



Campus de São Carlos

**CRIAÇÃO DE FLUXO DE PRODUÇÃO ENXUTA
EM EMPRESAS COM CARACTERÍSTICAS DE
PROCESSO CONTÍNUO**

Aroldo José Isaias de Moraes

Orientador: Prof. Associado Antonio Freitas Rentes

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Aroldo Jose Isaias de Moraes

**CRIAÇÃO DE FLUXO DE PRODUÇÃO ENXUTA EM EMPRESAS COM
CARACTERÍSTICAS DE PROCESSO CONTÍNUO.**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço.....05/.....12/.....05.....

Ass.:.....*[assinatura]*.....

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes

São Carlos
2005



DEDALUS - Acervo - EESC



31100053612

Class.	TESE - EESC ✓
Cutt.	137370
Tombo	T304/05
Sysno	1488754

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

M827c Moraes, Aroldo José Isaias de
Criação de fluxo de produção enxuta em empresas com
características de processo contínuo / Aroldo José Isaias
de Moraes. -- São Carlos, 2005.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 2005.

Área: Engenharia de Produção.

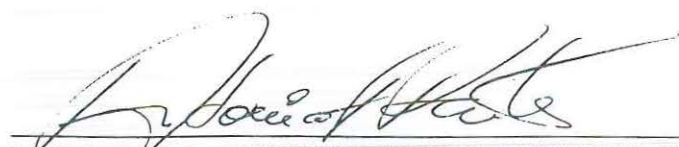
Orientador: Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes.

1. Produção contínua. 2. Produção enxuta. 3. Melhoria
contínua. 4. Indústria de processo contínuo. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

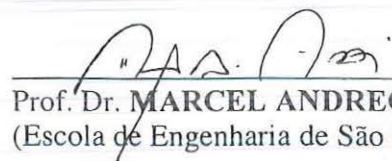
Candidato: Engenheiro **AROLDO JOSÉ ISAIAS DE MORAES**

Dissertação defendida e julgada em 30-09-2005 perante a Comissão Julgadora:



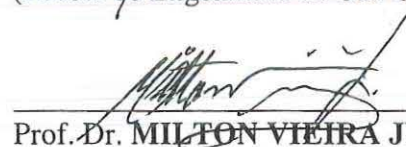
Prof. Associado **ANTONIO FREITAS RENTES (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovado



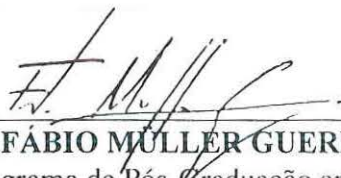
Prof. Dr. **MARCEL ANDREOTTI MUSETTI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO



Prof. Dr. **MILTON VIEIRA JUNIOR**
(Universidade Metodista de Piracicaba/UNIMEP)

Aprovado



Prof. Dr. **FÁBIO MÜLLER GUERRINI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção



Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, homem de origem humilde que através de sua simplicidade contribuiu para boa parte de minha formação.

E ao meu filho, do qual embasado em muitos princípios procurarei ser seu eterno espelho de forma a contribuir para seu sucesso pessoal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me iluminado mais uma vez nesta conquista de minha vida.

À Márcia minha esposa, pelo apoio e incentivo de sempre, pessoa esta que sempre vibrou com minhas conquistas. Gostaria ainda de agradecer imensamente a senhora Maria Luiza o apoio, as muitas horas de trabalho na revisão gramatical deste trabalho. Não poderia me esquecer do apoio da senhora Elena Palloni pela revisão dada a este trabalho, e, outra vez, ao prof. Rentes pela paciência e admirável habilidade na orientação de seus alunos

Por fim, agradeço à Tigre S/A Tubos e Conexões como um todo, em especial seu gerente geral de Rio Claro, Almir Neves Leite, e seu gerente industrial, Celso Luis Falavigna, pelos mais de 12 anos de trabalho e aprendizado.

*“Nem tudo que se enfrenta pode ser modificado,
mas nada pode ser modificado até que seja
enfrentado”.*

Albert Einstein.

RESUMO

MORAES, A.J.I. (2005). **Criação de fluxo de produção enxuta em empresas com características de processo contínuo.** Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

Este trabalho mostra uma aplicação de conceitos de produção enxuta em uma empresa de processo contínuo.

Existe uma percepção por parte de algumas destas empresas de que, sendo de fluxo contínuo, elas se adequam mais aos princípios da produção em massa, não sendo portanto aplicáveis a elas os conceitos de produção enxuta. Também existe a crença, igualmente questionável, de que elas já são enxutas por natureza, devido ao elevado nível de automação com pouca manipulação e movimentações discretas. Este trabalho mostra que isso nem sempre é verdade e que uma empresa de processo contínuo pode se beneficiar consideravelmente da aplicação de conceitos de manufatura enxuta.

É apresentada aqui uma revisão bibliográfica das principais ferramentas e conceitos de produção enxuta. Também é apresentado um caso já documentado na literatura técnica de aplicação destes conceitos em uma empresa química de processo contínuo.

A seguir é mostrado o caso de aplicação de Produção Enxuta conduzida pelo autor em uma empresa de grande porte do setor termoplástico no Estado de São Paulo, que tem características de processo contínuo. São também apresentados os resultados desta aplicação, evidenciando os ganhos obtidos como redução de 21% no indicador de refugo e 14% no tempo médio de *set up*, e algumas considerações sobre aplicação de produção enxuta em empresas desta natureza.

Palavras-chave: produção enxuta, melhoria contínua, indústria de processo contínuo

ABSTRACT

MORAES, A.J.I. (2005). **Criation of lean production flow in companies with continuous process characteristics**. M.Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

This paper shows a application of the concepts of lean production in a continuous process company.

There is a misconception from some companies' part that because they have continuous process, they fit more the mass production principles, therefore it is not valid to them the concept of lean production. There is also the belief, questionable as well, that they are naturally lean, due to the high level of automation with little handling and discret movements. This paper shows that this is not true and that continuous process company can benefit considerably from the application of the lean production concepts.

It is presented here a bibliography review of the main tools and concepts of lean production. It is also presented a documented case of the application of these concepts in a chemical industry with continuous process.

Next, the case of the application of lean production is showed, conducted by the author in a big company of termoplastic in the state of São Paulo that presents the characteristics of continuous process. The results of this application is presented, enfasizing the results obtained, it was obtained 21% of reduction in the screp indicator and 14% in the midium time of de set up and also some comments about the application of the lean production in these kinds of companies.

Key-words: lean production, continuous improvement, continuous process company

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Metodologia da pesquisa	19
Figura 2- A Estrutura do Sistema <i>Toyota</i> de Produção	32
Figura 3- Relação do JIT com o Lago e seus Obstáculos	35
Figura 4- Fluxo de Produção Tradicional X Fluxo Contínuo	35
Figura 5- Balanceamento de Operações Tradicionais	36
Figura 6- Balanceamento de Operações na <i>Toyota</i>	37
Figura 7- Sistema Kanban: Produção Puxada	38
Figura 8- Separação entre Homem e a Máquina	42
Figura 9- Diagrama de Erro/ Defeito	44
Figura 10- Funções Básicas dos Dispositivos <i>Pokayoke</i>	45
Figura 12- Operação Padronizada	48
Figura 13- Linha de Montagem Nivelada	50
Figura 14- TPT	51
Figura 15- Melhoramento Revolucionário	52
Figura 16- Melhoramento de desempenho pretendido.....	52
Figura 17- Melhoramento Contínuo sobreposto ao Revolucionário	56
Figura 18- <i>Kaizen</i> e Padronização	57
Figura 19- Processo de Elaboração do Mapa do Fluxo de Valor.....	62
Figura 20- Símbolos utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor	62
Figura 21- Exemplo de Mapa do Estado Atual	63
Figura 22- Comparativo de um Processo em Ilhas com Fluxo Contínuo	65
Figura 23- Sistema Puxado.....	66
Figura 24- Seleção do Processo Puxador	66
Figura 25- Exemplo do Mapa do Fluxo de Valor	68
Figura 26- Exemplo anterior a Implantação de SMED	69
Figura 27- Exemplo de aplicação de SMED	69
Figura 28- Exemplo de melhoria em parafusos de fixação	73
Figura 29- Processo de Fluxo Contínuo.....	79
Figura 30- Sistema Puxado de Produção.....	82

Figura 31- Redução do Tempo de Ciclo	84
Figura 32- Exemplo de Plano de Implementação	85
Figura 33- Planilha de Acompanhamento de Produção	88
Figura 34- Família de Produtos	91
Figura 35- Mapa da Situação Inicial	95
Figura 36- Mapa da Situação Proposta.....	98
Figura 37- <i>Loops</i> Implantados.....	100
Figura 38- <i>Kaizens Bursts</i>	102
Figura 39- Quadros de Gestão a Vista.....	103
Figura 40- Situação Anterior	104
Figura 41- Situação Atual.....	104
Figura 42- Dispositivos de Troca Rápidas	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comparativo entre a Produção Artesanal X Produção Massa	22
Tabela 2- Participação da Ford do Brasil na Produção de Veículos no Brasil.....	24
Tabela 3- Nivelamento da Produção de 5 Modelos	50
Tabela 4- Características de Melhoria Contínua e Revolucionária.....	55
Tabela 5- Ganhos com a Transformação <i>Lean</i>	83
Tabela 6- Indicadores de Dados Primários.....	90
Tabela 7- Indicadores de comparação	90
Tabela 8- Comparativo de Redução de Tempos de <i>Set Up</i>	105
Tabela 9- Comparativo depois da Mudança de <i>Lay Out</i>	106
Tabela 10- Etapas de Implantação <i>TPM</i>	106
Tabela 11-Comparativo de Indicadores 2003/2004	108

LISTA DE SIGLAS

OEE	Eficiência geral do equipamento
CT	Tempo de ciclo total
ET	Tempo do elemento de trabalho
ATT	<i>Takt time</i> atual
TT	<i>Takt Time</i>
PHH	Peças por homem hora
JIT	<i>Just in Time</i>
TRF	Troca de ferramental
STP	<i>Sistema Toyota de Produção</i>
FIFO	<i>First in First out</i>
PEPS	Primeiro que entra, primeiro que sai
TPM	Gerenciamento da <i>Performance Total</i>
PCP	Planejamento e Controle de Produção
TQC	Total Quality Control
TPT	Toda Parte Toda

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1- Cálculo do Takt Time.....	36
Fórmula 2- Cálculo do Tempo Disponível.....	72
Fórmula 3- Cálculo de Improdutividade.	108
Fórmula 4- Cálculo de Refugo.....	108

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Escolha e Justificativa da Pesquisa	15
1.2 Formulação do Problema	16
1.3 Objetivo da Pesquisa	16
1.4 Apresentação dos Capítulos e Estrutura da Pesquisa	17
1.5 Metodologia da Pesquisa.....	18
2 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO	20
2.1 Propósito do Capítulo.....	20
2.2 Histórico da Produção Enxuta.....	20
2.2.1 Produção em Massa.....	20
2.2.2 Modelo de Gestão da Produção em Massa.....	21
2.2.3 Dados Recentes dos Estágios da Produção em Massa	23
2.3 Produção Enxuta	25
2.3.1 Conceito	25
2.3.2 Filosofia da Produção Enxuta	25
2.3.3 Origens do sistema Toyota de Produção	26
2.3.4 Princípios Fundamentais do Sistema Toyota de Produção	28
2.3.4.1 As Sete Grandes Perdas	29
2.3.5 Os Pilares de Sustentação do Sistema Toyota de Produção: <i>JIT e Jidoka</i>	31
2.3.6 <i>Just In Time</i>	31
2.3.7 <i>Jidoka</i>	40
2.3.7.1 A Separação entre a Máquina e o Homem.....	41
2.3.7.2 <i>Poka Yoke</i>	42
2.3.8 Operações Padronizadas.....	48
2.3.9 <i>Heijunka</i> – Nivelamento de Produção.....	49
2.3.10 <i>Kaizen</i>	51

2.3.10.1	Melhoramento Revolucionário.....	51
2.3.10.2	Melhoramento Contínuo	53
2.3.10.3	Diferenças entre Melhoramento Revolucionário e o Contínuo.....	54
2.4	Ferramentas da Produção Enxuta.....	57
2.4.1	Mapa do Fluxo de Valor	61
2.4.2	SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)	68
2.4.3	TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>).....	73
2.4.3.1	Principais Objetivos da <i>MPT</i>	74
2.4.3.2	Etapas de Implantação.....	76
2.5	Aplicação de Produção Enxuta em Fluxos Contínuos	79
2.5.1	Diferença do Processo Contínuo em Relação aos Demais.....	79
2.5.2	Ganhos de Produção Enxuta em Processos Contínuos	80
2.5.3	Aplicação Caso <i>Du Pont</i>	80
2.5.4	Problemas Levantados.....	81
2.6	Comentários sobre a Revisão Bibliográfica	85
3 CASO DE APLICACAO DE PRODUCAO ENXUTA EM EMPRESA		
DE FLUXO CONTINUO (TIGRE S.A – Tubos e Conexões)		
		87
3.1	Propósito do Capítulo.....	87
3.2	A empresa Estudada.....	87
3.3	Procedimento de Análise.....	88
3.4	Dados Primários	90
3.5	Situação Inicial (VSM).....	90
3.5.1	Família de produtos a ser estudado	91
3.5.2	Criticas a Situação Inicial.....	94
3.6	Situação de Proposta Implementada (VSM).....	96
3.7	Definição dos <i>Loops</i> para Implantação	99
3.7.1	Atividades de Implantação Relacionadas aos <i>Loops</i> Produtivos	99
3.8	Ações de Melhoria Identificadas (<i>Kaizen Bursts</i>).....	101
3.8.1	Identificação das Melhorias	101
3.9	Análise dos Resultados	107

4CONCLUSAO	110
4.1 Sugestões para trabalhos	111
REFERÊNCIAS	112

1 INTRODUÇÃO

As empresas ao longo dos séculos evoluíram otimizando os recursos como forma de se manter no mercado. A prática de produção em larga escala ocorreu durante muitos anos e só recentemente um novo conceito de competitividade de manufatura foi assumido pelos principais países industrializados do mundo. Nações que eram consagradas pela tradição industrial foram superadas por outras nações menores, sendo o Japão o exemplo mais claro de uma nova era industrial.

As empresas japonesas tiveram sucesso devido à preocupação em produzir com alta qualidade, custos baixos e alto grau de flexibilidade, dentro do sistema conhecido como Produção Enxuta. Segundo Womack e Jones (1996), as empresas ocidentais estiveram estagnadas no tempo por várias décadas em termos de conceitos e práticas de produção. Nos últimos vinte anos os lucros de empresas consagradas, tais como GM, Ford e VolksWagen, foram modestos e as margens de lucros reduzidas, ocasionando em alguns casos demissões consideráveis. Estas empresas, pressionadas por esta nova realidade, também acabaram por acatar as tecnologias oriundas do Sistema Toyota de Produção, também aqui chamado de Produção Enxuta.

No Brasil, antes da década de 90, a maioria das empresas não se preocupava muito com a competição internacional. Devido ao mercado interno estar protegido com restrições protecionistas às importações, as empresas produziam produtos de qualidade inferior ao do mercado internacional e a custos mais elevados. Existiam algumas empresas exportadoras que começaram a se preocupar com as mudanças em relação às práticas mundiais.

Quando as barreiras protecionistas foram quebradas, no início da década de 90, verificou-se que um grande número de empresas estava extremamente vulnerável à competição mundial, pois estavam obsoletas em termos de tecnologias de fabricação e de gestão. Era o momento de despertar de um longo tempo de hibernação, para se adequar a um mercado internacional extremamente competitivo.

Nesse momento, a mentalidade enxuta veio a ajudar e vem se difundindo no Brasil com uma velocidade muito grande.

A filosofia da Produção Enxuta visa a eliminação de todas as atividades e procedimentos que gerem custos e não agreguem valor ao produto final. Sendo assim, a idéia é produzir o produto certo na quantidade certa e no tempo certo, atendendo aos requisitos de qualidade do cliente.

1.1 Escolha e Justificativa da Pesquisa

No mercado atual somente se mantém competitivo aquele que consegue se destacar por um talento nato ou aquele que faz como todos os outros fazem, só que de uma forma melhor, visando produzir mais com menos.

Dentro de um setor de produção tradicional, não enxuto, é possível identificar vários pontos de desperdícios que são meramente ignorados no dia a dia, muitas vezes devido ao ritmo imposto à gerência do chão de fábrica. Os operadores em geral não são capazes de identificar ações que poderiam melhorar os postos de trabalhos. Existe um grande desafio em mudar os procedimentos operacionais e, principalmente, a cultura organizacional que forma o pano de fundo destes procedimentos.

A presente pesquisa visa focalizar esses problemas nas chamadas indústrias de processo contínuo. Algumas empresas com esse tipo de processo já se consideram “enxutas” pois produzem dentro de um sistema já bastante automatizado e com pouca manipulação e movimentação discretas. A experiência por parte do autor demonstra que a maioria das empresas sustentam uma crença de que o processo com fluxo contínuo seja sinônimo da produção em massa.

Segundo Shook (2003), produção contínua está relacionada a produzir ou movimentar um item por vez (ou um lote pequeno de itens) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido para etapa seguinte. O fluxo contínuo pode ser conseguido de várias maneiras, desde a utilização de linhas de montagem até as células manuais, enquanto a produção em massa refere-se a um sistema de negócios desenvolvido no início do século XX para organizar e gerenciar o desenvolvimento de produtos, as operações de produção, o sistema de compra e o relacionamento com os clientes.

Normalmente na produção em massa, o processo de desenvolvimento é seqüencial e não simultâneo; o processo de produção tem uma hierarquia rígida e as atividades são separadas em planejamento/ pensamento e prática/ ação. O produto é levado ao processo e não o contrário; os fornecedores são escolhidos através de

concorrência baseada em preço ao invés de se pensar no custo total para o cliente; os materiais são entregues em grandes lotes, sem frequência determinada; a informação é gerenciada através de sistemas de “alto nível” que instruem cada etapa de produção a respeito do que fazer em seguida, empurrando os produtos fluxo abaixo; os clientes normalmente são submetidos a vendas empurradas, para que as cotas sejam atingidas e haja limpeza dos estoques produzidos com base em previsões erradas.

Dentro deste contexto, a pergunta básica da presente pesquisa é: “Será que os conceitos de produção enxuta podem ser utilizados em uma empresa de fluxo contínuo, com características de produção em massa?” Esta pergunta despertou o interesse no Grupo de Gerenciamento da Mudança - GMO, do Instituto Fábrica do Milênio - IFM, estimulando o desenvolvimento deste trabalho e permitindo a realização da aplicação em uma empresa de fluxo contínuo.

1.2 Formulação do Problema

Parece que é consenso no meio produtivo, de que para muitas empresas, produção contínua é sinônimo de produção enxuta e não existe nada mais a fazer, pois a excelência do processo foi alcançada.

Supostamente, boa parte das empresas com esta característica produz grandes quantidades de produtos em bateladas, buscando a minimização do custo de transformação, através da geração de estoques de produtos acabados e estoques intermediários no processo.

Como será apresentado adiante neste trabalho, este tipo de comportamento, sob o ponto de vista da Produção Enxuta, gera uma grande quantidade de desperdícios. O intuito maior deste trabalho é evidenciar este equívoco, proporcionando para uma melhor compreensão do problema e exemplificar através de uma aplicação.

1.3 Objetivo da pesquisa

O objetivo geral desta pesquisa é mostrar que é possível, e recomendável, a aplicação de conceitos de produção enxuta em indústrias de fluxo contínuo, tais como indústrias de termoplásticos, químicas, petrolíferas, etc. O objetivo da Produção Enxuta em empresas desta natureza é o mesmo que em outras mais tradicionais. Ele visa a identificação sistemática de atividades que absorvam recursos, mas que não criam

valor; erros que podem ser retificados; produção de itens em excesso; acúmulo de mercadorias nos estoques; eliminação de etapas desnecessárias no processo, movimentação excessiva de colaboradores e transporte de mercadorias sem propósito.

Busca-se, enfim, a minimização de esforços humanos, equipamentos, tempo e espaço físico, oferecendo aos clientes exatamente o que eles desejam, por meio da melhoria contínua.

Será apresentada uma aplicação de amplo espectro de Produção Enxuta em uma empresa de grande porte do setor de termoplásticos, no processo de extrusão. Será apresentado um estudo de análise da viabilidade de adaptação de um sistema de produção contínua para os princípios da produção enxuta, utilizando algumas ferramentas para ajudar a detectar e eliminar fontes de desperdícios. Os resultados são comparados e analisados de acordo com características da empresa estudada.

Esta pesquisa procura mostrar por meio do estudo de caso que os princípios teóricos são coerentes com os resultados obtidos na prática, oferecendo referências para outras empresas com as mesmas características e para outras pesquisas acadêmicas afins.

A presente pesquisa foca somente os setores de produção, suprimentos e expedição de produtos acabados da empresa. As demais áreas não puderam ter seus dados explicitados devido a requisitos de confidencialidade da empresa. Ficam portanto evidenciados neste trabalho apenas os benefícios que puderam ser alcançados no setor produtivo.

1.4 Apresentação dos Capítulos e Estrutura da Pesquisa

O capítulo 1, contextualiza o assunto de forma a apresentar um problema, bem como demonstrar e justificar a relevância da pesquisa e a importância que a mesma pode agregar com seus objetivos e limitações descritas.

No capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica da pesquisa, mostrando os estágios evolutivos da produção, passando por mudanças de conceitos até chegar a um novo padrão de “classe mundial”. Os princípios da produção enxuta são apresentados de forma sucinta, bem como o delineamento de seus pilares e técnicas de programação. É aqui explicada a diferença do processo contínuo em relação aos demais, assim como os ganhos que podem ser obtidos com a implantação da produção enxuta. É também

apresentado um caso de implantação na empresa *DuPont*.

No capítulo 3, é descrita uma pesquisa-ação que foi realizada na empresa de processos contínuos (Tigre S.A. Tubos e Conexões), assim como os ganhos alcançados.

No capítulo 4, são apresentadas as conclusões finais, as expectativas da empresa, e etapas superadas pelo processo de melhoria contínua, buscando a otimização do fluxo de valor.

Ao final, são apresentadas as referências bibliográficas consultadas para a realização desta dissertação.

1.5 Metodologia da pesquisa

A figura 1 apresenta a metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho, mediante ao levantamento de um problema: para a maioria das empresas produção contínua é sinônimo de produção enxuta. A revisão da literatura se fez necessária para traçar um delineamento da Produção Enxuta por meio de seus pilares e técnica de programação no processo produtivo.

Após a definição e escolha das ferramentas a serem aplicadas, traçasse um planejamento com todas as etapas e recursos que serão utilizados, identificados através de um cronograma, que pode ser visto na figura 32.

Na aplicação de Produção Enxuta da empresa TIGRE S/A, foram apresentadas as etapas de implementação, análise dos dados coletados e conclusão obtida com a aplicação da pesquisa. A seguir o esquema da metodologia é representado na figura 1.

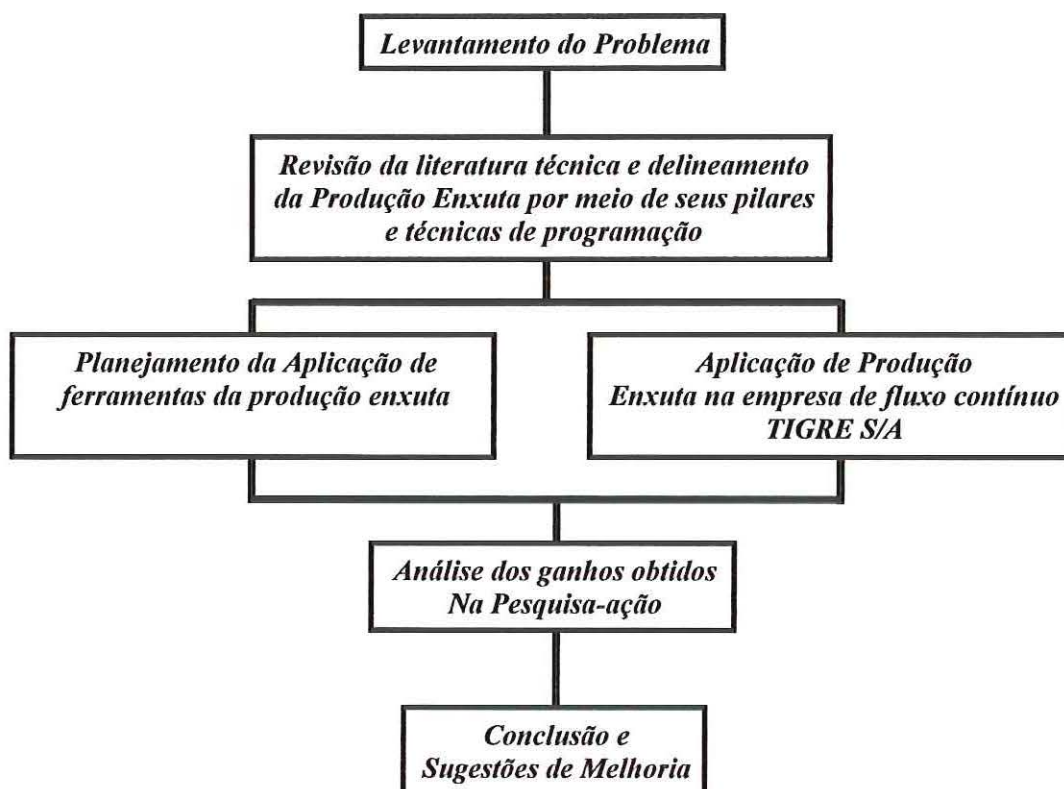


Figura 1: Metodologia da Pesquisa

2 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO

2.1 Propósito do Capítulo

Este capítulo procura abordar as principais correntes de sistemas de produção, bem como esclarecer as diferenças entre elas. Para uma melhor compreensão sobre os tipos de produção é preciso entender os princípios dos processos de fabricação associados a cada tipo, assim como o fluxo de informação e materiais que o suprem, esclarecendo a demanda e as características de mercado para que a mesma seja modelada de forma a atender a real necessidade do cliente final.

2.2 Histórico da Produção Enxuta

Com a evolução da civilização, os sistemas de produção foram sendo aprimorados de forma a se tornarem cada vez mais competitivos e capazes de suprir as necessidades das pessoas. Seguindo esta linha temos uma evolução que se iniciou da produção artesanal, chegou a produção em massa e atingiu sua otimização com a produção enxuta.

2.2.1 Produção em Massa

Segundo Womack; Jones e Roos (1992) o maior episódio que marcou a passagem da característica artesanal para o aumento da produção, foi a revolução industrial ocorrida como consequência da criação de um cenário econômico favorável à transformação, no qual ocorria o esgotamento do modelo mercantilista de geração de riqueza, ou seja, das formas de extração de riqueza que se tornavam cada vez mais escassas.

A necessidade de manutenção do setor econômico e militar dos países proporcionou todas estas mudanças no final do século XVIII e se alastrou por todo século XIX. Documentos revelam que estas mudanças começaram na Inglaterra e

caminharam para toda a Europa, imigrando posteriormente para os Estados Unidos, sendo que o efeito mais significativo foi o aumento da demanda de produção, ou seja, a busca por uma maior produtividade dos sistemas econômicos que se beneficiavam da mesma (HAMMER, 1997).

Para as empresas, o grande ganho com a Revolução Industrial foi poder começar a trabalhar com economia de escala, podendo assim fazer a divisão entre o trabalho e o aumento da capacidade de produção dos sistemas de manufaturas; em contrapartida à exigência do retorno de capital por prazos mais longos, embora, até o final do século XIX muitas empresas ainda empregavam métodos e técnicas artesanais, cujo custo de transformação era elevado devido à forma inadequada de atuar perante os lotes de produção, ou seja, os custos não diminuíram com o aumento dos volumes de produção. Surge então, uma nova concepção desenvolvida por Henry Ford (1863-1947) que superava os problemas da produção artesanal, do qual originou a expressão “produção em massa”.

Este sistema apresentava novas características e avanços tecnológicos, exemplo disto, foi o desenvolvimento de peças intercambiáveis que facilitaram o ajuste entre as partes, o desenvolvimento de técnicas que facilitavam a usinagem do aço endurecido e a unificação de sistemas e unidades de medidas que buscava uma maior padronização entre os setores de fabricação.

As peças intercambiáveis tornaram possível a implantação da linha de montagem mais simplificada, na qual não era necessária a utilização de trabalhadores especializados na função devido à facilidade de estar ajustando as peças umas às outras ou até mesmo no ajuste da montagem de subconjuntos.

2.2.2 Modelo de Gestão da Produção em Massa

No momento em que a *Ford* introduziu a linha de montagem de automóveis em fluxo contínuo, em 1913, na fábrica de *Highland Park*, em *Detroit*, Estados Unidos, provocou tanto impacto quanto o que provocam hoje as técnicas industriais japonesas. Na tabela 1, é possível demonstrar as discrepâncias através da comparação entre a produção artesanal tardia e a produção em massa mencionada na fábrica de automóveis, proporcionando um enorme impacto. (WOMACK e JONES, 1996).

Tabela 1 - Comparativo entre a Produção Artesanal versus Produção em Massa na área de montagem: 1913 versus a 1914

Tempo de Montagem (minutos)			
Montagem de Componentes	Produção Artesanal Tardia Outubro 1913	Produção em Massa Primavera 1914	Redução dos Esforços (%)
Motor	594	226	62
Gerador	20	5	75
Eixo	150	26,5	83
Componentes Principais em um Veículo Completo	750	93	88

Fonte: Womack e Jones (1996).

Analisando a tabela 1 de forma a medir impactos de mudança, evidencia-se que a produção artesanal tardia já se direcionava através dos vários elementos empregados pela produção em massa, exemplos em particular eram as peças constantemente permutáveis e a minuciosa divisão do trabalho. Sendo assim, a grande mudança que impactou de 1913 para 1914 foi à transição da montagem estacionária para a móvel, ou seja, o surgimento de uma linha de montagem seqüenciada em que o operador ficava estacionado em seu posto de trabalho e o produto se deslocava de um estágio para o outro a fim de concluir as operações necessárias. Esta mudança fez com que todos tivessem uma nova concepção de produção, se deu através de um fato irônico: a inusitada idéia de Ford ocorreu após ter observado o processo de trabalho diário em um frigorífico bovino, onde os animais seguiam de forma seqüenciada para o abate.

Outros dados também refletem a magnitude dos impactos provocados a partir da implantação do sistema inovador de produção em massa, assim denominado por Ford. A produção anual dos modelos fabricados artesanalmente girava em torno de 1.000 unidades ao ano por fabricante, enquanto em 1920 a Ford produziu quase 2 milhões de unidades do mesmo modelo. Nessa época, a Ford já havia reduzido o preço de venda ao

consumidor final de seu modelo T em mais de 2/3 (WOMACK e JONES, 1996).

Apesar de todo sucesso alcançado por Ford, com a massificação da produção de seu único modelo padronizado, todo o sucesso só se apresentava dentro da fábrica, pois “jamais elaborou a organização e o sistema administrativo necessários para efetivamente administrar o sistema total de fábricas, e as operações de engenharia e os sistemas de marketing exigidos pela produção em massa.” (WOMACK; JONES e ROOS, 1992).

A solução desses problemas negligenciados por Ford, dotado de um estilo pessoal e paternalista para conduzir os negócios, teve lugar em outra empresa norte-americana, a *General Motors*, por meio de *Alfred Sloan* que, em meados da década de 1920 e através de sua equipe, desenvolveu e implementou sistemas gerenciais que permitiram a administração descentralizada das operações e de marketing, a partir de uma pequena sede da corporação, através de relatórios e por números. Essa foi a complementação necessária que faltava para que o sistema de produção em massa iniciado por Ford adquirisse as características atuais.

O apogeu da produção em massa de automóveis, ocorreu em 1955, quando as três grandes empresas dos Estados Unidos – *Ford*, *GM* e *Chrysler* – foram responsáveis por 95% das vendas dos mais de 7 milhões de veículos dentro do mercado norte-americano. Nesse mesmo ano, a América do Norte tinha quase 75% da produção mundial de automóveis, e a Europa, cujas indústrias operavam nos mesmos moldes das americanas, tinha cerca de 22 ou 23% da produção, cabendo os 2 ou 3% remanescentes para o restante do mundo, inclusive o Japão.

2.2.3 Dados Recentes dos Estágios da Produção em Massa.

Segundo Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea) (1995), tanto a matriz da Ford localizada nos Estados Unidos, bem como a maioria de suas subsidiárias pelo mundo, já vêm, há algum tempo, passando por profundas modificações estruturais, implementando assim um método de administração muito parecido com a Produção Enxuta dos japoneses. Esta nova estrutura foi chamada de *Ford 2000* e prevê que todas as subsidiárias *Ford*, no mundo, se integrem totalmente nessa estrutura globalizada.

No Brasil, com a formação da Autolatina, uma holding que controlava a *Ford* do

Brasil e a *Volkswagen* do Brasil, entre 1987 e 1994, a Ford do Brasil passou a não mais fazer parte da família Ford, afastando-se da matriz, durante este período.

Com a dissolução da Autolatina, no fim de 1994, a Ford do Brasil voltou a integrar a família Ford no mundo, e recebeu, da matriz, a incumbência de se adequar às reformas administrativas realizadas com a *Ford 2000*, até o fim de 1996.

A partir do início de 1995, a *Ford* do Brasil, que até então utilizava um método administrativo derivado da produção em massa, passou a implementar todos os métodos e técnicas sendo utilizadas na matriz, numa velocidade espantosa, para tentar atender ao objetivo imposto pela matriz, na época, *Ford* do Brasil atravessava um período de mudança, passando por uma profunda reestruturação, implementando diversos métodos administrativos já aplicados na matriz e em outras subsidiárias.

Quanto aos métodos e técnicas administrativas sendo implementados pela *Ford* do Brasil, eles são quase que, na sua totalidade, os métodos utilizados na Produção Enxuta japonesa com pequenas adaptações, sendo que algumas profundas diferenças legais e culturais não permitem, ainda, a aplicação de alguns conceitos e/ou métodos utilizados pelos japoneses, como é, o caso da relação empregado-empresa (jornada de trabalho, organização sindical, estabilidade no emprego, métodos de compensação salarial, participação dos funcionários nos resultados etc).

Em meados de 1995, a *Ford* do Brasil já estava se reestruturando e implementando aquilo que pode ser chamado de Produção Enxuta Ocidental, um método de administração derivado da Produção Enxuta japonesa, mas com a adequação de alguns pontos e conceitos aos padrões legais e culturais ocidentais. Veja os índices evolutivos da *Ford* na tabela 2.

Tabela 2: Participação da *Ford* do Brasil na produção de veículos rodoviários no Brasil

ANO	Produção <i>Ford</i>	Produção Total	Participação %
1984	179.643	864.653	20,8
1994	222.367	1.581.389	14,1

Fonte: Anfavea (1995)

Esta redução apresentada na tabela 2, mostra a tendência de muitas empresa, inclusive a Ford, em que deixaram de utilizar a produção em massa e migraram para a produção enxuta.

2.3 Produção Enxuta

2.3.1 Conceito

A definição da *Lean Production* ou Produção Enxuta pode ser mais bem compreendida como um conjunto de conceitos, princípios, métodos, procedimentos e principalmente a utilização de ferramentas da produção, com o intuito de reduzir perdas ou desperdícios inerente de um determinado fluxo de valor.

Segundo Womack Jones (1996) é um sistema de negócios para organizar e gerenciar o desenvolvimento de produtos, operações, fornecedores e relações com o cliente. A produção enxuta em comparação com a produção em massa, requer menos esforços humanos, menos espaço, menos capital e menos tempo para fabricar produtos com menos defeitos de acordo com as especificações precisas dos clientes.

2.3.2 Filosofia da Produção Enxuta

A produção enxuta surgiu na *Toyota* após a Segunda Guerra Mundial com o objetivo de eliminar todo e qualquer desperdício inerente ao fluxo de valor, contribuindo para uma expressiva redução de esforços humanos, do espaço físico para a produção, do tempo de desenvolvimento e do lead time dos sistemas de produção em massa, ao mesmo tempo em que produzia produtos em maior variedade em menores volumes e com menos defeitos (WOMACK e JONES, 1992).

A produção enxuta é vista como a sucessora da produção em massa, e sob essa ótica simplista surgiram expressões bastante difundidas, como *toyotismo* ou *ohnismo*, em oposição ao *fordismo* ou *taylorismo*. O maior impacto se resguarda ainda ao pensamento de que essa é uma nova fórmula de sucesso adaptada à economia globalizada e ao sistema produtivo flexível (CASTELLS, 1999).

O aprimoramento das técnicas *fordistas* de produção para um período histórico e econômico, visou a redução de custos de fabricação através da padronização de produtos e o alto volume de produção para um mercado em expansão caracterizado pela necessidade de produzir grandes lotes com poucas opções de escolha, enquanto que as técnicas da produção enxuta são mais apropriadas para a fabricação a custos baixos de produtos destinados a mercados estagnados, em crescimento lento ou que estejam em expansão, mas que são exigentes em variedade e diferenciação, impondo-se a

necessidade de produção em pequenos lotes e uma enorme opção de escolha, devido a grande flexibilidade que oferece.

O fato concreto revelado pelas intensas discussões e estudos sobre a produção enxuta é que os métodos e ferramentas empregados promoveram mais do que ganhos de produtividade, propiciaram a competitividade e influenciaram a estratégia empresarial das empresas que passaram a adotá-lo, uma vez que as empresas conseguiram integrar de forma mais adequada a fabricação como parte da estratégia de negócios.

Tais resultados mostram as razões que tornaram a produção enxuta um modelo de gestão da produção bem sucedido, a ponto de ser adotado por empresas de variados ramos, em diversas partes do mundo. Sob esse ponto de vista, conhecer e compreender tais razões contribuem eficazmente para aplicações em diversas áreas da gestão empresarial.

O maior desafio é concebê-lo como um método de gestão, por tornar possível alcançar melhores resultados e uma maior flexibilização se comparado ao sistema de produção em massa. Através de um estudo comparativo das características dos dois modelos de gestão, são possíveis demonstrar os impactos nas organizações e suas características como uma crescente filosofia de gerenciamento.

2.3.3 Origens do Sistema Toyota de Produção

Segundo registros o *TPS* foi originalmente desenvolvido para a manufatura, portanto, para o perfeito entendimento acerca do *TPS*, deve-se, compreender suas origens na manufatura, mais especificamente na indústria automobilística (GHINATO 2000).

O entusiasmo da família *Toyoda* pela indústria automobilística começou ainda no início do século, após a primeira viagem de *Sakichi Toyoda* aos Estados Unidos em 1910. No entanto, o nascimento da *Toyota Motor Co.* deu-se após a viagem de um jovem engenheiro japonês, *Eiji Toyoda* filho do fundador *Sakichi*, numa visita de 3 meses à fábrica *Rouge*, uma vez que *Ford* convidou engenheiros de todo o mundo para visitar sua fábrica porque ele não mantinha segredos sobre a produção em massa. A fábrica *Rouge* era a maior e mais complexa da *Ford*, se não de todo mundo.

Depois de muito estudo, *Eiji* voltou ao Japão e com a ajuda de seu gênio da produção, *Taiichi Ohno*, concluíram que a produção em massa nunca funcionaria no

Japão, pois a realidade deles era outra: precisavam de uma maior padronização, embora com flexibilidade de produção, pois o mercado em que viviam não seria capaz de absolver uma produção em larga escala e sem opções de escolha ao consumidor.

Desse começo experimental estava nascendo o que a *Toyota* veio a chamar de *Toyota Production System* (Sistema de Produção Toyota), e finalmente "produção enxuta". Certo de que a indústria automobilística em breve se tornaria o carro-chefe da indústria mundial, *Kiichiro Toyoda* criou o departamento automobilístico na *Toyoda Automatic Loom Works*, a grande fabricante de equipamentos e máquinas têxteis pertencente à família *Toyoda*, para, em 1937, fundar a *Toyota Motor Co.*

A *Toyota* entrou na indústria automobilística, especializando-se em caminhões para as forças armadas, e com o propósito de entrar na produção em larga escala de carros de passeio e caminhões comerciais. No entanto, o envolvimento do Japão na II Guerra Mundial adiou as pretensões da *Toyota*.

Com o final da II Grande Guerra em 1945, a *Toyota* retomou os seus planos de tornar-se uma grande montadora de veículos. No entanto, sabia-se que a distância que a separava dos grandes competidores americanos era imensa. Costumava-se dizer, a esta época, que a produtividade dos trabalhadores americanos era aproximadamente dez vezes superior à produtividade da mão-de-obra japonesa. Esta constatação serviu para "acordar" e motivar os japoneses a alcançar a indústria americana, o que de fato aconteceu anos mais tarde.

O fato de a produtividade americana ser tão superior à japonesa chamou a atenção para a única explicação razoável: A diferença de produtividade só poderia ser explicada pela existência de perdas no sistema de produção japonês. A partir daí, o que se viu foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas.

O sucesso do sistema de produção em massa Fordista inspirou diversas iniciativas em todo o mundo. A *Toyota Motor Co.* tentou por vários anos, sem sucesso, reproduzir a organização e os resultados obtidos nas linhas de produção da *Ford*, até que em 1956 o engenheiro-chefe da *Toyota*, *Taiichi Ohno*, em sua primeira visita às fábricas da *Ford*, percebeu que a produção em massa precisava de ajustes e melhorias para atender o mercado japonês. *Ohno* notou que os trabalhadores japoneses eram subutilizados, as tarefas eram repetitivas além de não agregar valor. Existia forte divisão (projeto e execução) do trabalho, a qualidade era negligenciada ao longo do processo de fabricação e existiam grandes estoques intermediários.

A *Toyota* começou a receber o reconhecimento mundial a partir da Crise Mundial Petróleo de 1973; ano em que o aumento vertiginoso do preço do barril de petróleo afetou profundamente toda a economia mundial. Em meio a milhares de empresas que sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos, a *Toyota Motor Co.* emergiu como uma das pouquíssimas empresas a escaparem praticamente ilesas dos efeitos da crise. Este “fenômeno” despertou a curiosidade de organizações no mundo inteiro.

2.3.4 Princípios Fundamentais do Sistema Toyota de Produção

Segundo Ohno (1988), a essência do Sistema *Toyota* de Produção é a perseguição e eliminação de toda e qualquer perda ou desperdício, que em japonês é tratado pela palavra “*Muda*”. A *Toyota* trata isto como atividades desempenhadas mas que não agregam valor ao produto final.

Segundo a lógica tradicional, o preço era imposto ao mercado como resultado de um dado custo de fabricação somado a uma margem de lucro pretendida. Desta forma, era permitido ao fornecedor transferir ao cliente os custos adicionais decorrentes da eventual ineficiência de seus processos de produção. Com o acirramento da concorrência e o surgimento de um consumidor mais exigente, o preço passa a ser determinado pelo mercado. Sendo assim, a única forma de aumentar ou manter o lucro é através da redução dos custos (GHINATO 2000).

Na *Toyota*, a redução dos custos através da eliminação das perdas passa por uma análise detalhada da cadeia de valor, isto é, a seqüência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado. O processo sistemático de identificação e eliminação das perdas passa ainda pela análise das operações, focando a identificação dos componentes do trabalho que não adicionam valor.

No conceito da engenharia industrial consagrada pela *Toyota*, (*MUDA*) são atividades completamente desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas. Ohno (1988), o grande idealizador do Sistema *Toyota* de Produção, propôs que as perdas presentes no sistema produtivo fossem classificadas em sete grandes grupos, a saber:

- Perda por superprodução (quantidade e antecipada)
- Perda por espera
- Perda por transporte
- Perda no próprio processamento
- Perda por estoque
- Perda por movimentação
- Perda por fabricação de produtos defeituosos.(refugo ou retrabalho)

2.3.4.1 As Sete Grandes Perdas

Segundo Ghinato as sete grandes perdas são:

Perda por Superprodução- De todas as sete perdas, a perda por superprodução é a mais danosa. Ela tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada, devido exigir grande mudança de cultura na empresa, devido o mercado em que atua: exemplo são as sazonalidades no final de mês.

Existem dois tipos de perdas por superprodução:

- *Perda por produzir demais* (superprodução por quantidade)
- *Perda por produzir antecipadamente* (superprodução por antecipação)

Perda por Superprodução por Quantidade: é a perda devido produzir além do volume programado ou requerido (sobram peças/produtos). Este tipo de perda está fora de questão quando se aborda a superprodução no Sistema *Toyota* de Produção. É um tipo de perda inadmissível sob qualquer hipótese e está completamente superada na *Toyota*.

Perda por Superprodução por Antecipação- É a perda decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, ou seja, as peças/produtos fabricadas ficarão estocadas aguardando a ocasião de serem consumidas ou processadas por etapas posteriores. Esta é a perda mais perseguida no Sistema *Toyota* de Produção.

Perda por Espera- O desperdício com o tempo de espera origina-se de um intervalo de tempo no qual nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado. O lote fica “estacionado” à espera de sinal verde para seguir em frente no fluxo de produção.(Sistema de Kanban).

Podem-se destacar basicamente três tipos de perda por espera:

- Perda por Espera no Processo
- Perda por Espera do Lote
- Perda por Espera do Operador

Perda por Espera no Processo- O lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspeção ou transporte);

Perda por Espera do Lote- É a espera que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas, para então, seguir para o próximo passo ou operação. Esta perda acontece, por exemplo, quando um lote de 500 peças está sendo processado e a primeira peça, após ser processada, fica esperando as outras 499 peças passarem pela máquina para poderem seguir no fluxo com o lote completo. Esta perda é imposta sucessivamente a cada uma das peças do lote, e na hipótese de que o tempo de processamento na máquina seja de 10 segundos, a primeira peça foi obrigada a aguardar pelo lote todo por 1 hora e 23 minutos (499 pçs. x 10 segundos) desnecessariamente.

Perda por Espera do Operador- Ociosidade gerada quando o operador é forçado a permanecer junto à máquina, para acompanhar/ monitorar o processamento do início ao fim, ou devido ao desbalanceamento de operações.

Perda por Transporte- O transporte é uma atividade que não agrega valor, e como tal, pode ser encarado como perda que deve ser minimizada. A otimização do transporte deve tender a sua completa eliminação, pois em geral, o transporte ocupa cerca de 45% do tempo total de fabricação de um item.

As melhorias mais significativas em redução e perdas por transporte são aquelas obtidas através de alterações de *layout* que dispensem ou eliminem as movimentações de material. Somente após esgotadas as possibilidades de melhorias no processo é que, então, as melhorias nas operações de transporte são introduzidas. É o caso da aplicação de esteiras rolantes, transportadores aéreos, braços mecânicos, talhas, pontes rolantes, etc.

Perda no Próprio Processamento: São perdas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto/serviço, devido o desempenho do processo encontrar-se aquém da condição ideal. Exemplos: a baixa velocidade de corte de um torno por força de problemas de ajuste de máquina ou

manutenção; o número de figuras estampadas em uma chapa metálica menor do que o máximo possível devido a um projeto inadequado de aproveitamento de material.

Perda por Estoque- É a perda sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. Uma grande barreira ao combate às perdas por estoque é pelo fato de que os estoques proporcionam uma certa acomodação de aliviar os problemas de sincronia entre os processos.

No ocidente, os estoques são encarados como um “mal necessário”. O Sistema Toyota de Produção utiliza a estratégia de diminuição gradativa dos estoques intermediários como uma forma de identificar outros problemas no sistema, escondidos por trás dos estoques.

Perda por Movimentação- As perdas por movimentação relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos. Sendo que estudos de tempos e métodos mostram que a implantação de melhorias podem reduzir os tempos de operação em 10 a 20%.

A racionalização dos movimentos nas operações é obtida também através da mecanização de operações, transferindo para a máquina atividades manuais realizadas pelo operador. Contudo, vale alertar que a introdução de melhorias nas operações via mecanização é recomendada somente após terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação do operário e eventuais mudanças nas rotinas das operações.

Perda por Fabricação de Produtos Defeituosos (Refugo ou retrabalhos)- A perda por fabricação de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos que apresenta alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam a requisitos de uso. No Sistema Toyota de Produção, a eliminação das perdas por fabricação de produtos defeituosos depende da aplicação sistemática de métodos de controle na fonte, ou seja, junto à causa-raiz do defeito.

2.3.5 Os Pilares de Sustentação do Sistema Toyota de Produção: JIT e Jidoka

Após a crise do petróleo da década de 70 o mercado mundial impôs novas condições de concorrência gerando severas restrições aos ganhos decorrentes da produção em larga escala. E esta foi uma das causas fundamentais para que a *Toyota*

Motor Co. emergisse como detentora de um poderoso e eficaz sistema de gerenciamento da produção, perfeitamente sintonizado com as novas regras. A urgência na redução dos custos de produção fez com que todos os esforços fossem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Esta passou a ser a base sobre a qual está estruturado todo o sistema de gerenciamento da *Toyota Motor Co.*

É inegável que o *JIT* tem a surpreendente capacidade de colocar em prática o princípio da redução dos custos através da completa eliminação das perdas. Talvez, por seu impacto sobre os tradicionais métodos de gerenciamento, tenha se criado uma identidade muito forte com o próprio *TPS*. No entanto, um não deve ser interpretado como sendo essencialmente o outro, porque o *JIT* é uma técnica de gestão incorporada à estrutura do *TPS* que, ao lado do *jidoka*, ocupa a posição de pilar de sustentação do sistema.

Existem diferentes formas de representar a estrutura do Sistema *Toyota* de Produção (*TPS*) com seus dois pilares – *JIT* e *Jidoka* – e outros componentes essenciais do sistema. Segundo este modelo, o objetivo da *Toyota* é atender da melhor maneira as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor *lead time* possível. Tudo isso enquanto assegura um ambiente de trabalho onde segurança e moral dos trabalhadores constitua-se em preocupação fundamental da corporação. A estrutura do *STP* é representada na figura 2.

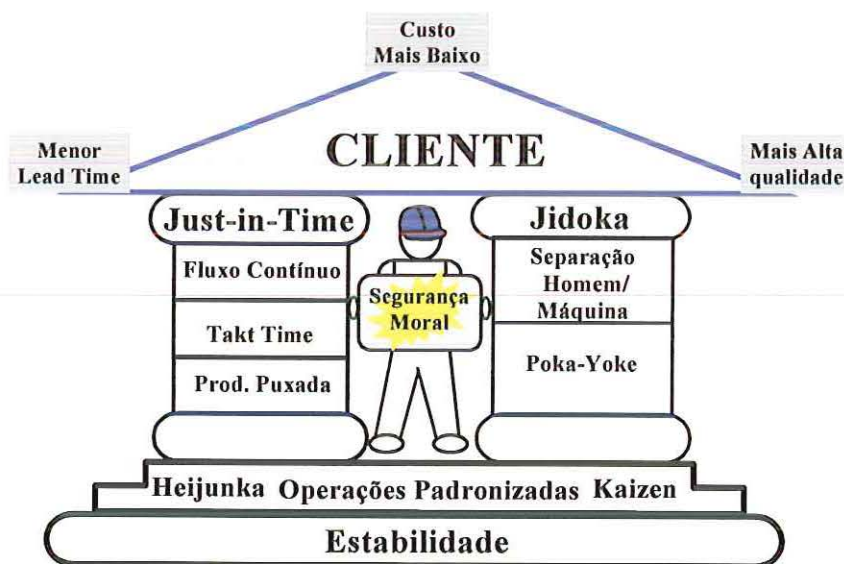


Figura 2: A Estrutura do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Ghinato, 2000

Os dois grandes pilares de sustentação do *STP* são:

JIT- responsável pela programação e sequenciamento da produção, fazendo com que se produza o produto certo, na hora certa e na quantidade certa, eliminando estoques e evitando desperdícios.

Jidoka- a palavra *jidoka* significa simplesmente automação. *Ninben no aru jidoka* expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano. Proporcionando menos desgaste físico por parte do operador e melhorias como o aumento de produtividade.

2.3.6 Just In Time

Segundo Ghinato (2000), a expressão em inglês "*Just-In-Time*" foi adotada pelos japoneses, mas não se consegue precisar a partir de quando ela começou a ser utilizada. Fala-se do surgimento da expressão na indústria naval, portanto, já era um termo conhecido antes das publicações que notabilizaram o *JIT* como um desenvolvimento da *Toyota Motor Co.* No entanto, Ohno (1988) afirma que o conceito *JIT* surgiu da idéia de *Kiichiro Toyoda* de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização.

De acordo com Corrêa (1996) embora haja quem diga que o sucesso do sistema administrativo *JIT* esteja calcado nas características culturais do povo japonês, mais e mais gerentes e acadêmicos têm-se convencido de que esta filosofia é composta de práticas gerenciais que podem se aplicadas em qualquer parte do mundo. Algumas expressões são geralmente usadas para traduzir aspectos da filosofia *Just in Time*:

- Produção sem estoques
- Eliminação de desperdícios
- Manufatura de fluxo contínuo
- Esforço contínuo na resolução de problemas
- Melhoria contínua dos processos

O sistema *JIT* tem como objetivo fundamental a melhoria contínua do processo produtivo. A perseguição destes objetivos dá-se, através de um mecanismo de redução dos estoques, os quais tendem a camuflar problemas. Os estoques têm sido utilizados para evitar descontinuidades do processo produtivo, diante de problemas de produção

que podem ser classificados principalmente em três grandes grupos:

- Problemas de qualidade: quando alguns estágios do processo de produção apresentam problemas de qualidade, gerando refugo de forma incerta, o estoque colocado entre os estágios, permite que os estágios posteriores possam trabalhar continuamente, sem sofrer com as interrupções que ocorreram nos estágios anteriores. Dessa forma, o estoque gera independência entre os estágios do processo produtivo
- Problemas de quebra de máquina: quando uma máquina pára por problemas de manutenção, os estágios posteriores do processo que são “alimentados” por esta máquina teriam que parar, caso não houvesse estoque suficiente para que o fluxo de produção continuasse. Nessa situação o estoque também gera independência entre os estágios de processo produtivo
- Problemas de preparação de máquina: quando uma máquina processa operações em mais de um componente ou item, é necessário preparar a máquina a cada mudança de componente a ser processado. Esta preparação representa custos referentes: ao período inoperante do equipamento, à mão de obra requerida na operação de preparação, à perda de material no início da operação, etc. Quanto maiores forem estes custos, maior deverá ser o lote a ser executado, para que estes custos sejam rateados, reduzindo, por consequência o custo por unidade produzida, uma vez que este procedimento gera estoque.

Segundo Corrêa (1996), o estoque funciona como um investimento necessário quando problemas como os citados estão presentes no processo produtivo. O objetivo da filosofia *JIT* é reduzir os estoques, de modo que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados através de esforços concentrados e priorizados.

A figura 3, ilustra o estoque que pode ser simbolizado pela água de um lago que encobre as pedras que representam os diversos problemas do processo produtivo. Deste modo, o fluxo de produção (representado pelo barco) consegue seguir às custas de altos investimentos em estoque. Reduzir os estoques, assemelha-se a baixar o nível da água, tornando visíveis os problemas que, quando eliminados, permitem um fluxo contínuo da produção. Reduzindo-se os estoques gradativamente, tornam-se visíveis os problemas mais críticos na produção, ou seja, possibilita-se um ataque priorizado. À medida que estes problemas vão sendo eliminados, reduzem-se mais e mais os estoques, localizando-se e atacando-se novos problemas.

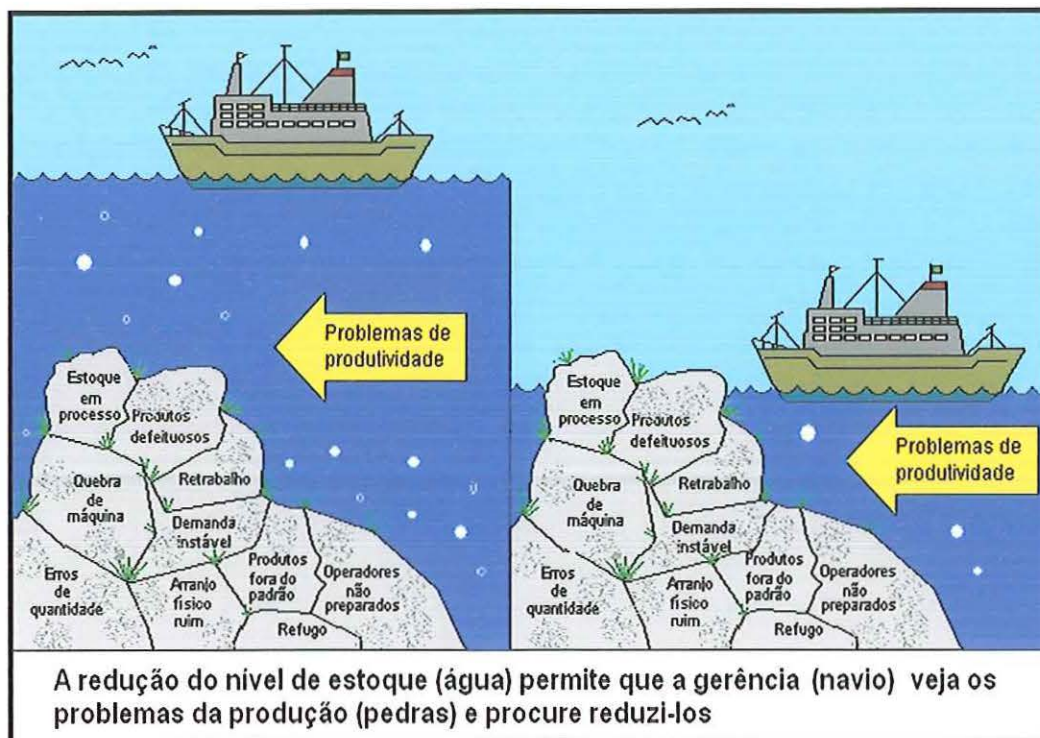


Figura 3: Relação do *JIT* com o lago e seus obstáculos

Fonte: Slack (1999)

Segundo Corrêa (1996) com esta prática, o *JIT* visa fazer com que o sistema produtivo alcance melhores índices de qualidade; maior confiabilidade de seus equipamentos e fornecedores e maior flexibilidade de resposta; significativa redução dos tempos de preparação de máquinas, permitindo a produção de lotes menores e mais adequados à demanda de mercado.

Just In Time significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do *JIT* é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do *JIT* depende de três fatores intrinsecamente relacionados:

- fluxo contínuo
- *takt time*
- produção puxada

O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do lead time de produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e rearranjo do *layout* fabril, convertendo os

tradicionais *layout* funcionais (ou *layout* por processos) – onde as máquinas e recursos estão agrupadas de acordo com seus processos (ex.: grupo de máquinas que desempenham um mesmo processo de fabricação, ou operações semelhantes.) – para células de manufatura compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de fabricação e montagem em células de manufatura é somente um pequeno passo em direção à implementação da produção enxuta. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementar-se um fluxo unitário (um a um) de produção, onde os estoques intermediários entre processos sejam completamente eliminados (vide representação da figura 4). Desta forma garantir-se a eliminação das perdas por estoque, perdas por espera e obter-se a redução do lead time de produção.

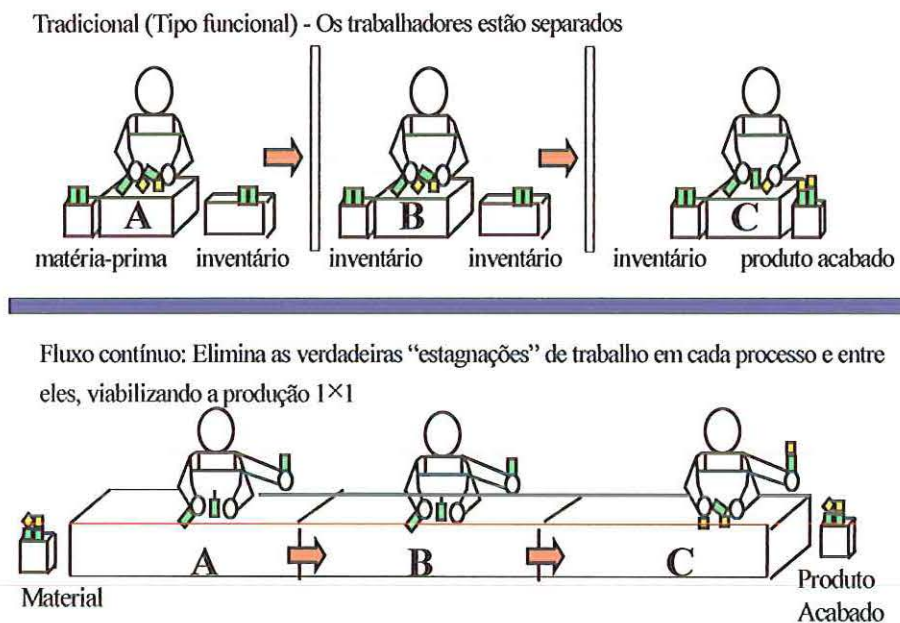


Figura 4: Fluxo de Produção Tradicional versus Fluxo Unitário Contínuo

Fonte: Ghinato (2000)

A implementação de um fluxo contínuo de produção torna necessário um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação/ montagem. A abordagem da *Toyota* para o balanceamento das operações difere diametralmente da abordagem tradicional. Conforme demonstra a figura 5, o balanceamento tradicional

procura nivelar os tempos de ciclo de cada trabalhador, de forma a fazer com que ambos recebam cargas de trabalho semelhantes. O tempo de ciclo é o tempo total necessário para que um trabalhador execute todas as operações alocadas a ele.

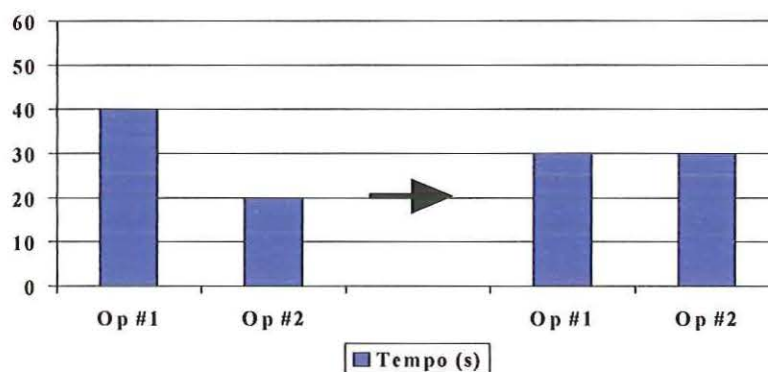


Figura 5: Balanceamento de Operações Tradicionais

Fonte: Ghinato (2000)

Na *Toyota*, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *takt time*. O *takt time* é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Em outras palavras, o *takt time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada” pelo cliente, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente. O *takt time* é dado pela seguinte fórmula: (fórmula 1)

$$\textit{takt time} = \frac{\textit{Tempo total disponível}}{\textit{Demanda do cliente}}$$

Fórmula 1: Cálculo do *takt time*

Fonte: Ghinato (2000)

Portanto, no exemplo ilustrado na figura 6, o *takt time* = 50 segundos é calculado conforme segue:

Demanda = 576 peças/dia

Tempo total disponível = 8 horas (28.800 segundos)

Takt time = 28.800 segundos ÷ 576 peças = 50 segundos/peça

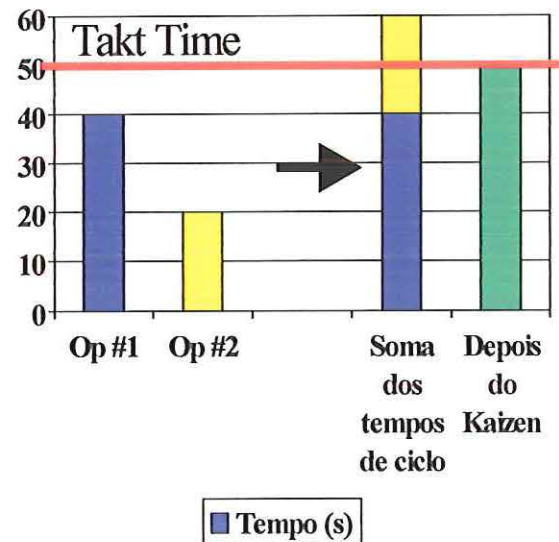


Figura 6: Balanceamento de Operações na Toyota

Fonte: Ghinato (2000)

Logo, como a lógica é “produzir ao ritmo da demanda”, o tempo de ciclo de cada operador deve ser idealmente igual ao *takt time*. Portanto, ao invés de termos dois operadores com tempos de ciclo de 30 segundos, conforme o balanceamento da figura 4, procuramos alocar todas as operações a um único operador (vide coluna “soma dos tempos de ciclo” na figura 6) para, logo a seguir, como resultado de um processo de melhoria (*kaizen*), reduzir o tempo de ciclo deste operador até ficar compatível com o *takt time* de 50 segundos (coluna “Depois do *kaizen*” da figura 6).

O conceito de produção puxada confunde-se com a própria definição de *Just-In-Time*, que é produzir somente os itens certos, na quantidade certa e no momento certo. No Sistema *Toyota* de Produção, o ritmo da demanda do cliente final deve repercutir ao longo de toda a cadeia de valor, desde o armazém de produtos acabados até os fornecedores de matérias-primas. A informação de produção deve fluir de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo dos materiais, isto é, do processo-cliente para o processo-fornecedor.

Um sistema de produção trabalhando sob a lógica da produção puxada produz

somente o que for vendido, evitando a super-produção. Ainda, sob esta lógica, a programação da produção é simplificada e auto-regulável, eliminando as contínuas reavaliações das necessidades de produção e as interferências das instruções verbais, características da produção empurrada.

A produção puxada na *Toyota* é viabilizada através do *kanban*, um sistema de sinalização entre cliente e fornecedor que informa ao processo-fornecedor exatamente o quê, quanto e quando produzir. O sistema *kanban* tem como objetivo controlar e balancear a produção, eliminar perdas, permitir a reposição de estoques baseado na demanda e constituir-se num método simples de controlar visualmente os processos. Existem diversos tipos de sistema *kanban*; o sistema representado na figura 7 é o sistema *kanban* de dois cartões, também conhecido como *kanban* do tipo A.

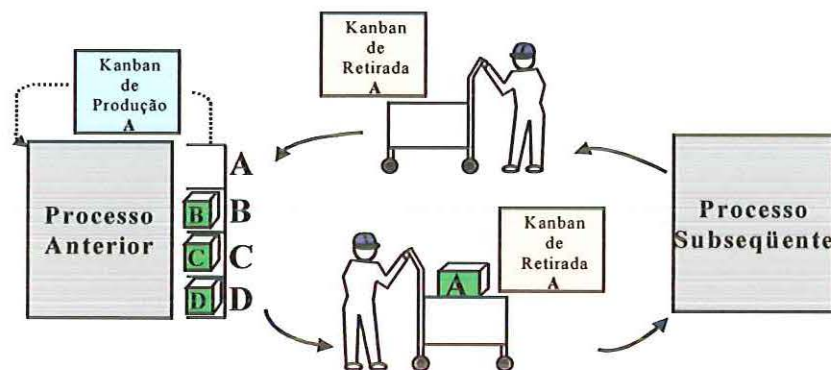


Figura 7: Sistema Kanban: Produção Puxada

Fonte: Ghinato (2000)

Através do sistema *kanban*, o processo subseqüente (cliente) vai até o supermercado (estoque) do processo anterior (fornecedor) de posse do *kanban* de retirada que lhe permite retirar deste estoque exatamente a quantidade do produto necessária para satisfazer suas necessidades. O *kanban* de retirada então retorna ao processo subseqüente acompanhando o lote de material retirado. No momento da retirada do material pelo processo subseqüente, o processo anterior recebe o sinal para iniciar a produção deste item através do *kanban* de produção, que estava anexado ao lote retirado.

2.3.7 Jidoka

Em 1926, quando a família Toyoda ainda concentrava seus negócios na área têxtil, Sakichi Toyoda inventou um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha fossem rompidos. Desta forma, ele conseguiu dispensar a atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversos teares. Esta inovação revolucionou a tradicional e centenária indústria têxtil.

Em 1932, o recém-formado engenheiro mecânico Taiichi Ohno integrou-se à *Toyoda Spinning and Weaving*, onde permaneceu até ser transferido para a *Toyota Motor Company Ltd.* em 1943. Tendo recebido “carta-branca” de Kiichiro Toyoda, então presidente do grupo, *Ohno* começou a introduzir mudanças nas linhas de fabricação da fábrica *Koromo* da *Toyota Motor Company* em 1947.

Ohno sabia que havia duas maneiras de aumentar a eficiência na linha de fabricação: aumentando a quantidade produzida ou reduzindo o número de trabalhadores. Em um mercado discreto como o mercado doméstico japonês da época, era evidente que o incremento na eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores. A partir daí, Ohno procurou organizar o layout em linhas paralelas ou em forma de "L", de maneira que um trabalhador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo com isso, aumentar a eficiência da produção de 2 a 3 vezes.

A implementação desta nova forma de organização exigiu de Ohno a formulação da seguinte questão: “Por que uma pessoa na *Toyota Motor Company* é capaz de operar apenas uma máquina enquanto na fábrica têxtil *Toyoda* uma operadora supervisiona 40 a 50 teares automáticos?” A resposta era que as máquinas na *Toyota* não estavam preparadas para parar automaticamente quando o processamento tivesse terminado ou quando algo de anormal acontecesse.

A invenção de Sakichi Toyoda, aplicada às máquinas da *Toyota Motor Company*, deu origem ao conceito de *jidoka* ou autonomia, como também é conhecido. Na verdade, a palavra *jidoka* significa simplesmente automação. *Ninben no aru jidoka* expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano.

Ainda que o *jidoka* esteja frequentemente associado à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No *TPS*, *jidoka* é ampliado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anormalidade for detectada. *Jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade.

A idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha. Quando Ohno iniciou suas experiências com o *jidoka*, as linhas de produção paravam a todo instante, mas à medida que os problemas iam sendo identificados, o número de erros começou a diminuir vertiginosamente. Hoje, nas fábricas da *Toyota*, o rendimento das linhas se aproxima dos 100%, ou seja, as linhas praticamente não param.

2.3.7.1 A Separação entre a Máquina e o Homem

A relação entre a máquina e o homem, caracterizado pela permanência do operador junto à máquina durante a execução do processamento, não é tão fácil de ser rompida, pois é uma prática característica da indústria tradicional. No entanto, o aprimoramento de dispositivos capazes de detectar anormalidades promoveu a separação entre a máquina e o homem e contribuiu para o desenvolvimento de funções inteligentes nas máquinas (automação com funções humanas).

A separação entre a máquina e o homem é um requisito fundamental para a implementação do *jidoka*. Na prática, a separação que ocorre é entre a detecção da anormalidade e a solução do problema. A detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a solução ou correção do problema continua como responsabilidade do homem. Desta forma, a transferência das atividades manuais e funções do homem para a máquina, permite que o trabalhador opere mais de uma máquina simultaneamente (vide figura 8).

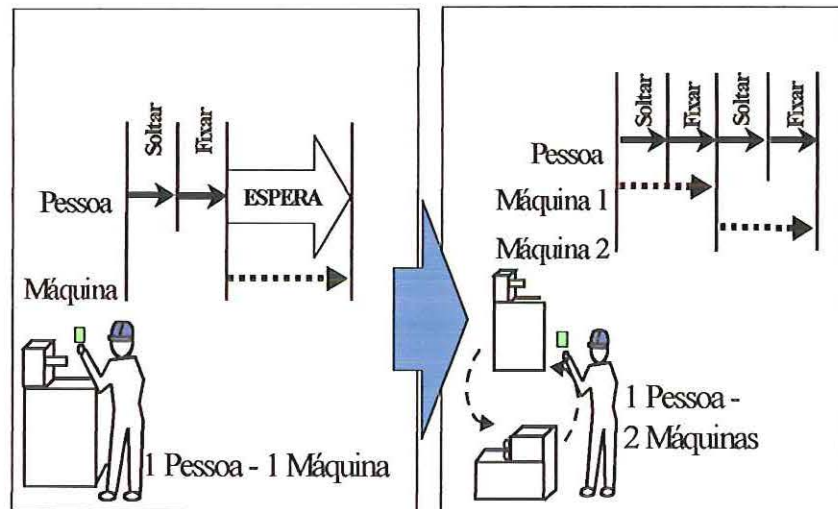


Figura 8: Separação entre o Homem e a Máquina

Fonte: Ghinato (2000)

No Sistema *Toyota* de Produção, não importa se a máquina executa as funções de fixação/remoção da peça e de acionamento, automaticamente. O importante é que, antes disto, ela tenha a capacidade de detectar qualquer anormalidade e parar imediatamente.

2.3.7.2 Dispositivos a prova de falha (*Poka Yoke*)

Um dos princípios do Sistema *Toyota* de Produção é a ênfase na diminuição de custos e de tempos de produção. Essa ênfase deve se dar continuamente através de melhorias (graduais e / ou abruptas) que visam a eliminação das perdas (*muda*).

Segundo Shingo (1996) perda pode ser definida como: “Toda e qualquer atividade que não contribui para a operação, ou seja, não promove a agregação de valor ao processo”.

Podendo ser exemplificada na relação Máquina Operador / Montagem de

componentes.

- Através da eliminação do “*muda*” consegue se extrair o máximo de um sistema produtivo, utilizando-se o mínimo de recursos produtivos.

- Uma das formas de combater as perdas em um processo é impedindo que o mesmo produza fora de seus limites de especificação, buscando-se manter o processo sob condições de controle.

Desta forma para se eliminar a ocorrência dos erros em um processo e preciso que se tenha um enfoque baseado em uma análise de causa e efeito.

Tem-se que:



É necessário fazer uma clara distinção entre erros e defeitos.

Os defeitos aparecem porque são cometidos os erros, existindo entre os dois uma relação de causa e efeito.

Os defeitos ocorrem em consequência de uma condição ou ação inadequada ou imprópria, sendo, portanto possível eliminar os defeitos perseguindo-se suas causas em vez de tratar suas consequências. Conforme mostra a figura 9

Logo:

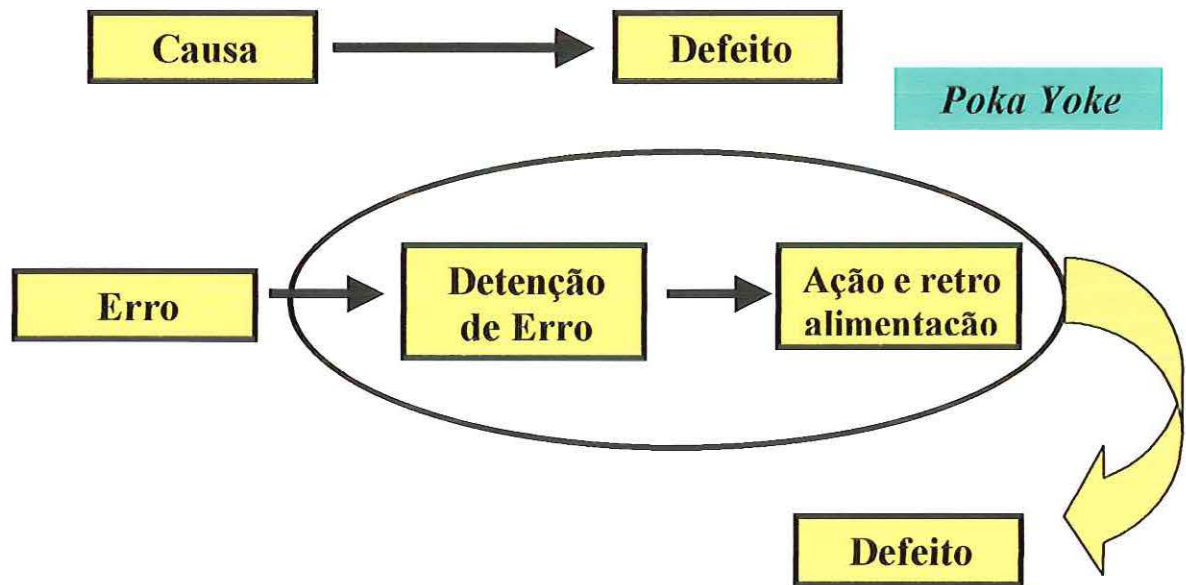


Figura 9 - Diagrama de Erro/ Defeito

Dispositivos *Poka Yoke*

O conceito do *Poka Yoke* foi definido inicialmente por Shingo (1996), como verificação das características de controle em inspeção:

- Inspeção por Julgamento de um determinado produto, sendo feita por meio de três técnicas baseadas: Separam-se produtos não conformes dos produtos conformes através de amostragem, denominado também de procedimento de contenção de produtos não conformes. Esta inspeção não diminui o índice de defeitos verificados na empresa
- Inspeção Informativa: Investigam-se estatisticamente as causas do defeito, transmitindo tais informações com finalidade de diminuir índice de defeitos. Um problema encontrado com este procedimento é a demora em que tais informações atinjam a origem do problema, sendo que neste tempo os defeitos continuam a ocorrer
- Inspeção na Fonte: Trabalha-se na origem de onde se está ocorrendo o processo, procurando evitar que os erros se transformem em defeitos. Esta atuação é realizada durante o tempo em que a peça está posicionada para a operação

Os mecanismos *Poka yoke* impossibilitam a ocorrência de defeitos, atuando diretamente na fonte, prevenindo a manifestação do erro em defeito ou fazendo com que o erro se torne evidente ao observador. Os mecanismos podem ter duas funções básicas: Função Reguladora ou Função de Detecção, conforme mostra figura 10.

Cada uma destas funções pode ter os seus métodos de condução, dentre os quais pode- se citar como principais:

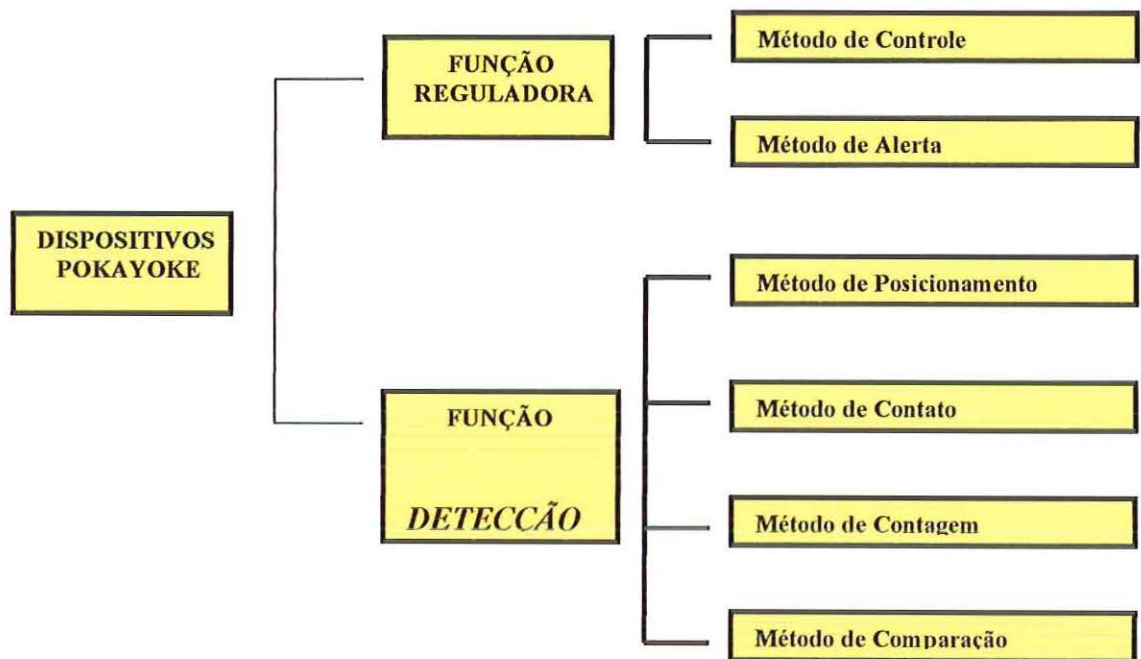


Figura 10 - Funções Básicas dos dispositivos *Pokayoke*

Fonte: Shingo (1996)

- **Função Reguladora**

⇒ Método de Controle: Atuam desligando ou travando o equipamento na ocorrência de anormalidades.

⇒ Método de Alerta: Atuam alertando ao usuário que o equipamento esta com funcionamento anormal, indicando a necessidade de providências.

- **Função de Detecção**

⇒ Método de Posicionamento: Dispositivo que permite a condução da operação somente quando o posicionamento dos elementos envolvidos esteja correto. Impedindo que a operação seja realizada de forma incorreta.

⇒ Método de Contato: São sensores instalados nos equipamentos que atuam de forma a liberar a condução de uma determinada operação a partir do contato, indicando a condição adequada para a operação.

⇒ Método de contagem: Por meio da contagem de elementos, verificam-se as características de conformidade do conjunto.

⇒ Método de Comparação: São dispositivos que comparam grandezas físicas (pressão, torque, temperatura, etc) identificando anormalidades dos produtos.

A figura 11, ilustra um exemplo do método de comparação.

MÉTODO DE COMPARAÇÃO

Parafusadeira não garante torque especificado devido à variação da pressão de ar na linha de montagem. Instalado um medidor de pressão, que mede a variação de pressão da linha e compara com a pressão especificada mínima e máxima. O medidor é um Pokayoke, pois se a pressão de ar cai durante a aplicação do torque na linha ele faz soar uma campainha, acende a lâmpada e trava o carro transportador da linha, até que seja aplicado novamente o torque especificado na peça.

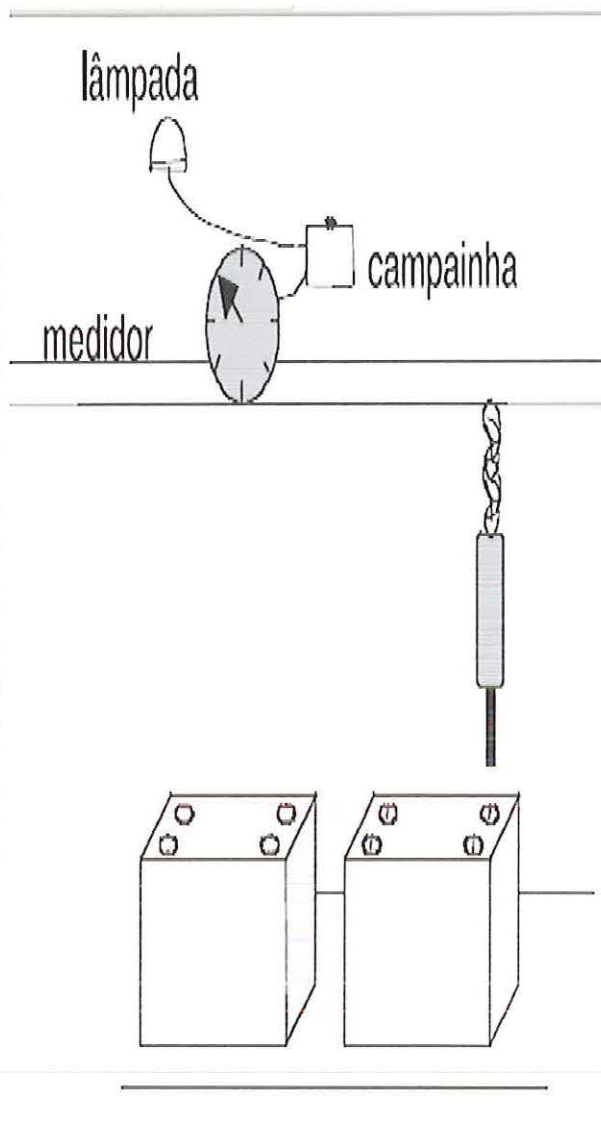


Figura 11: Exemplo de aplicativo de dispositivo *Poka Yoke*

Fonte: Imam (1992)

2.3.8 Operações Padronizadas

Os pilares *JIT* e *Jidoka* estão assentados sobre uma base formada pelo *heijunka* (nivelamento da produção), operações padronizadas e *kaizen* (melhoria contínua). O primeiro desses elementos – a operação padronizada – pode ser definido como um método efetivo e organizado de produzir sem perdas.

A padronização das operações procura obter o máximo de produtividade através da identificação e padronização dos elementos de trabalho que agregam valor e da eliminação das perdas. O balanceamento entre os processos e a definição do nível mínimo de estoque em processamento também são objetivos da padronização das operações.

Os componentes da operação padronizada são: o *takt time*, a rotina-padrão de operações e a quantidade-padrão de inventário em processamento (vide figura 12).



Figura 12: Componentes da Operação Padronizada.

Fonte: Ghinato (2000)

A rotina-padrão de operações é um conjunto de operações executadas por um operador em uma seqüência determinada. A determinação de uma rotina-padrão evita que cada operador execute aleatoriamente os passos de um determinado processo, reduzindo as flutuações de seus respectivos tempos de ciclo e permitindo que cada rotina seja executada dentro do *takt time*, de forma a atender a demanda.

A quantidade-padrão de inventário em processamento é a mínima quantidade de

peças em circulação necessária para manter o fluxo constante e nivelado de produção.

Este nível pode variar de acordo com o diferente *layout* de máquina e rotinas de operações. Se a rotina de operações segue na mesma ordem do fluxo do processo, é necessária somente uma peça em processamento em cada máquina, não sendo necessário manter qualquer estoque entre as máquinas. Se a rotina é executada em direção oposta à seqüência de processamento, é necessário manter no mínimo uma peça entre as operações.

Na determinação da quantidade-padrão de inventário em processamento, devem ser considerados os pontos de teste e verificação do produto. Pequenas quantidades podem ser requeridas nestes pontos.

2.3.9 *Heijunka* – Nivelamento da Produção

Segundo Ohno (1988), *heijunka* é a criação de uma programação nivelada através do sequenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para corresponder à demanda no longo prazo.

A programação da produção através do *heijunka* permite a combinação de itens diferentes de forma a garantir um fluxo contínuo de produção, nivelando também a demanda dos recursos de produção. O *heijunka*, da forma como é utilizado na Toyota, permite a produção em pequenos lotes e a minimização dos inventários.

O exemplo a seguir ilustra de forma clara a mecânica do *heijunka*. A Tabela 3 apresenta as demandas para 5 diferentes modelos de automóveis. A última coluna apresenta os *takt times* para cada modelo, supondo que a fábrica tivesse condições de dedicar uma linha de montagem para cada um dos modelos. No entanto, sabe-se que na prática os diferentes modelos devem ser montados em uma única linha de montagem. Neste caso, se todas as 480 unidades forem montadas nesta linha, o *takt time* deve ser de 1 minuto ($480 \text{ minutos} \div 480 \text{ unidades}$). Como, então, satisfazer diferentes demandas se o ritmo da linha é único e constante?

Tabela 3: Nivelamento da Produção de 5 Modelos

Modelo	Produção Mensal (20 dias)	Produção Diária (480 min.)	Takt Time (minutos)
Modelo A	4.800 unid.	240 unid.	2 min.
Modelo B	2.400 unid.	120 unid.	4 min.
Modelo C	1.200 unid.	60 unid.	8 min.
Modelo D	600 unid.	30 unid.	16 min.
Modelo E	600 unid.	30 unid.	16 min.
Total	9.600 unid.	480 unid.	1 min.

Fonte: Ghinato (2000)

A resposta é proporcionada pelo *heijunka*, que define uma determinada seqüência de montagem (neste caso hipotético, AABACDAE) que, se repetida ciclicamente, é capaz de atender a demanda de cada um dos diferentes modelos como se estivessem sendo montados em linhas exclusivas, conforme representado na figura 13.

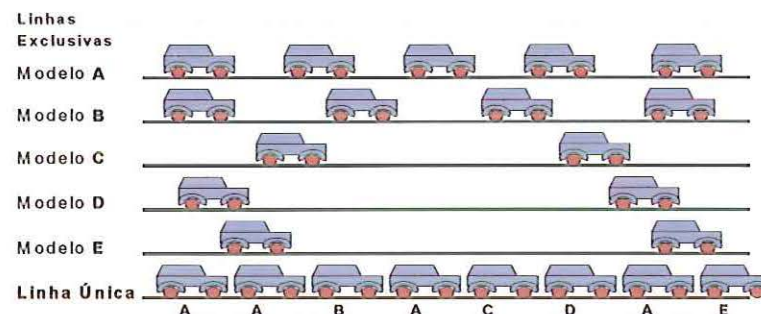


Figura 13: Linha de Montagem Nivelada

Fonte: Ghinato (2000)

Logo TPT (Toda parte Toda) proveniente da tradução de (*Every Part Every*), significa o tempo gasto entre o início de produção de um lote de um tipo de peça e o próximo início de outro lote do mesmo tipo, conforme ilustrado na figura 14.

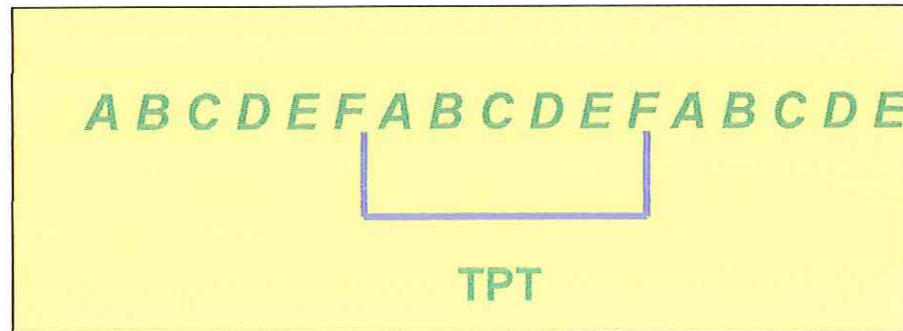


Figura 14: TPT

Quanto menor o TPT, menor o tamanho do lote de cada peça e o tamanho do inventário em processo. Contudo, o TPT de uma máquina será definido pelo número de trocas e pelo número de peças que passaram pela máquina. Sendo assim uma máquina com trocas demoradas e com tamanhos grandes de lotes mínimos e operando com muitas peças, terá um número grande de TPT, a menos que o tempo de troca ou o número de peças possa ser reduzido (LÉXICO 2003).

2.3.10 *Kaizen*: Melhoria

O terceiro componente da base sobre a qual estão assentados os pilares do TPS é o *kaizen*. *Kaizen* é a melhoria incremental e contínua de uma atividade, focada na eliminação de perdas (*muda*), de forma a agregar mais valor ao produto/ serviço com um mínimo de investimento (OHNO, 1988). Aqui serão apresentadas 2 formas diferentes de melhoria: a revolucionária e a contínua.

2.3.10.1 Melhoramento Revolucionário

Segundo Slack (1999) o melhoramento revolucionário (ou melhoramento baseado em inovação, como algumas vezes é chamado) presume que o principal veículo para melhoramento é a mudança drástica na forma como a operação trabalha. Por exemplo: a introdução de uma máquina nova, mais eficiente, na fábrica; o total reprojeto de um sistema computadorizado de reservas de hotel; ou a introdução de um programa de graduação novo e melhor em uma universidade. O impacto desses

melhoramentos é relativamente repentino, abrupto e representa um degrau de mudança na prática (e, espera-se, de desempenho). Esses melhoramentos raramente são baratos, demandando grandes investimentos de capital, com freqüência interrompendo ou perturbando os trabalhos em curso na operação, e freqüentemente envolvendo mudanças nos produtos/serviços ou na tecnologia do processo. A figura 15 ilustra o padrão de desempenho com diversos melhoramentos revolucionários.

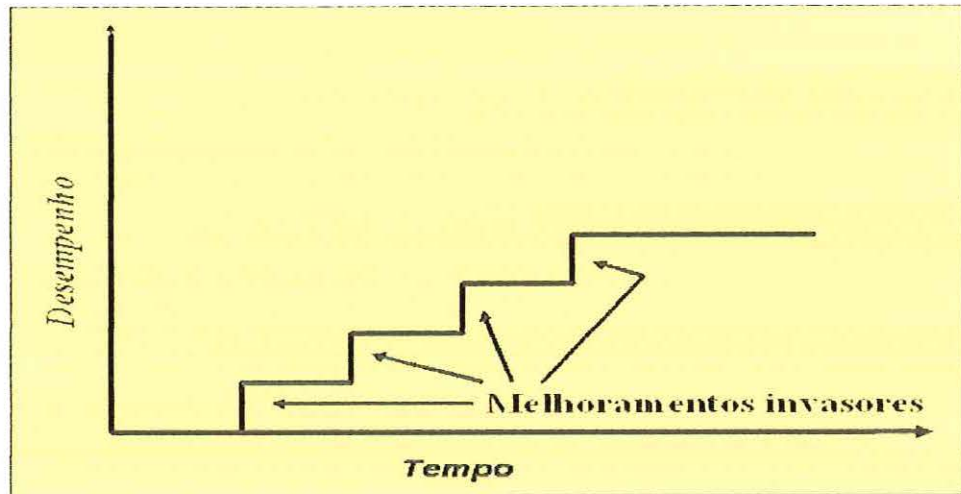


Figura 15: O padrão de desempenho pretendido com melhoramentos revolucionários.

Fonte: Slack (1999)

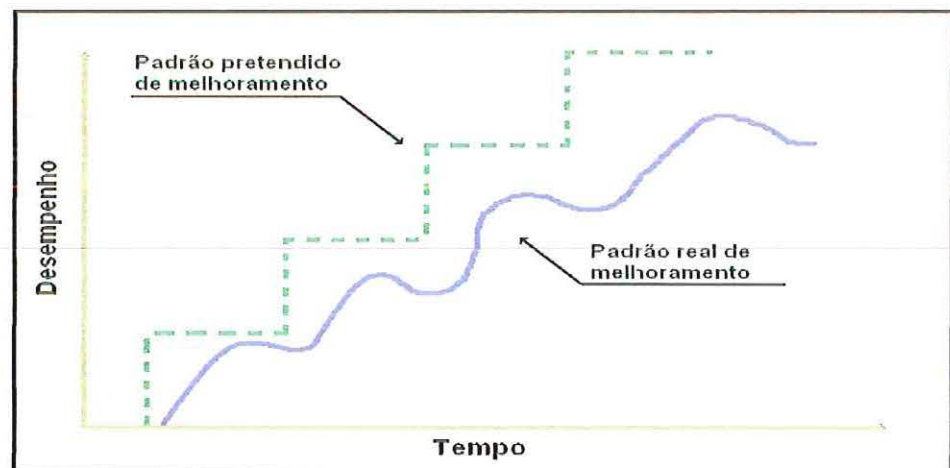


Figura 16: O padrão real de melhoramentos de desempenho pretendido com melhoramento revolucionário.

Fonte: Slack (1999)

2.3.10.2 Melhoria Contínua

De acordo com Slack (1999) o melhoramento contínuo, como o nome indica, adota uma abordagem de melhoramento de desempenho que presume mais e menores passos de melhoramento incremental. Por exemplo: modificar a forma com que um produto é fixo a uma máquina, para reduzir o tempo de mudança; a simplificação da seqüência de quesitos quando se faz uma reserva de hotel, ou a reprogramação das datas de entrega de trabalhos de uma universidade, de modo a uniformizar a carga de trabalho dos estudantes. O melhoramento contínuo não se preocupa com a promoção dos pequenos melhoramentos por si sós, pois vê os pequenos melhoramentos, como tendo uma vantagem significativa sobre os grandes – eles podem ser seguidos de uma forma relativamente suave por outros e pequenos melhoramentos.

O melhoramento contínuo também é conhecido como *Kaizen*, palavra japonesa, definida por Imai¹ (1986 *apud* SLACK et al. (1999)):

“Kaizen significa melhoramento. Mais: significa melhoramento na vida pessoal, na vida doméstica, na vida social, e na vida de trabalho. Quando aplicada para o local de trabalho, Kaizen significa melhoramentos contínuos envolvendo todo mundo – administradores igualmente.”

No melhoramento contínuo não é o tamanho de cada passo que é importante, mas, mais do que isso, é a probabilidade de que o melhoramento vai continuar. Não é a taxa de melhoramento que é importante, mas é o “*momentum*” de melhoramento. Não importa se melhoramentos sucessivos são pequenos, o que de fato importa é que todo mês (ou semana, ou trimestre, ou qualquer que seja o período adequado) algum melhoramento tenha de fato acontecido.

¹ IMAI, M. (1986). **The key to Japan's competitive success**. McGraw-Hill, 1986. *apud* SLACK, N. et al. (1999). **Administração da produção**: edição compacta. Tradução de Ailton Bonfim Brandão et al. São Paulo: Atlas.

2.3.10.3 Diferenças entre Melhoria Revolucionária e Melhoria Contínua

De acordo com Slack (1999) o melhoramento revolucionário dá grande valor para soluções criativas. Ele incentiva o pensamento livre e a iniciativa individual. É uma filosofia radical na medida em que alimenta uma abordagem de melhoramento, que não aceita limitações no que é possível. “Começar com uma folha de papel em branco”, voltar aos princípios básicos, e “repensar complementarmente o sistema” são todos típicos princípios do melhoramento revolucionário. Já o melhoramento contínuo, por outro lado, é menos ambicioso, pelo menos a curto prazo. Ele favorece a adaptabilidade, o trabalho em grupo e a atenção a detalhes. Ele não é radical; antes é construído da experiência acumulada dentro da operação em si, com frequência confiando nas pessoas que operam o sistema para melhorá-lo.

Uma analogia que ajuda a entender a diferença é a corrida de curta distância e a maratona. O melhoramento revolucionário é uma série de corridas rasas explosivas e impressionantes. O melhoramento contínuo, como a corrida de maratona, não requer a especialidade e a proeza que requer a corrida rasa, mas requer que o corredor (ou gerente de produção) mantenha-se correndo.

A seguir algumas características de melhoramento contínuo e revolucionário segundo Imai² (1986 *apud* SLACK et al. (1999)).

² IMAI, M. (1986). **The key to Japan's competitive success**. McGraw-Hill, 1986. *apud* SLACK, N. et al. (1999). **Administração da produção**: edição compacta. Tradução de Ailton Bonfim Brandão et al. São Paulo: Atlas.

Tabela 4: Características de melhoramento Contínuo e Revolucionário

	Melhoramento Revolucionário	Melhoramento Contínuo
Efeito	Curto prazo, mas dramático.	Longo prazo de longa duração, mas não dramático.
Passo	Passos grandes	Passos pequenos
Armação de tempo	Intermitente e não incremental	Contínuo e incremental
Mudança	Abrupta e volátil	Gradual e constante
Envolvimento	Seleciona alguns campeões	Todos
Abordagem	Individualismo, idéias e esforços individuais.	Coletivismo, esforços de grupo e abordagem de sistemas.
Estímulos	Inovação tecnológica, novas invenções, novas teorias.	Know-how tradicional e estado da arte
Riscos	Concentrados, todos os ovos em uma cesta.	Dispersos, muitos projetos simultaneamente.
Requisitos práticos	Requer grandes investimentos, mas pequenos esforços para mantê-lo.	Requer pequeno investimento, mas grande esforço para mantê-lo.
Orientação de esforços	Tecnologia	Pessoas
Crítérios de avaliação	Resultados por lucro	Processos e esforços por melhores resultados

Fonte: Slack (1999)

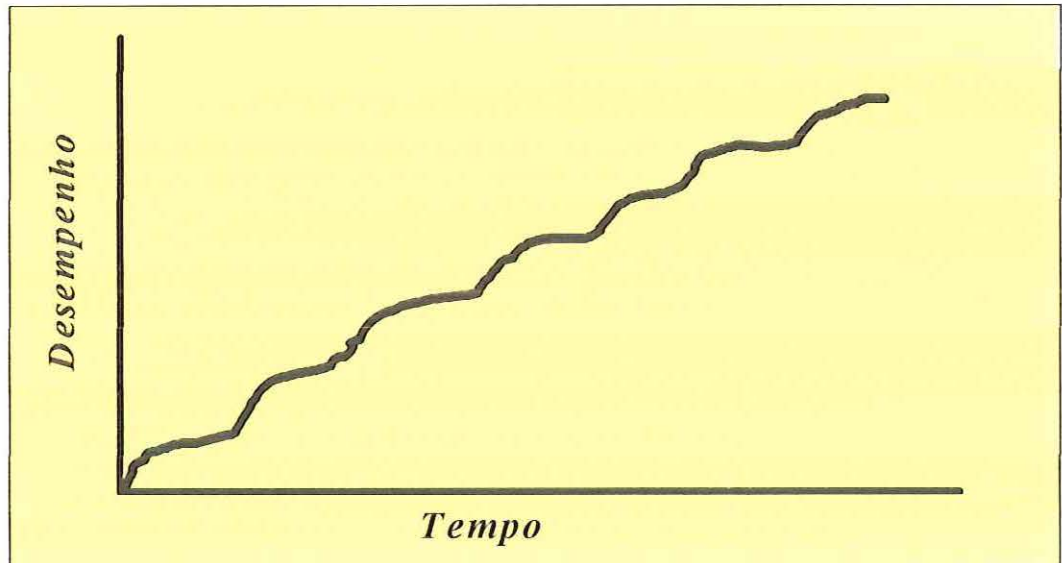


Figura 17 O padrão de desempenho com melhoramento contínuo sobreposto a melhoramento revolucionário.

Fonte: Slack (1999)

Não obstante as diferenças das duas abordagens é possível combiná-las, desde que em momentos diferentes. Melhoramentos contínuos ou revolucionários podem ser implementados se e quando eles pareçam significar passos de melhoramentos significativos, embora, a operação possa continuar fazendo seus melhoramentos *kaizen* discretos e menos espetaculares.

Segundo Ghinato (2000) a prática do *kaizen* depende do contínuo monitoramento dos processos, através da utilização do ciclo de Deming (ciclo PDCA). Este processo desenvolve-se a partir da padronização de soluções e subsequente melhoria do padrão, garantindo que os pequenos e incrementais ganhos sejam incorporados às práticas operacionais.

A figura 18 apresenta a importância da relação entre padronização e o *kaizen*. A melhoria estável, que permitirá lançar o processo no próximo nível, só pode ser alcançada a partir de processos padronizados. A subida pela escada (processo de *kaizen*) só pode ser considerada segura e contínua se todos os degraus (padronização das operações), um após o outro, forem construídos de forma sólida e consistente. A prática do *kaizen* sem padronização corresponde a tentativa de subir a escada, depositando-se todo o peso do corpo sobre um degrau mal dimensionado; o risco do degrau ruir e levar escadaria abaixo é iminente.

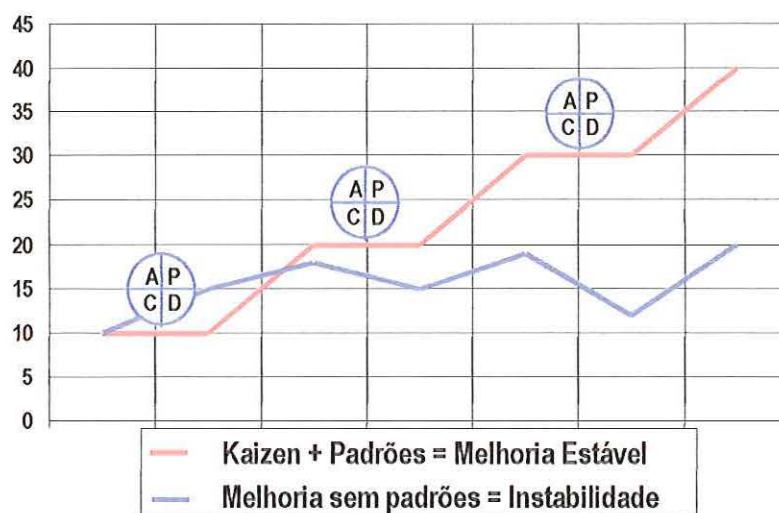


Figura 18: Kaizen e Padronização)

Fonte: Ghinato (2000)

A “estabilidade” dos processos é a base de todo o Sistema *Toyota* de Produção. Somente processos capazes, sob controle e estáveis podem ser padronizados de forma a garantir a produção de itens livres de defeitos (resultante do pilar Jidoka), na quantidade e momento certo (resultantes do pilar JIT) (GHINATTO, 2000)

A estabilidade dos processos é um pré-requisito para a implementação do TPS. O planejamento da produção e das próprias ações de melhoria, só podem ser executados em um ambiente previsível e sob controle. O processo de identificação da muda ao longo da cadeia de valor deve ser conduzido em condições estáveis, caso contrário o que se verifica não é solução de problemas de forma sistemática, mas a prática de “apagar incêndio.”

2.4 Ferramentas da Produção Enxuta

Segundo Zawislak (2000) as ferramentas permitiram a produção enxuta alcançar os resultados atingidos, devido ter focado a busca pelo que agrega valor ao consumidor, baseando - se na melhor alocação dos recursos de produção disponíveis, qualificação da mão-de-obra, redução de estoques e racionalização do tempo, que contribuíram para a

redução de custos.

O conjunto de ferramentas conforme destacou Coriat (1994) sempre foi orientado para a produção em séries restritas de produtos diferenciados e variados, que constitui na essência da produção enxuta, a qual reúne a produção *Just in Time*, o método *Kanban* de gestão de pessoas pelos estoques e a prática de *Kaizen*. A compreensão dessas ferramentas básicas depende de uma visão sistêmica, que o tempo todo influencia o comportamento das pessoas envolvidas na sua utilização. Tanto do chão de fábrica quanto aos executivos.

Sendo assim, *Just In Time* pode ser definido como a produção da quantidade certa, com a qualidade certa, no exato momento em que ela é exigida, mas destaca Coriat (1994) que esse conceito pode ser ampliado para uma estratégia de competição industrial para capacitar a empresa responder mais efetivamente às flutuações do mercado, no qual reside a essência do método de produção adotado pela *Toyota*. A utilização de técnicas que visam atingir um padrão de qualidade elevado, como proporcionam as práticas de *kaizen*, tem como conseqüências a redução de custos, eliminando o que não agrega valor, aumentando a produtividade, de forma integrada, resultando na circulação mais rápida do capital, através do método *kanban*.

Assim caracterizada, a produção *just in time* necessita que a flexibilidade seja um dos seus elementos constitutivos, como a técnica de produção celular, a qual permite organizar a produção em células que processam um produto específico completamente, ou partes inteiras de um processo mais amplo e complexo. Essa flexibilidade originada da organização celular também exige a realização de funções múltiplas pelos trabalhadores. Resultando num melhor aproveitamento da mão-de-obra e de suas competências, criando o conceito de polivalência em que os operários realizam tarefas não exclusivamente de produção, como, por exemplo, manutenção, ajustamento, limpeza e controle de qualidade.

Organizado o trabalho na produção dessa maneira, a primeira conseqüência é a redução de pessoal e de níveis hierárquicos, notadamente aqueles que cuidam da ligação entre os operários e a gerência, ou seja, os níveis intermediários de supervisão.

A redução de pessoal não decorre somente da agregação de outras tarefas não exclusivas de produção, mas principalmente pela adoção do método *kanban*. A idéia original desse método, cuja implantação na fábrica da *Toyota* se deu no início de década de 1950, é que atrás do estoque há um excesso de pessoas empregadas em relação ao nível de demanda, porque estas não estão diretamente relacionadas à produção e,

portanto, não agregam valor. Essa idéia está em harmonia com os requisitos da produção *Just In Time*, pois serão dimensionados estoques para produzir somente o que for necessário e, nesse caso, o necessário é o que já foi vendido. Não há estoques de matérias-primas e partes componentes esperando para serem processadas, nem tão pouco produtos acabados aguardando serem vendidos. Não existindo tais estoques, não se requer pessoas em excesso nem áreas e equipamentos para armazená-los e movimentá-los.

A adoção do método *kanban* impõe mais flexibilidade, tanto na capacidade dos métodos de planejamento integrado das operações da empresa, como para os fornecedores, pois deles será exigido pontualidade nos suprimentos das matérias-primas e partes componentes. Exige-se constante troca atualizada de informações entre todas as etapas envolvidas da produção com o controle e gestão da mesma, e que não se limita ao âmbito interno da empresa, em si, pois transcende seus limites e afeta as relações diretas com os fornecedores mais próximos e, por consequência, dos fornecedores desses.

Percebe-se que a concepção do método *kanban* vai além das técnicas empregadas para sua operacionalização, como é o caso dos cartões que, provavelmente pela sua simplicidade, foram adotados na *Toyota*. Quanto a este fato, destaca o espírito pragmático de *Taiichi Ohno*, executivo da *Toyota* responsável por todas essas inovações e, em especial, pelo princípio de “administrar com os olhos” que é um princípio de gerência das fábricas da empresa e de seus fornecedores e subcontratados, cuja técnica empregada, também bastante simples, consiste de cartazes indicadores do estado das linhas e dos problemas existentes, chamados de *Andon*.

Neste ponto da explanação sobre as ferramentas da produção enxuta surge a oportunidade para tratar de um conceito que permeia todo o sistema, dentro e fora da empresa, que é o *kaizen*, visto já estar demonstrada necessidade e o papel importante que tem a qualidade e a melhoria constante em todos os processos e etapas da fabricação e distribuição dos produtos.

O *kaizen* é uma postura crítica das empresas japonesas que se traduz num esforço contínuo para aumentar a eficiência dos processos produtivos e aplica diversas técnicas para essa finalidade: TQC – *Total Quality Control*, Análise de Valor e CCQ – *Círculos de Controle de Qualidade*, dentre outras. O contexto segundo Coriat (1994) coloca essa postura não envolve de maneira exclusiva o esforço de automação

industrial; muito pelo contrário, a automação figura como uma das possíveis alternativas para aumentar a produtividade.

Foi a preocupação com a automação que influenciou, inicialmente, a concepção do sistema de produção da *Toyota*, no final da década de 1940. Quando foram realizadas as primeiras inovações organizacionais para introduzir a automação no setor automobilístico, procurou-se tirar benefícios do conhecimento acumulado no setor têxtil, e utilizar esse “saber fazer” para atribuir a um mesmo operário a condução e gestão simultânea de várias máquinas, e depois, evolutivamente, as tarefas de ajustes, manutenção e limpeza.

A adoção da postura crítica de melhoramento contínuo, traduzida pelo *kaizen*, vai caracterizar uma estratégia predominante nas empresas japonesas de inovações incrementais. Partindo de uma fase inicial, de copiar produtos de grande reputação no mercado e, a partir daí, melhorar a sua qualidade e aumentar a produtividade em sua fabricação, garantiu um elevado acervo de capacitação tecnológica, para numa fase posterior, apresentar ao mercado novos produtos e processos desenvolvidos com esse acervo.

De acordo com Coriat (1994) fica bastante claro que *just in time*, *kanban* e *kaizen*, não funcionam bem isoladamente e, como já foi destacado anteriormente, a produção enxuta torna-se melhor compreendida sob uma ótica sistêmica. É exatamente essa ótica que expande o conceito para um sistema mais amplo que envolve a empresa principal, (uma montadora de veículos) e seus fornecedores. A implantação da produção enxuta, a exemplo do que aconteceu com a pioneira *Toyota*, envolvendo seus fornecedores, ampliou o sistema e, inevitavelmente, tais fornecedores precisaram incorporar todas essas práticas para se nivelarem, em todos os aspectos organizacionais, tecnológicos e de qualidade, à empresa principal. Também, na distribuição dos produtos ao mercado o processo, prosseguirá envolvendo toda a cadeia produtiva que leva satisfação ao consumidor final.

A esta altura da exposição torna-se apropriado destacar o efeito principal dessa integração sobre os custos, preços e lucratividade das empresas envolvidas e suas conseqüências organizacionais. Womack; Jones e Roos (1992) destaca que os fornecedores precisam compartilhar informações substanciais internas de custo e de técnicas de produção com a montadora. Repassar os detalhes do processo de produção visando cortar custos e melhorar a qualidade. São relações necessárias que estimulam as montadoras a respeitarem a necessidade de lucratividade razoável dos fornecedores,

cabendo s eles repassarem os beneficios das inovações incorporados aos componentes dos produtos, sob a forma de preços menores, qualidade assegurada e pontualidade na entrega, privilegiando essa parceria e se comprometendo em suas expansões para novas fábricas e novos mercados geográficos.

2.4.1 Mapa do Fluxo de Valor- *Value Stream Mapping*

Segundo os autores Rother e Shook (1996), o mapa do fluxo de valor descreve como a metodologia de enxergar todo o fluxo de informação e material, permite às empresas visualizar seus focos de desperdícios, podendo direcionar as ações para buscar uma melhor performance do fluxo.

A ferramenta é muito simples, pois utiliza somente papel e lápis para traçar todo o caminho em que o produto segue de acordo com o fluxo de valor. O mapa é o desenho da trilha de um determinado produto desde o consumidor até o fornecedor, detalhe em que o mesmo é feito de traz para frente, afim de visualizar a real necessidade do cliente.

Esta ferramenta é de extrema importância devido:

- Auxilia a empresa a visualizar mais do que processos individuais ou pequenas operações, pois o fluxo é visto como um todo
- Ajuda a identificar as fontes de desperdícios do processo: priorizar as ações de acordo com a avaliação do usuário ou em que processo haverá maior redução dos desperdícios
- A simbologia utilizada é de fácil entendimento, porque pode ser discutida em qualquer nível da empresa, mesmo porque muitas das decisões devem ser tomadas no chão de fábrica, onde a experiência e as sugestões de melhoria estão em um maior potencial
- Reúne conceitos, técnicas e outras ferramentas enxutas, que ajudam a evitar que alguma técnica seja implantada de forma isolada
- E finalmente o mais importante, demonstra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. Exclusividade que esta ferramenta possui

As etapas para elaboração do mapeamento do fluxo de valor são demonstradas na figura 19.

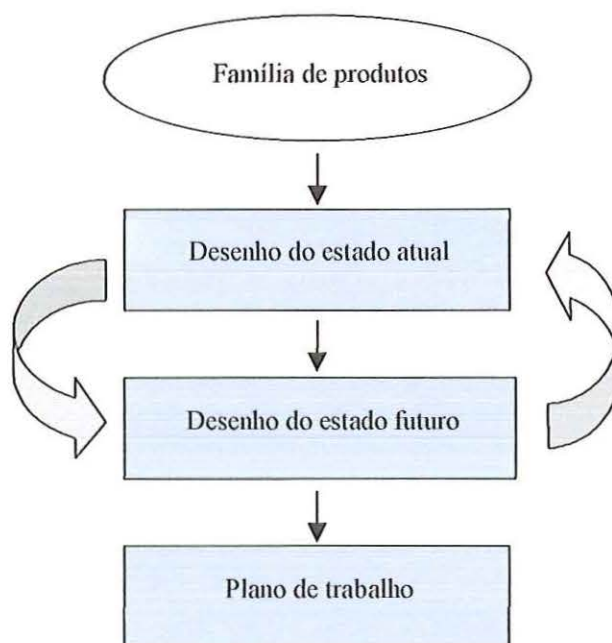


Figura 19: Processo de elaboração do mapa do fluxo de valor

Fonte: Rother e Shook (1996)

Para se fazer o mapeamento do fluxo de valor utiliza-se um conjunto padronizado de símbolos. Deve-se lembrar que nada impede de que outros símbolos sejam criados na hora do mapeamento, mas o importante é que todos os envolvidos no projeto possam compreendê-los. Segue alguns exemplos na figura 20

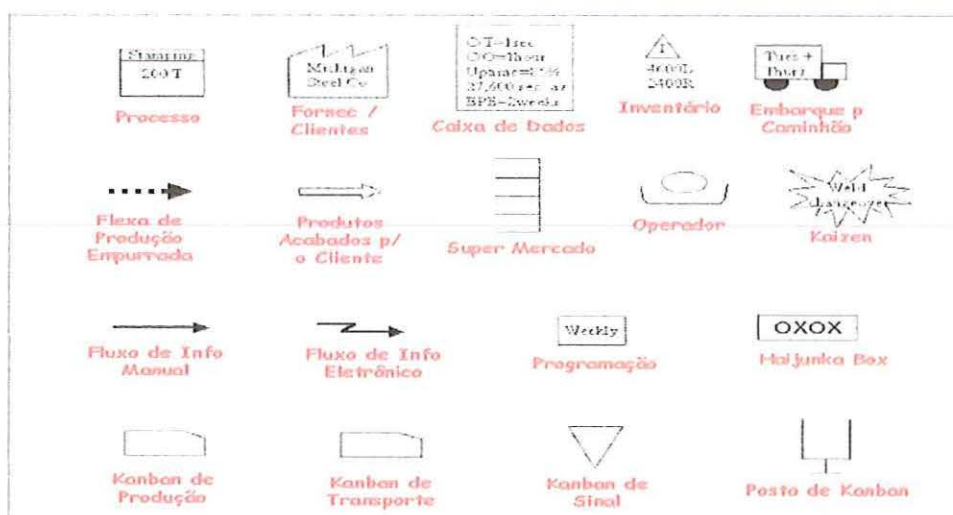


Figura 20: Símbolos utilizados no mapeamento do fluxo de valor

Fonte: Rentes (2000)

Como a ferramenta liga todos os processos, desde o consumidor até o fornecedor, possibilita identificar todas as etapas e implantar o pensamento enxuto. Assim o processo 1, somente produz o que o processo 2 necessita e assim conseqüentemente, visando um menor *lead time*, melhor índices de qualidade e um baixo custo de transformação.

Logo o mapeamento do fluxo de valor, e utilizado para retratar o estado atual caracterizado pelos pontos de desperdícios e o estado futuro, ou seja, um estado já com algumas ações de melhoria. Segue abaixo exemplo de mapa do estado atual.

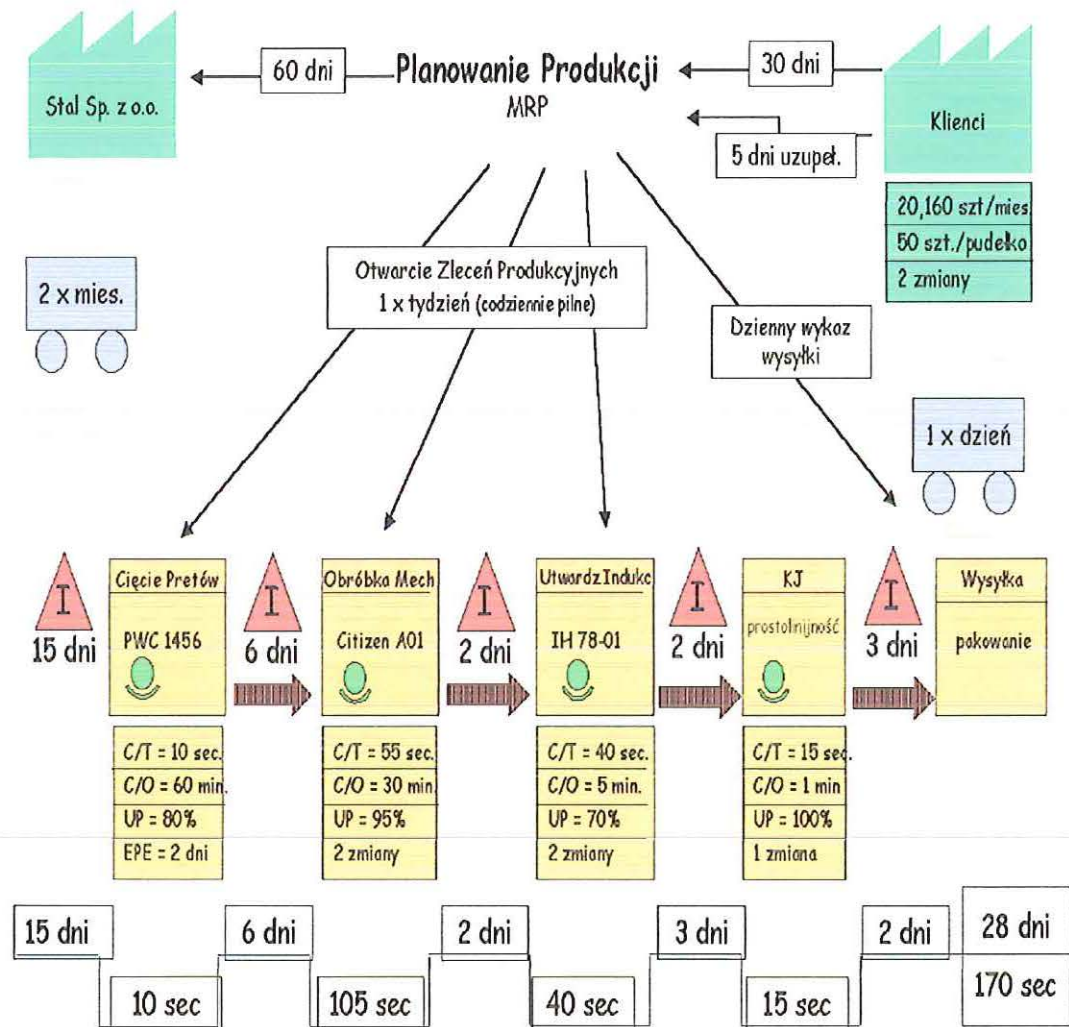


Figura 21: Exemplo de Mapa do Estado Atual

Fonte: Lean vision....(2005)

Para elaborar um fluxo de valor enxuto é de extrema importância que seja direcionado por 6 procedimentos, os quais serão mencionados a seguir. É fundamental que a seqüência estabelecida seja cumprida, pois para o sucesso do procedimento posterior, o anterior já deverá estar implantado.

- Procedimento 1 – *produzir conforme o takt time*.

Para a elaboração do fluxo enxuto, o processo de produção deverá produzir de acordo com seu *takt time*. O *takt time* é a freqüência com que se deve produzir uma peça ou produto, baseada no ritmo das vendas, para atender a demanda dos clientes.

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

Ele é usado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de vendas.

De acordo com Rother e Shook (1996), produzir de acordo com o takt parece simples, mas requer um esforço concentrado para:

- Fornecer resposta rápida (dentro do takt) para problemas
- Eliminar as causas de paradas de máquinas não planejadas
- Eliminar tempos de troca em processos posteriores, tipo processos de montagem

Um outro esforço não comentado por Rother e Shook (1996), para assegurar que o processo produza dentro do *takt time*, é o acompanhar sistematicamente o incremento de produção, o qual é conhecido como *pitch*. *Pitch* é o incremento de produção que facilita retirada de uma peça, ou um *pallet*, ou *container* produzido, sendo que a referência de medição pode variar de um processo para outro, de modo a facilitar a visualização do gerenciamento da produção.

- Procedimento 2 – *desenvolver um fluxo contínuo onde possível*

O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio para outro sem nenhuma parada entre eles. O fluxo contínuo é o modo mais eficiente de produzir e muita criatividade deve ser usada ao tentar implementá-lo.

A Figura a seguir exemplifica a diferença entre uma produção configura em ilhas isoladas e uma outra em fluxo contínuo.

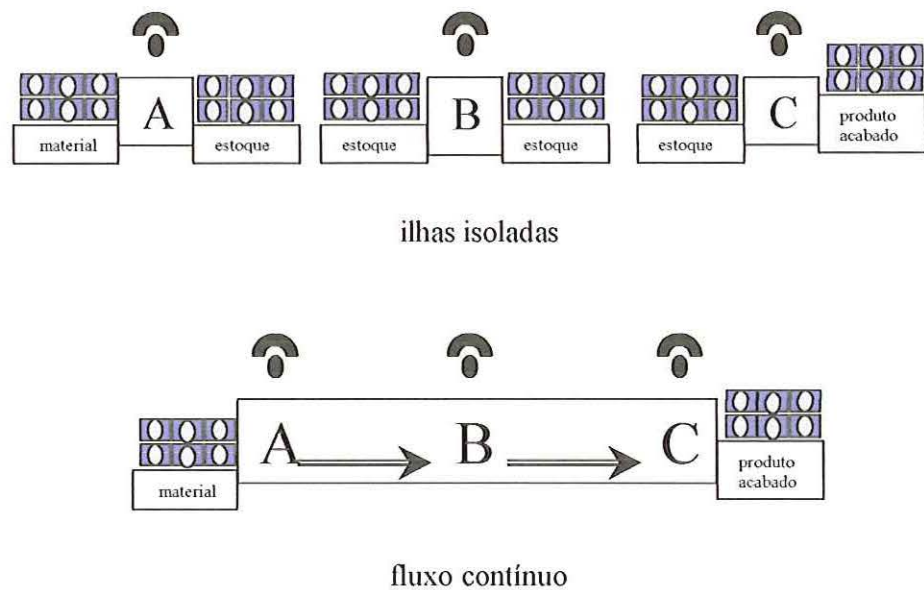


Figura 22: Comparativo de um processo em ilhas com fluxo contínuo

Fonte: Rother e Shook (1996)

- Procedimento 3 – *criar supermercados onde o fluxo contínuo não se estende aos processos anteriores.*

Freqüentemente há pontos no fluxo onde o fluxo contínuo não é possível e fabricar lotes é necessário. Pode haver muitas razões para isto, incluindo:

- Processos projetados para trabalhar em ciclos mais lentos ou mais baixos necessitam mudar para atender os múltiplos modelos
- Processos localizados em fornecedores distantes e o transporte de uma peça a cada vez não é realizado
- Alguns processos têm um *lead time* muito alto e não são muito confiáveis para ligarem se diretamente a outros processos em um fluxo contínuo

Para esses casos, onde o fluxo contínuo é interrompido, a criação de supermercados se faz necessário. Supermercados são estoques de peças controlados e puxados pelo processo posterior. A Figura a seguir mostra um exemplo de supermercado.

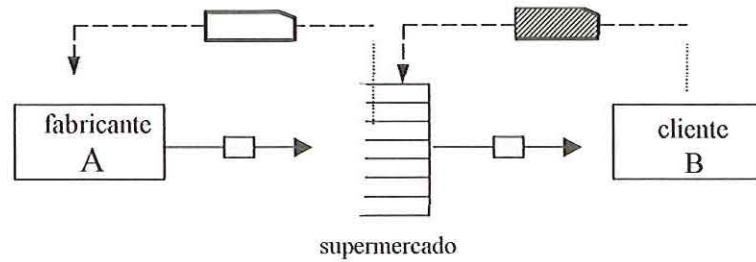


Figura 23: Sistema puxado com base em supermercado.

Fonte: Rother e Shook (1996)

- Procedimento 4 – enviar programação do cliente para somente um processo de produção

De acordo com Rother e Shook (1996) descrevem que para o uso do sistema puxado com supermercado, é necessário programar apenas um ponto no seu fluxo de valor porta a porta. Este ponto é chamado de processo puxador, porque a maneira como se controla a produção neste processo, é que define o ritmo de todos os processos anteriores. A seleção deste processo puxador também determina quais elementos do fluxo de valor se tornam parte do *lead time* do pedido do cliente até o produto final. A Figura 23 mostra um exemplo da seleção de um processo puxador.

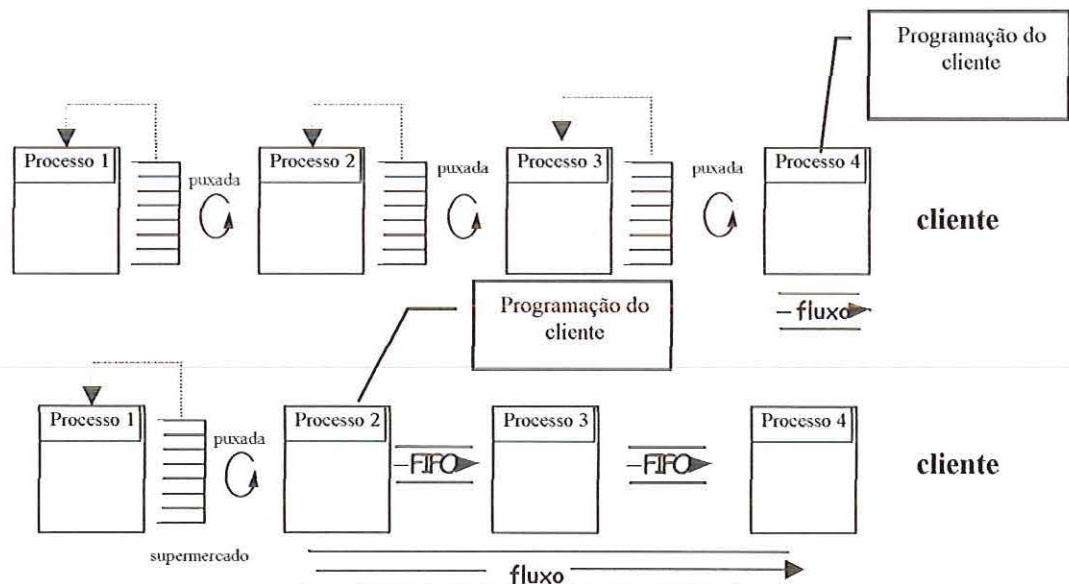


Figura 24: Seleção do processo *puxador*

Fonte: Rother e Shook (1996)

- Procedimento 5 – *nivelar o mix de produção, distribuindo a produção de diferentes modelos uniformemente no decorrer do tempo*

A maioria dos departamentos de montagem provavelmente acha mais fácil programar longas corridas de um tipo de produto e evitar as mudanças (ROTHER e SHOOK, 1996). Nivelar a produção significa, distribuir a produção de diferentes modelos uniformemente durante um período de tempo, ao invés de montar todos os produtos “tipo A” em um turno e todos “tipo B” em outro turno. Nivelar significa, alternar repetidamente entre lotes de “A” e “B” menores. Esse procedimento será mais discutido com profundidade quando destacarmos a ferramenta *heijunka*.

- Procedimento 6 – *criar uma puxada inicial com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador*

Segundo Rother e Shook (1996), muitas empresas liberam grandes lotes de trabalho para seus processos no chão de fábrica, o que causa problemas como:

- Falta de noção de *takt time* (não há uma “imagem *takt*”) e nenhuma “puxada” a qual o fluxo de valor pode responder.

O volume de trabalho normalmente ocorre de forma irregular no decorrer do tempo, com picos e depressões que causam sobrecarga extra nas máquinas, pessoas e supermercados.

- Dificil monitoração da situação, “estamos atrasados ou adiantados”
- Alteração na seqüência dos pedidos devido à liberação de grande quantidade de trabalho para o chão de fábrica, aumentando o *lead time*
- Responder as demandas dos clientes conforme *takt time*, devido ao fluxo de informação muito complexo

O nome dado ao incremento relevante no trabalho é *pitch* e freqüentemente calculado baseando -se na quantidade de embalagem no *container*, ou um múltiplo ou fração da quantidade de um *container*.

Como apresentado acima, os seis procedimentos para elaboração do fluxo enxuto abordam conceitos de produção enxuta que contribuem para a realização desta pesquisa. No estudo de caso, os conceitos do mapeamento do fluxo enxuto são utilizados para definir as oportunidades de melhoria e definição de algumas etapas de implementação da padronização de um processo enxuto.

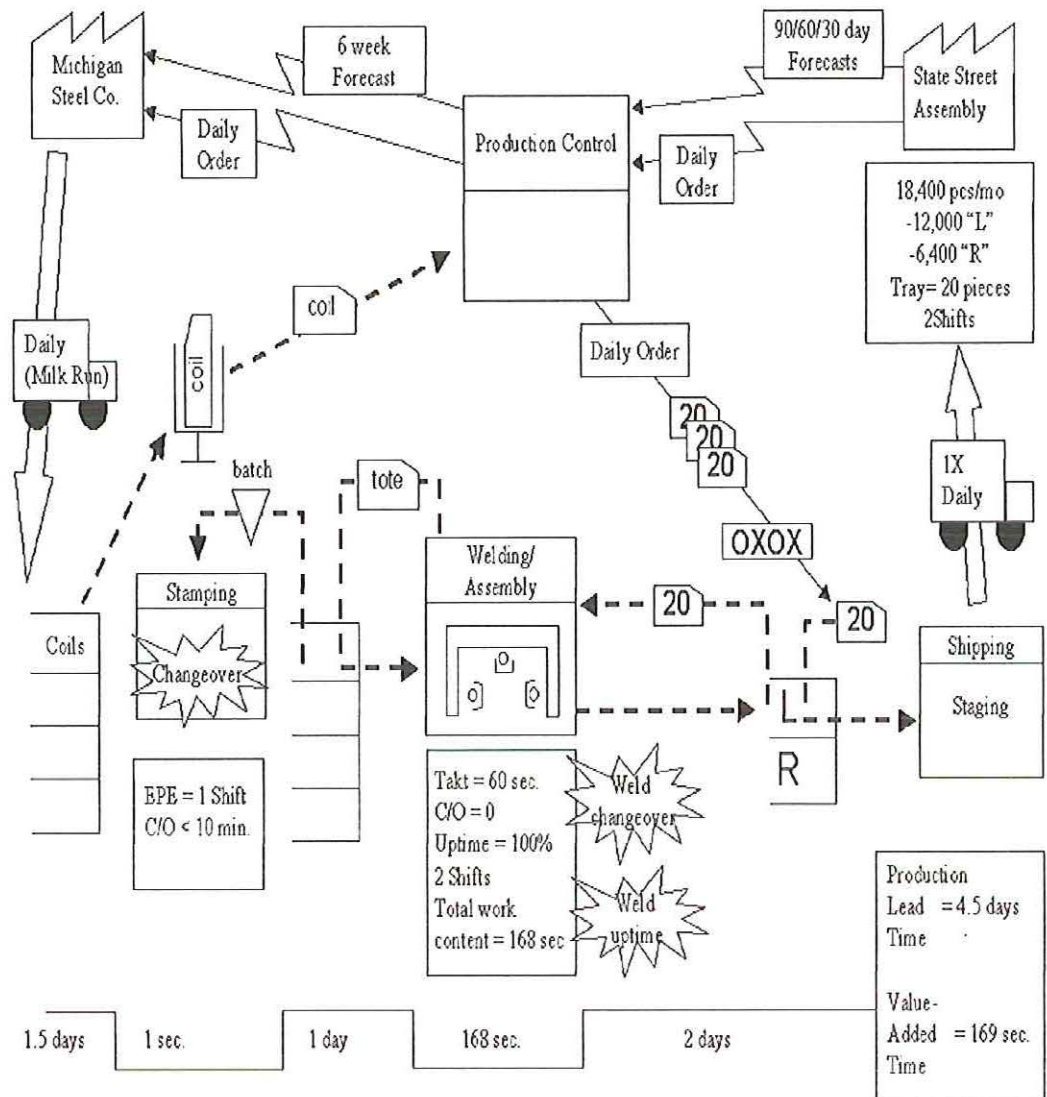


Figura 25: Exemplo de mapa usando a técnica de Análise da Cadeia de Valor

Fonte: Rentes (2000)

2.4.2 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Segundo Shingo (1985) o conceito de *SMED* refere-se ao processo para a troca do equipamento de produção de uma peça a outra no menor tempo possível. O *SMED* se refere à meta de redução dos tempos de troca para um único dígito, ou menos de 10 minutos. Pode ser definido como: “A *minima quantidade de tempo necessária para mudar de um tipo de atividade para outro tipo de atividade, tendo como meta reduzir o*

tempo da troca de forma que se tenha um mínimo de tempo para alcançar os requisitos para a próxima atividade.”

As figuras 26 e 27 mostram um exemplo de troca rápida de ferramentas.

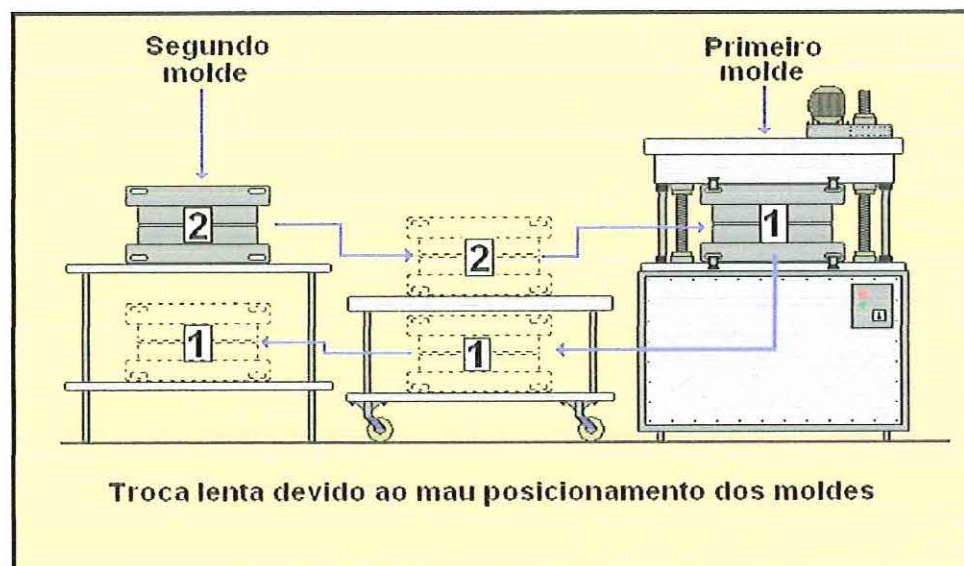


Figura 26: Exemplo anterior a implantação de *SMED*

Fonte: Shingo (1985)

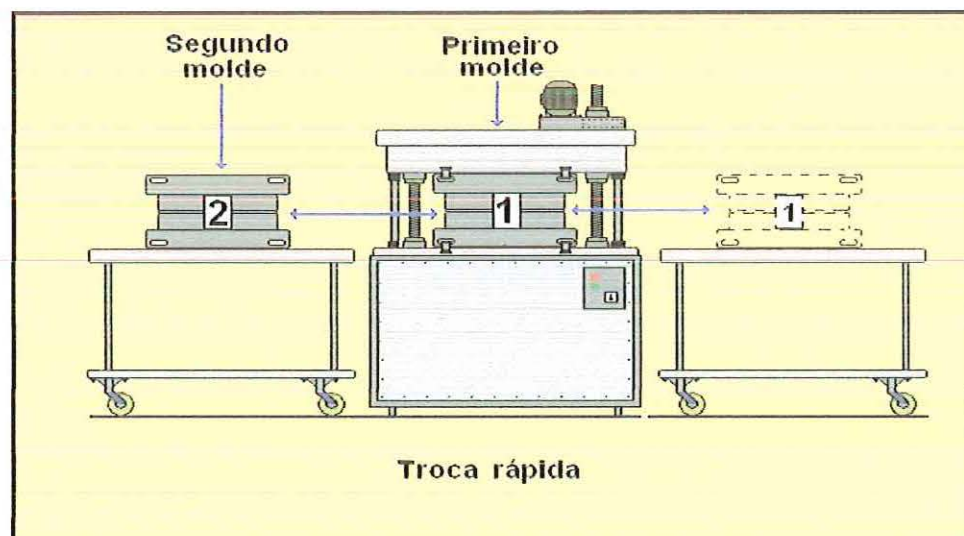


Figura 27: Exemplo de Aplicação de *SMED*

Fonte: Shingo (1985)

Alguns conceitos são importantes de serem definidos para a compreensão adequada do *SMED*, sendo os principais:

- Atividade externa - São aquelas que podem ser conduzidas com o processo em andamento
- Atividade Interna - São aquelas que requerem o equipamento desligado ou a linha de produção parada completamente

Para o sucesso da implantação do *SMED*, deve-se seguir uma seqüência de passos, visando uma evolução e monitoramento dos ganhos:

- 1- Definir e caracterizar o processo atual de trocas de ferramentas
- 2- Minimizar o tempo de parada através da preparação e organização
- 3- Reduzir os tempos internos por meio de melhorias de métodos e práticas
- 4- Reduzir o tempo total por meio das melhorias contínuas no processo
- 5- Medir e acompanhar constantemente

Para que esses passos obtenham sucesso é necessário que sigam um procedimento pré- estabelecido, a seguir alguns procedimentos a serem tomados.

- Procedimento 1 - Definição e caracterização do atual processo de troca de ferramentas - Foi identificado com detalhes o processo de troca de ferramentas praticado, a fim de determinar os tempos gastos em atividades, classificando as atividades como internas ou externas.

Na descrição do processo atual praticado, foi elaborado um formulário de acompanhamento (tipo *chek-list*) que possibilitou descrever as atividades na seqüência em que ocorrem no processo, determinando, onde são requeridos itens de segurança.

Caracterizada as atividades descritas, foram definidos os seguintes tipos:

- Preparação
- Substituição
- Localização
- Ajuste

O objetivo maior foi de classificar as atividades segundo o seu grupo,

envolvendo atividades de natureza ou ações similares, tais como: retirar parafusos, posicionar parafusos, apertar parafusos.

Foi cronometrado durante o processo, o tempo de início de cada atividade, a fim de definir o tempo total dispendido em cada uma. Foram utilizados recursos áudio visuais. No intuito de filmar todo o processo de troca de ferramenta, visando compreender melhor o processo, esclarecendo dúvidas e verificando falhas. Foi definido de comum acordo, quais atividades deviam ser filmadas e monitoradas.

- Procedimento 2 – Minimização do tempo de parada através da preparação e organização. A separação entre tempos internos e externos é essencialmente importante neste procedimento, pois possibilita orientar quais atividades devem ser conduzidas com a máquina parada e quais atividades não podem ser feitas. Outro ponto importante é o cálculo das percentagens das quatro categorias (preparação, substituição, localização, ajuste), dispendidas com relação ao tempo total de troca. Assim tivemos:

$$\text{Porcentagem de Tempo disponibilizado por Categoria} = \frac{\text{Tempo consumido pela Categoria}}{\text{Tempo Total de Troca}}$$

Formula 2: Cálculo de Tempo Disponível

Fonte: Shingo (1996)

O processo de melhoria iniciou-se pela categoria que apresentou maior valor percentual de tempo disponibilizado. Dentro de cada categoria foi verificado os percentuais de tempo disponibilizado para cada atividade, considerando o tempo total consumido pela categoria.

- Procedimento 3 - Redução dos tempos internos pela melhoria de método e práticas – Com relação a este procedimento, algumas recomendações foram importantes:

- Converter tempo interno para tempo externo;
- Padronizar as atividades externas de troca de ferramentas;
- Eliminar passos desnecessários.

Para que tais recomendações pudessem ser seguidas, foi necessário treinar e

habilitar um número suficiente de colaboradores, checando os procedimentos desenvolvidos por cada um.

Foram desenvolvidos dispositivos específicos e implementado novos procedimentos tais como: utilizar nova padronização, formulários, folhas de processo e identificações.

O número de pessoas envolvidas no time de troca rápida de ferramentas foi contemplado por pessoas que executaram atividades em paralelo para diminuir os tempos internos. Este procedimento visou a divisão de tarefas e o trabalho em conjunto.

- Procedimento 4 - Redução de tempo total através das melhorias contínuas no processo – A teve – se aos aspectos voltados à troca rápida de ferramentas visando a eliminação de ajustes, a repetição e refinação das atividades desenvolvidas. Priorizou - se inicialmente melhorias de baixo custo para posteriormente implementar as de custos mais elevados. Foram observados alguns pontos importantes com relação à redução do tempo total, tais como: desenvolvimento e implementação de dispositivos especiais, eliminação de atividades do tipo “ajuste”, repetição e redefinição de tarefas e eliminação de tarefas.

- Procedimento 5 - Medições e acompanhamento constantes – Algumas ações consideradas com relação a esta etapa foram divulgar a idéia nos quadros de aviso; reduzir o tamanho do lotes de produção; estar proativo a novas idéias; realizar medidas para divulgar os valores de referência para os novos colaboradores e apoiar a iniciativa em outras áreas do ambiente fabril.

A prática do *SMED* pode trazer vários benefícios, dentre os quais pode- se citar como principais:

- Redução de máquinas paradas
- Redução de perdas
- Maior envolvimento dos colaboradores
- Redução do espaço fabril utilizado
- Melhorias nas condições de trabalho. Ex: condições ergonômicas

A seguir a figura 28 ilustra alguns métodos e procedimentos adotados com a implantação do *SMED*, desde parafusos a dispositivos de fixação.

A *MPT* foi vista inicialmente como um programa de manutenção. Hoje com a evolução e aperfeiçoamento da metodologia é aplicada como modelo de gestão, envolvendo todos os setores da organização, desde a alta administração até os trabalhadores da linha de produção. É uma metodologia que visa a eliminação /redução das perdas nos meios de produção.

Segundo seus difusores e seguidores a *MPT* procura delinear uma nova relação entre homem-máquina-empresa, em prol do seu objetivo maior: o zero defeito ou quebra zero. A *MPT* tem como base os seguintes princípios:

- Construir uma cultura empresarial que busca a maximização da eficiência em todo o sistema de produção

- Implementar mecanismos de Prevenção de Perdas em todo o ciclo de vida do equipamento e do sistema de produção:
 - Eliminação/minimização de quebra dos equipamentos;
 - Melhoria da qualidade;
 - Eliminação e diminuição de defeitos e retrabalhos;
 - Diminuição dos índices de acidentes e incidentes;
 - Diminuição gradativa da poluição ambiental;

2.4.3.1 Principais objetivos da *MPT*

Destaca Mirshawka e Napoleão (1994), segue alguns objetivos que são alcançados com a implantação da *MPT*:

- *Garantir a eficiência global das instalações* - Significa buscar a melhor performance dos equipamentos contidos em uma planta de processos de fabricação de forma que garanta os melhores índices de produção.

- *Implementar um programa de manutenção pra otimizar o ciclo de vida dos equipamentos* - Ter como meta básica, a instalação de um programa para funcionar de acordo com as mudanças que ocorram no desempenho do equipamento.

Cada peça do equipamento, à medida que vai envelhecendo, exige diferentes tipos de cuidados da manutenção; um bom programa de manutenção preventiva e preditiva naturalmente levam em conta essas variações.

Através do histórico dos registros de falhas, das chamadas para atender a

complicações, e das condições básicas do próprio equipamento, o programa é modificado para estar de acordo com as necessidades da máquina.

Ao operador é exigido que faça a limpeza básica e a lubrificação do equipamento, ação que constitui a “primeira linha de defesa” contra muitas causas de defeitos e complicações. Da alta administração espera-se garantir que o setor de manutenção tenha autonomia para executar as intervenções no prazo, qualquer serviço ou reparo exigido, com o objetivo de conservar a máquina na condição que assegure o seu funcionamento nas taxas projetadas.

- *Requerer o apoio dos demais departamentos envolvidos no plano da elevação da capacidade instalada* - Considera o apoio de todos os setores envolvidos no plano de elevação da capacidade instalada, visando a cooperação e compreensão dos departamentos afetados. Assim, ao incluir a manutenção dos equipamentos nas decisões de projeto e de compra, assegura que a padronização da máquina vai ser levada em consideração. Os itens inerentes a esse assunto podem sozinhos contribuir de forma significativa em grande economia para a empresa. A padronização reduz os níveis de estoque, as exigências de treinamento e os tempos de partida.

Um outro procedimento importante é o apoio dado à manutenção pelo estoque de componentes (almoxarifados). O bom atendimento logístico pode reduzir em muito o tempo em que a produção fica interrompida, porém mais importante do que isto é a otimização dos níveis de estoque, ou ao menos, que se tente evitar a existência de grandes estoques.

- *Solicitar dados e informações de todos os colaboradores da empresa*- Refere-se, pedir à colaboração em todos os níveis que, com suas aptidões e seus conhecimentos, trabalhem na melhoria do processo de fabricação. Dessa forma, pode-se conseguir a integração e alcançar uma das condições mais importantes para um excelente ambiente numa empresa, ou seja, a satisfação do cliente interno. Em muitas empresas, esse item às vezes está englobado no programa de sugestões.

Essa prática da sugestão, tende a ocorrer com muito freqüência nas empresas brasileiras; sugestões de como obter o melhor procedimento para determinadas atividades de manutenção, sugestões de melhoria no processo produtivo, de melhoria de *layout*, mais limpeza e organização.

Contudo, uma das principais medidas a tomar é a instauração da “gerência de portas abertas”, na qual os gestores, tanto da linha de frente como aqueles da alta

administração, precisam ser abertos e disponíveis para o pessoal da linha de produção, escutando e levando em consideração as sugestões dos seus colaboradores. Para tanto basta desenvolver uma boa comunicação e as habilidades da gerência. Sem essas aptidões, o feedback dos empregados será destruído e a capacidade de capitalizar a maior fonte geradora de economia da empresa é perdida.

- *Incentivar o princípio de trabalho em equipe* - O desenvolvimento e o estabelecimento de equipes consolidadas para a melhoria contínua começa no quarto segmento. Quanto mais for receptiva a gerência às idéias da força de trabalho, mais simples será para as equipes funcionarem. Essas equipes podem ser formadas por áreas, por departamentos, por linhas de produção, por processos produtivos ou por equipamentos. Estes envolverão por sua vez, dependendo das necessidades, outras pessoas numa base de: “para cada problema chamam as pessoas diretamente envolvidas”. Não é nada estranho encontrar nos times de melhoria da manutenção (TMM) profissionais de outras áreas como a de: Engenharia, Compras, Almoxarifado, etc.

Os TMM fornecem realmente respostas para problemas que algumas empresas têm tentado por muitos anos resolver de forma isolada ou independente. O indicador do sucesso da MPT é sem dúvida esse esforço ou trabalho de equipe.

As metas da MPT estão sempre em torno dos ativos da organização, ou seja, dos equipamentos e das instalações de uma fábrica. É claro que dos cinco segmentos descritos acima, garantir a eficiência global da instalação é o mais importante. Significa que a mesma irá operar dentro das especificações do projeto durante toda a sua vida. A meta é, portanto, aumentar a eficácia do equipamento ou as suas capacidades através da minimização dos insumos e da maximização das saídas.

2.4.3.2 Etapas de Implantação:

1ª Etapa – Decisão de Implementação da TPM pelo Comitê Direção

- Criação da necessidade de melhoria dos patamares de performance com a equipe
- Compartilhamento da decisão de implementação da Manutenção Produtiva Total
- Obtenção do engajamento da Alta Gerência
- Divulgação a todos os colaboradores através de meio de comunicação interna
- Análise do retorno de investimento

2ª. Etapa – Planejamento Estratégico da Implementação TPM

- Geração da seção Planejamento Estratégico da Implementação
- Criação da Visão, Missão, Valores e Princípios
- Definição da Meta e Ação da Implantação
- Seleção dos Indicadores Chave de Performance
- Nomeação dos Pilares de Sustentação
- Realização de treinamento direcionado aos níveis de gerência e Supervisão
- Divulgação dos conceitos básicos da *TPM*, através de faixas, cartazes, etc
- Formação de multiplicadores Internos *TPM*

3ª. Etapa – Formação do Comitê de Implementação TPM

- Escolha do Coordenador do Programa
- Criação de um Comitê Central Implementação
- Geração do Comitês para os Pilares
- Constituição da Secretaria *TPM*
- Definição do início da implantação em um Equipamento Piloto

4ª. Etapa – Diretrizes e Metas Estratégicas de Implementação

- Estabelecimento das Políticas, Diretrizes e Metas
- Decisão do Planejamento de Implementação
- Determinação do objetivo qualitativo e quantitativo
- Início do processo de medição dos indicadores de performance estabelecidos

5ª. Etapa – Desenvolvimento da Área Piloto e levantamento de resultados

- Definição da Área Piloto
- Estabelecimento padrão e as ferramentas para a Área Piloto
- Desdobramento das atividades de implementação por pilares, comitês e grupos de trabalho.

6ª. Etapa – Início Implementação TPM

- Reunião de Lançamento Programa: Diretoria, Gerentes, Produção, Manutenção, Administração e Qualidade

- Importância da Implementação *TPM* na fala do Diretor
- Evidencia do engajamento na *TPM*, Diretrizes Básicas
- Apresentação do Plano Mestre de implantação
- Explicação da *TPM* pelo Coordenador da *TPM*
- Apresentação das atividades, equipamento Piloto e Resultados Alcançados
- Palestra com convidados
- Decisão de Engajamento a *TPM* pelo representante dos funcionários

7ª Etapa – *TPM* Master Plain: Planejamento Implementação em outras Áreas

- *TPM* Master Plain
- Planejamento da Implementação da *TPM* em outras Áreas Produção
- Treinamento dos multiplicadores
- Linha ou Equipamento Piloto em cada Área
- Planejamento Desenvolvimento dos Pilares

8ª Etapa – Padronização dos Procedimentos e Replicação Horizontal

- Devem ser padronizados os procedimentos desenvolvidos na etapa inicial e replicação horizontal dos conceitos, procedimentos e das melhorias implementadas

9ª Etapa – Desenvolvimento outros Pilares de Acordo com a Política da Empresa

- Melhorias de Equipamentos: Atividades de equipe para melhoria do equipamento e aumento disponibilidade
- Manutenção Autônoma: Implementação da Manutenção Autônoma pelos Operadores
- Manutenção Planejada: Utilização dos Conceitos de Gerenciamento da Manutenção
- Educação e Treinamento: Desenvolvimento da Equipe da Produção e da Manutenção para elevar níveis de conhecimento

10ª Etapa – Desenvolvimento Pleno da Manutenção Autônoma

- Constituição de uma Equipe de Produção com domínio total do equipamento e do processo
- Utilização das ferramentas de análise e solução de problemas

- Manutenção da Gestão Visual e Painel de Atividades da Área
- Atualização dos Indicadores de Performance da Área

2.5 Aplicação de produção enxuta em fluxo contínuos

2.5.1 Diferença do processo contínuo em relação aos demais

O processo contínuo se diferencia dos demais processos devido a forma de produzir e movimentar os itens. Os itens são produzidos um por vez (ou um lote pequeno de itens) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Conforme ilustrado a seguir.

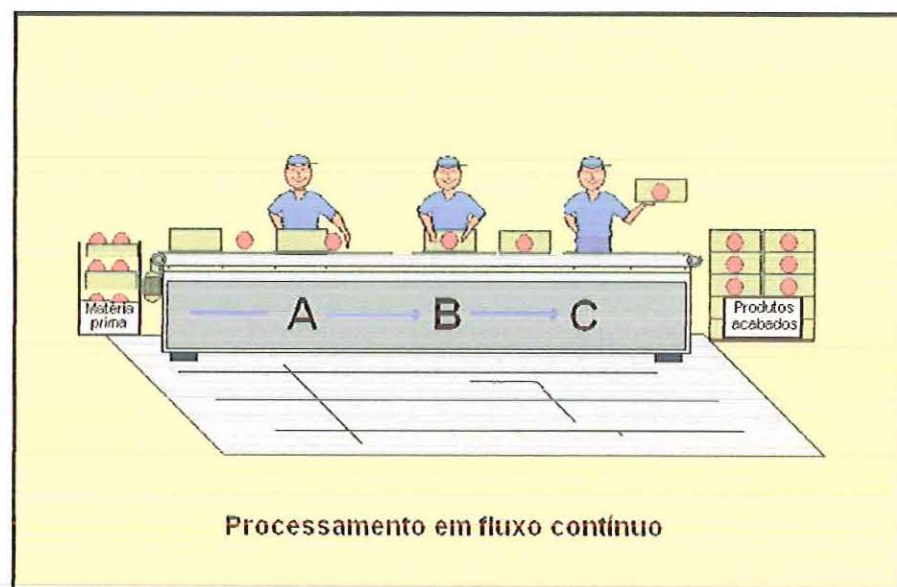


Figura 29: Processo de fluxo contínuo

Fonte: Lécico... (2003)

De acordo como Lécico Lean (2003), processo contínuo pode ser conseguido de várias maneiras, desde a utilização de linhas de montagem até as células manuais. Também chamado de fluxo de uma peça ou fluxo de uma só peça (*one-piece flow*).

Por outro lado muitas empresas do setor químico e termoplásticos que produzem através de processos contínuos vêem isto como produção enxuta, devido estarem sustentados por um alto nível de automação. Não se pode afirmar isto como uma verdade, pois boa parte dessas empresas com estas características produz grandes quantidades de produtos em bateladas, buscando a minimização do custo de transformação, gerando estoques de produtos acabados e estoques intermediários no processo.

O processo por lote e fila trata-se de uma abordagem da produção em massa, onde as operações em grandes lotes de peças são processadas e movimentadas para o processo seguinte, de forma seqüencial e não simultâneo, em que o produto é levado ao processo e não o contrário gerando estoques intermediários. Os clientes na produção em massa, normalmente são submetidos a vendas empurradas, para que as cotas sejam atingidas e haja limpeza dos estoques produzidos com base em previsões erradas.

2.5.2 Ganhos da produção enxuta em processos contínuos

Os ganhos são alcançados através da forma com que é conduzida a programação da produção, em que processos contínuo é uma produção do tipo puxada, pois nas suas atividades fluxo abaixo avisam as atividades fluxo acima sobre suas necessidades. A produção puxada tenta eliminar a produção em excesso, controlando assim os níveis de estoques, sejam eles de matéria prima, de processamento ou de produto acabado. O *takt time* auxilia na orientação de produzir somente na quantidade exata em que o cliente precisa, evitando assim o desperdício com estoques, ou o desgaste excessivo de equipamentos.

2.5.3 Caso de aplicação de Produção Enxuta em fluxo contínuo (DuPont)

Segundo apresentação na Lean Summit (2004) a *DuPont Performance Coatings* é uma empresa com soluções em produtos e serviços na área de revestimento, da qual teve a implantação da Produção Enxuta em uma de suas plantas.

Seguem abaixo as etapas da implantação da *lean* em sua planta. Estas etapas foram realizadas no período de dois anos.

- Aprovação do Superintendente

- Primeira reunião com a liderança
- *Lean Summit*
- Workshop Mapeamento de Fluxo de Valor- Famílias Piloto
- Workshop Sistema Puxado
- Workshop Criando Fluxo Contínuo
- Início da operação do Sistema Puxado
- Implementação das melhorias de Fluxo
- Evento de fechamento do Estado Futuro I das Famílias Piloto
- Início *lean* Administrativos: Suprimentos, Demanda e Informação
- Evento de acompanhamento da 2ª onda de famílias de produto
- Evento de aprovação do *lean* administrativo
- Evento do fechamento Estado Futuro I- 2ª onda
- Evento de Fechamento Estado Futuro I Piloto- *lean* Administrativo

A disseminação da cultura *lean* para toda a empresa, foi feita através de multiplicadores legitimados no decorrer do projeto. São eles:

- Patrocinador - Superintendente
- Líder do Programa- dedicação em tempo integral
- Gerente do Fluxo de Valor- dedicação em tempo parcial
- Coordenador do Fluxo de Valor- dedicação em tempo parcial
- Treinadores *lean*- 18
- Especialistas *lean*- 2

A metodologia de implantação teve como suporte de conhecimento o *Lean Institute Brasil*, tendo como enfoque inicial os fluxos produtivos (manufatura e o capital limitado), visando as melhorias sem investimento adicionais.

2.5.4 Problemas levantados

Um dos problemas levantados pela manufatura refere-se a oscilações e picos de demanda. No estudo realizado no Estado Futuro I, foi sugerido a implementação de um sistema puxado, assim como melhorias no fluxo sem investimentos. A seguir alguns resultados esperados:

- Estabilidade do plano de produção
- Melhoria do índice de atendimento na data
- Redução de estoque de intermediários e de produto acabado
- Redução de horas extras
- Redução do Lead Time

Com a implementação do sistema puxado, viabilizou a redução de horas extras provenientes ao atendimento dos picos de demanda, e com a redução dos inventários propiciou a redução do *Lead Time*. Conforme ilustrado na figura 30.

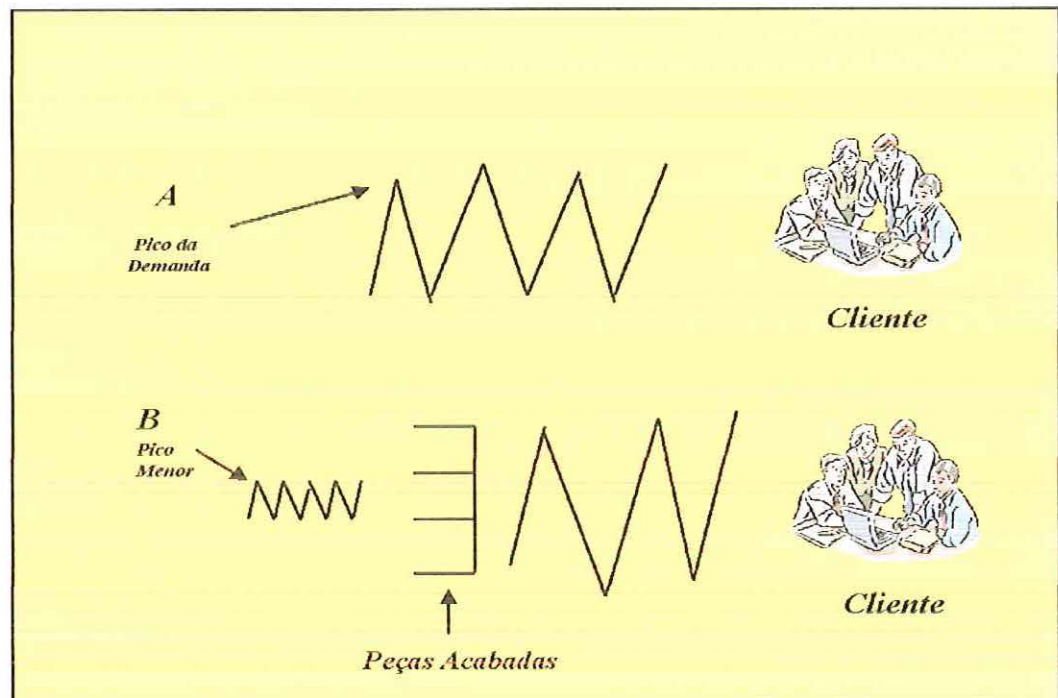


Figura 30: Sistema Puxado de Produção

Fonte: Lean..(2004)

No estado futuro 2 tido como evolução do estado 1, é visto por um foco diferenciado, ou seja, pontos que poderão ainda mais otimizar o processo. Foi estudado a qualidade na fonte da operação; status das implantação do fluxo contínuo; gestão visual; times auto gerenciáveis; manutenção autônoma; redução de tempos de *set up*.

Alguns resultados esperados:

- Melhoria do índice de atendimento na data
- Redução do estoque de intermediários e de produto acabado
- Redução de resíduos
- Melhoria no desenho de qualidade
- Redução do *lead time* e do *cycle time*
- Redução do custo fixo total

Para que estes resultados viessem a se consolidar algumas ações foram tomadas na Família de produtos *Fryma II* como : dedicação dos equipamentos para esta família, implementação do sistema puxado na expedição, redução do tempo de ciclo de controle (melhoria no fluxo), treinamento da operação nos conceitos *lean*, revisão do supermercado de produtos acabados de acordo com o novo *lead time* de processo, redução do tempo de set up (4 horas para 2 horas), definição e implantação do ritmo da linha de produção (um lote a cada 16 horas) e redução do tamanho do lote. Conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5:Ganhos alcançados com a transformação Lean na família de produto *Fryma II*.

<i>Indicadores</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>Cycle Time (h)</i>	79	36
<i>Entrega na data (%)</i>	88	100
<i>Lead Time (dias)</i>	129	78

Fonte: Lean...(2004)

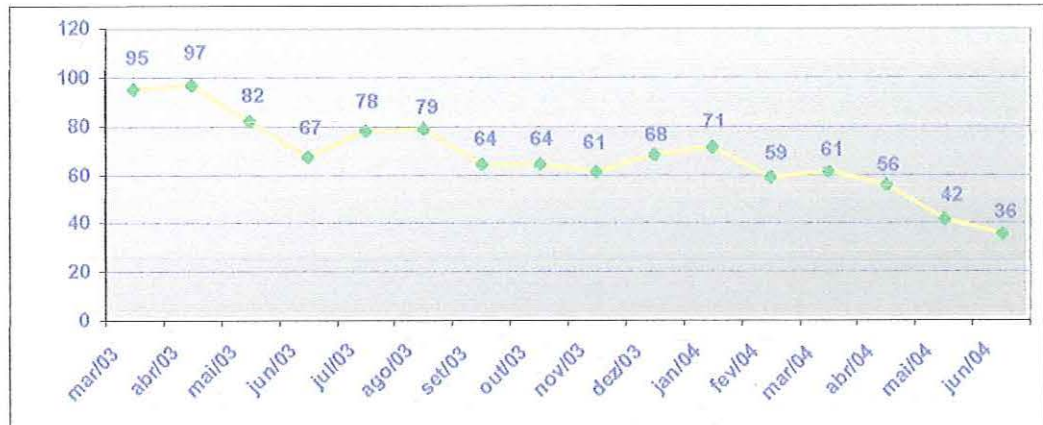


Figura 31: Redução do tempo de ciclo

Fonte: Lean.. (2004)

Segundo apresentação no Lean SUMMIT (2004) pelos colaboradores da *Du Pont*, dentre as muitas lições aprendidas é possível salientar as principais:

- Abordagem do piloto facilitou o processo de aprendizagem
- Treinamento na filosofia *lean* foi essencial para garantir o comprometimento da liderança
- Pessoa com dedicação total para o gerenciamento do programa
- Suporte de tecnologia e conhecimento do LIB (*Lean Institute Brasil*)
- Treinamento com casos práticos (reais)
- Celebrar cada pequeno sucesso para manter a motivação dos times
- Recursos para gerenciar a transformação (coordenadores de fluxo de valor)
- O compromisso dos operadores foi determinante para o sucesso

Dentre as dificuldades encontradas, embora possam ser particulares da organização, mas servem de embasamento para futuras implantações em outras organizações, têm -se:

- Pressão de prazo para obtenção dos resultados
- Outros programas que competiam recursos (pessoas)
- Ferramentas eram desenhadas para manufatura discreta e não para indústria de processos
- Mobilizar e motivar o time todo o tempo (mudança de cultura)

- Muito trabalho para padronizar o sistema
- Sistema puxado com os fornecedores deve ser implantado em paralelo aos sistemas puxados de produtos acabados

A seguir exemplo de plano implementação adotado na etapa de planejamento da cultura *lean*.



Figura 32: Exemplo de Plano de Implementação

Fonte: Lean ... (2004)

2.6 Comentários sobre a Revisão Bibliográfica

Passaram-se mais de 50 anos desde que o engenheiro Taiichi Ohno começou a implementar suas idéias no chão de fábrica da *Toyota*. Mesmo assim todas as pessoas envolvidas no processo da *Toyota* carregam consigo que *o TPS* ainda está em processo de aprimoramento, indicando que *o kaizen* deve ser continuamente aplicado no sistema.

O *STP* é inegavelmente o *benchmark* para todas as organizações industriais, porém não pode ser simplesmente copiado de uma empresa para outra. O pensamento

enxuto deve ser conduzido a partir de um profundo e perfeito entendimento dos conceitos, princípios fundamentais e componentes *STP*.

O sucesso do *STP* não resume simplesmente a rápida resposta à demanda do mercado, ou do uso de *kanban*; nem a mais alta produtividade da mão de obra ou da utilização dos dispositivos *poka yoke*. Os resultados são obtidos decorrentes da aplicação de um sistema de gerenciamento focado no atendimento das necessidades do cliente via eliminação das perdas presentes na cadeia de agregação de valor. Tudo isso enquanto assegura um ambiente de trabalho onde segurança e moral dos trabalhadores constitua-se em preocupação fundamental da empresa.

3.CASO DE APLICAÇÃO DE PRODUÇÃO ENXUTA EM EMPRESA DE FLUXO CONTÍNUO

3.1 Propósito do Capítulo

Este capítulo tem por finalidade apresentar as etapas e resultados que foram alcançados na empresa de fluxo contínuo, após a aplicação dos conceitos da *lean*. O sucesso da aplicação se deu através do comparativo dos resultados alcançados antes da aplicação (2003) e depois (2004). O ganho se deu através da mudança de conceitos e paradigmas do passado, sendo que não foi preciso um investimento financeiro significativo para tal realização, somente foi necessária uma mudança de conceitos.

3.2 A empresa estudada

TIGRE S/A Tubos e Conexões

Esta empresa atua no mercado de transformação de termoplásticos há mais de 60 anos demonstrando grande experiência na produção de tubos de conexões de PVC. Seu mercado de soluções para circuitos hidráulicos residenciais a posiciona como líder, desde seu pioneirismo com uma participação de mercado de 60%. A marca está presente em mais de 30 países espalhados por todo o mundo, e seu maior orgulho é de ser uma multinacional brasileira. No Brasil, possui três centros operacionais situados em localidades estratégicas, visando o melhor atendimento de seus clientes e reduzindo custos com a distribuição de seus produtos.

O centro operacional estudado se localiza na região central do estado de São Paulo, na cidade de Rio Claro, com um parque fabril correspondente a 60% da produção de todo o faturamento da empresa e é considerado o maior *site* de transformação de PVC do mundo.

Sua localização permite um fácil escoamento da produção de produtos acabados, assim como o de recebimento de matéria prima, devido ao alto nível de desenvolvimento da região. A prática de parcerias com empresas especializadas em

determinadas atividades que envolvem o processo de transformação de PVC é freqüente, melhorando ainda mais seu desempenho e reduzindo seus custos.

A bem sucedida trajetória da marca TIGRE está intimamente ligada a valores que a norteiam desde sua fundação: busca da qualidade do produto e valorização do ser humano visando o desenvolvimento sustentável da qualidade vida.

Seus produtos estão direcionados para segmentos da construção civil, infraestrutura, telecomunicações e agricultura.

3.3 Procedimento de Análise

Para compreender melhor a situação atual de produção, foi traçado um mapa junto ao processo de fabricação (*Value Stream Mapping*), observando o fluxo e as etapas de sequenciamento do processo no sentido inverso ao fluxo de operações/informações, procurando medir o tempo que deve ser imposto para os processos anteriores, permitindo calcular *takt time*, uma vez que o ritmo de vendas dita o tempo para o atendimento da demanda. Nesta etapa, já são sabidos os tempos disponíveis por máquina/trabalho e o volume de demanda do cliente. Dados estes que o setor de planejamento fornece via *on line* para a produção. A seguir exemplo de planilha que o departamento de planejamento fornece à produção via *on line*.

Consulta Acompanhamento da Produção (RCO)

Data: 20 JUN 2004 Turno: 2

Celula: 30-A EXTRUSAO - 30-A

O.P.: 1305290 Maquina: E50-001 REF: 100 -

Produto: 10120250

Producao Liq. Pc.: 3300

Horas Producao: 8. Amostras: 1.15

Refugos			Horas Improdutivas				
Codigos	Qtde		Codigos		Inicio	Fim	Peso Refugo
301	QUEBRA MAQ. EXT/INJ	25	506	AMOSTRAS	6.	6.01	4.6
717	ESTRIA LONGITUDIONAL	30	301	QUEBRA MAQ. EXT/INJ	11.	11.35	21.

Figura 33: Planilha de acompanhamento produção

Fonte: Tigre S/A Tubos e Conexões (2003)

Estas etapas fazem parte do conceito da *lean thinking*, cujo ponto de partida é a *ótica do cliente*, para não correr o risco de despender energia em uma ação que não venha agregar valor com o que o cliente realmente precisa.

Alguns dados são fundamentais para se traçar o mapa da situação atual, tais como: tempo de ciclo, *set up*, operação efetiva, tamanho dos lotes de produção, número de operadores, *mix* de produto, tamanho das embalagens, disponibilidade da operação, percentual de refugo, *lead time*, etc.

O grande impacto começa pelo *lead time*, pois quanto menor for o *lead time* de produção, menor é o tempo entre pagar pela matéria prima e receber pelo produto acabado e isso está diretamente relacionado com os números de giros de estoques. Esta relação exige um processo que faça somente o que a próxima estação de trabalho precisa, ligando todos entre si, alcançando alta qualidade e otimização de custos.

O levantamento dos dados primários e secundários são necessários para o sucesso da implantação, ajudando a traçar um mapa da situação atual. Estes dados devem ser coletados durante um período mínimo de tempo, pois visa uma maior confiabilidade dos dados devido a sazonalidade de mercado. O período varia de organização para organização em função da variação de mercado e demanda.

Após a coleta dos dados faz-se o traçado da situação atual, identificando os primeiros fluxos de informações e de materiais, identificando os departamentos ou estações de trabalho. Com o mapa esboçado surgem os primeiros *kaizens* (Pontos de melhoria contínua).

A medida em que o trabalho foi avançando o levantamento da situação atual foi tomando maiores proporções através do levantamento de informações e dados de todo o processo. Os *kaizens* foram sendo aplicados, dando assim origem ao mapa da situação futura.

Os dados de caráter primários são de características quantitativas, obtidas através de relatórios gerenciais diários. Os de caráter secundários estão ligados diretamente ao comportamento das pessoas, os quais são apresentados com uma característica qualitativa. Esses dados são obtidos por meio de questionários aplicados diretamente à equipe e visa saber qual é o comprometimento e o que as pessoas esperam com a implementação das práticas da produção enxuta. Devido os dados secundários não serem tratados como objetivo principal, foram simplesmente mencionados e não quantificados para servirem de dados estatísticos.

3.4 Dados primários

Os dados primários são obtidos por meio de relatórios gerenciais que estão disponíveis diariamente no sistema via *on line*. São indicadores relacionados às metas do setor, como: eficiência da planta, tempo de *set up*, horas improdutivas por quebras de máquinas, ociosidade de máquina, mão de obra alocada, produção diária, entre outros. Estes dados devem ser coletados durante um intervalo semestral, visando um histórico confiável, eliminando alguma particularidade pontual de demanda. Segue abaixo indicadores e seus respectivos valores definidos pela empresa como meta para o setor de extrusão.

Tabela 6: Indicadores de dados primários.

INDICADORES	META
<i>Improdutividade</i>	10,00%
<i>Refugo</i>	3,00%
<i>Varição de Processo Padrão</i>	(+/- 1%)

Todos os indicadores foram estabelecidos através de pesquisa com empresas do mesmo ramo a nível mundial.

Tabela 7: Indicadores obtidos por meio de comparação entre as empresas

	Refugo (%)	Improdutividade (%)	Tempo de Set Up (horas)
<i>Características de produtos</i>			
<i>Empresas com produtos com diâmetro até 250mm</i>	2,5 - 3,0	10	1
<i>Empresas com produtos com diâmetro acima 250mm</i>	4,0 - 5,0	10 - 15	4 - 6

Fonte: Battenfeld (2004)

3.5 Situação Atual (Mapa do Fluxo de Valor) TIGRE 2003

O mapa da situação atual detalha todo o processo bem como o fluxo de materiais/ informações. Permitindo orientar futuras propostas de melhoria para o processo. O *VSM* foi realizado após ter identificado qual era a família de produtos a ser

trabalhada. A família escolhida foi a que mais influencia nos resultados da organização, devido ao volume de produção e complexidade do processo.

3.5.1 Família de Produtos

Algumas particularidades das famílias estudadas que podem ser melhor visualizadas figura 34.

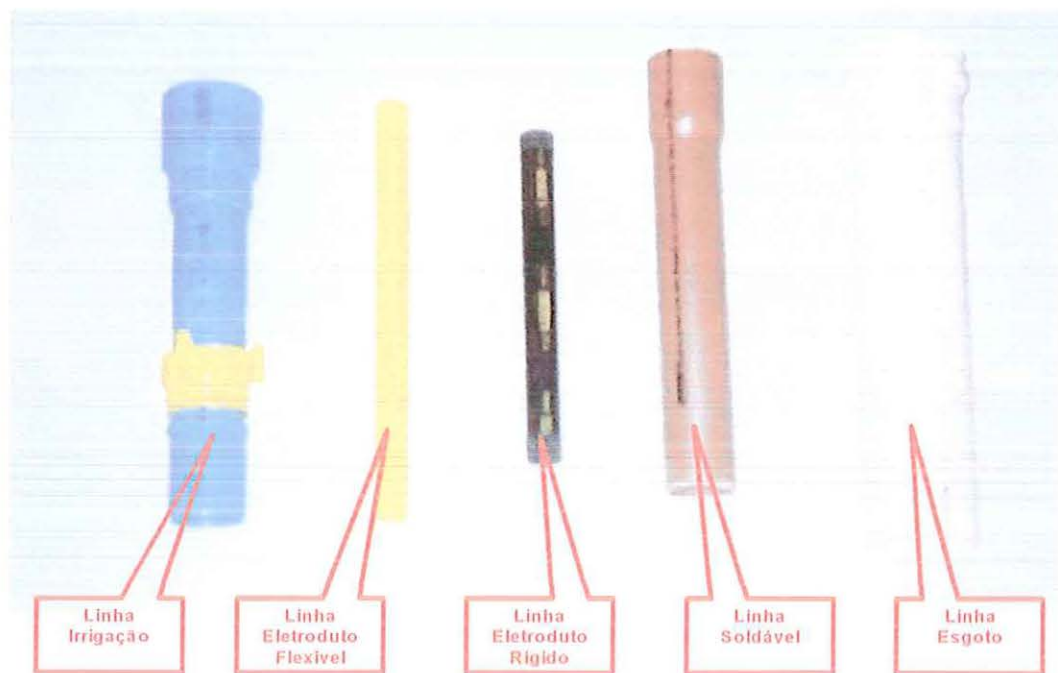


Figura 34: Família de Produtos

Características dos produtos estudados:

- Procedimentos de trabalho semelhantes
- Produtos obtidos em uma mesma linha de produção
- Facilidade de obter uma padronização nos métodos e tempos de *set up*
- A necessidade de um rearranjo de *layout*, a fim de agrupar melhores as linhas de produção por semelhança entre os produtos

Linha Soldável

Os tubos soldáveis são fabricados de acordo com a especificação da NBR 5648, para pressão de serviço de 750 Kpa com água a 20°C. Esta linha é composta de tubos e conexões nas bitolas de: DE 20, 25, 32, 40, 50, 60, 75,85 e 110mm. São utilizadas em rede de distribuição em residência ou em qualquer outra instalação, desde que trabalhe de acordo com a especificação acima. A máxima temperatura permitida para esse tubo é de 45°C com 3,5Kgf/cm².

Linha Esgoto

Os tubos de esgoto (SN) são fabricados de acordo com a especificação da NBR 5688, *Série Normal com juntas soldáveis ou junta elástica*, a serem empregadas em sistemas prediais de esgoto sanitário e ventilação, e funcionam pela ação da gravidade, com vazão livre e temperatura máxima de 45°C. Está linha é composta de tubos e conexões nas bitolas de: DN 40, 50, 75 e 100mm.

Os tubos de esgoto SR, também são fabricados de acordo com a especificação da NBR 5688, *com juntas soldáveis ou junta elástica*, a serem empregadas em sistemas prediais de esgoto sanitário, ventilação e sistemas prediais de água pluvial, com vazão livre e temperatura máxima de 75°C. Esta linha é composta de tubos e conexões nas bitolas de: DN 40, 50, 75, 100 e 150mm.

Eletrodutos Rígidos e Flexíveis

Os eletrodutos rígidos anti-chamas, são fabricados de acordo com a Norma NBR 6150, para baixa tensão, sendo utilizado em residências ou em qualquer outra instalação, desde que obedeça as exigências normativas. Esses eletrodutos e conexões, podem ser embutidos em laje de concreto e são fabricados nas bitolas: 1/2" , 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3" e 4".Nessa linha existem caixas 4x2, caixas 4x4, conexões e não são intercambiáveis com o Tigreflex e com o Tigreflex Reforçado.

O Tigreflex, são eletrodutos flexíveis, corrugados internamente e externamente, aplicados em baixa tensão, sendo utilizado em residências ou em qualquer outra

instalação, desde que obedeça as exigências normativas. O Tigreflex, somente pode ser instalado em alvenarias, não sendo recomendado em lajes. São fabricados nas bitolas: DE 16, 20, 25 e 32mm. Nessa linha existem caixas de 4x2, 4x4, caixa octogonal, prolongador para caixa octogonal e caixa octogonal com anel deslizante 3x3. Essa linha é intercambiável com o Tigreflex Reforçado.

Tigreflex Reforçado, são eletrodutos flexíveis, corrugados internamente e externamente, aplicados em baixa tensão, sendo utilizado em residências ou em qualquer outra instalação, desde que obedeça as exigências normativas. O Tigreflex Reforçado, pode ser instalado em laje de concreto ou em alvenarias. São fabricados nas bitolas: DE 20, 25 e 32mm. Nessa linha existem caixas octogonais 4x4 com fundo fixo, caixas octogonais 4x4 com fundo móvel, prolongador para essas caixas e suporte para a lajota. Essa linha é intercambiável com o Tigreflex.

Irrigação EP/ ES/ LF/ DEFOFO

A linha Irrigação Engate Plástico, é formada por tubos e conexões, dotados de engates que podem ser facilmente montadas e desmontadas, suportam uma pressão de serviço de 80mca à 20°C. São fabricados nas bitolas de: 2" e 3".

A linha Irrigação Fixa, é utilizada para compor a parte fixa da rede de distribuição dos sistemas de irrigação, são mais frequentes nos sistemas de irrigação localizada e também em adutoras para pivôs centrais. Nessa linha, existem três classes de pressão: o PN 40 - 40mca , PN 60 -60mca , PN 80 - 80mca, à 20°C. São fabricados nas bitolas de: DN 35, 50, 75, 100, 125 e 150mm. Existem diversas peças que facilitam a montagem do sistema completo de irrigação fixa (aterrada).

A linha Irrigação DEFOFO, é utilizada para compor a parte fixa da rede de captação e distribuição dos sistemas de irrigação. Essa linha é muito utilizada em sistema de adutoras e pivôs centrais. Nessa linha, existem três classes de pressão: PN 60 - 60mca, PN 80- 80mca e PN 125 - 12,5 Kgf/cm². São fabricados nas bitolas de: DN 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 e 500mm. Nessa linha, as suas conexões serão de ferro fundido (fofo), exceto a luva de correr e o adaptador irriga LF Defofo.

A família selecionada foi a da linha dos Soldáveis e a de Esgoto, devido suas demandas e semelhanças no processo. Por menor que seja o ganho neste processo de fabricação, já causa um enorme impacto positivo no processo devido o que a mesma representa para a empresa.

A figura 35 apresenta a situação do mapa inicial, assim como os seus pontos de desperdícios e oportunidades que foram trabalhadas. A seguir são apresentadas as características de cada linha.

3.5.2 Críticas à Situação Inicial

O mapa da situação atual apresenta um elevado volume de estoque de matéria prima “virgem”, precisando de silos para acondicionamento, sendo que este material gera custo de aquisição, de manutenção e os de espaços físicos. Isso ocorre para amenizar dificuldades na aquisição.

Há elevado volume de estoque de composto preparado, acondicionado em silos internos envolvendo custos, havendo retenção de capital. Este material da origem a quatro custos:

- Custo da oportunidade de capital
- Custo dos impostos e seguros
- Custo da armazenagem física em si
- Custo dos riscos de se manter em estoque

A programação das máquinas é feita de forma a atender toda a demanda de produção de um determinado produto de uma só vez (bateladas), não se importando com o volume de estoque de produtos acabados e *takt time*, e menos ainda com os custos gerados pela estocagem do produto acabado.

O volume elevado de produtos acabados implica em um número alto de produtos danificados por intempéries (ações do tempo), ou pelo manuseio devido ao tempo de armazenagem. Por se tratar de produtos de grandes dimensões não é possível acondicioná-los em armazéns cobertos pela inviabilidade dos custos com coberturas. Atualmente é disponibilizada uma área superior a 100.000m² que gera impostos e custos de manutenção.

As linhas de processo de extrusão estão alocadas na planta fabril sem nenhum conceito de agrupamento por famílias de produtos, impossibilitando qualquer melhoria quanto à otimização de recursos.

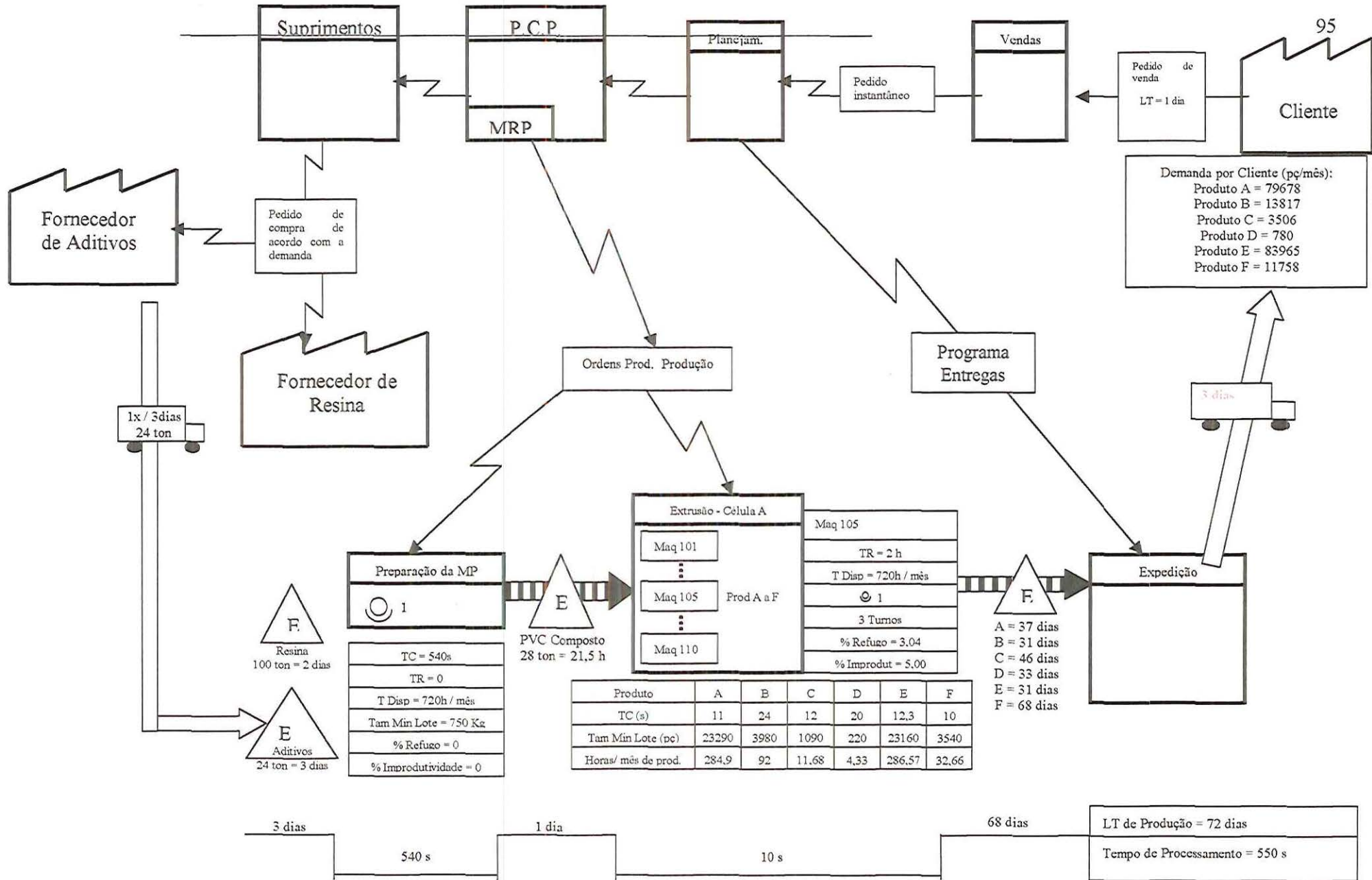


Figura 35: Mapa da Situação Inicial
 Fonte: Tigre 2003

3.6 Situação de Proposta Implementada (Mapa do Fluxo de Valor (TIGRE 2003))

Após ter traçado o mapa da situação atual, foi possível identificar pontos de melhorias a serem aplicados à situação futura. O mapa da situação de proposta (figura 36) sugere algumas alterações embasadas nos princípios da produção enxuta que são mencionados na revisão bibliográfica, buscando a redução de estoques e principalmente o *lead time* de produção.

- No setor de Preparação de Matéria Prima, visando a redução de estoques foi sugerido o sistema de *kanban*, seja ele de cartões, transporte ou de sinal. O primeiro passo foi fazer uma mudança no layout da fábrica com conceitos embasados no princípio de agrupamento de famílias de produtos no intuito de reduzir os estoques de matéria prima, e implantar sistema de *kanban*
- *Kanban de transporte*: Atuando junto aos caminhões de resina para que haja o descarregamento somente no momento em que realmente vai ser utilizado. Quanto a definição dos níveis foi levado em consideração o *feeling* dos técnicos do setor, para evitar possíveis paradas no processo por falta de matéria prima
- *Kanban de sinais*: Instalando indicadores de níveis de silos internos otimizando o volume de compostos
- *De cartões*: Disponibilizando um contenedor localizado na expedição, indicando qual o produto e a quantidade necessária para suprir o faturamento
- Quanto à programação foi sugerido o desenvolvimento de uma planilha que auxilia o programador a visualizar todos os recursos com seus respectivos tempos e o melhor sequenciamento de produção (*Heijunka box*), otimizando os tempos de ciclo

Para cada setor do processo produtivo foi sugerido algumas melhorias. Segue abaixo algumas das melhorias sugeridas:

- Implantação de *Kanbans*

- Melhoria na disseminação das informações
- Planilha de nivelamento de produção
- Implantação do *SMED*
- Modificação do *lay out*

Para um melhor planejamento das implantações foi dividido o MFV em Loop a fim de priorizar e seqüenciar as mesmas. A seguir é apresentado o mapa da situação proposta.

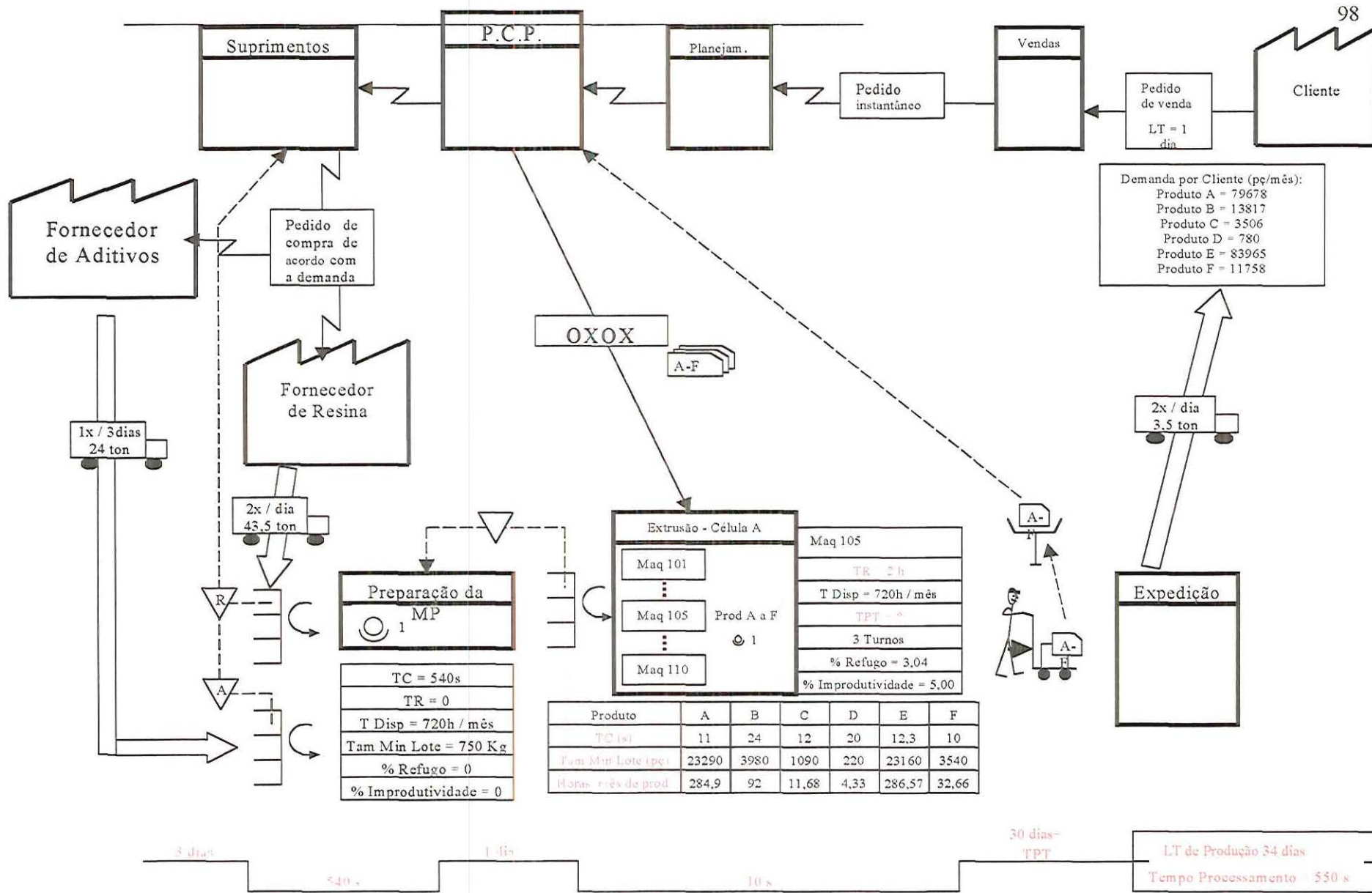


Figura 36: Mapa da Situação Proposta
 Fonte: Tigre 2003

3.7 Definição dos Loops para Implantação

Como o estudo tem em vista uma série de melhorias no processo das famílias de produtos definida, foi dividido o mapa do fluxo de valor futuro em segmentos ou *loops*, como são descritos na figura 37.

3.7.1 Atividades de implantação relacionadas aos loops produtivos

Loop de Fornecimento:

- Implantação do sistema de kanban de sinal através dos sensores de níveis de silos
- Instalação de software para monitoramento e apresentação física
- Treinamento de toda a cadeia com definição e responsabilidades

Loop da Preparação da MP:

- Implantação do sistema de kanban de sinal através dos sensores de níveis de silos
- Instalação de software para monitoramento e apresentação física
- Mudança de procedimentos visando menores inventários
- Resultado imediato através da conscientização e implantação da mentalidade enxuta

Loop Puxador:

- Implantação do sistema de kanban de cartões através do auxílio da planilha de nivelamento de produção (TPT)
- Resultados esperados: redução de 10% nos inventários atuais
- Implantação do sistema SMED visando otimização dos tempos de setup

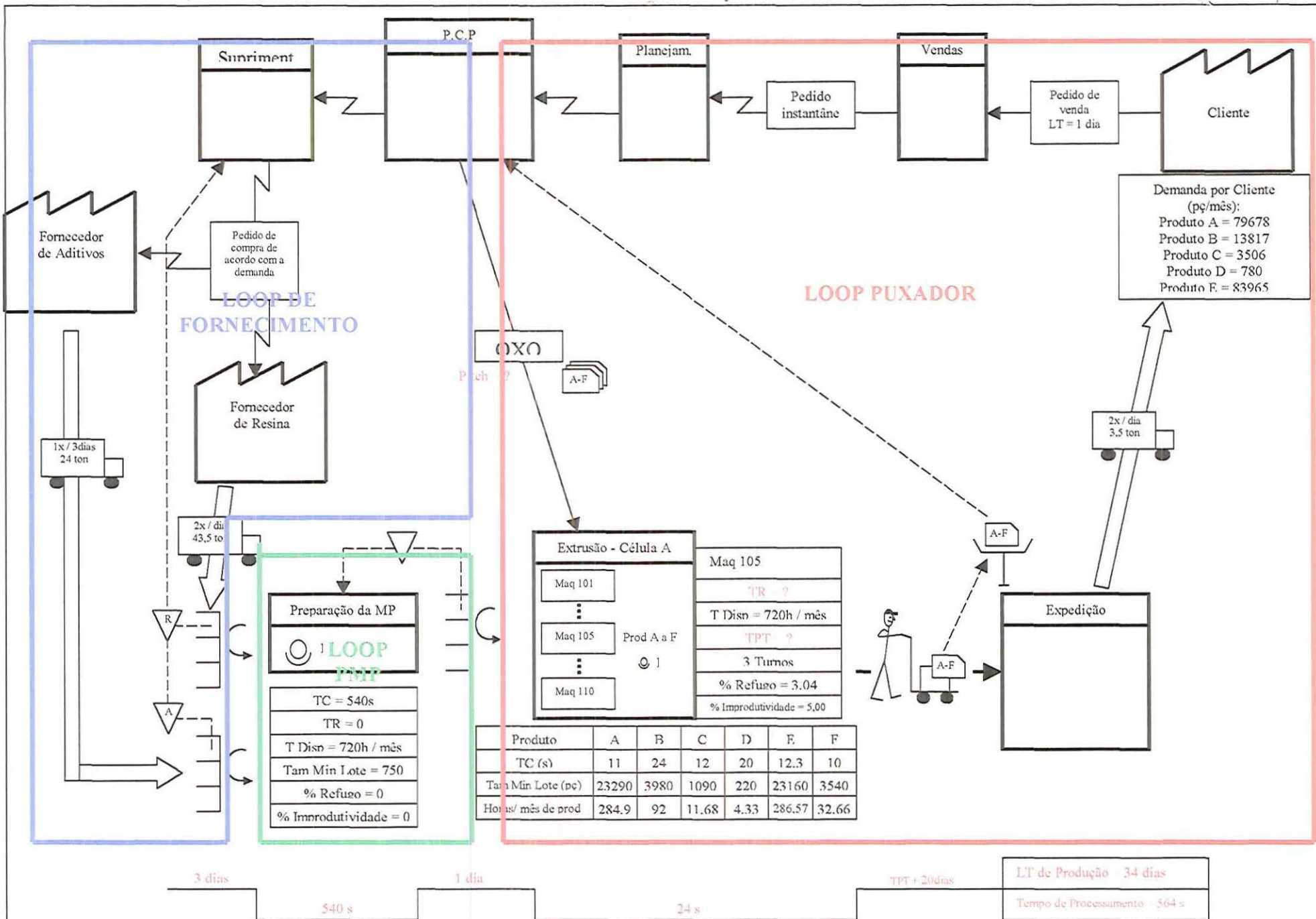


Figura 37: Loops Implantados
 Fonte: Tigre 2003

3.8 Ações de Melhorias Identificadas (Kaizen Bursts)

Os *Kaizen Bursts* são pontos de melhorias sugeridas e implantadas que trouxeram ganhos significativos em todas as etapas do processo a que se destinaram. Os mesmos estão dispostos na figura 38.

Na seqüência são apresentada as melhoria que foram sugeridas de acordo com os pontos identificados no período em que foi realizado a pesquisa.

3.8.1 Identificação das Melhorias

A seguir são apresentadas todas as melhorias que foram implantadas no período em que foi realizada a pesquisa. É essencial a participação de toda a empresa, desde as equipes operacionais que identificam os pontos de melhorias, até a alta direção de onde virá o patrocínio para implantação da mentalidade enxuta.

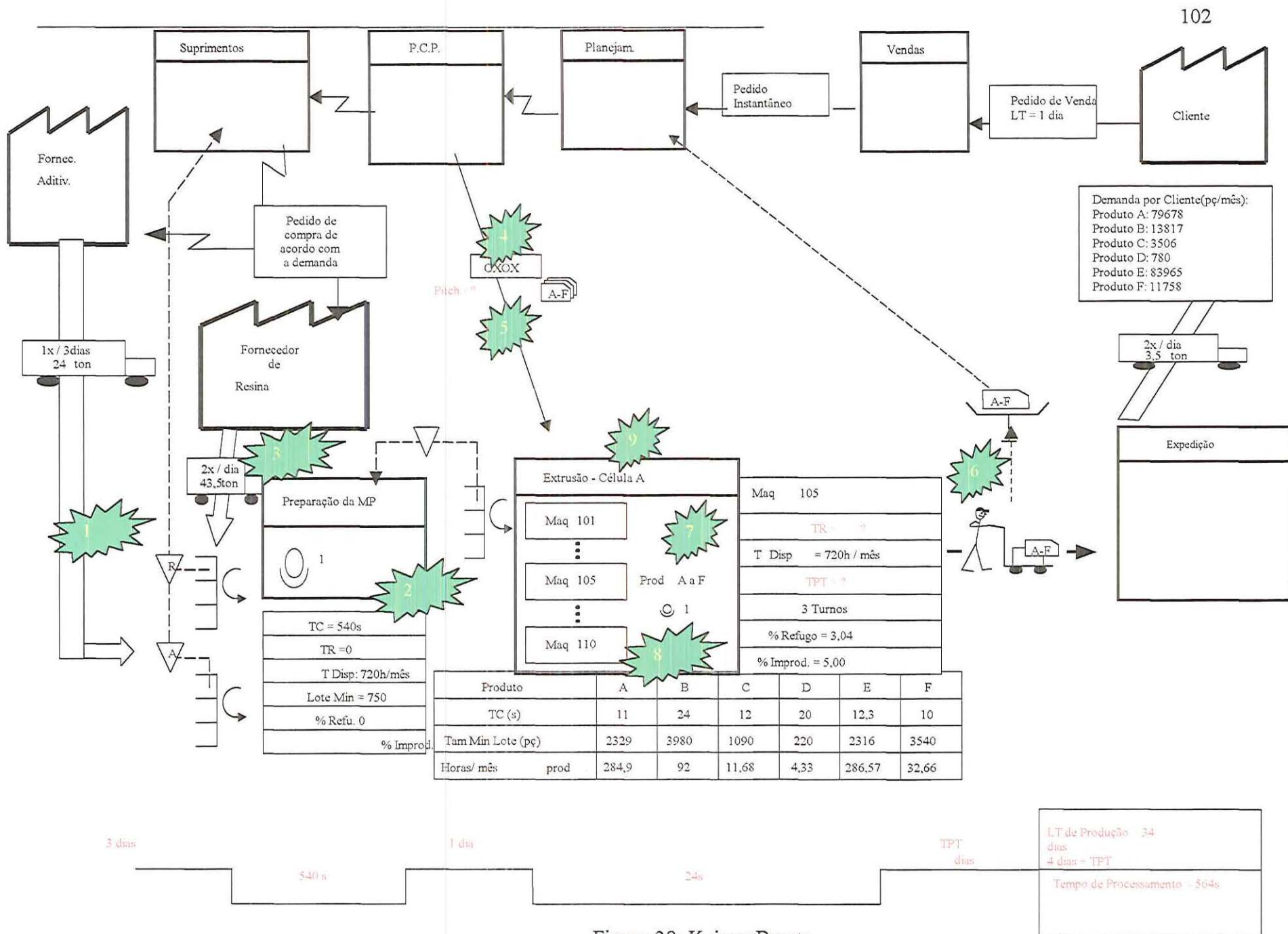


Figura 38: KaisensBursts
 Fonte: Tigre 2003

Kaizens na Preparação de Matéria Prima (PMP)

- 1- Implantado um sistema de kanban de transporte visando a auxiliar e controlar a operação de reabastecimento de matéria prima, com o objetivo de reduzir o estoque nos silos de dentro da empresa
- 2- Implantado um sistema de kanban de sinal com o objetivo de controlar os níveis de matéria prima (composto) dentro dos silos internos. O nível ótimo foi estabelecido pela equipe de produção de acordo com a demanda e histórico de processo
- 3- Foi instalado quadros de gestão à vista em toda a fábrica, buscando um monitoramento de desempenho do processo e um envolvimento maior das pessoas que ali trabalham, esta prática fez com que ocorresse um maior envolvimento e acompanhamento dos colaboradores em relação aos indicadores de produção e sua evolução durante o período de realização do estudo. Conforme apresentado na figura 38



Figura 39: Quadros de Gestão a Vista

Kaizens na Programação e Controle de Processo (PCP)

- 4- Criação de uma planilha de nivelamento (*Heijunka box*), embora a empresa possua um software de gerenciamento de produção, o mesmo não está disponível a todos usuários devido concessão de licença. Sendo assim, foi criado uma planilha em Excel que vem auxiliar o programador a visualizar todas as variáveis da produção, inclusive o número de TPT possíveis além de estar disponível a um maior número de usuários.

5- Foi seqüenciado a Produção com o foco direcionado para a redução do tempo de *set up*, foi mapeado todas as trocas possíveis por máquina e seqüenciado as mesmas de forma gradativa, ou seja, os produtos semelhantes são programados sucessivamente com a menor variação possível.

Kaizens no Setor de Produção (Extrusão)

6- Foi instalado um contenedor de cartões (*Kanban*) na expedição, de forma a auxiliar coleta de produção pela equipe de distribuição, visualizado o dimensionamento do *pitch* de cada produto, proporcionando assim a redução dos lotes de produção

7- Foi implantado o princípio do *SMED*, visando a redução dos tempos de *set up* referentes ao processo. As figuras 40,41,42 demonstram exemplos de aplicação de dispositivos para redução de *set up*



Figura 40: Situação Anterior

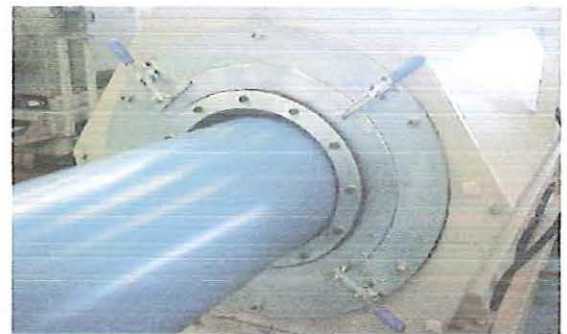
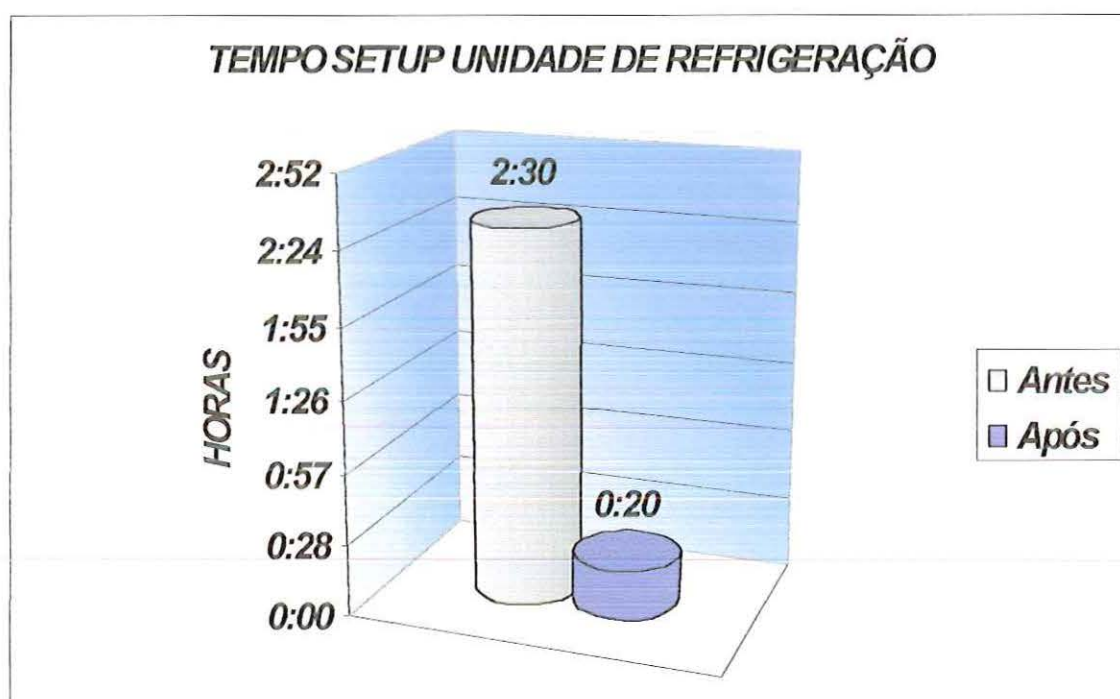


Figura 41: Situação Atual



Figura 42 Exemplo da utilização de dispositivos de trocas rápidas

Tabela 8: Comparativos de redução de tempo de Set Up



8- Buscou-se fazer um rearranjo do layout inicial, com a finalidade de alocar as máquinas por famílias de produtos, que por semelhança no processo ou nas características do produto. Esta ação se deu embasada no princípio de agrupar as máquinas com processo de fabricação semelhante, em que os operadores eram generalistas, ou seja, operavam todos

equipamentos. A partir deste conceito os operadores se tornaram especialistas em determinado equipamento, tendo uma maior habilidade e domínio sobre tal. Fato este que influenciou de forma positiva os resultados

Tabela 9: Comparativo depois da mudança de *layout*

<i>Situação Atual</i>	<i>Situação Futura</i>
<i>09 linhas</i>	<i>10 linhas</i>
<i>5910 Kg/h</i>	<i>6560 Kg/h</i>

9- Foi implantado a *TPM* em todo o processo produtivo, do qual foram aplicadas atividades designadas como “Pilares”. Estes podem variar na quantidade e no tema que se queira escolher para a sustentação do desenvolvimento da *TPM*

Eles foram definidos na segunda etapa pelos comitês que nomearam um padrinho para cada Pilar. O padrinho patrocinou, motivou e acompanhou os resultados e o desenvolvimento das atividades das equipes dos comitês para garantir a consolidação da implantação e a busca constante de novos desafios. A seguir são apresentadas as etapas de implantação:

Tabela 10: Etapas Implantação *TPM*

<i>ESTÁGIO</i>	<i>ETAPAS IMPLANTAÇÃO TPM</i>
PLANEJAMENTO IMPLEMENTAÇÃO	1 Decisão Implantação <i>TPM</i> pelo Comitê direção
	2 Planejamento Estratégico Implantação
	3 Formação do Comitê Implantação
	4 Diretrizes e Metas Estratégicas Implantação

INÍCIO	5	Desenvolvimento área Piloto e Resultados
	6	Início MPT: Lançamento do Programa
DESENVOLVIMENTO	7	Planejamento Implantação em outras áreas TPM – Master Plain
	8	Padronização e Replicação Horizontal
	9	Desenvolvimento outros Pilares
	10	Desenvolvimento Pleno da Manutenção Autônoma
	11	Consolidação das Melhorias Implementadas
CONSOLIDAÇÃO	12	Aplicação Plena da TPM em toda a Empresa

3.9 Análise dos resultados

A melhor forma de analisar a eficiência da implantação, foi por meio da comparação direta dos indicadores, antes e depois da implantação das práticas da produção enxuta. Os ganhos obtidos com a redução dos inventários, tempos de processamento, redução dos índices de produção (refugo/ improdutividade) e redução do *lead time*, conforme apresentado no *MFV* foram inegáveis.

Tabela 11: Comparativo de Indicadores 2003/2004

INDICADORES	2003	2004
Improdutividade (%)	18,88	8,69
Refugo (%)	2,69	2,12
Número de Set Up (unid.)	78	99
Tempo médio de Set Up (min.)	50	43
Lead Time (dias)	72	34
Inventário (ton.)	755,6	198,8

Quanto ao indicador improdutividade o diferencial deu-se em função da redução do tempo de *set up*, e uma redução significativa do número de quebras através da *TPM*. A improdutividade é calculada através da formula 3.

$$\text{Improdutividade} = \frac{\Sigma \text{ horas improdutivas do mês}}{\Sigma \text{ horas programadas no mês}} \times 100$$

Formula: 3

Fonte: Tigre (2003)

Como houve um sequenciamento de trocas de ferramentais, os inícios de processo ficaram mais simples gerando menor refugo. A redução de paradas para intervenção da manutenção nos equipamentos influenciou diretamente no indicador. O índice de refugo é calculado através da formula 4.

$$\text{Refugo} = \frac{\Sigma \text{ Refugo gerado no mês em Kg}}{\text{Total de Produção Bruta no mês Kg}} \times 100$$

Formula: 4

Fonte: Tigre (2003)

Quanto ao *set up*, ficou evidenciado um número maior de trocas devido ao TPT (procedimento de redução de estoques) mas por outro lado, o tempo médio dos *set up* tiveram uma boa redução.

O *lead time* foi reduzido consideravelmente devido à redução de inventários em vários pontos do processo, como mencionados no MFV.

E para finalizar o grande ganho, a redução de material em processo teve um resultado significativo, fato este que a empresa não precisa mais custear com manutenções proveniente do estoque, área coberta para acondicionamento e principalmente disponibilidade do dinheiro para outros investimentos. Este número é obtido através da somatória dos produtos em processo durante o mês.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a implantação da produção enxuta em uma empresa como características de processo contínuo, Esta implantação se deu na planta da Tigre S/A tubos e conexões, em Rio Claro.

O trabalho conduzido na Tigre S/A adotou a estratégia de pesquisa-ação, visto que o pesquisador coordenou a implantação das ferramentas relativas ao processo de extrusão. Na medida em que as ferramentas estavam sendo implantadas e seus resultados eram percebidos, estabeleciam-se novas ferramentas a serem trabalhadas, com o objetivo final de evidenciar os ganhos de redução que podem ser alcançados com o pensamento enxuto.

A produção Enxuta utiliza-se das melhores ferramentas e práticas podendo ser implantada em qualquer empresa, independente de sua característica ou ramo de atuação no mercado. O importante é analisar o cenário como um todo e estar constantemente identificando pontos onde a melhoria contínua possa atuar, visando a eliminação de desperdício e principalmente de funções ou tarefas que não agregam valor ao produto acabado.

Há ainda um fator cultural ou crença que se perpetua durante anos nas empresas com características de processo contínuo: já se consideram enxuta devido ao fato delas produzirem dentro de um sistema já bastante automatizado, com pouca manipulação e movimentações discretas.

Esta pesquisa mostrou que aplicações básicas de produção enxuta podem trazer ganhos significativos por meio de uma sistemática de atividades que absorvem recursos, mas que não criam valor. Fato este que foi comprovado com a otimização dos dados primários: redução de estoques, improdutividade e refugo; maior flexibilidade; maior disponibilidade de pessoas; etc.

Após analisar os resultados alcançados com a aplicação da produção enxuta no processo de produção contínuo, conclui-se que a falta de sequenciamento de produção gera desperdícios levando uma fatia dos lucros da empresa através de custos que não agregam valor ao produto final.

Os diversos pontos de estoques encontrados ao longo do processo são responsáveis por uma quantia maior que a de um dia de produção, além de gerar custos de armazenamento e manutenção dos contenedores. No caso a melhor ferramenta para gerenciar os níveis de estoque são os sistemas de *Kanban*, porque dimensionam o estoque de acordo com a real necessidade, podendo variar de acordo com os níveis ajustados.

O *layout* ou disposição dos equipamentos influencia diretamente nas atividades e operações desenvolvidas no processo, afetando o tempo de processamento, a distância percorrida por pessoas e materiais.

A implantação dos *Kaizens* foram embasadas em uma metodologia que envolve o trabalho conjunto de todos os que atuam nas áreas afetadas, auxiliados por pessoas de outras áreas. Estas, embora não conheçam do assunto em questão, conseguem enxergar alguns pontos que podem ser fundamentais ao processo.

Este trabalho foi limitado a apenas ao setor produtivo em função do tempo destinado para tal e a termos confidenciais exigidos pela a empresa pesquisada.

4.1 Sugestões para trabalhos futuros

A partir da experiência do autor na implantação deste projeto, são sugeridas algumas possibilidades de trabalhos futuros nesta linha de pesquisa:

- Disseminar a cultura *lean* aos demais setores da empresa e implementar melhorias inter-setores, promovendo uma melhor integração e possibilitando a extensão e conceitos *lean* para toda a cadeia de suprimentos;
- Desenvolver uma planilha de nivelamento de produção, ajudando na definição dos ciclos de produção.
- Grau de aderência de empresas de processo contínuo a empresas de produção enxuta.
- Verificar se a crença levantada ocorre entre outras empresas.

REFERÊNCIAS

ALFORD, D.; SACKETT, P.; NELDER, G. (2000). Mass customisation - an automotive perspective. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v.65, n.1, p.99-110, Apr.

ANFAVEA (2004) Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 20 mar 2004.

BAGGALEY, B.; MASKELL, B. (2003). Value stream management for lean companies – part II. **Journal of Cost Management**, London, v.17, n.3, p.24-30, May/June.

BAMBER, L.; DALE, B.G. (2000). Lean production: a study of application in a traditional manufacturing environment. **Production Planning & Control**, London, v.11, n.3, p.291-298, Apr./May.

BATTENFELD (2004). Disponível em: <<http://www.sms-k.de>>. Acesso em: 16 abr 2004.

BERGMAN, E.M.; FESER, E.J.; KAUFMANN, A. (1999). Lean production systems in regions: conceptual and measurement requirements. **Annals of Regional Science**, Heidelberg, v.33, n.4, p.389-423, Nov.

CASTELLS, M. (1999). **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra. v.1.

CASTRO, N.A. (1995). **A máquina e o equilibrista**. São Paulo: Paz e Terra.

CORIAT, B. (1994). **Pensar pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização.** Rio de Janeiro: UFRJ/Revam.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. (1996). **Just in time, MRP II e OPT.** 2.ed. São Paulo: Atlas.

CUSUMANO, M.A. (1989). **The japanese automobile industry.** Cambridge: Harvard University Press.

FERRO, J.R. (2002). **Lean thinking e competitividade.** Disponível em:<www.aesetorial.com.br/automotivo/artigos>. Acesso em: 16 May 2003.

GHINATO, P. (2000). Aplicações e inovações. In: ALMEIDA, A.T.; SOUZA, F.M.C. (Ed.). **Produção & competitividade.** Recife: Ed.UFPE.

_____. (2004). **A essência da qualidade e equilíbrio do TPS.** São Paulo: LEAN SUMMIT.

GOTTFRIED, H. (1998). Enriching production: perspectives on volvo's uddevalla plant as an alternative to lean production by Sandberg A. **Work Employment and Society,** Durham, v.12, n.2, p.545-549, Sept.

HAMMER, M. (1997). **Além da reengenharia.** Rio de Janeiro: Campus.

HERZOG, A.L. (2001). **O escritório enxuto.** Disponível em:<<http://portalexame.abril.com.br>>. Acesso em: 18 jun. 2003.

HINES, P.; RICH, N. (1997). The seven value stream mapping tools. **International Journal of Operations & Production Management,** Bradford, v.17, n.1-2, p.46-64.

HUMMELS, H.; LEEDE, J. (2000). Teamwork and morality: comparing lean production and sociotechnology. **Journal of Business Ethics**, Dordrecht, v.26, n.1, p.75-88, July.

HUNT, E.K. (1981). **História do pensamento econômico**. 7.ed. Rio de Janeiro: Campus.

IMAN (1992). **Poka yoke- métodos a prova de falhas**. São Paulo: Instituto IMAN.

LEANVISION (2005). Disponível em: <http://leavision./en/soluciones/cess_mapping/micro_vsm.htm>. Acesso em: 16 abr 2005.

LÉXICO Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. (2003). São Paulo: Lean Institute Brasil.

LEWIS, M.A. (2000). Lean production and sustainable competitive advantage. **International Journal of Operations & Production Management**, Bradford, v.20, n.8, p.959-978.

LIMA, P.C. (2004). **Mapeamento para alta variedade de produtos**. São Paulo: LEAN SUMMIT.

MIRSHAWKA, V. O.; NAPOLEÃO, L. (1993). **Manutenção combate aos custos da não-eficácia a vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books do Brasil.

MIRSHAWKA, V. O.; NAPOLEÃO, L. (1994). **TPM à moda brasileira**. São Paulo: Makron Books do Brasil.

OHNO, T. (1988). **Sistema de produção Toyota**. Porto Alegre: Bookman.

PALUDO, O.E.; MENDONÇA, S.; WEBBER, E. (2004). **Lean em indústrias de processos**. São Paulo: LEAN SUMMIT.

-
- PRASAD, S.; BABBAR, S. (2000). International operations management research. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v.18, n.2, p.209-247, Feb.
- PRUIJT, H. (2003). Teams between neo-taylorism and anti-taylorism. **Economic and Industrial Democracy**, London, v.24, n.1, p.77-101, Feb.
- RENTES, A.F.; NAZARENO, R. R. ; SILVA, A. L. (2001). **Implantando Técnicas e Conceitos da Produção Enxuta Integradas à Dimensão de Análise de Custos**. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001, Salvador, Bahia. XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001.
- ROTHER, M.; HERRIS, R. (2001). **Creating continuous flow: an action guide for managers, engineers and production associates**. Massachusetts: The Lean Institute.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. (1996). **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. Tradução de José Roberto Ferro e Telma Rodriguez. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- SHAH, R.; WARD, P.T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v.21, n.2, p.129-149, Mar.
- SHINGO, S. (1996). **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução de Eduardo Schaan. Porto Alegre: Bookman.
- SHINGO S. (1985) **A Revolution in Manuacrin: The SMED System**. Nova York: Pductivity Press.
- SHOOK, J.; ROTHER. M (2003). **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil.

SLACK, N. et al. (1999). **Administração da produção**: edição compacta. Tradução de Ailton Bonfim Brandão et al. São Paulo: Atlas.

SMITH, G.R.; HERBEIN, W.C.; MORRIS, R.C. (1999). Front-end innovation at alliedsignal and alcoa. **Research Technology Management**, Lancaster, v.42, n.6, p.15-24, Nov./Dec.

STANESCU, A.M. et al. (2003). Supervisory control and data acquisition for virtual enterprise. **International Journal of Production Research**, London, v.40, n.15, p.3545-3559, Oct.

SULLIVAN, W.G.; MCDONALD, T.N.; VAN AKEN, E.M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, New York, v.18, n.3/4, p.255-265, June/Aug.

THIOLLENT, M. (1992). **Metodologia da pesquisa-ação**. Tradução de José Garcia Filho e Suely Bastos. São Paulo: Cortez; Autores Associados.

THOMAS, H.R. et al. (2003). Improving labor flow reliability for better productivity as lean construction principle. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v.123, n.3, p.251-261, May/June.

TIGRE S/A TUBOS E CONEXÕES (2003). **Oracle**. Rio Claro.

WINCH, G.M. (2003). Models of manufacturing and the construction process: the genesis of re-engineering construction. **Building Research and Information**, London, v.31, n.2, p.107-118, Mar./Apr.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. (1996). **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. Rio de Janeiro: Campus.

WOMACK, J.D.; JONES, D.T.; ROOS, D. (1992). **A máquina que mudou o mundo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus.

YINGLING, J.C.; DETTY, R.B.; SOTTILE, J. (2000). Lean manufacturing principles and their applicability to the mining industry. **Mineral Resources Engineering**, London, v.9, n.2, p.215-238, Apr./June.

ZAWISLAK, P.A. et al. (2000). A produção enxuta e novos padrões de fornecimento em três montadoras de veículos no Brasil. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 21., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PGT/FEA/FIA/POLI-USP. 1 CD-ROM.