitada pelo cliente de acordo com a variação no mix de produção.

1- Cálculo do tempo de ciclo para cada operação na estação de teste – operação #150 (número de equipamentos requeridos para o novo processo cadenciador)

Na Tabela 4.6 temos o tempo de ciclo “T/C” solicitado para cada produto com os respectivos tempos de ciclo total (T/C x Demanda Diária) para cada produto da família de produtos “A”.

Tabela 4.6 – Cálculo do tempo de ciclo do produto na estação de teste

150

Produto (códigos)	Descrição produto	Tempo de Ciclo T/C (Estação :Teste elétrico)	Demanda / Dia	T/C x Demanda Diária (segundos)
A	Cluster Santana	60	23	1.380
B	Cluster Gol AB-9	60	9	540
C	Cluster Gol MY2003	60	123	7.380
D	Ford F-Series	60	27	1.620
E	Cluster Toyota	90	116	10.440
F	Cluster Honda FIT	90	102	9.180
G	Cluster Tupy	60	235	14.100

Tempo requerido para realização dos testes / dia = 44.640 segundos

O número de equipamentos necessários para o processo cadenciador é obtido pela razão entre o tempo requerido para testes / dia pelo tempo efetivo de trabalho da “*PWB Brasil*” e que possui o valor de 54.000 segundos/dia ou 900 minutos/dia (*já calculado no item 4.2.1) – Figura 4.3.

Equipamento Requerido	=	$\frac{\text{Somatório (Tempo de Ciclo x Demanda)}}{\text{Tempo efetivo de trabalho/dia}}$
------------------------------	----------	--

Figura 4.3 – Equação do número de equipamentos requerido para o processo cadenciador

Desta forma temos:

*Número de equipamentos requeridos: 44.640 segundos / 54.000 segundos = 0,826 equipamentos

2- Cálculo do UPTIME para “95%”do equipamento de teste – operação #150

Devido a uma característica do equipamento de teste ter em média 95% de UPTIME (5% do tempo o equipamento de teste fica fora de operação), o cálculo do número do equipamento requerido será:

*Tempo total requerido para testes: 44.640 seg./ 0,95 de uptime = 46.989 segundos

*Número de equipamentos requeridos: 46.989 segundos / 54.000 segundos = 0,87 equipamentos

Com isto tem-se um acréscimo de 5,32% no número de equipamentos requeridos devido ao UPTIME de 95% do equipamento de teste.

Com esta nova proposta de se trabalhar com família de produtos, a nova célula de trabalho do processo cadenciador da família de produtos “A” irá necessitar de apenas 01 equipamento de teste 100% dedicado a este processo cadenciador e 01 operador para a demanda da família de produtos “A” dedicada exclusivamente a este novo processo.

Com este novo processo, tem-se uma redução de 02 equipamentos de testes e de 02 operadores na linha de produção por turno da família de produtos “A”. A nova caixa de processo da estação de teste operação #150 do novo estado futuro terá a configuração da Figura 4.4.

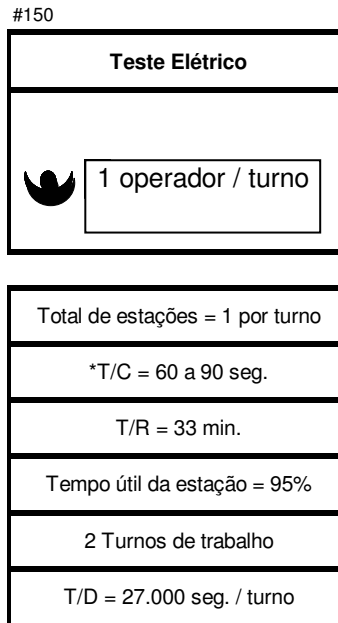


Figura 4.4 - Caixa de processo “Op.#150” – Estação de teste estado futuro

4.4 – Cálculo do intervalo da produção e número máximo de trocas para o processo cadenciador

Nesta etapa do processo precisamos determinar qual o intervalo ou o tamanho do lote, uma vez que estaremos tratando com lotes misturados com alto volume de produção. Este lote deve ser o menor possível para se tentar produzir peças de cada produto inserido na família de produtos “A”. A demanda semanal do cliente está ilustrada na Tabela 4.5 sendo 3.176 peças. Portanto a produção diária deverá ser de 635 peças para atender esta demanda.

4.4.1- PROPOSTA INICIAL – Intervalo por semana

A primeira proposta para se produzir todos os itens da família de produtos “A” foi a de rearranjar os produtos num intervalo de 01 semana conforme a Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Planejamento para intervalo de 01 semana (semanal)

Produto (códigos)	Descrição produto	PRODUÇÃO DIÁRIA					Total semanal
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX	
A	Cluster Santana	116	-	-	-	-	116
B	Cluster Gol AB-9	47	-	-	-	-	47
C	Cluster Gol MY2003	472	143	-	-	-	615
D	Ford F-Series	-	136	-	-	-	136
E	Cluster Toyota	-	356	223	-	-	579
F	Cluster Honda FIT	-	-	254	127	127	508
G	Cluster Tupy	-	-	158	509	508	1175
Total		635	635	635	636	635	3176

Intervalo = 1 semana

Esta situação não é muito eficiente, poderíamos implementá-la mais.

O planejamento acima não é um dos mais indicados devido a vários fatores listados abaixo:

- 1- Os intervalos criados não são pequenos o suficiente para se rodar produtos misturados. Intervalos pequenos é a chave do sucesso em uma linha de modelos mistos;
- 2- Intervalos deveriam ser curtos, pois fazem com que a flexibilidade seja altamente incrementada. O tempo de troca se torna extremamente pequeno e com isso o inventário diminui;
- 3- Intervalos deveriam ser curtos, pois implicam em tempos de entrega curtos.

4.4.2- PROPOSTA FINAL – Intervalo por dia

A proposta final foi o de um planejamento com intervalos de produção mais curtos (diário) a fim de atender aos quesitos anteriores. Esta nova situação está ilustrada na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Planejamento para intervalo de 01 dia (diário)

Produto (códigos)	Descrição produto	PRODUÇÃO DIÁRIA					Total semanal
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX	
A	Cluster Santana	23	23	23	23	23	116
B	Cluster Gol AB-9	9	9	9	9	9	47
C	Cluster Gol MY2003	123	123	123	123	123	615
D	Ford F-Series	27	27	27	27	27	136
E	Cluster Toyota	116	116	116	116	116	579
F	Cluster Honda FIT	102	102	102	102	102	508
G	Cluster Tupy	235	235	235	235	235	1175
Total		635	635	635	635	635	3176

Produzir em intervalos mais curtos requer uma mudança de ferramenta muito rápida e máquina com alta confiabilidade. Devemos constantemente reduzir as trocas para reduzir cada vez mais os intervalos.

Nesta proposta conseguimos reduzir o tamanho dos lotes (produção diária de todos os itens), a flexibilidade da linha foi aumentada para produção de todos os itens mixados, e assim entregas para os clientes podem ser prontamente atendidas sem muito atraso. Porém, este tipo de operação requer uma frequência de troca ou *set-up* de linha muito maior do que o normal, além de máquinas com uma alta confiabilidade.

4.4.3 - TEMPO DE TROCA “CHANGEOVER TIME” para um Up-Time de 95%

O tempo de troca ou “*changeover time*” deverá ser calculado para suportar o intervalo acima. Para isto precisamos verificar o tempo efetivo de trabalho da estação de teste para o up-time de 95% da estação.

- 1- Tempo efetivo de teste disponível na estação de teste operação #150: 900 min / intervalo (ou 54.000 segundos)
- 2- Up-Time da estação de teste: 95%
- 3- Tempo total requerido para realização dos testes na estação de teste com up-time de 95% ($44.640/0,95 = 46.989$ segundos ou 783 minutos) para suportar o takt time diário.
- 4- Temos cerca de 117 minutos ($900-783=117$ minutos) de tempo para realização das trocas dentro do intervalo de um dia.

O tempo de troca na estação de testes é de 33 minutos (tempo este observado no chão de fábrica). O intervalo calculado permite somente 16,71 minutos por troca ($117 \text{ min} / 7 \text{ produtos da família "A"} = 16,71 \text{ minutos}$) conforme ilustrado no Gráfico 4.1a.

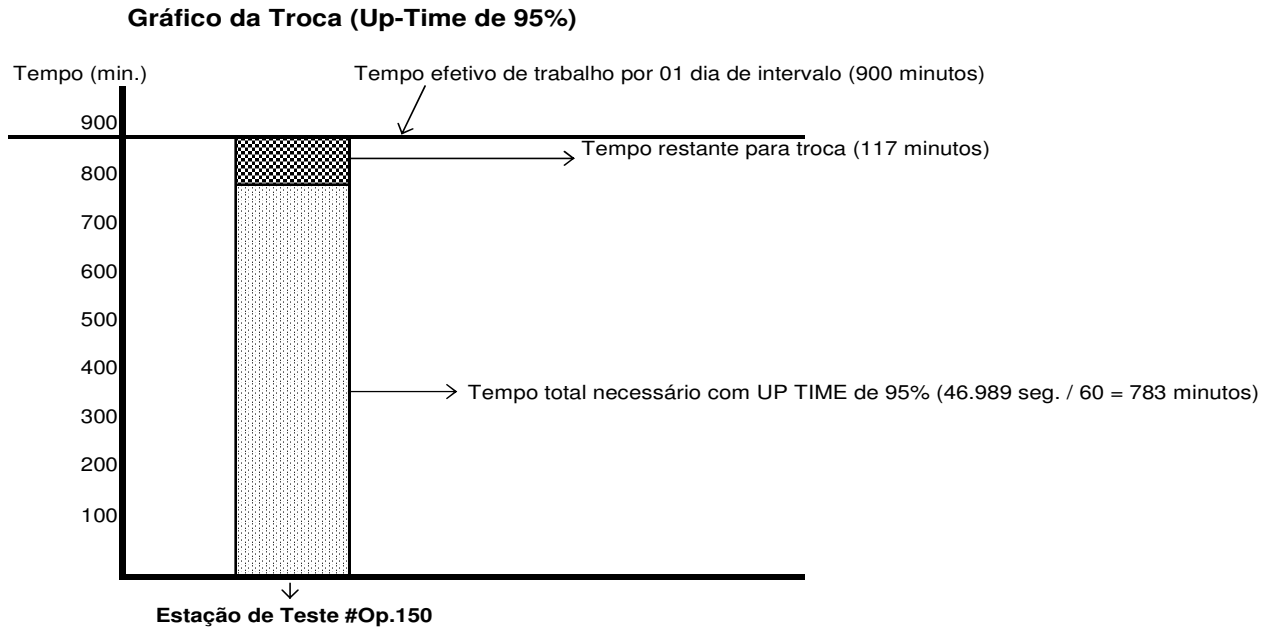


Gráfico 4.1a – Gráfico da Troca para um “Up-Time” de 95% na estação de testes #Op.150

4.4.4 - TEMPO DE TROCA “CHANGEOVER TIME” para um Up-Time de 98%

A fim de incrementar o “*changeover time*” ou tempo de troca , devemos considerar uma estação de testes com um *up-time* de 98% para conseqüente diminuição do tempo de trocas. Desta forma temos:

- 1- Tempo efetivo de teste disponível na estação de teste operação #150: 900 min / intervalo (ou 54.000 segundos)
- 2- Up-Time da estação de teste: 98%
- 3- Tempo total requerido para realização dos testes na estação de teste com up-time de 98% ($44.640 / 0,98 = 45.551$ segundos ou 759 minutos) para suportar o takt time diário.
- 4- Temos cerca de 141 minutos ($900 - 759 = 141$ minutos) de tempo para realização das trocas dentro do intervalo de um dia.

O tempo de troca na estação de testes é de 33 minutos (tempo este observado no chão de fábrica). O intervalo calculado permite somente 20,14 minutos por troca ($141 \text{ min} / 7 \text{ produtos da família "A"} = 20,14 \text{ minutos}$) conforme ilustrado no Gráfico 4.1b.

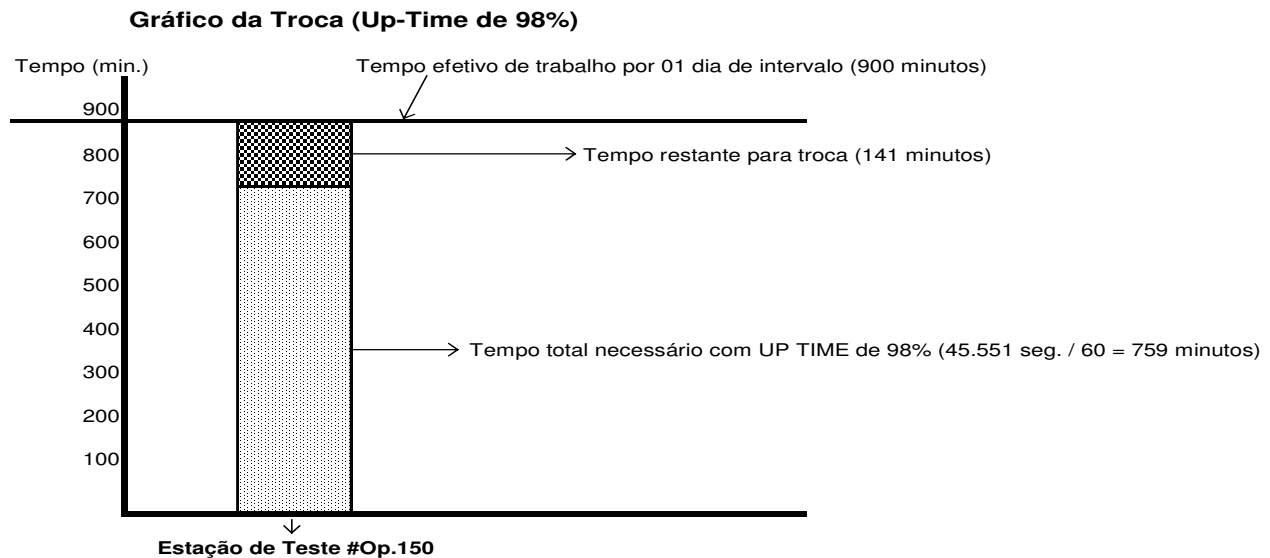


Gráfico 4.1b – Gráfico da Troca para um “Up-Time” de 98% na estação de testes #Op.150

4.5 – Verificação do fluxo unitário no processo cadenciador através da análise do OBC - “Operator Balance Chart”

Alguns produtos dentro do processo cadenciador possuem um conteúdo de trabalho maior do que os outros produtos dentro do mesmo processo, dificultando assim o balanceamento correto da operação, ou seja, criando posições sem o correto balanceamento com relação ao “*takt time*” estipulado, gerando os famosos e indesejáveis gargalos no processo de manufatura.

O método “OBC” permitirá balancear o trabalho por operador dentro do “*takt time*”, calculado anteriormente em 85,03 segundos a fim de fazer com que o fluxo unitário dentro do processo cadenciador flua de uma maneira eficaz.

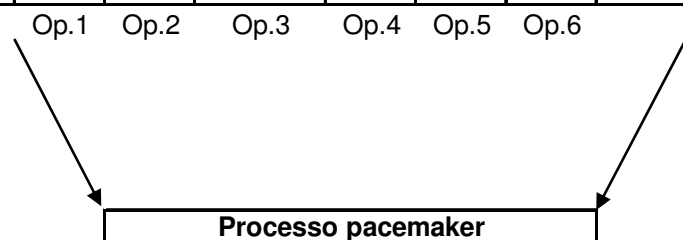
Numa produção com alto mix de produtos, a “OBC” é necessária para cada produto da família de produtos “A” para que possamos entender de uma forma clara e objetiva de quanto será a melhoria no trabalho dentro da estação em estudo. As OBC’s também nos dão uma visão de como será a distribuição do trabalho para produtos com altos conteúdos de trabalho e mais uma vez como serão implementadas as melhorias para um possível balanceamento correto.

A Tabela 4.9 nos mostra como está distribuída a carga de trabalho em segundos para cada estação de trabalho do processo cadenciador estipulado para este estudo. Nota-se que os produtos HONDA e TOYOTA possuem um conteúdo de trabalho superior aos demais produtos, e como explicado anteriormente isso se deve a algumas características próprias destes produtos.

Tabela 4.9 – Carga de trabalho por estação no processo cadenciador

Matriz Família de Produtos "PCB's"		Aplicação de legenda	Aplicação de carbono	Aplicação de Estanho/Chumbo (HAL)	Pré-Corte em V	Acabamento em CNC	Teste elétrico	Pacote + Embarque
Produto (códigos)	Descrição produto							
A	Cluster Santana	12	25	10	15	50	60	X
B	Cluster Gol AB-9	12	25	10	15	50	60	X
D	Cluster Gol MY2003	12	25	10	15	50	60	X
E	Ford F-Series	12	25	10	15	50	60	X
F	Cluster Toyota	12	35	10	21	70	90	X
G	Cluster Honda FIT	12	35	10	21	70	90	X
H	Cluster Tupy	12	25	10	15	50	60	X

**Todos os tempos em segundos



4.5.1- “OBC” – PROPOSTA ESTADO INICIAL / ATUAL

Nos Gráficos 4.2a e 4.2b seguintes, podemos verificar que temos um problema grave com os produtos HONDA FIT e TOYOTA pois os mesmos possuem um conteúdo de trabalho acima do tempo *takt* do processo. O tempo *takt* estipulado para o processo cadenciador foi de **85,03 segundos** conforme mostrado anteriormente. A fim de balancear o processo cadenciador contra possíveis interferências externas (variação na demanda pelo cliente, retrabalhos que possam ocorrer no processo produtivo, possível substituição de operador, tempos de ciclos longos) devemos lançar mão do “PCT” -*Planned Cycle Time* deverá ser adicionado ao processo num valor em torno de 92% a 95% do “*takt-time*” – Duggan [2002]. O valor do PCT deverá ficar em torno dos **78,22 segundos**, com isto garantiremos que as possíveis variações relatadas acima possam ser absorvidas pelo processo cadenciador sem prejuízo à demanda solicitada pelo cliente. Desta forma podemos visualizar nos gráficos seguintes a análise efetuada neste estudo.

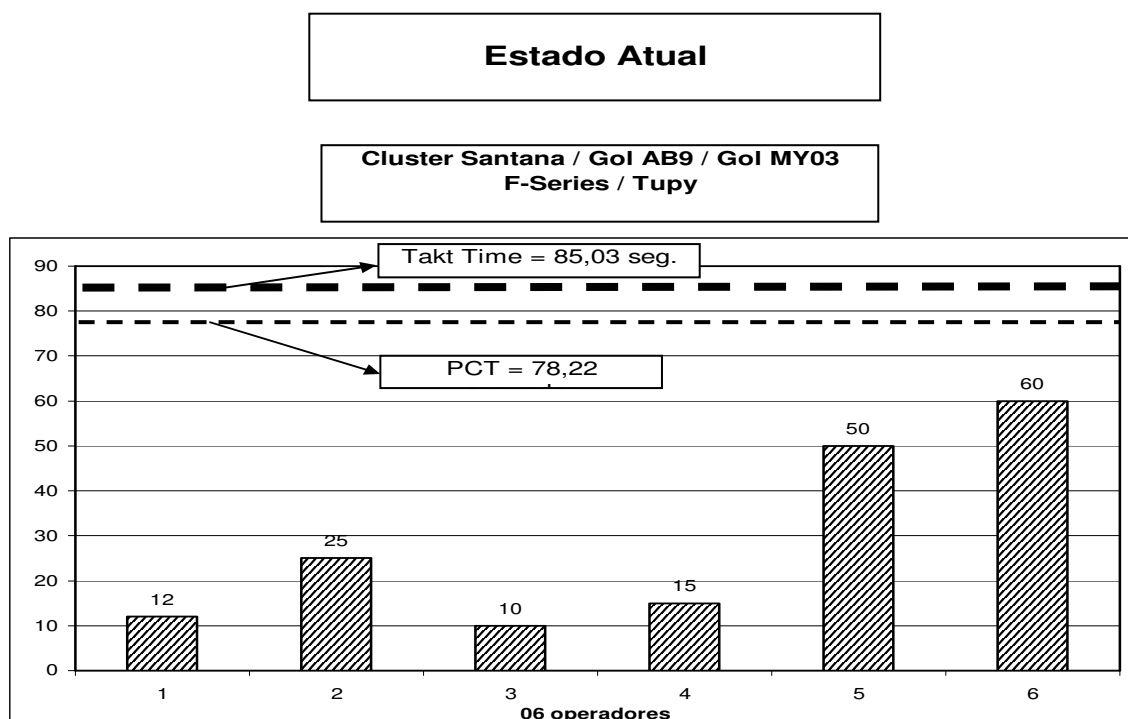


Gráfico 4.2a – OBC para estado atual dos produtos Santana / Gol AB9 / Gol MY03 /
F-Series / Tupy

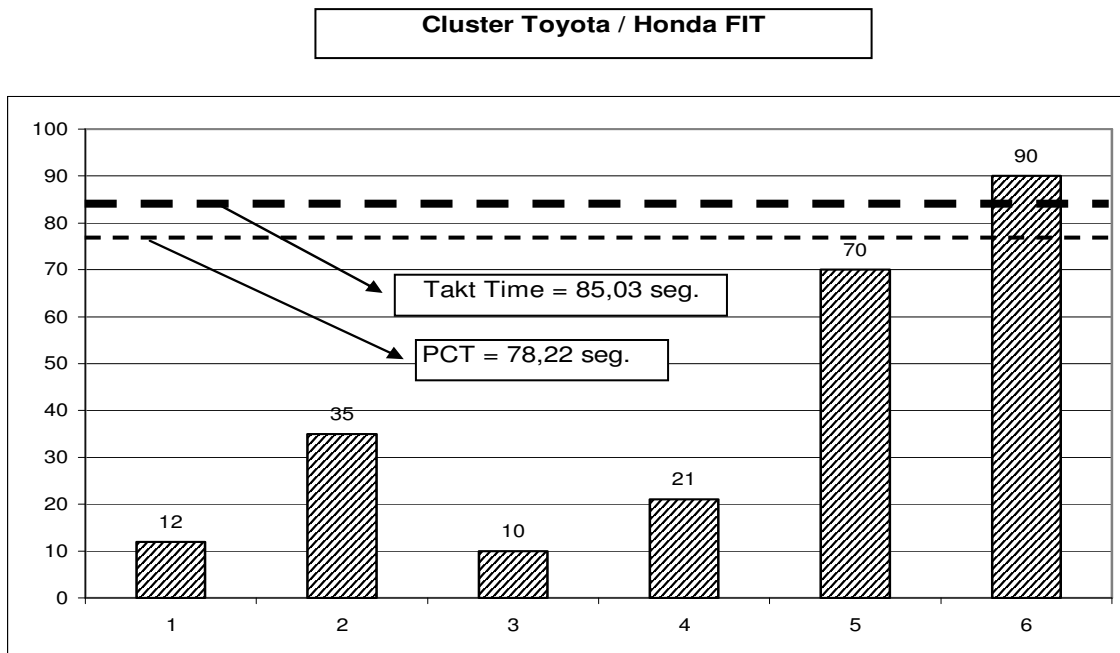


Gráfico 4.2b – OBC para estado atual dos produtos Toyota / Honda FIT

Nota-se no Gráfico 4.2b que para o operador de número #06 o valor do conteúdo de trabalho está acima do “*takt time*” em 5,84%, provocando nesta situação um gargalo para a operação.

4.5.2- “OBC” – PROPOSTA ESTADO FINAL / FUTURO

Devemos transformar o processo num fluxo contínuo completo sem que haja estoques entre os processos, desde a operação “Aplicação de Legenda” até o “Teste Elétrico”. No enfoque enxuto significa que os 06 processos ou operações devam ficar próximos em um arranjo “tipo celular”, fazendo com que os operadores carreguem e passem as partes de uma etapa do processo à outra a fim de distribuir os elementos de trabalho de tal modo que o conteúdo total de trabalho de cada operador fique abaixo do “*takt time*”, eliminando desta forma o possível gargalo existente.

Análise do “OBC” para os produtos: Clusters Santana / Gol AB9 / Gol MY03 / F-Series / Tupy

- 1- Conteúdo total de trabalho (op.# 1 → 6), Tabela 4.9 = $12 + 25 + 10 + 15 + 50 + 60 = 172$ segundos
- 2- Takt time: 85,03 segundos
- 3- Planned Cycle Time – PCT = 78 segundos
- 4- Cálculo do número total de operadores: $172 \text{ segundos} / 85,03 \text{ segundos} = 2,02 \text{ operadores}$
(se adotarmos 2 operadores teremos um T/C de 86 seg., acima do takt time e do PCT)
- 5- Adotando-se 03 operadores teremos um T/C de 57,33 seg., abaixo do takt time e do PCT.
- 6- O conteúdo total de cada operação ficou abaixo do “takt time” de 85,03 segundos e também abaixo do PCT de 78 segundos.

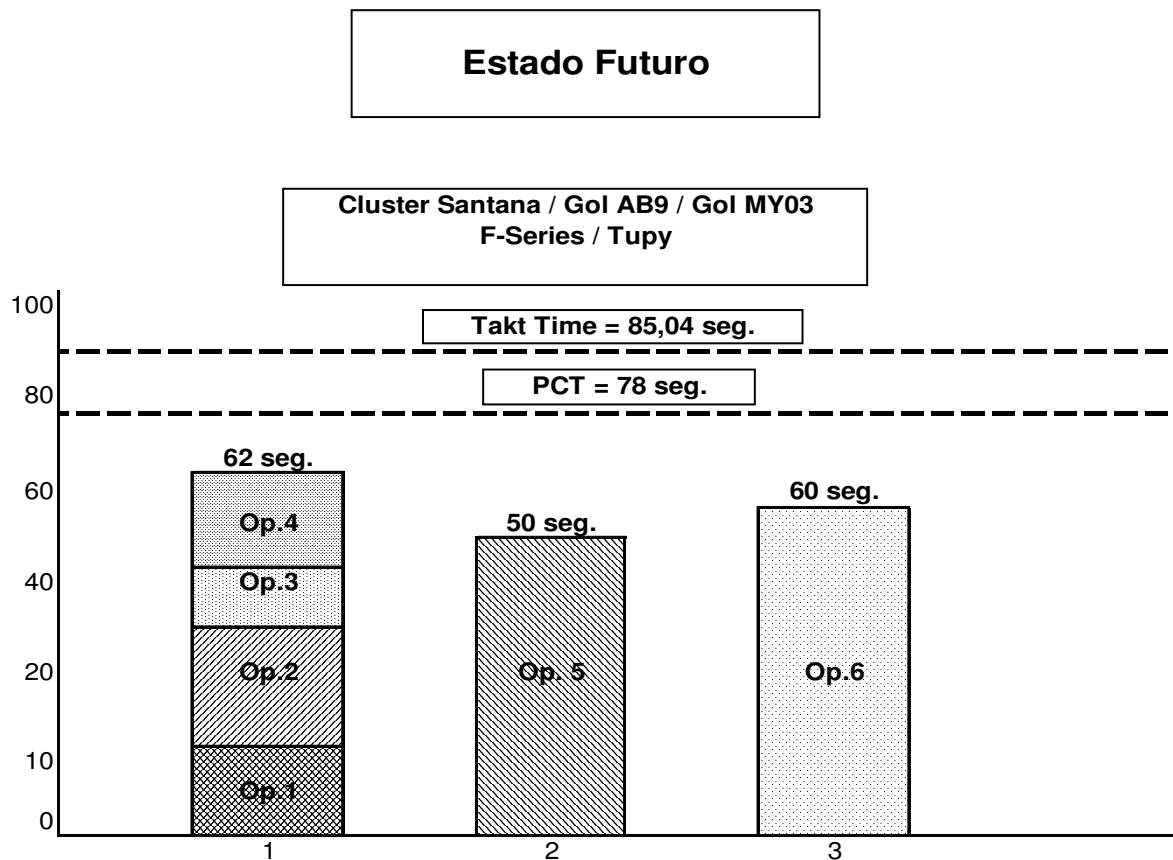


Gráfico 4.3a - OBC para estado futuro produtos Santana/Gol AB9/Gol MY03/
F-Series/Tupy

Análise do “OBC” para os produtos: Clusters Toyota / Honda FIT

- 1- Conteúdo total de trabalho (op.# 1 → 6), Tabela 4.9 = $12 + 35 + 10 + 21 + 70 + 90 = 238$ segundos
- 2- Takt time: 85,03 segundos
- 3- Planned Cycle Time – PCT: 78 segundos
- 4- Cálculo do número total de operadores: $238 \text{ segundos} / 85,03 \text{ segundos} = 2,80$ operadores
- 5- Adotando-se 03 operadores teremos um T/C de 79,33 seg., abaixo do takt time e acima do PCT.
- 6- O conteúdo total de cada operação ficou abaixo do “takt time” de 85,03 segundos e acima do PCT de 78 segundos.

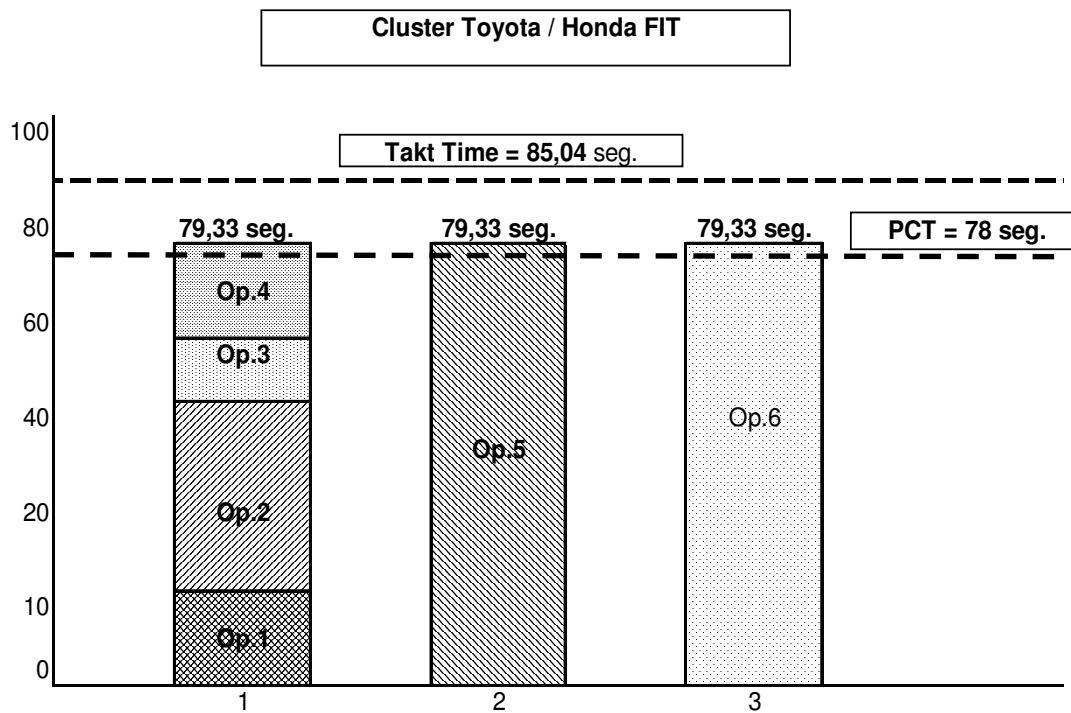


Gráfico 4.3b – OBC para estado futuro produtos Toyota / Honda FIT

4.6 – Balanceamento do ciclo de máquinas

Alguns produtos não podem ser balanceados para o “*takt time*” exigido devido ao tempo de ciclo da máquina ser diferente (maior) do que o “*takt time*” estipulado. No estudo em questão temos os produtos **E** e **F** (*Clusters HONDA FIT & TOYOTA*) com um tempo de ciclo da ordem de 90 segundos contra o “*takt time*” de 85 segundos. Para isto precisa-se balancear os equipamentos para que não haja problemas no intervalo planejado para o processo cadenciador.

É necessário o cálculo da média ponderada do tempo de ciclo dos equipamentos envolvidos no processo cadenciador ou em inglês “*Average Weighted Cycle Time (AWCT)*”. A “*AWCT*” considera o volume de cada produto dentro do mix de produção com o seu respectivo tempo de ciclo. A tabela 4.10 apresenta os dados para o cálculo da *AWCT*.

Tabela 4.10 - Cálculo do T/C x Demanda Diária para a *AWCT*

150				
Produto (códigos)	Descrição produto	Tempo de Ciclo T/C (Estação :Teste elétrico)	Demanda / Dia	T/C x Demanda Diária (segundos)
A	Cluster Santana	60	23	1.380
B	Cluster Gol AB-9	60	9	540
C	Cluster Gol MY2003	60	123	7.380
D	Ford F-Series	60	27	1.620
E	Cluster Toyota	90	116	10.440
F	Cluster Honda FIT	90	102	9.180
G	Cluster Tupy	60	235	14.100
Takt Time		85		
PCT		78		
AWCT		70		
Somatório (T/C x Demanda)				44.640 segundos
Total da demanda = 635 unidades por dia				

A AWCT para o estudo é a razão entre o somatório do T/C x Demanda Diária pelo total da demanda de todos os produtos da família, ou seja:

$$AWCT = (44.640 \text{ segundos}) / 635 \text{ unidades dia} = \boxed{70,29 \text{ segundos}}$$

Esta média nos informa que os produtos “E e F” não podem exceder a quantidade diária média estipulada em 116 e 102 peças respectivamente (Tabela 4.7) a fim de não prejudicar o volume total de 635 peças/dia.

O próximo passo é a criação do gráfico de balanceamento do ciclo de máquina que irá nos mostrar as comparações entre a AWCT com o *takt time* e o *PCT (Planned Cycle Time)* planejado para o estudo (Gráfico 4.4).

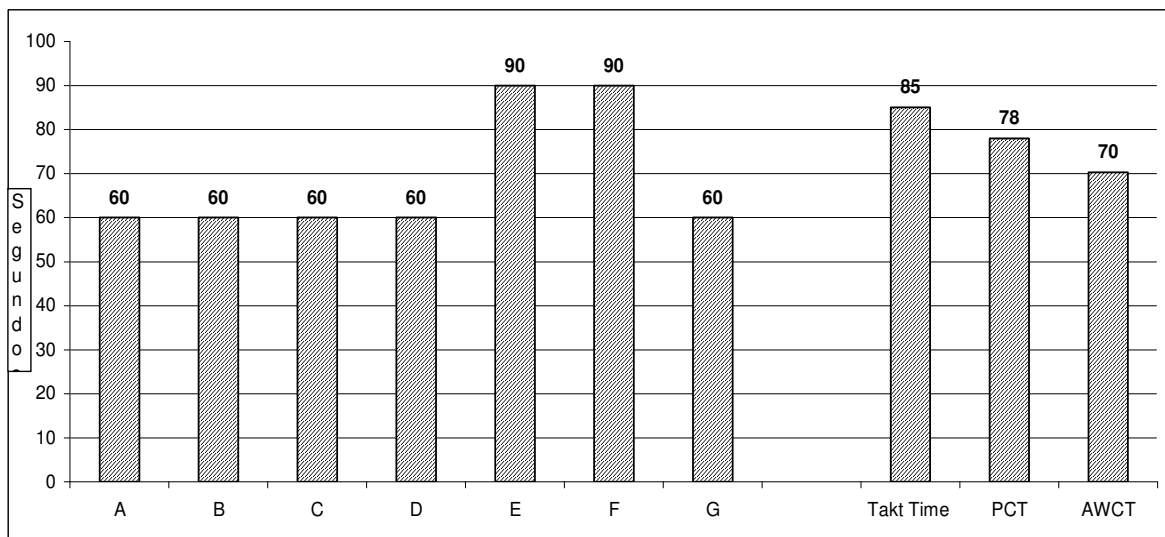


Gráfico 4.4 - Gráfico da estação de teste com balanceamento da máquina

4.7 – Dimensionamento do FIFO no processo cadenciador

Sabemos que o ciclo de máquina (T/C) dos produtos “E” e “F” (Clusters Toyota e Honda FIT respectivamente) excedem o “*Takt Time*” de 85 segundos (ambos com 90 segundos de T/C) o que não irá garantir um fluxo contínuo desde a operação #100 (aplicação da legenda) até a operação #150 (teste elétrico).

A fim de evitar as complicações – fluxo não contínuo - por tempos de ciclo (T/C’s) dos produtos “E” e “F” acima do takt time em relação aos demais produtos da família A, será adicionado uma linha FIFO [Duggan, 2002], entre os processos de operações #140 (acabamento em CNC) e #150 (teste elétrico) para que se crie um pequeno inventário entre o processo cadenciador e o teste elétrico de modo que os produtos com tempo de ciclo menores possam ser produzidos sem interferência no fluxo contínuo.

O tamanho deste FIFO é calculado pelo desequilíbrio que os produtos “E” e “F” geram no processo, ou seja, o “*takt time*” do processo é de 85 segundos e o T/C para estes dois produtos é de 90 segundos. Isto gera um desequilíbrio de 5 segundos para cada produto “E” e “F” produzido e testado na linha de produção, acarretando com isto um atraso de 5 segundos antes de se dar entrada na operação #150 (teste elétrico). O “*AWCT*” calculado no sistema foi de 70 segundos o que nos permite reter cerca de 116 peças do produto “E” e 102 peças para o produto “F”.

Portanto o tamanho da linha FIFO que poderá reter as peças no sistema cadenciador a fim de permitir mudanças na demanda do cliente será de:

1- Produto “E” (Cluster Toyota)

$$\{[90 \text{ seg.} - 85 \text{ seg.}] \times 116 \text{ peças por dia}\} / \text{Takt Time de 85 seg.} = \boxed{6,82 \text{ peças}}$$

2- Produto “F” (Cluster Honda FIT)

$$\{ [90 \text{ seg.} - 85 \text{ seg.}] \times 102 \text{ peças por dia} \} / \text{Takt Time de } 85 \text{ seg.} = \boxed{6,00 \text{ peças}}$$

Iniciaremos a linha do FIFO com a retenção de sete (07) unidades a fim de permitir as futuras mudanças na demanda do cliente.

O layout proposto para o processo cadenciador é apresentado na Figura 4.8 pode-se observar a quantidade de peças que deverão ser retidas a fim de manter o fluxo contínuo e as demandas futuras do cliente.

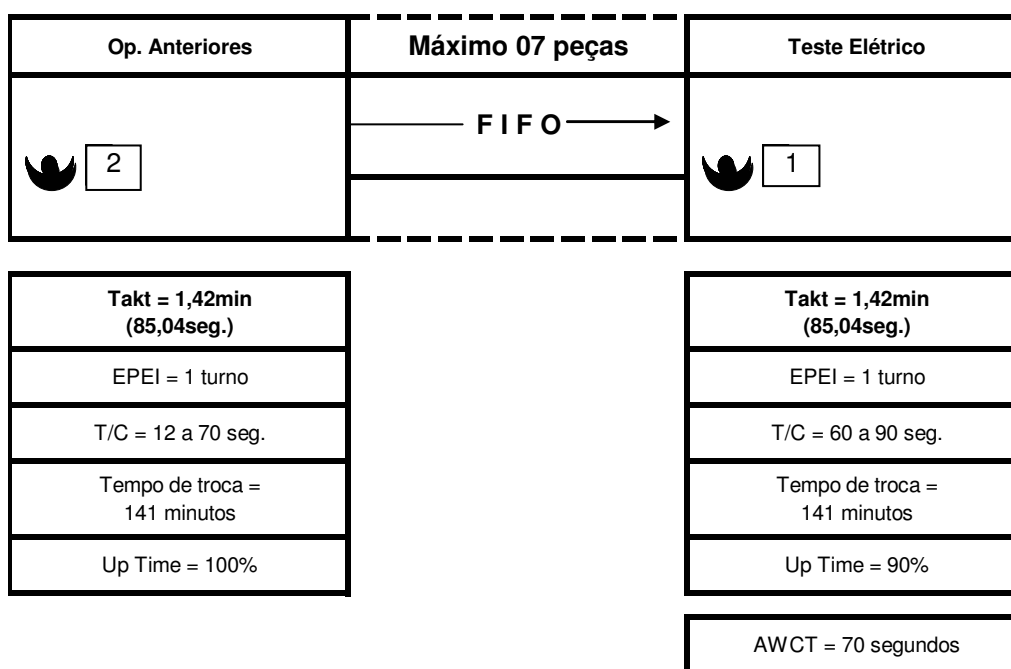


Figura 4.5 – Caixas do processo cadenciador

4.8 – Mapa do estado futuro com o processo cadenciador

Finalmente temos o mapa de estado futuro completo com a implementação das melhorias estudadas neste capítulo, ou seja, processo cadenciador implementado na produção da “PWB Brasil”, fluxo contínuo estabelecido no processo produtivo, eliminação de alguns operadores e estações de montagens/testes. No Anexo VII tem-se o mapa de fluxo futuro implementado com todas as considerações citadas.

4.9 – Considerações finais

Neste capítulo foram discutidos como foram feitos os cálculos para implementação de um processo cadenciador ou puxador em um ambiente de linha de produção de uma indústria de placas de circuito impresso chamada “PWB Brasil”, com as considerações de vários fatores-chaves na determinação deste processo cadenciador: escolha da família de produtos adequada ao processo produtivo, o “*tempo takt*”, o dimensionamento dos equipamentos para suportarem este “*tempo takt*”, cálculos de intervalos de produção, tempo de ciclo de máquinas e, por fim, o mapa de valor proposto/futuro com a implementação do processo cadenciador. Estas análises nos revelaram ser bastante úteis, pois permitiram que tais variações fossem estudadas e analisadas e por fim tratadas de forma adequada.

As análises de cada fator determinante para a implementação do processo cadenciador no novo mapa de fluxo de valor da empresa “PWB Brasil” serviram tanto para as otimizações do referido sistema produtivo como também para o conhecimento do impacto de cada um destes fatores dentro do processo produtivo em estudo.

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

Este trabalho teve como principal objetivo o modelamento e posterior implementação de um sistema cadenciador em uma empresa fabricante de circuitos impressos rígidos para a indústria eletro-eletrônica do ramo automotivo, utilizando-se para isto das técnicas de mapeamento de fluxo de valor estendido. Foram abordados diferentes fatores para que este modelamento / implementação fosse possível de ser realizado e com isto foi obtido um ganho significativo em termos de número de operadores (reduções significativas), redução em número de equipamentos necessários para cobrir a produção prevista.

Em função dos resultados obtidos podem-se tirar algumas conclusões específicas tais como:

* Com relação ao novo layout celular dentro do novo mapa de fluxo de valor

- Aproximação de postos de trabalhos, eliminação de alguns operadores, uso de uma linha FIFO no processo cadenciador para tempos de máquinas que excedem o “*takt time*” e adoção de um *layout* celular neste processo, conduziu o sistema a um fluxo unitário contínuo e a uma produtividade significativa;

- Adoção de uma escolha correta de uma família de produtos a fim de se manter a homogeneidade dos dados dentro do processo cadenciador, garantindo assim um cálculo adequado para as possíveis variações de demandas do cliente para um determinado produto (adoção de uma Linha FIFO).

- Balanceamento correto através do uso dos OBC's (*Operator Balance Chart*) a fim de se adequar corretamente o numero de operadores para a demanda do cliente permitindo desta maneira, uma certa flexibilidade destes operadores.

* Em função dos resultados obtidos, pode-se tirar a seguinte conclusão geral:

- Somente a análise do mapeamento do fluxo de valor extendido não é suficiente para nos indicar a melhor opção para que tenhamos ganhos de produtividade em um determinado sistema produtivo, outras análises tais como *OBC's* e acertos nos tempo *takt* são necessários para complementar o estudo acima.

* Como indicação para posteriores estudos relacionados ao tema em questão pode-se citar:

- Estudo de outros possíveis balanceamentos para operadores levando-se em consideração: variação baixa na demanda aliada ao alto volume de produção, produção customizada com variação baixa na demanda e alta variação na demanda para pequenos “*lead times*”;

- Implementação deste mesmo sistema cadenciador em indústrias com alto volume de produção e com um sistema contínuo de produção, como por exemplo, as do ramo alimentício.

Referências Bibliográficas

Alvarez, Roberto dos Reis., Antunes Jr, José Antonio Valle. Takt-Time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. Revista Gestão & Produção, v.2, p. 1-18, Abril 2001.

Arbix, Glauco., Zilbovicius, Mauro. De JK a FHC : A Reinvenção dos Carros. São Paulo: Scritta, 1997.

Chet, Marchwinski., Shook, John. Léxico Lean : Glossário Ilustrado para Praticantes do Pensamento Lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

Como Escrever e Apresentar sua Tese ou Dissertação. Disponível em: <
<http://www.learnerassociates.net/dissthes/guideprt.htm> > Acesso em: 28 Dezembro 2004.

Corrêa, G., Giansesi, L. Just In Time, MRP II e OPT – Um Enfoque Estratégico. São Paulo: Atlas, 1996.

Diretrizes para apresentação de dissertações e teses – Serviço de Bibliotecas da EPUSP. 2 ed. – São Paulo, 2001. 39p.

Duggan, Kevin. J. Creating Mixed Model Value Streams: Practical Lean Techniques for Building to Demand. New York : Productivity, 2002.

Eco, Humberto. Como se Faz uma Tese. São Paulo: Perspectiva, 2002.

Feld, W. M. Lean Manufacturing. Tools, Techniques and How to Use Them. Simon & Schuster, NY, 2000.

Ferreira, Aurélio Buarque de Holanda e J. E. M. M. Editores Ltda. Novo Dicionário da Língua Portuguesa, 2º Edição revisada e aumentada, Editora Nova Fronteira, 1986.

Ferro, J. R. A Essência da Ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”. Lean Institute Brasil. Disponível em < http://www.lean.org.br/download/artigo_07.pdf > Acesso em: 21 Março 2006.

Ghinato, P. Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações. Recife: Editora UFPE, 2000.

Hines, P., Taylor, D. Going Lean. A Guide to Implementation. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff, UK, 2000.

Hobbs, Dennis P. Lean Manufacturing Implementation – A complete execution manual for any size manufacturer. Boca Raton, FL: J.Ross Publishing, 2004.

Kanban – Just In Time. Disponível em: < http://www.sato.adm.br/rh/kan_ban.htm > Acesso em: 03 Janeiro 2005

Lakatos, E. M., Marconi, M. Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Atlas, 1995.

Liker, Jeffrey K. The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer. Madison, WI: McGraw-Hill, 2004.

Maximiano, Antônio C. Amaru. Introdução à Administração. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 1995.

Ono, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.

Pesquisa Sobre Utilização de Ferramentas de Produção Enxuta (Lean Production) em Empresas Brasileiras. Disponível em: < <http://www.ifm.org.br/congresso/pub/area.php> > Acesso em: 29 Dezembro 2004.

Pizzol, W. A., Maestrelli, N. C. Uma Proposta de Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor a Uma Nova Família de Produtos. SIMEA, 2005

Rother, Mike., Harris, Rick. Criando o Fluxo Contínuo. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

Rother, Mike., Shook, John. Aprendendo a Enxergar. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

Sharma, Anand., Moody, Patricia E. A Máquina Perfeita: Como Vencer na Nova Economia produzindo com menos recursos. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

Shingo, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

Silva, Edna Lúcia da., Menezes, Estera Muszkat. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 3ª Ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

Slack, Nigel. et Al. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997.

Spear, Steven., Bowen, H. Kent. Decoding the DNA of the Toyota Production System. Harvard Business Review, pp. 96-106, September – October, 1999.

Tapping, Don. et Al. Value Stream Management. New York : Productivity, 2002.

Womack, J. P., Jones, D. T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

Womack, James., Jones, Daniel. A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.

Womack, James., Jones, Daniel. Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream. Massachusetts: Brookline, 2002.

Womack, J. The Product Family: Homework before value stream mapping. In: Lean Thinker's Corner, 2001 <<http://www.lean.org/community/resources/thinkerscorner.cfm>> Acesso em: 22 Novembro 2006.



Anexo II

Lista de produtos que utilizam PCB's

MODELO METAL	Projeto	Média por dia
992.655.923 REV. A	PAINEL SANTANA	21
992.657.207 REV.E1	AB 9 2000 (Painel Gol)	5
1323.71.900.02 REV. B	Cab Freshening	168
A2C53032747	GOL MY 2003 (Painel)	135
890.502.118 E	Ford F Series - Index A	33
890.502.117 TOYOTA	TOYOTA	119
A2C53023637 HONDA FIT	HONDA FIT	104
A2C53025934	TUPY	235
890.502.127 B	VSS	58

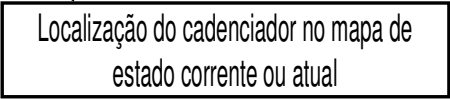
MODELO NÃO METAL	Projeto	
992657017B1	BLUE MACAW	466
992.657.323 Rev. H	Blue Macaw High Line	101
992.655.985	GOL VMC	120
A2C53022003N	Cluster ASTRA	33
992.657.097 E	Cluster Corsa S4300	494
A2C53022003	Cluster ASTRA	239

MODELO MULTILAYER	Projeto	
1324.71.110.00	MTCO - PRINCIPAL	281
1324.71.201.02N	MTCO - DISPLAY	128
T187105002	KTCO	352
		3092

		2005																									
MODELO METAL	Projeto	Jan	Por dia	Fev	Por dia	Mar	Por dia	Abr	Por dia	Mai	Por dia	Jun	Por dia	Jul	Por dia	Ago	Por dia	Set	Por dia	Out	Por dia	Nov	Por dia	Dez	Por dia	Média por dia	
1	992.655.923 REV. A	PAINEL SANTANA	180	9	540	27	500	25	508	25	956	48	360	18	465	23	463	23	650	33	10	1	456	23	0	0	21
2	992.657.207 REV.E1	AB 9 2000 (Painel Gol)	0	0	31	2	113	6	14	1	52	3	0	0	180	9	176	9	214	11	110	6	222	11	76	4	5
3	1323.71.900.02 REV. B	Cab Freshening	3980	199	3173	159	2647	132	4003	200	2995	150	4672	234	3462	173	2800	140	3834	192	3176	159	3780	189	1740	87	168
4	A2C53032747	GOL MY 2003 (Painel)	2239	112	1726	86	3769	188	3255	163	2956	148	4091	205	4257	213	2494	125	1756	88	1262	63	2520	126	2076	104	135
5	890.502.118 E	Ford F Series - Index A	666	33	610	31	931	47	786	39	551	28	777	39	660	33	1074	54	442	22	878	44	364	18	184	9	33
6	890.502.117 TOYOTA	TOYOTA	1673	84	2608	130	3200	160	1600	80	2864	143	2909	145	1440	72	2896	145	2271	114	2710	136	3632	182	736	37	119
7	A2C53023637 HONDA FIT	HONDA FIT	2091	105	1976	99	1936	97	2374	119	1924	96	2000	100	2234	112	2680	134	2074	104	2170	109	1820	91	1570	79	104
8	A2C53025934	TUPY	7213	361	11821	591	4063	203	4052	203	18666	933	6343	317	4186	209	2	0	54	3	0	0	0	0	0	235	
9	890.502.127 B	VSS	262	13	1561	78	2000	100	1669	83	2034	102	0	0	2016	101	0	0	0	0	1360	68	3120	156	0	0	58
	MODELO NÃO METAL	Projeto																									
10	992657017B1	BLUE MACAW	7037	352	8094	405	7200	360	13075	654	5575	279	9145	457	7908	395	12081	604	8119	406	12047	602	13874	694	7749	387	466
11	992.657.323 Rev. H	Blue Macaw High Line	2264	113	4861	243	3378	169	1845	92	1386	69	3895	195	1758	88	1629	81	3	0	1221	61	1332	67	696	35	101
12	992.655.985	GOL VMC	3480	174	6960	348	5373	269	2025	101	7200	360	3846	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	
13	A2C53022003N	Cluster ASTRA	0	0	0	0	100	5	22	1	0	0	0	0	978	49	0	0	600	30	5669	283	44	2	541	27	33
14	992.657.097 E	Cluster Corsa S4300	10644	532	12692	635	11897	595	10027	501	11060	553	11533	577	12761	638	4674	234	1420	71	9148	457	12218	611	10498	525	494
15	A2C53022003	Cluster ASTRA	6165	308	4934	247	6196	310	7228	361	5820	291	3806	190	7492	375	5305	265	4314	216	0	0	1811	91	4297	215	239
	MODELO MULTILAYER	Projeto																									
16	1324.71.110.00	MTCO - PRINCIPAL	5886	294	6497	325	5427	271	5019	251	7045	352	6205	310	5594	280	4914	246	5146	257	6470	324	4883	244	4309	215	281
17	1324.71.201.02N	MTCO - DISPLAY	5265	263	2289	114	6024	301	4812	241	6368	318	3204	160	1940	97	446	22	288	14	0	0	0	0	0	128	
18	T187105002	KTCO	8490	425	6234	312	7356	368	6963	348	4868	243	9320	466	8452	423	7025	351	7485	374	7716	386	5632	282	4835	242	352
3092																											

Volume mensal para modelos NÃO-METAL e METAL

Mapa do fluxo de valor corrente com localização do “Cadenciador”



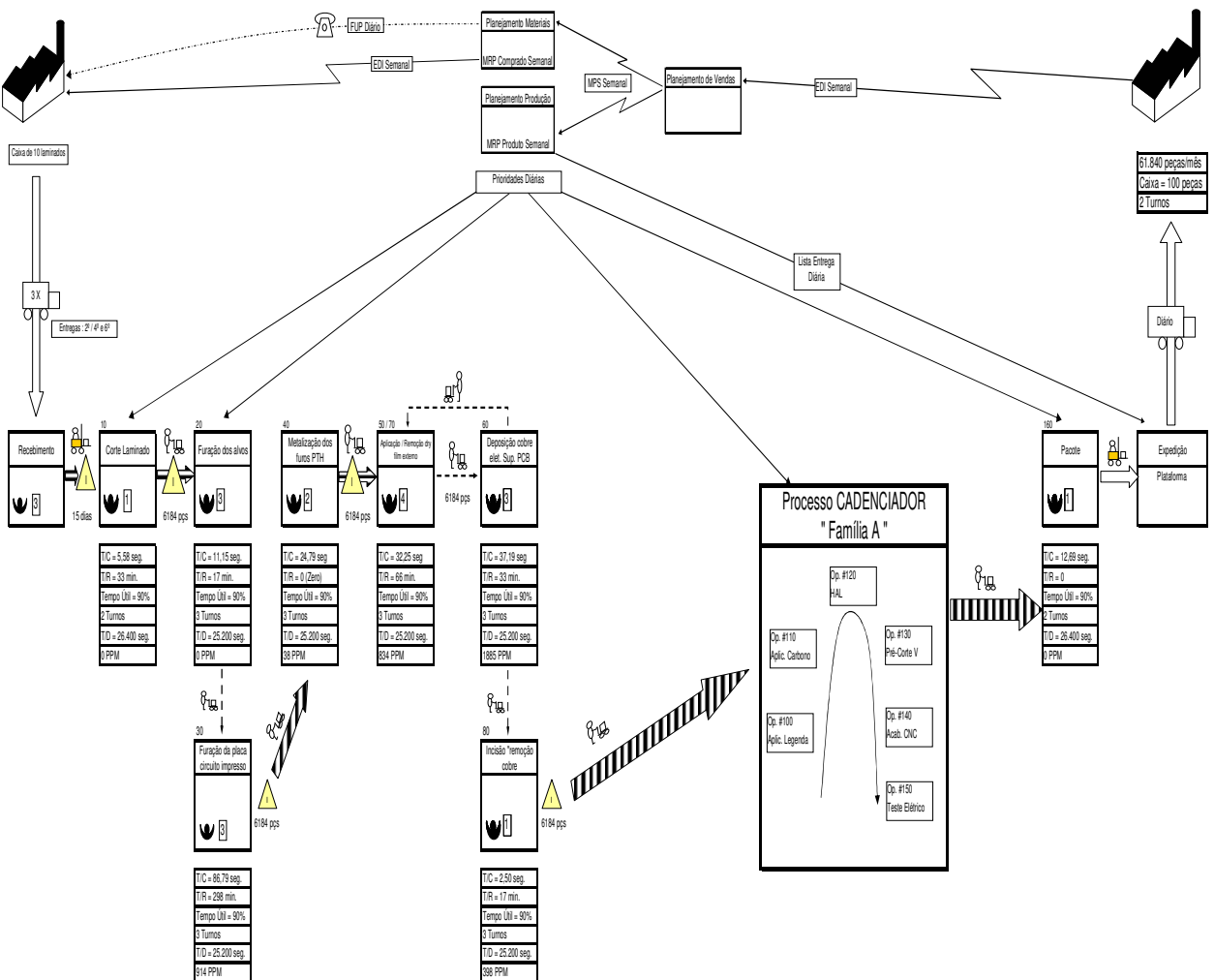
Matriz cálculo do Tempo de Ciclo (T/C)

		150	190				
Produto (códigos)	Descrição produto	Tempo de Ciclo T/C (Estação : Teste elétrico)	Fluxo de Trabalho	Tempo de Ciclo T/C (segundos)	Demanda / Dia		T/C x Demanda Diária (segundos)
A	Cluster Santana	60	X	321	116	23	1.380
B	Cluster Gol AB-9	60	X	321	47	9	540
C	Cluster Gol MY2003	60	X	321	615	123	7.380
D	Ford F-Series	60	X	321	136	27	1.620
E	Cluster Toyota	90	X	418	579	116	10.440
F	Cluster Honda FIT	90	X	418	508	102	9.180
G	Cluster Tupy	60	X	321	1175	235	14.100

Tempo requerido para realização dos testes / dia = 44.640 segundos

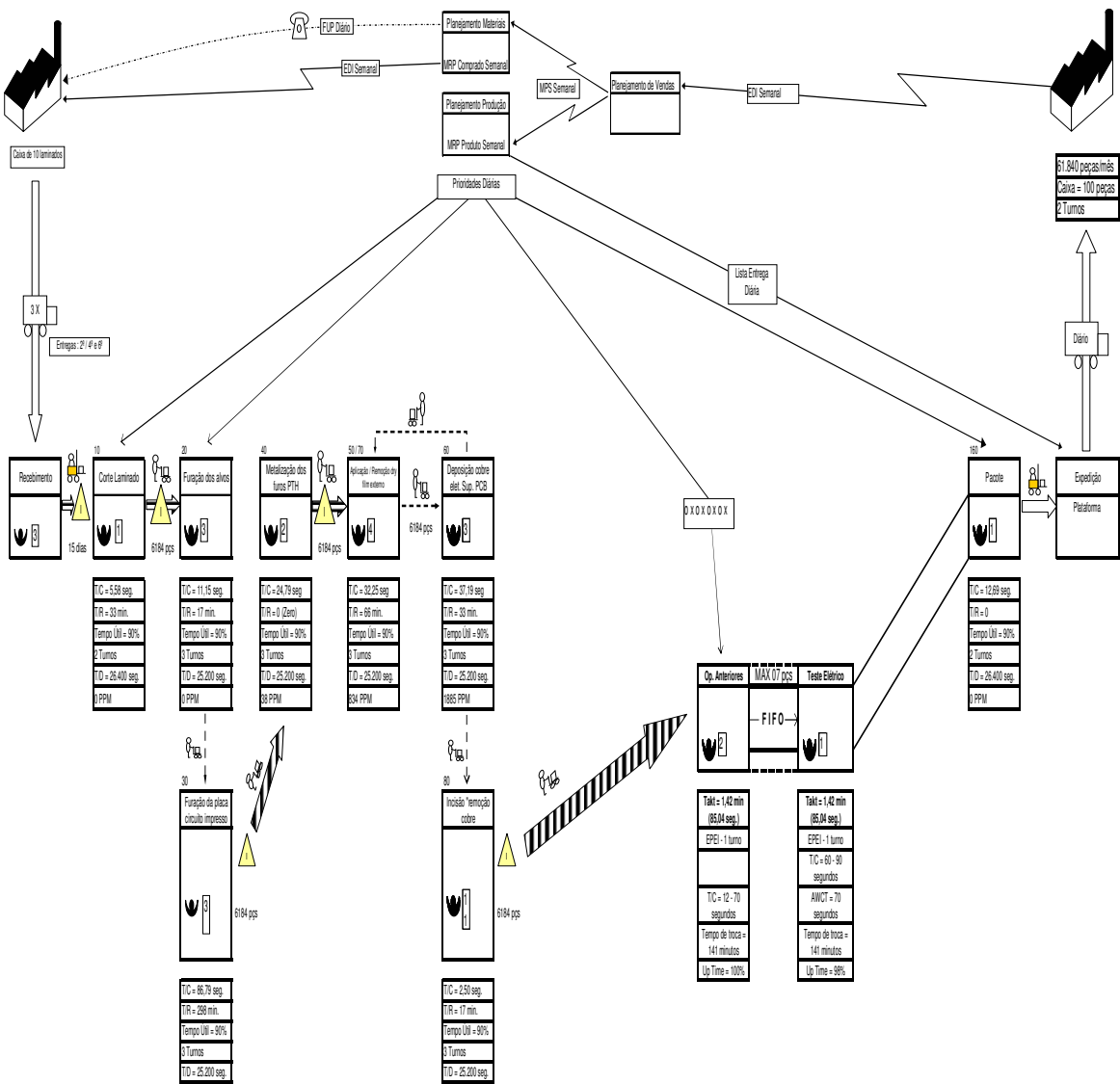
Anexo VI

Mapa do fluxo de valor corrente com a caixa do “Cadenciador”



Anexo VII

Mapa de fluxo de valor futuro com o processo “Cadenciador” implantado no processo produtivo



Anexo VIII

Conjunto de dados da empresa “PWB Brasil” – fabricante de placas de circuito impresso rígido em dupla face e multicamadas

A empresa “**PWB Brasil**” é fabricante de vários tipos de placas de circuito impresso (PCI's) em “dupla face” e “multicamadas” para a indústria eletro-eletrônica, informática, automação, telecomunicações, entretenimento e principalmente área automotiva.

Este estudo refere-se a uma família de produto designada “*placas de circuito impresso em dupla face*” para produção de instrumentos combinados de painéis automotivos chamados de “*clusters*” na linguagem automotiva, e que equipam diversos modelos de automóveis nacionais.

Essas PCI's são enviadas para a planta de manufatura dos clusters que neste estudo será o cliente final da linha de produção da “**PWB Brasil**”.

Processo de produção

O processo de produção na “**PWB Brasil**” para esta família de produto envolve a transferência de imagens para um painel de produção nas dimensões de (510 mm x 610 mm) que são otimizados da melhor forma possível a fim de se obter o máximo de aproveitamento por painel; ou seja, fazer com que o mesmo seja altamente aproveitado com o máximo de PCI's por painel. Após a otimização dos painéis de produção, os mesmos são submetidos à furação dos alvos para pilotagem e em seguida é realizada a operação de furação da placa de circuito impresso para formação das interligações entre as diversas trilhas do circuito elétrico.

Após a furação da PCI aplica-se uma camada de cobre de 0,5 microns para metalização dos furos, processo conhecido por PTH. A etapa seguinte, consiste na transferência da imagem do circuito elétrico através do processo fotográfico e aplicação de uma liga de estanho/chumbo e cobre para formação das trilhas do circuito impresso. Em seguida uma decapagem é realizada para remoção da liga estanho/chumbo.

O próximo passo é a aplicação da máscara de solda verde, o “HAL” – Hot Air Leveling, as legendas de componentes e o carbono nas áreas específicas do projeto. Um pré-corte das PCI's é efetuado pelas vincadeiras a fim de separá-las da placa mãe para que possam ser montadas individualmente nos produtos em questão. Finalmente as PCI's estão aptas para montagem após a inspeção do teste elétrico.

Todas as etapas descritas acima podem ser resumidas conforme abaixo:

- 1- Corte do laminado (operação #010);
- 2- Furação dos alvos (operação #020);
- 3- Furação da placa de circuito impresso (operação #030);
- 4- Metalização dos furos PTH (operação #040);
- 5- Aplicação / Remoção de dry film externo (operações #050 / 070);
- 6- Deposição de cobre eletrolítico na superfície da PCI (operação #060);
- 7- Incisão “remoção” de cobre eletrolítico (operação #080);
- 8- Aplicação de máscara de solda + legendas (operações #090 / 100);
- 9- Aplicação de carbono na superfície da PCI (operação #110);
- 10- Aplicação da liga estanho/chumbo – processo “HAL” (operação #120);
- 11- Pré-corte do laminado em “V” – vincagem (operação #130);
- 12- Acabamento em “CNC” – processo “routing”(operação #140);
- 13- Teste elétrico (operação #150);
- 14- Pacote (operação #160).

Informações dos processos

1- Corte do laminado (operação #010)

Guilhotinas hidráulicas e mecânicas com alimentação manual

Número de operadores: 01

Tempo de ciclo (T/C): 5,58 segundos

Tempo de troca (T/R): 33 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D) : 27.000 segundos

Estoque observado: 2 semanas de laminados UT 0,8mm antes do corte / 6.184 peças prontas para a próxima etapa

2- Furação dos alvos (operação #020)

Centro de Controle Numérico – “CNC”

Número de operadores: 03

Tempo de ciclo (T/C): 11,15 segundos

Tempo de troca (T/R): 17 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

3- Furação da placa de circuito impresso (operação #030)

Centro de Controle Numérico

Número de operadores : 03

Tempo de ciclo (T/C): 86,79 segundos

Tempo de troca (T/R) : 298 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

4- Metalização dos furos PTH (operação #040)

Linha galvânica – processo de galvonoplastia

Número de operadores: 02

Tempo de ciclo (T/C): 24,79 segundos

Tempo de troca (T/R): 0 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

5- Aplicação / Remoção de dry-film externo (operações #050 / 070)

Lavadora de água sob pressão

Número de operadores: 04

Tempo de ciclo (T/C): 32,25 segundos

Tempo de troca (T/R): 66 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

6- Deposição de cobre eletrolítico na superfície da PCI (operação #060)

Linha galvânica – processo de galvonoplastia

Número de operadores: 03

Tempo de ciclo (T/C): 37,19 segundos

Tempo de troca (T/R): 33 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

7- Incisão / remoção de cobre eletrolítico (operação #080) – “criação da trilha”

Linha galvânica – processo de galvonoplastia

Número de operadores: 01

Tempo de ciclo (T/C): 2,50 segundos

Tempo de troca (T/R): 17 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

8- Aplicação de máscara de solda + legenda (operações #090 / 100)

Processo fotográfico + serigrafia – “silk screen”

Número de operadores: 05

Tempo de ciclo (T/C): 25 segundos

Tempo de troca (T/R): 60 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado : 6.184 peças prontas para a próxima etapa

9- Aplicação de carbono (operação #110)

Serigrafia – “silk screen”

Número de operadores: 01

Tempo de ciclo (T/C): 25 segundos

Tempo de troca (T/R): 33 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

10- Aplicação de estanho / chumbo – processo “HAL” (operação #120)

Hot Air Leveling

Número de operadores: 01

Tempo de ciclo (T/C): 9,91 segundos

Tempo de troca (T/R): 33 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

11- Pré-corte do laminado em “V” (operação #130)

Máquinas vincadeiras com discos de corte

Número de operadores: 01

Tempo de ciclo (T/C): 15 a 21 segundos

Tempo de troca (T/R): 33 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

12- Acabamento em “CNC”- processo routing (operação #140)

Centro de Controle Numérico – “CNC”

Número de operadores: 01

Tempo de ciclo (T/C): 50 a 70 segundos

Tempo de troca (T/R): 165 minutos

Confiabilidade da máquina: 90%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças prontas para a próxima etapa

13- Teste Elétrico

(operação #150)

Estação eletrônica de Testes

Número de operadores: 06

Tempo de ciclo (T/C): 60 a 90 segundos

Tempo de troca (T/R): 33 minutos

Confiabilidade da máquina: 95%

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos

Estoque observado: 6.184 peças para a próxima etapa

14- Pacote (operação #160)

Processo manual de empacotamento

Número de operadores: 01

Tempo de ciclo (T/C) : 12,69 segundos

Tempo de troca (T/R) : 0

Confiabilidade da máquina: Não aplicável

Operação: 02 turnos

Tempo disponível (T/D): 27.000 segundos