

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA EM MECÂNICA**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO EM UMA ESTAMPARIA DE AUTOMÓVEIS**

**CURITIBA**

**2012**

**RAFAEL AUGUSTO CASELLATO**

**NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO EM UMA ESTAMPARIA DE AUTOMÓVEIS**

Monografia apresentada ao Programa do curso de Pós Graduação do Departamento de Engenharia em Mecânica do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista em Engenharia da Produção.

Profº Orientador: Walter Nikkel

**CURITIBA**

**2012**

## TERMO DE APROVAÇÃO

RAFAEL AUGUSTO CASELLATO

### NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO EM UMA ESTAMPARIA DE AUTOMÓVEIS

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista no Curso de Especialização em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Departamento de Mecânica, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

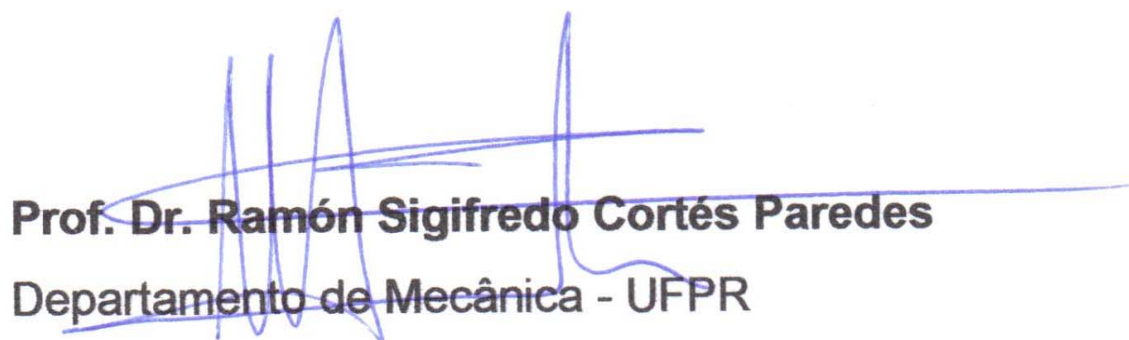
Orientador:



**Prof. Ms. Walter Nikkel**

Departamento de Mecânica - UFPR

Avaliador:



**Prof. Dr. Ramón Sigifredo Cortés Paredes**

Departamento de Mecânica - UFPR

Curitiba, 03 de outubro de 2012.

## RESUMO

CASELLATO, Rafael A. **NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO**

A implementação de sistemas produtivos baseados nos conceitos de Produção Enxuta, originados na Toyota após a segunda guerra mundial, vem exercendo um papel cada vez mais importante durante as transformações das organizações em busca de competitividade no mercado. Esta abordagem está cada vez mais comum entre as empresas de manufatura atualmente. O nivelamento de produção surge como uma das mais importantes características da Produção Enxuta. O presente trabalho analisa e identifica as melhorias e ganhos produtivos que podem ser conseguidos através de um modelo de programação nivelada mista de produção, aplicado a uma estamperia de peças para a indústria automobilística.

**Palavras - chave:** Produção Enxuta, Nivelamento de Produção, Produção Nivelada Mista.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - AUMENTO DOS LUCROS NA PRODUÇÃO EM MASSA E NA PRODUÇÃO ENXUTA.....	9
FIGURA 2 PILARES DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA .....	11
FIGURA 3 - REDUÇÃO DOS ESTOQUES E A EXPOSIÇÃO DOS PROBLEMAS DA PRODUÇÃO.....	13
FIGURA 4 – ETAPAS DE MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR .....	17
FIGURA 5 – EXEMPLO DE UM MAPA DE FLUXO DE VALOR DA SITUAÇÃO ATUAL .....	18
FIGURA 6 – DIFERENÇA ENTRE A ABORDAGEM TRADICIONAL (SISTEMA EMPURRADO) E O SISTEMA PUXADO.....	25
FIGURA 7 – MODELO DE QUADRO KANBAN.....	26
FIGURA 8 – TIPOS DE ESTOQUES .....	27
FIGURA 9 – CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE SUPERMERCADOS.....	28
FIGURA 10 - UTILIZAÇÃO DE CARTÕES NO CONWIP.....	29
FIGURA 11 – OS TRÊS MS .....	35
FIGURA 12 – PRODUÇÃO TRADICIONAL (DESNIVELADA) .....	39
FIGURA 13 – PRODUÇÃO DE MODELO MISTO (NIVELADO) .....	40
FIGURA 14 – MODELO DE QUADRO DE NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO .....	42
FIGURA 15 - PLANO NIVELADO DE COMBINAÇÃO DE MIX .....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – NÍVEL DE ESTOQUE EM UMA PRODUÇÃO NÃO NIVELADA .....	33
GRÁFICO 2 – FALTA DE NIVELAMENTO .....	49
GRÁFICO 3 - RO MENSAL ESTAMPARIA 2012 .....	60

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - CAUSAS DE SOLUÇÕES PARA CADA TIPO DE DESPERDÍCIO .....	15
TABELA 2 – MODELO DE REGISTRO DO MRP.....	24
TABELA 3- DISTRIBUIÇÃO DE GAMAS POR MÁQUINA E POR MODELO .....	46
TABELA 4 – PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO PARA CARROS DE PASSEIO .....	47
TABELA 5 – PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO PARA CARROS UTILITÁRIOS.....	48
TABELA 6 – MÉDIA DE PRODUÇÃO MENSAL.....	51
TABELA 7 – GIROS DE ESTOQUE .....	51
TABELA 8 – NECESSIDADE DE AQUISIÇÃO DE EMBALAGENS LINHA L1 .....	53
TABELA 9 - NECESSIDADE DE AQUISIÇÃO DE EMBALAGENS LINHA L2 .....	54
TABELA 10 - CADÊNCIA DE GOLPE POR MINUTO LINHA L1 .....	56
TABELA 11 - CADÊNCIA DE GOLPE POR MINUTO LINHA L2 .....	57
TABELA 12 - CADÊNCIA DE GOLPE POR MINUTO LINHA L3 .....	58

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	5
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivo Geral	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 JUSTIFICATIVA	6
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1 PRODUÇÃO ENXUTA	8
2.1.1 O Conceito do Pensamento Enxuto	8
2.1.2 Os Cinco Princípios do Pensamento Enxuto	10
2.1.3 Os Sete Desperdícios	12
2.1.4 Mapeamento do Fluxo de Valor	15
2.2 Planejamento e Controle de Produção	20
2.2.1 Programação e Controle da Produção	21
2.2.2 MRP II	23
2.2.3 Kanban	24
2.2.4 Dimensionamento de Supermercados	27
2.2.5 Conwip	28
2.2.6 Tambor, Pulmão e Corda	29
2.3 Nivelamento de Produção	31
2.3.1 Takt-Time	35
2.3.2 Pitch	36
2.3.3 Heijunka	37
2.3.4 Heijunka Box	41
2.3.5 Nivelamento do Plano de Produção – Papel do Estoque	42
2.3.6 Heijunka (nivelamento da produção) em Operações de serviços	43
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>44</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO</b>	<b>45</b>
4.1 Apresentação da Empresa	45

	5
4.2 Apresentação do Caso	48
4.3 Aplicação do Caso	50
4.3.1 Separação dos grupos	50
4.3.2 Contagem e necessidade de embalagem (Raks)	52
4.3.3 Definição dos tempos de cadência para cada gama	55
4.3.4 Heijunka Box	59
4.3.5 Análise dos resultados	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho estuda as estratégias utilizadas a partir da Produção Enxuta, que surgiu no Japão após a Primeira Guerra Mundial na montadora Toyota, onde o principal foco era a sobrevivência da empresa no mercado japonês que demandava maior variedade de produtos e quantidades menores. A produção enxuta tem como objetivo principal eliminar todo e qualquer tipo de desperdício.

Com a crescente competitividade em todas as empresas dos mais diversos setores da economia, especialmente nas empresas de manufatura, faz-se necessário a busca contínua por melhor desempenho, através do aumento da produtividade e obtenção de vantagem competitiva frente aos concorrentes. A diversidade nos produtos ofertados pelas empresas é um grande diferencial de competitividade, porém, para atuar nos mais diversos seguimentos do mercado requerem aplicar algumas ferramentas que foram desenvolvidas a partir do pensamento enxuto para disponibilizar os produtos de forma a atender a demanda do mercado e aos objetivos da empresa.

Grande parte das empresas traça um planejamento de produção, onde delimitam através do estudo de sua demanda os produtos a serem produzidos em suas linhas, as quantidades e quando produzi-los. Para um planejamento e controle da produção eficaz é importante que haja formas de nivelar a produção de maneira a minimizar os problemas causados pelo desnivelamento do fluxo de valor. A forma utilizada pela Toyota e abordado neste estudo para operacionalizar o nivelamento da produção é o Heijunka box, ou seja, um quadro para gerenciar visualmente a programação da produção nivelada para um turno, um dia ou ate mesmo um mês de produção.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O nivelamento da produção é uma atividade crítica para garantir que os processos clientes obtenham exatamente o que precisam e quando precisam, enquanto tornam as atividades fornecedoras as mais eficientes possíveis. Tornar a produção nivelada é um dos grandes desafios das empresas que buscam aplicar os conceitos de Produção Enxuta, já que não há uma receita simples para criar o nivelamento de produção (SMALLEY, 2004)

Após conhecer a situação em que se encontra o ambiente fabril em relação à programação, controle de produção e principalmente ao nivelamento de produção, a questão de pesquisa procurada é: **como pode ser otimizada a utilização dos recursos disponíveis, a fim de aumentar o Rendimento Operacional no departamento de Estamparia?**

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor a implantação de um programa nivelado de produção para otimizar os recursos disponíveis, aumentando o Rendimento Operacional no departamento de Estamparia.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as dificuldades encontradas pelo departamento de Estamparia na gestão de seus recursos;

- Criar uma equipe específica para executar o planejamento e programação da produção;
- Organizar a demanda de peças conforme necessidade do cliente;
- Avaliar os recursos disponíveis e a possível necessidade de investimento

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Os princípios do Lean Manufacturing (Produção Enxuta), criados no Sistema Toyota de Produção ou no Just in time, abrangem conceitos como a redução de estoque de produtos acabados e de matérias-primas e a melhoria contínua nos processos através da eliminação do desperdício por toda a empresa. Esta filosofia vem ganhando força e espaço nas empresas por todo o mundo ao longo dos anos e atualmente é utilizada por várias empresas manufatureiras que enxergaram as oportunidades de melhorias.

A criação da Produção enxuta foi baseada em um modelo de manufatura em massa, ou seja, produção repetitiva, seriada e padronizada. Contudo, o conceito de melhoria contínua e eliminação de desperdício é buscado por qualquer tipo de empresa, independentemente da tipologia de sua produção.

Depois de muitos estudos e aplicações de grande sucesso em algumas empresas, fica evidenciada a importância de um planejamento de produção consistente para a competitividade e sobrevivência das empresas ao longo do tempo. A minimização dos custos, a entrega no tempo estipulado e a qualidade dos produtos, para aumentar as receitas são objetivos comuns entre elas. A diversidade de produtos ofertados para o mercado também é ponto importante a ser levado em consideração, pois, conseguimos identificar nichos de atuação e a abrangência de cada empresa. Para a operacionalização das empresas em ofertar diferentes produtos, que muitas vezes são produzidos nas mesmas linhas de produção é necessário o aprimoramento de um nivelamento de produção, com o intuito de não produzir demais um item e mantê-lo por muito tempo em estoque e contrapartida deixar de falta algum item.

Há uma grande dificuldade na implementação desta abordagem em ambientes onde há muita variação de demanda ou em ambientes onde a concepção do produto é conforme a especificação do cliente, porém, em casos onde não há esta variação ou ela seja em menor numero, fica fácil a sua aplicabilidade.

O nivelamento de produção é comumente utilizado na indústria automobilística, onde em grande parte dos produtos não sofrem alteração de projetos e/ou estruturação repentinas, as características dos modelos diferem apenas na sua gama de acessórios.

A oportunidade foi identificada quando o autor do projeto percebeu que alguns princípios da produção enxuta e de planejamento nivelado não eram aplicados pelo departamento de Estamparia. Altos níveis de estoques de peças acabadas, o que gera problemas de qualidade e degradação nas peças, excesso de matéria-prima estocada, que também é contaminada pelo ambiente, e programa desnivelado de produção, o que causava a superprodução de alguns itens e a falta de outros, tendo que habitualmente produzir até quatro vezes a mesma peça na semana.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PRODUÇÃO ENXUTA

#### 2.1.1 O Conceito do Pensamento Enxuto

Em comparativo com as fabricas da Ford nos Estados Unidos, percebeu-se o quanto os americanos estavam adiantados em relação ao Japão no que diz respeito à eficiência produtiva. Porém, a produção em massa e de baixa variedade dos norte-americanos não iria funcionar em um Japão devastado pela segunda guerra mundial, com economia em crise e com uma demanda mais baixa (IMAI, 1990).

Segundo Liker (2005), com o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (TPS), no Japão pós-guerra por Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, criou-se a filosofia Lean. Essa filosofia começou a ser percebido pelo mundo, pois aplicando os conceitos desse pensamento, a Toyota se destacou pela alta produtividade, confiança dos clientes em seus produtos, velocidade de produção e flexibilidade. O surgimento dessa filosofia, em contradição à produção em massa utilizada, até então, pelos americanos aconteceu, pois:

- O mercado japonês apresentava uma demanda de alta variedade de produtos e baixas quantidades, ou seja, com características diferentes da demanda americana.
- A redução de custos era conseguida pelos Estados Unidos através dos lotes grandes de produção em massa. Porém, no Japão pós-guerra o crescimento econômico era lento e, portanto, a produção em massa não poderia ser aplicada

O pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Em suma, o pensamento enxuto é *enxuto* porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes

exatamente o que eles desejam (Womack e Jones, 1998). A partir dessa idéia, a Toyota, ao invés de obter a margem de lucro a partir do aumento de preços, tentou reduzir seus custos para conseguir a margem de lucro desejada. Para Ohno (1988), as indústrias manufatureiras, devem buscar a redução de custos como forma de aumentar seu lucro e tornarem-se mais competitivas, de acordo com a figura abaixo:

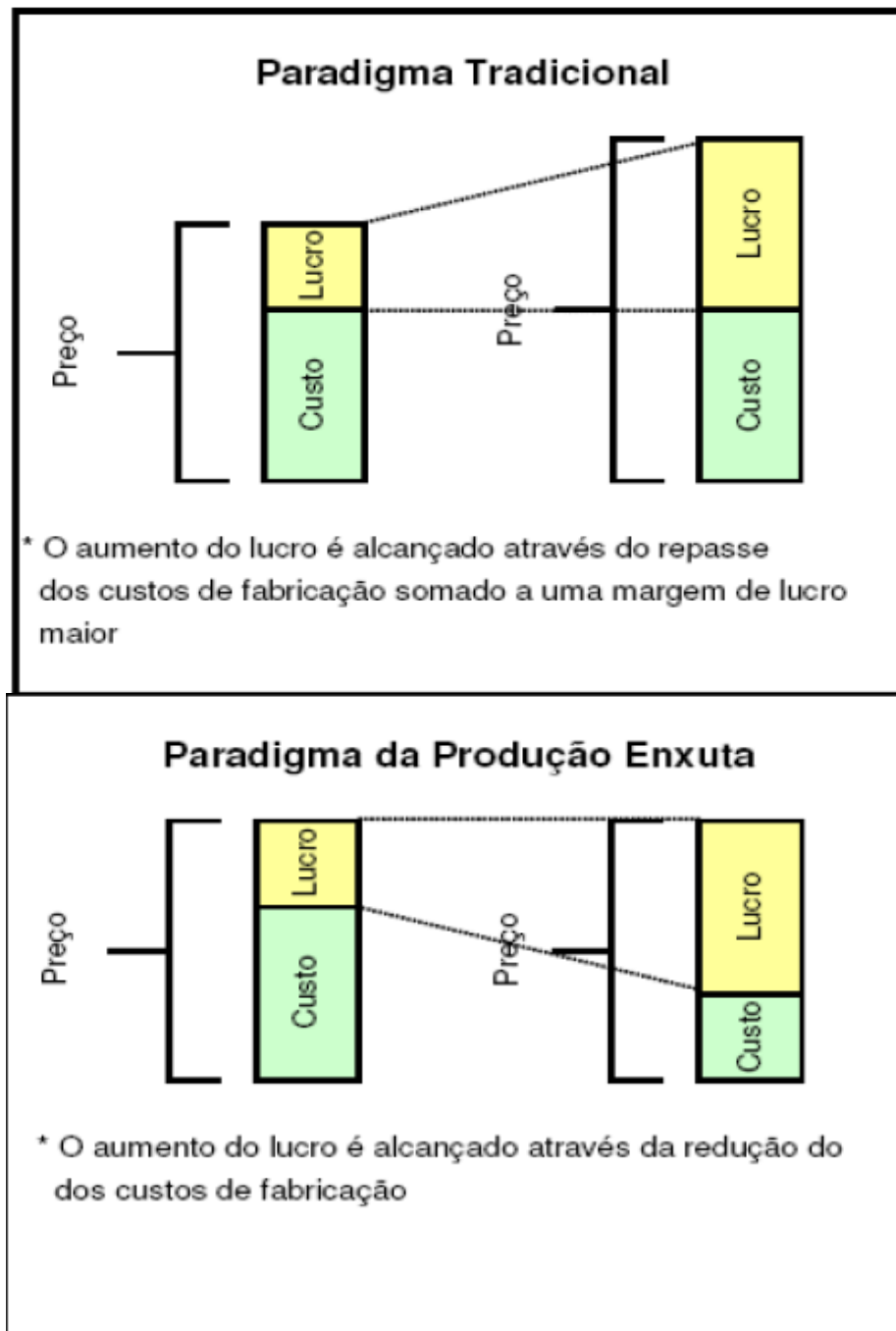


Figura 1 - Aumento dos Lucros na Produção em Massa e na Produção Enxuta

Segundo Womack e Jones (1998), a palavra japonesa *Muda* significa “desperdício”, qualquer atividade humana que absorve recursos e não cria valor: produção de itens que ninguém deseja, acúmulo de mercadorias em estoques, etapas no processamento que não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para outro sem propósito, grupo de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque a atividade anterior não foi realizada dentro do prazo, e bens de serviços que não atendem às necessidades do cliente.

Em resumo, a filosofia da produção enxuta, criada pelos japoneses e adotada por muitas empresas, perdura até nos dias de hoje, onde o foco principal, nada mais é, do que eliminar o desperdício, as atividades ou ações que não criam valor aos produtos ou bens, sendo assim, o processamento das operações tornam-se mais robustos, com menor tempo, e com menores custos de produção. A fim de atender com maior flexibilidade as necessidades e anseios de seus consumidores. Clientes bem atendidos, e menores custos de fabricação, o resultado será o aumento das receitas e de lucros. Filosofia esta que se iniciou com a indústria automobilística, mas que também pode ser usada e implementada em outros setores produtivos.

### 2.1.2 Os Cinco Princípios do Pensamento Enxuto

O pensamento enxuto criado pelo sistema Toyota, tem como base cinco princípios que explicam como devem ser aplicados os conceitos dessa filosofia (Womack e Jones, 1998):

a) Valor - Valor é o ponto de partida do pensamento enxuto. Quem define o valor de um bem ou serviço é o cliente final, estes devem por sua vez atender às necessidades dos clientes a um preço específico em um momento específico. A necessidade cria o valor e cabe às empresas determinar qual é essa necessidade.

b) Fluxo de Valor - Consiste em avaliar e olhar o processo produtivo como um todo, do início ao final, desde a concepção do produto até sua expedição, e não as operações isoladamente. A conjuntura do processo deve ser classificada em três tipos: aquelas que efetivamente geram valor, aquelas que não geram valor, porém,

são essenciais para a continuidade do processo e garantem muitas vezes a qualidade do produto, e as que não agregam valor para o processo ou produto final, esta deve ser as primeiras a serem eliminadas do processo.

c) Fluxo Contínuo - Verificar e analisar quais operações pode-se criar um fluxo contínuo, com maior fluidez da atividade. Eliminando ao Máximo estoques intermediários entre processos, tendo como resposta maior rapidez na concepção de produtos, para atendimento as necessidades e pedidos dos clientes.

d) Produção Puxada - Quando não se consegue estabelecer um fluxo contínuo, conectam-se as atividades através de sistemas puxados, ou seja, as empresas não produzem empurrando seus produtos, obtendo altos níveis de estoque, são os clientes que puxam a necessidade de produtos no momento e na quantidade que necessitam.

e) Perfeição - A perfeição deve ser compromisso de todos os envolvidos no fluxo de valor de uma empresa. Os membros da empresa devem enxergar as oportunidades de melhoria na cadeia de valor de seus produtos bem como a redução de desperdícios nas operações, sempre buscando atender com maior satisfação as necessidades e expectativas de seus clientes.

Para Liker 2005, o sistema de produção enxuta é sustentado pelos pilares do Justin-in-Time e do Jidoka, apoiados no alicerce do nivelamento de produção, conforme figura abaixo:



**Figura 2 Pilares do Sistema de Produção Enxuta**

Fonte: Liker, 2005.

Justin-in-time: melhora o serviço oferecido ao cliente, reduz prazo de entrega, aumentando a utilização dos recursos, como pessoas, máquinas, materiais e espaço

Jidoka: autonomia ao processo, funcionamento automático sem assistência, com parada automática ao sinal de defeito ou anomalia, utiliza-se de ferramentas como poka-yoke e controle estatístico do processo.

Nivelamento de produção: é a adaptação de programação evitando as flutuações diárias de demanda do cliente, ao mesmo que garante a sua satisfação.

### 2.1.3 Os Sete Desperdícios

Para Womack e Jones (1996), desperdício de produção são atividades que absorvem recursos, mas não criam valor e podem ser classificados em alguma das sete categorias de desperdício da Produção Enxuta (SHINGO, 1996):

**Superprodução:** Significa produzir em grande quantidade ou muito cedo, resultando em excesso de inventário. Essas perdas ocorrem quando:

- A produção é feita além da quantidade programada (chamada de superprodução quantitativa)
- Antes do momento programado (chamada de superprodução antecipada)

A produção feita acima da quantidade necessária ocorre geralmente por problemas de restrições do processo produtivo, que fazem com que não seja possível produzir em menores quantidades. Esses problemas de restrições são os altos tempos de setup, incerteza na ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade dos equipamentos, falta de coordenação entre demanda e a produção, layout físico inadequado fazendo com que o material percorra grandes distâncias e levando à formação de lotes para movimentação (CORRÊA e GIANESI, 2001).

**Defeitos:** São erros freqüentes no processamento de informação, problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega. Esse tipo de perda ocorre quando:

- Os produtos não atendem as especificações;

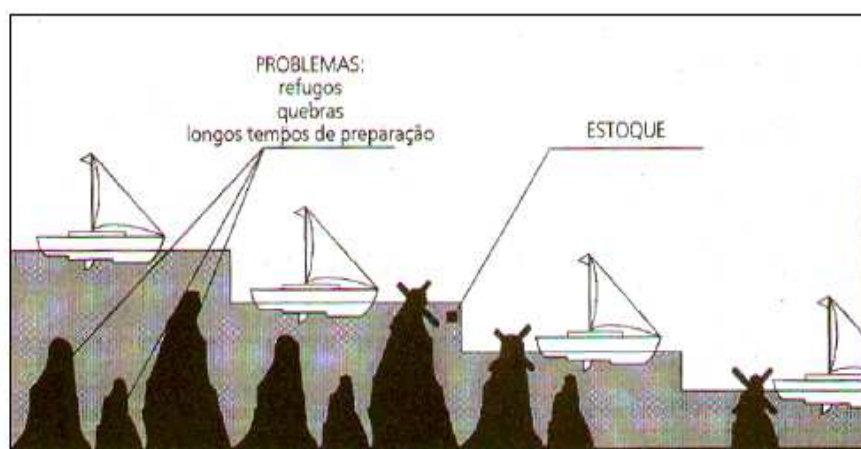
Segundo Corrêa e Giancesi (2001), a produção, quando produz produtos defeituosos está desperdiçando materiais, disponibilidade de equipamentos e mão-de-obra, além da movimentação e armazenamento de produtos e materiais defeituosos.

**Esperas:** Longos períodos de inatividades de bens, pessoas e informações. Essas ocorrem quando:

- O lote posterior espera o termino do lote em processo
- Um produto aguarda o processamento os outros produtos do seu lote
- O operador permanece junto à máquina para acompanhar o processamento do inicio ao fim

**Processamento Inapropriado:** Executar o processo utilizando ferramentas ou procedimentos não apropriados; Qualquer elemento que adicione custo e não adicione valor ao produto é candidato à investigação para checar se é possível reduzir o numero de componentes ou operações necessárias para produzir um produto.

**Inventários Desnecessários:** Armazenamento excessivo de matéria-prima, estoque em processo ou produto acabado; A figura 03 mostra uma analogia ao problema que ocorre com altos níveis de estoques. A água representa o nível de estoque; ao baixar o nível de água, são encontradas pedras que representam os problemas de produção, que são divididos em, basicamente, três tipos: problemas de qualidade, problemas de quebras de máquinas e problemas de preparação de máquina.



**Figura 3 - Redução dos estoques e a exposição dos problemas da produção**

**Movimentação Excessiva:** Excesso de movimentação dos operadores movendo ou armazenando peças;

Segundo Corrêa e Giansesi (2001), a redução de movimentação é importante, pois reduz o tempo associado ao processo produtivo e aumenta a produtividade, pois, o tempo antes utilizado para movimentação de operadores fica disponível para realização de atividades que agreguem valor ao produto.

**Transporte Excessivo:** Transporte excessivo de bens e informações. Essa perda ocorre quando:

- Transporte desnecessário de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados;

O excesso de transporte ocorre pela necessidade de armazenamento de um volume alto de peças em estoque e pelas grandes distâncias entre equipamentos em arranjos físicos inadequados (CORRÊA e GIANESI, 2001).

Nazareno (2003) nos mostra algumas causas e suas possíveis soluções para cada desperdício apresentado, conforme Tabela 01:

Tabela 1 - Causas de soluções para cada tipo de desperdício

Fonte: Nazareno (2003)

Desperdícios	Possíveis Causas	Possíveis Soluções	
1. Superprodução	Áreas grandes de depósitos	Reduzir o <i>setup</i>	
	Custos elevados de transporte	Fazer só o necessário	
	Falhas no PCP	"Puxar" a produção	
2. Transporte Excessivo	<i>Layout</i> inadequado	Projetar <i>layout</i> para minimização do transporte	
	Lotes grandes	Reduzir a movimentação de material	
	Produção com grande antecedência		
3. Estoque	Aceitar superprodução	Sincronizar o fluxo Reduzir <i>setups</i>	
	Produto obsoleto	Reduzir <i>lead times</i> Realizar a produção acompanhando a demanda	
	Grande flutuação da demanda	Promover a utilização de projeto modular dos produtos	
		Reduzir os demais tipos de desperdícios	
4. Esperas	Espera por materiais	Sincronizar o fluxo de material	
	Espera por informações	Balancear a linha com trabalhadores flexíveis	
	<i>Layout</i> inadequado	Realizar manutenção preventiva	
	Imprevistos de produção		
5. Defeitos	Processos de fabricação inadequados	Utilizar mecanismos de prevenção de falhas	
	Falta de treinamento	Não aceitar defeitos	
	Matéria-prima defeituosa		
6. Processamento Inadequado	Ferramentas e dispositivos inadequados	Analisar e padronizar processos	
	Falta de padronização		
	Material inadequado	Garantir a qualidade do material, ferramentas e dispositivos	
	Erosão ao longo do processo		
7. Movimentação Excessiva	<i>Layout</i> inadequado	Realizar estudo de movimentos	
	Padrões inadequados de ergonomia	Reduzir deslocamentos	
	Disposição e/ou controle inadequado de peças, matéria-prima, material de consumo, ferramentas e dispositivos	Itens perdidos	Adotar sistemas de controle pertinentes

#### 2.1.4 Mapeamento do Fluxo de Valor

De acordo com Rother & Shook (1999), "um fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto, como o fluxo de produção, desde a matéria-prima até os braços do consumidor, ou o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento".

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta necessária na implementação da Produção Enxuta devido aos seguintes fatores (ROTHER & SHOOK, 1999):

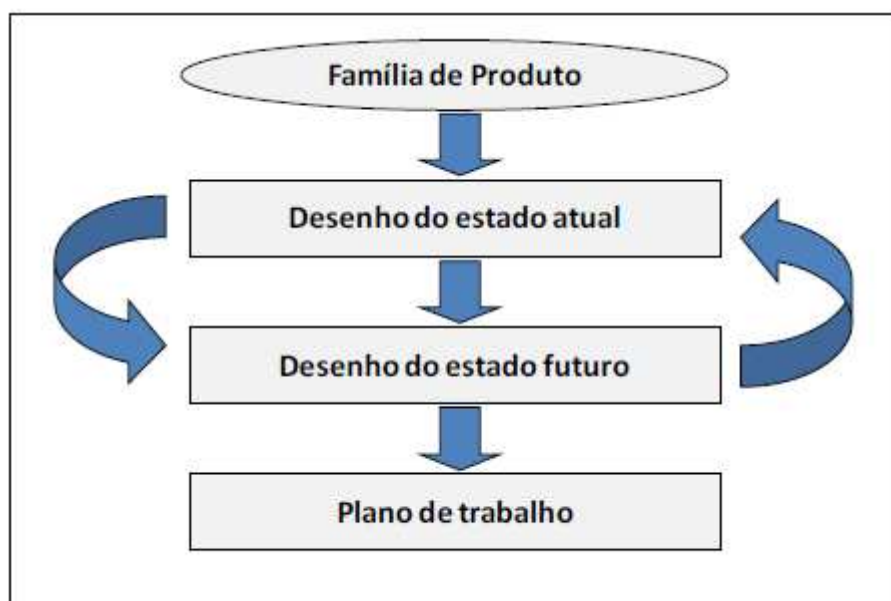
- Auxilia na visualização do fluxo como um todo e não apenas dos processos isolados e desconectados
- Ajuda a identificar os desperdícios e também as fontes desses desperdícios
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis e facilita a discussão de todas as pessoas envolvidas
- Forma a base de um plano para a implementação enxuta
- É a única ferramenta que mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de materiais

O Mapa de Fluxo de Valor é um método utilizado para analisar e diagnosticar a situação atual além de auxiliar no planejamento da situação futura de uma empresa.

É através dele que os gestores da empresa podem enxergar as oportunidades de melhoria na situação atual e projetar a situação futura com as ferramentas certas para atacar cada tipo de desperdício.

A forma de utilização da ferramenta é apresentada na Figura 4, onde são apresentadas as regras para mapeamento do fluxo de valor. Para mapear o fluxo de valor deve-se iniciar selecionando uma família de produtos. Uma família de produtos compreende em produtos que passam por processos semelhantes realizados nas mesmas máquinas.

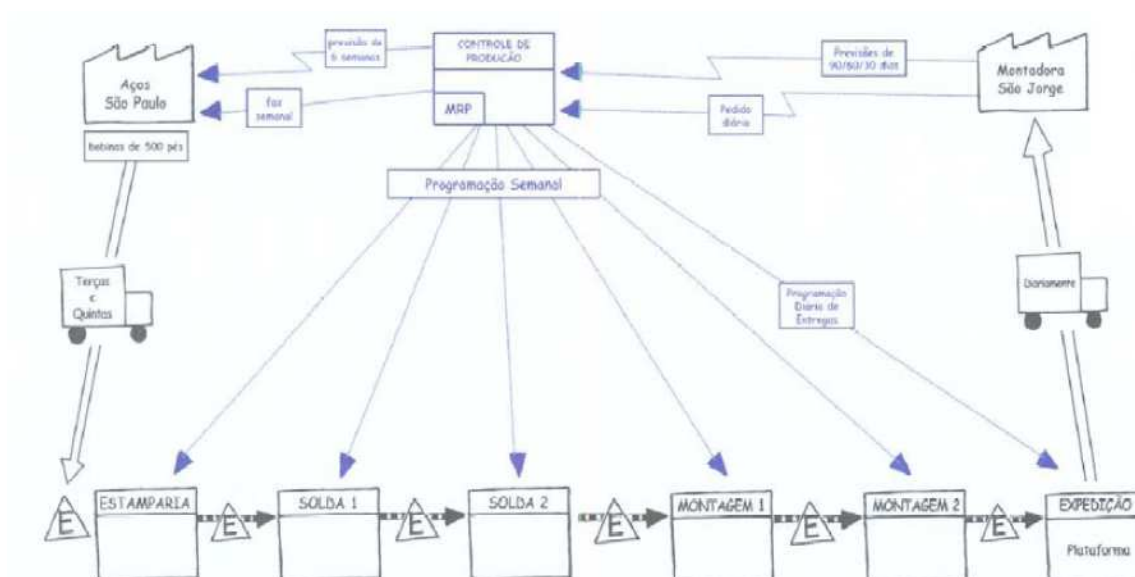
O próximo passo é desenhar o mapa de fluxo de valor da situação atual. A partir do atual deve-se projetar o mapa futuro. Por último é necessário que seja preparado um plano de ação, no qual deve ser escrito de forma bem objetiva, de como pretende chegar à situação futura (ROTHER; SHOOK, 1999).



**Figura 4 – Etapas de mapeamento do fluxo de valor**

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (1999)

Para mapear um fluxo de valor é necessário conhecer todos os processos pelos quais o produto passa, desde a entrada da matéria-prima até a expedição do produto acabado. Em seguida, é necessário que estes processos sejam desenhados em seqüência um ao lado do outro, acompanhados da representação do cliente e dos fornecedores, respectivamente no fim e no início do fluxo. O mapa deve também conter as informações dos fluxos de materiais e de informação, representados por setas específicas em cada um dos fluxos. A Figura a seguir exemplifica um mapa de fluxo de valor da situação atual:



**Figura 5 – Exemplo de um Mapa de fluxo de valor da situação atual**

FONTE: ROTHER & SHOOK, 1999.

Os mapas de fluxo de valor devem contar com algumas informações relevantes para a correta interpretação tanto da situação atual quanto da futura.

Essas informações são obtidas a partir das chamadas métricas *Lean*, definidas a seguir (ROTHER & SHOOK, 1999):

- Tempo de ciclo (T/C):

É a frequência com que uma peça ou um produto são realmente completados em um processo, cronometrada como observado. Em outras palavras é o intervalo de tempo entre a saída de dois produtos consecutivos em um processo.

- Tempo de agregação de valor (TAV):

É a somatória dos tempos dos elementos de trabalho que efetivamente transformam o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar.

- Lead Time (L/T):

É o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo do todo um processo ou um fluxo de valor, desde o começo (matéria-prima) até o fim (produto acabado).

A situação futura deve ser elaborada a partir de uma seqüência de passos importantes para o mapeamento. Esta seqüência é mostrada a seguir:

1) Calcular o Takt time: É preciso definir o *takt time* do produto em questão a partir da demanda e do tempo disponível para produção, ou seja, definir o ritmo de produção necessário para que seja possível atender a demanda.

O *Takt time* é calculado da seguinte forma:

**Takt Time** = (tempo de trabalho disponível para produzir) / (demanda do período)

2) Produzir para supermercado de produtos acabados ou para a expedição:

Produzir para a expedição implica em um sistema produtivo confiável do início ao fim do processamento. Em alguns casos, como as empresas que atuam na política *Make-to-Order* (processamento sob encomenda), a única alternativa é produzir para a expedição

3) Definir locais onde é possível estabelecer um fluxo contínuo de materiais:

Nesses locais é possível atender a demanda da forma mais eficiente possível evitando alguns dos principais desperdícios, como superprodução e estoques.

4) Definir locais onde é necessário instalar sistemas de controle para fluxos puxados: Nos locais onde há a produção em lotes e não é possível aplicar o fluxo contínuo é necessário implementar supermercados de materiais. Esses supermercados visam que o processo anterior só produza o quê, quando e quanto o processo anterior necessita.

5) Definir o processo puxador: É necessário definir qual o único processo do fluxo que deverá ser programado. Esse processo é chamado de processo puxador e é ele que dita o ritmo dos demais processos. Este ponto é o último processo onde existe a produção puxada. A partir dele só deve existir transferências de materiais através de fluxo contínuo ou linhas FIFO.

6) Nivelar o mix de produção no processo puxador: Quanto mais se nivela o *mix* de produção no processo puxador mais eficiente é a resposta às diferentes solicitações de clientes.

7) Nivelar o volume de produção no processo puxador: Assim como o nivelamento do *mix* de produção, o nivelamento do volume de produção aumenta a chance de conseguir responder às diferentes solicitações dos clientes. Para nivelar o *mix* e o volume de produção é normalmente utilizado o *heijunka box*. O *heijunka box* é um quadro onde é mostrada a programação do processo puxador. Para cada

incremento *pitch* está programado para ser produzido um determinado produto. Um incremento *pitch* é dado pela multiplicação do *takt time* do produto pela quantidade de produtos em uma embalagem.

8) Desenvolver a habilidade de fazer “toda peça todo dia”: Registra-se o tamanho do lote ou o TPT nas caixas de dados dos processos no mapa do fluxo de valor futuro. TPT significa “toda peça todo” ou “toda peça a cada”. Este valor descreve com que frequência um processo produz um determinado tipo de produto, ou seja, é o intervalo de tempo entre o início da produção de um lote de um tipo de produto e o início da produção do lote do mesmo tipo de produto novamente, depois de fabricar os outros tipos de produtos, fechando o ciclo do *mix* de produção.

Em empresas com alta variedade de produtos, após mapear o fluxo de valor para cada família de produtos, nos deparamos com diversos mapas; nestes casos o mapeamento perde umas das suas principais vantagens: a visibilidade e simplificação dos processos como um todo. Outro ponto negativo é a questão de que o mapeamento do fluxo de valor desconsiderar o layout industrial e a proposição de alternativas para implantação do estado futuro como cronograma, capacitação e treinamento.

## 2.2 Planejamento e Controle de Produção

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2001), planejar é “entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro” e essa função da produção esta contida no sistema de administração da produção.

Para atingir os objetivos determinados, o sistema de planejamento e controle da produção de uma empresa possui como funções, segundo VOLLMAN (1997):

- Previsão de demanda
- Planejamento agregado
- Programação mestra
- Planejamento e capacidade
- Planejamento de materiais

- Emissão de ordens
- Programação e controle da produção

Segundo Corrêa e Giansesi (1993), essas atividades afetam diretamente os níveis de desempenho do sistema de produção em relação aos aspectos de desempenho competitivo supracitados.

Recentemente as atividades que um sistema de administração da produção executa passaram a ser consideradas estratégicas, uma vez, que eram consideradas atividades operacionais.

Adiante a função programação e controle da produção será detalhada, sendo esta uma das funções mais relevantes para este trabalho.

### 2.2.1 Programação e Controle da Produção

Segundo Moura Jr. (1996), “a atividade de programação deve determinar quais os prazos para que as atividades sejam cumpridas através de informações relativas à disponibilidade de equipamentos, matérias-primas disponíveis, tempos de processamento”.

A atividade programação e controle da produção têm por finalidade satisfazer o plano de materiais e o programa mestre de produção acionando a fábrica na execução de operações de fabricação dos itens e produtos conforme as quantidades e prazos necessários (SCARPELLI, 2006).

Segundo Martins (1993), os objetivos da programação e sequenciamento da produção são:

- Aumentar a utilização dos recursos;
- Reduzir o estoque em processo;
- Reduzir os atrasos no término dos processamentos;

Segundo Gaither e Frazier (2002), há duas formas de elaborar a programação da produção considerando as tarefas atribuídas nos centros de trabalho:

- Carga finita: usada quando as capacidades dos centros de trabalho são alocadas dentre uma lista de tarefas. Essa abordagem está ligada ao CRP e, nela, a

capacidade de cada centro de trabalho é alocada para as tarefas hora a hora, evitando que haja sobreposição de tarefas nos centros de trabalho;

- Carga infinita: usada quando as tarefas são atribuídas a centros de trabalho desconsiderando as capacidades desses centros. Nessa abordagem é abandonado o CRP e, a menos que a empresa tenha capacidade excessiva, filas de tarefas à espera ocorrem nos centros de trabalho.

Ainda Gaither e Frazier (2002) elencam algumas regras de sequenciamento baseadas nas diferentes formas de priorizar um item para alocar recurso:

- Primeiro a entrar, primeiro a ser entendido: a tarefa seguinte é aquela que chegou primeiro em relação às tarefas a serem seqüenciadas;

- Menor tempo de processamento: a tarefa seguinte é aquela com menor tempo de processamento entre as tarefas a serem seqüenciadas;

- Mais urgente data de vencimento: a tarefa seguinte é aquela com data de vencimento mais urgente;

- Menor folga: a tarefa seguinte é aquela com menor folga, ou seja, tempo até a data de vencimento menos tempo total de produção restante;

- Razão crítica: a tarefa seguinte é aquela que apresenta a menor razão crítica, ou seja, o tempo até a data de vencimento dividido pelo tempo total de produção restante;

- Menor custo de preparação: a sequencia de tarefas é definida considerando a que apresenta o menor custo total de preparações de máquinas entre as tarefas.

A atividade de controle da produção possui o objetivo de coletar os dados referentes a informações importantes da produção como horas trabalhadas, índice de refugos, quantidade de materiais utilizados, horas paradas e suas respectivas causas. Além da função de coletas de informações, o controle de produção deve avisar, caso haja algum desvio, para as funções de Programação Mestre de Produção, Planejamento de Materiais ou Programação da Produção para que alguma ação seja tomada (MOURA JR., 1996).

Existem várias ferramentas para o planejamento e controle da produção, esta varia de acordo com a variedade de produtos e/ou pelo volume de produção de cada empresa. Para Slack et al. (1999) os principais tipos de PCP utilizados pelas empresas e surgidos nas últimas décadas são Jus in Time (JIT), MRP II e Tambor-

Pulmão-Corda (TPC). Adiante serão discutidas cada ferramenta e outras mais que possam ser utilizadas para o planejamento e controle da produção.

### 2.2.2 MRP II

O modelo MRP cuja sigla significa Material Requirements Planning foi criado nos anos 60 e de acordo com Slack et al. (1999), “permite que as empresas calculem quantos materiais de determinado produto são necessários e em que momento”, ou seja, calcular, a partir das necessidades (quantidades e datas) de produtos finais e das estruturas de produto, as necessidades de itens de demanda dependente, ou seja, componentes e materiais (CORRÊA E GIANESI, 1993).

Corrêa e Gianesi (1993) destacam que o cálculo de MRP é realizado a partir de algumas informações, entre elas:

- Demanda: caracterizada pelas quantidades e datas das necessidades dos clientes.
- Estrutura de produtos: mostra todos os componentes que formam um produto final, com suas respectivas quantidades e suas relações de pais e filhos. Entende-se por item pai aquele que é formado por componentes que são, por sua vez, chamados de itens filhos.
- Lead time: tempo necessário para ressuprir um item, o tempo necessário para comprar ou fabricar um item.

A tabela 02 apresenta um modelo de registro do MRP, onde os recebimentos programados correspondem às ordens em andamento na fábrica e ordens e recebimentos devem ser planejados para evitar que o estoque projetado seja zero ou negativo ao longo do período. Um ordem deixa de ser planejada e passa para programada no momento em que é liberada para a fábrica (LAURINDO e MESQUITA, 2000).

Tabela 2 – Modelo de registro do MRP

Fonte: O autor

Período	1	2	3	4	5	6	7	8
Necessidades Brutas	100	80	100	50	80	50	100	40
Recebimentos Programados		200						
Estoque Projetado	170	70	190	90	40	60	10	60
Recebimentos Planejados					100		150	
Ordens Planejadas			100		150			

*“Lead time” – 2 períodos.*

O modelo MRP é inicialmente gerado através do programa mestre de produção (MPS) que apresenta a necessidade de cada produto final a fim de atender a demanda do período (LAURINDO E MESQUITA, 2000). Ao “explodir a demanda”, ou seja, a partir de input do MPS é calculada a quantidade dos itens filhos necessária para produzir toda a demanda dos itens pais e define uma necessidade bruta para cada item, seja ele filho ou pai. A partir daí, são comparadas as necessidades dos itens, com a quantidade projetada de estoque para o período chegando, assim, na necessidade líquida, ou seja, aquela que realmente deve ser requisitada, através de planejamento de ordens (CORRÊA e GIANESI, 1993).

### 2.2.3 Kanban

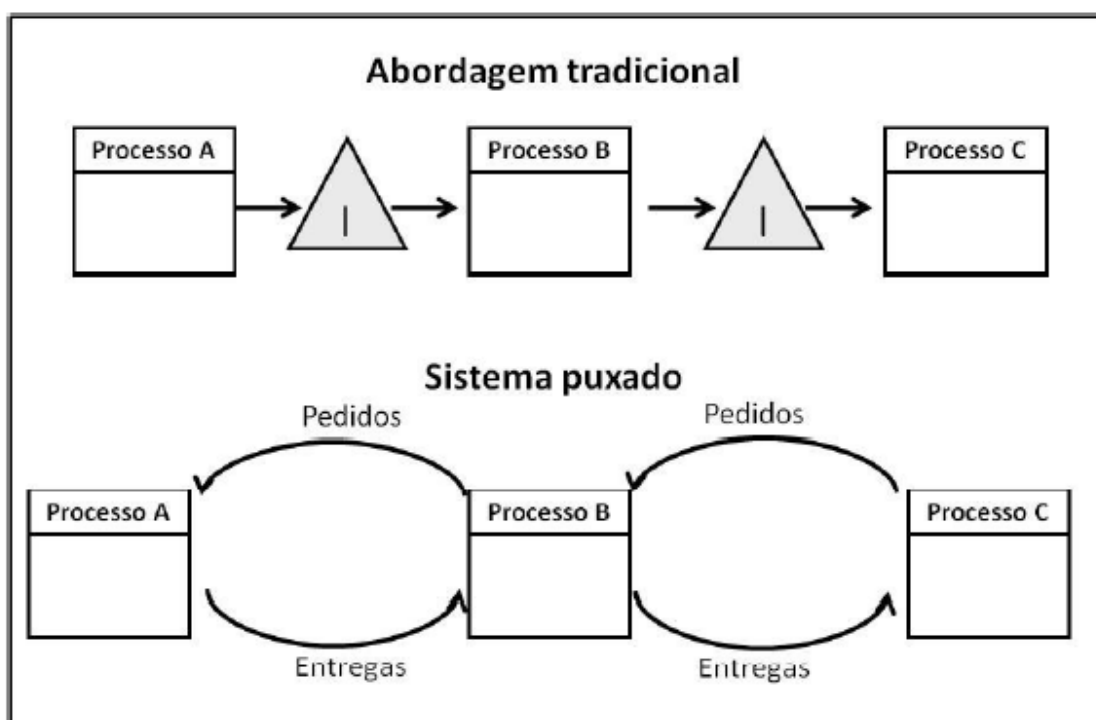
Um das principais formas de operacionalização do sistema puxado de produção é o sistema kanban que é considerado uma das principais ferramentas do Just in time, surgiu na Toyota nos anos 70 como uma forma de administrar a produção coordenando-a com a demanda do cliente (CORRÊA E GIANESI, 1993).

O termo kanban pode ser traduzido do japonês como cartão ou sinal. O kanban é uma forma de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado (SLACK et al., 1999).

Este sistema funciona através de cartões que informam qual produto será produzido, dá autorizações de produção, de transporte e informa a localização de componentes, somente quando há os cartões kanban é que são produzidas ou

retiradas peças de um processo ou estoque, e sempre na quantidade fixada nos mesmos.

Segundo Slack et al. (1999), embora as abordagens tradicional e o sistema puxado busquem uma alta eficiência da produção, elas fazem isso de maneira distinta. A abordagem tradicional busca a eficiência de cada processo protegendo-o de qualquer parada causada por um processo anterior através de estoques amortecedores, conforme figura 06. Já a abordagem Just in time visa expor os problemas do sistema de modo a deixá-los evidentes e gerar ações de maneira a corrigi-los. Dessa forma, no JIT são produzidas peças em um estágio somente quando o próximo estágio necessitar.

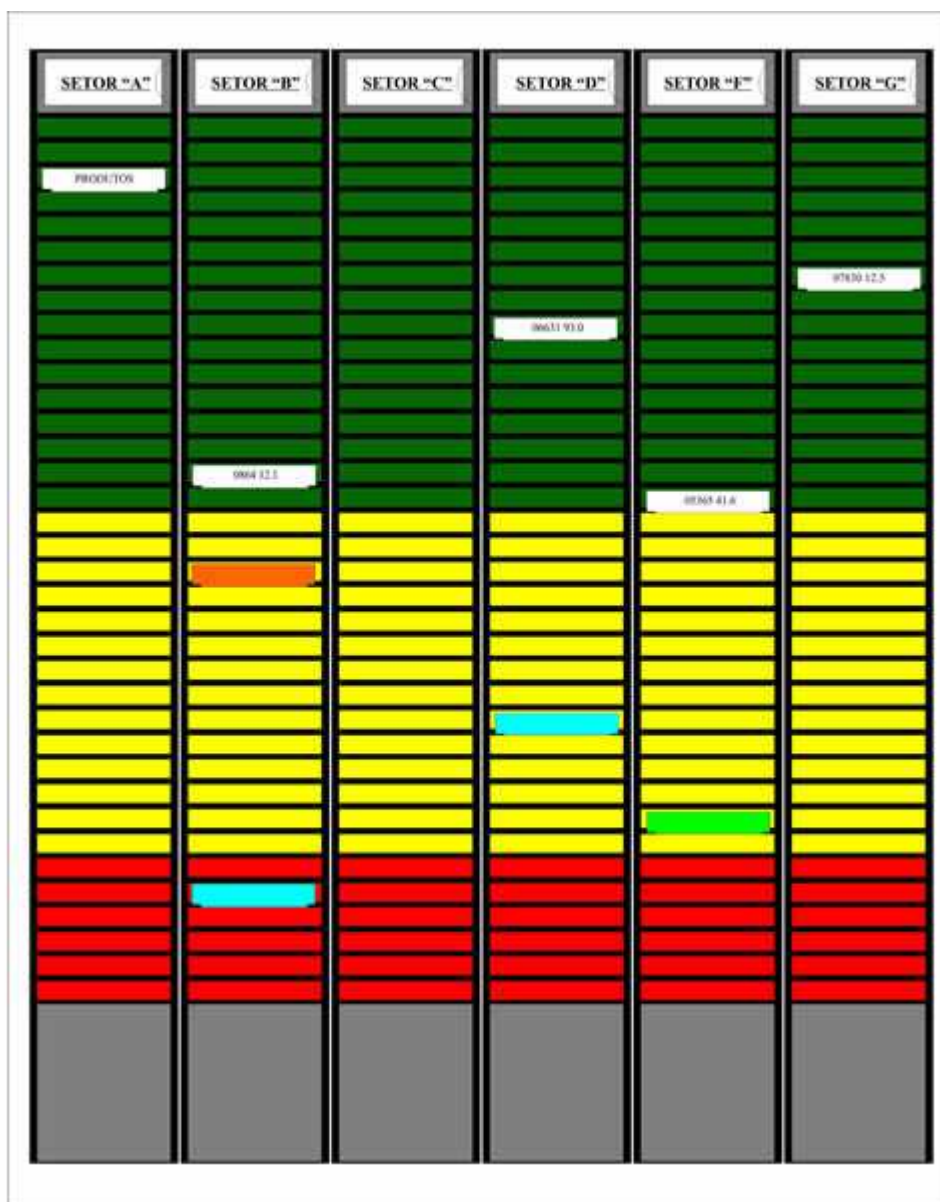


**Figura 6 – Diferença entre a abordagem tradicional (sistema empurrado) e o sistema puxado**

Fonte: Adaptado de Slack et al. (1999)

Para controlar os cartões kanban são utilizados quadros que armazenam os cartões quando estes não estão anexados às peças, muitas das vezes, os quadros kanban estão localizados próximo ao processo fornecedor, ou seja, processo anterior. Os quadros kanban são ferramentas complementares ao sistema kanban e são organizados a fim de informar os operadores sobre a situação do estoque dos itens e sobre quais itens devem ser priorizados na produção (TARDIN, 2001).

Abaixo exemplo de quadro kanban é mostrado na Figura 07:



**Figura 7 – Modelo de quadro Kanban**

Fonte: O autor

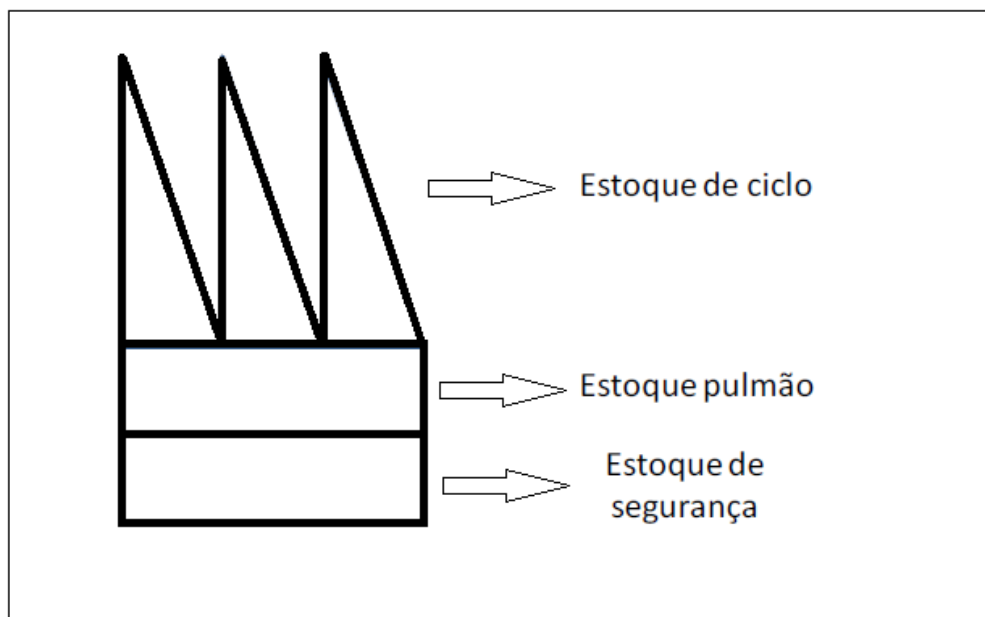
O quadro kanban é formado por três faixas coloridas (verde, amarelo e vermelho) os cartões são colocados, conforme chegam no quadro, da faixa verde, passando pela amarela e, por ultimo, na vermelha. Quando o operador produz determinada peça, um ou mais cartões referente a ela são retirados do quadro e anexados junto às peças. A retirada dos cartões acontece em ordem inversa à colocação, ou seja, cartões são retirados primeiro da faixa vermelha e assim por diante. Cada faixa colorida do quadro é definida baseado no dimensionamento dos

supermercados, que são os estoques dimensionados que estão presentes no sistema kanban. Vejamos uma abordagem de dimensionamento dos supermercados.

#### 2.2.4 Dimensionamento de Supermercados

Para Smalley (2004) devemos levar em consideração para o dimensionamento dos supermercados três tipos de estoques: estoque de ciclo, estoque pulmão e estoque de segurança, conforme mostra a Figura 8.

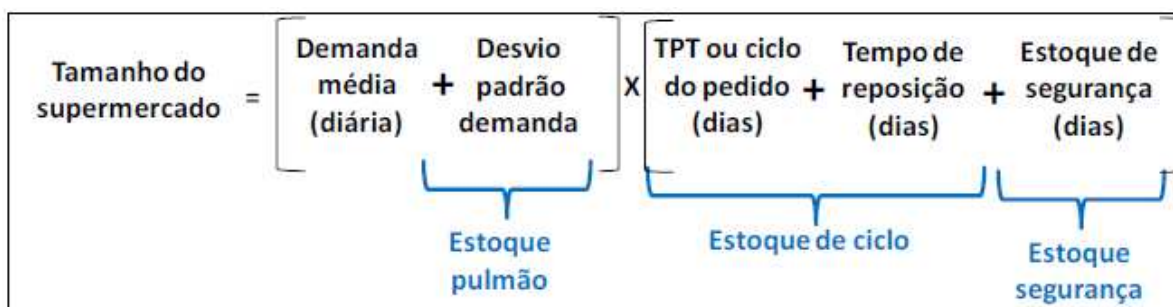
O estoque de ciclo representa a quantidade necessária para atender a demanda média do produto e é calculado pela multiplicação entre lead time de reposição do item e sua demanda média diária. O estoque pulmão esta presente para cobrir a variação de demanda do cliente e sua forma de calculo é através do conceito estatístico de desvio padrão. O estoque de segurança esta presente para cobrir a demanda quando há problemas internos como retrabalhos e quebras de maquinas, e deve ser estimado de acordo com o tempo necessário da produção para responder aos problemas que ocorrem (SMALLEY, 2004).



**Figura 8 – Tipos de Estoques**

Fonte: Adaptado de Smalley (2004)

A Figura 09 apresenta uma fórmula de cálculo do dimensionamento dos supermercados elaborada por Nazareno (2008), onde além de atender ao conceito apresentado por Smalley (2004), incorpora o conceito TPT (Toda parte Toda) nos cálculos.



**Figura 9 – Cálculo de dimensionamento de supermercados.**

Fonte: Adaptado de Nazareno (2008)

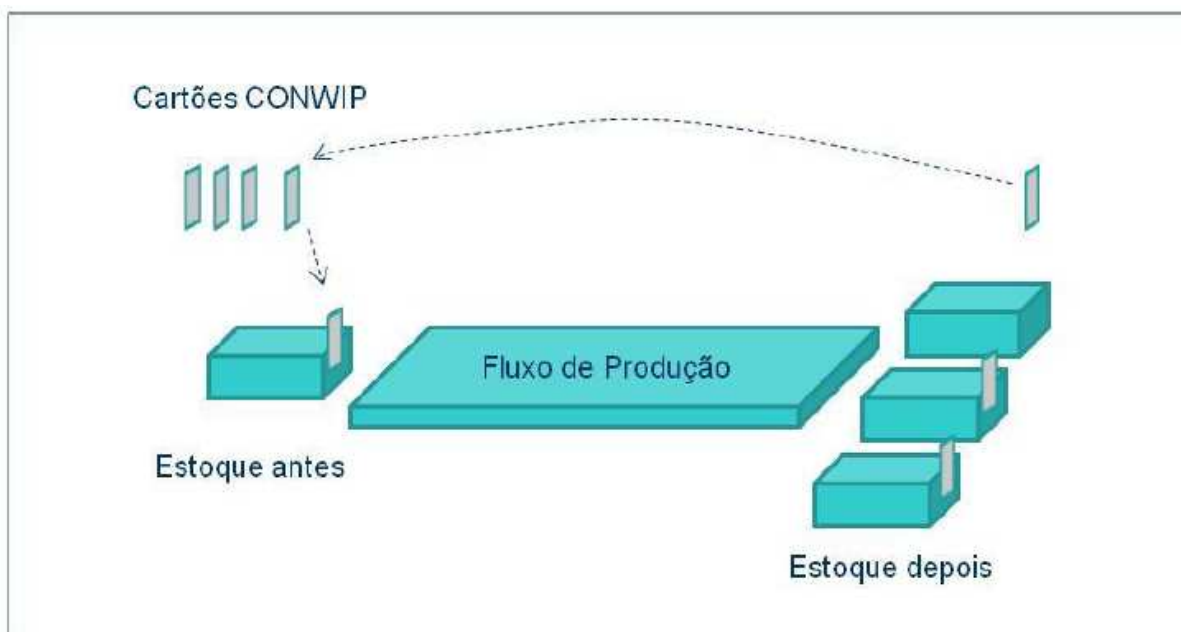
### 2.2.5 Conwip

O CONWIP segundo Hopp e Spearman (1996), é um método de produção puxada, pois, há uma diferença fundamental entre um sistema puxado e um sistema empurrado, onde, sistemas empurrados controlam a quantidade produzida e observam o WIP, enquanto que sistemas puxados controlam o WIP e observam a quantidade produzida.

Uma forma de estabelecer um limite para o WIP é utilizar o CONWIP, que consiste em permitir que uma nova unidade de produção entre no fluxo, ou sistema, somente quando outra unidade de produção tenha sua produção concluída. Dessa forma, há sempre uma mesma quantidade unidades de produção no sistema e, por esse motivo, é dado ao método o nome de Constant Work in Process (HOPP e SPEARMAN, 1996).

A figura 10 mostra a forma de operacionalização do método CONWIP, onde são utilizados cartões que representam unidades de produção. Um cartão é anexado à(s) peça(s) que representam uma unidade de produção assim que essas entram no fluxo produtivo. Cada vez que alguma unidade de produção termina de ser processada no fluxo, o início do processo recebe o cartão que estava anexado à

unidade de produção concluída e, com isso, autoriza que uma nova unidade de produção seja iniciada (BOKHORST; SLOMP; GERMS, 2009).



**Figura 10 - Utilização de cartões no CONWIP**

Fonte: Adaptado de Hopp e Spearman (1996)

### 2.2.6 Tambor, Pulmão e Corda

A Teoria das Restrições sugere um modelo de programação da produção chamado Tambor – Pulmão – Corda (TPC).

Segundo Goldratt (1991), entende-se por restrição “qualquer coisa que impeça o sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta”. A Teoria das Restrições trata a empresa como um sistema, um conjunto de elementos interdependentes cujos esforços conjuntos determinam o desempenho global, e a sua capacidade é limitada por um recurso, denominado recurso restrição (CORBETT, 1997).

De acordo com Umble e Srikanth (2001), o método TPC programa a produção partindo do pressuposto de que existem apenas poucos recursos com restrição de capacidade, chamados de RRCs, que impõe o ritmo de produção da fábrica inteira. A esses recursos é dado o nome de “tambor”. Para evitar que a produção de um RRC seja comprometida por falta de peças, é criado um estoque

antes dele para protegê-lo; a esse estoque é dado o nome de “pulmão”. Para evitar um aumento descontrolado no nível de estoque em processo, o material programado é liberado para a fábrica no mesmo ritmo que o RRC consome material; a esse procedimento é dado o nome de “corda”.

Este método TPC apresenta um processo decisório em cinco passos os quais são:

1. Identificar a restrição do sistema
2. Explorar a restrição do sistema
3. Subordinar tudo o mais à decisão acima
4. Elevar a restrição do sistema
5. Se em algum passo anterior a restrição for quebrada voltar ao passo 1

A utilização desse processo tem como objetivo dar enfoque as restrições do sistema, pontos os quais realmente determinam a capacidade do mesmo.

Há uma diferença entre recurso gargalo e RRC. Em um sistema produtivo pode não haver gargalos reais, ou seja, todos os centros produtivos estão superdimensionados em relação à demanda, porém, sempre haverá um recurso que restringirá a produção, que é chamado de RRC. Se, no sistema produtivo, mais de um recurso for gargalo, ou seja, tenha sua capacidade inferior à demanda, será considerado o RRC aquele recurso que estiver mais sobrecarregado (CORRÊA e GIANESI, 1993).

O primeiro passo é identificar uma restrição. Nesse caso, a restrição é o RRC. O segundo passo é explorar a restrição, Souza (2005) e Corrêa e Gianesi (1993), identificam ações para melhorar aproveitar este recurso:

- Evitar que o RRC fique parado durante paradas como trocas de turnos ou refeições;
- Inspecionar rigorosamente para que o RRC não processe peças defeituosas
- Focalizar esforços de manutenção preventiva e prioridade de manutenção corretiva no RRC;
- Outras ações que evitem que o RRC desperdice tempo de produção.

O terceiro passo é programar a produção iniciando pelo RRC, pois é esse o ponto que precisa “bater o tambor”. A capacidade do RRC é preenchida por completo para atingir o máximo fluxo possível do sistema produtivo. A partir daí, é definida uma melhor seqüência para as atividades, de acordo com as datas dos pedidos.

O quarto passo é tentar aumentar a capacidade do RRC para aumentar a capacidade do sistema. Após somente todas as ações para explorar o RRC forem realizadas, é que se deve ser realizado este passo, pois, esse aumento pode aumentar as despesas operacionais.

O quinto e último passo é verificar se durante o primeiro e quarto passo o RRC passa a ser outro processo. Caso aconteça, a seqüência de passos deve ser reiniciada.

Para aumentar a capacidade do seu sistema é necessário fazer melhorias apenas no recurso restrição, ou seja, otimizações isoladas, em recursos que não são restrições do sistema, não conduzem à otimização global do sistema.

### 2.3 Nivelamento de Produção

O nivelamento de produção é uma prática que possibilita a minimização do desperdício de superprodução (MENEGON, NAZARENO e RENTES, 2003). Dessa forma, é possível que a empresa diminua o tempo de resposta ao cliente sem a necessidade de ter grandes quantidades de produtos em estoque (TARDIN, 2001).

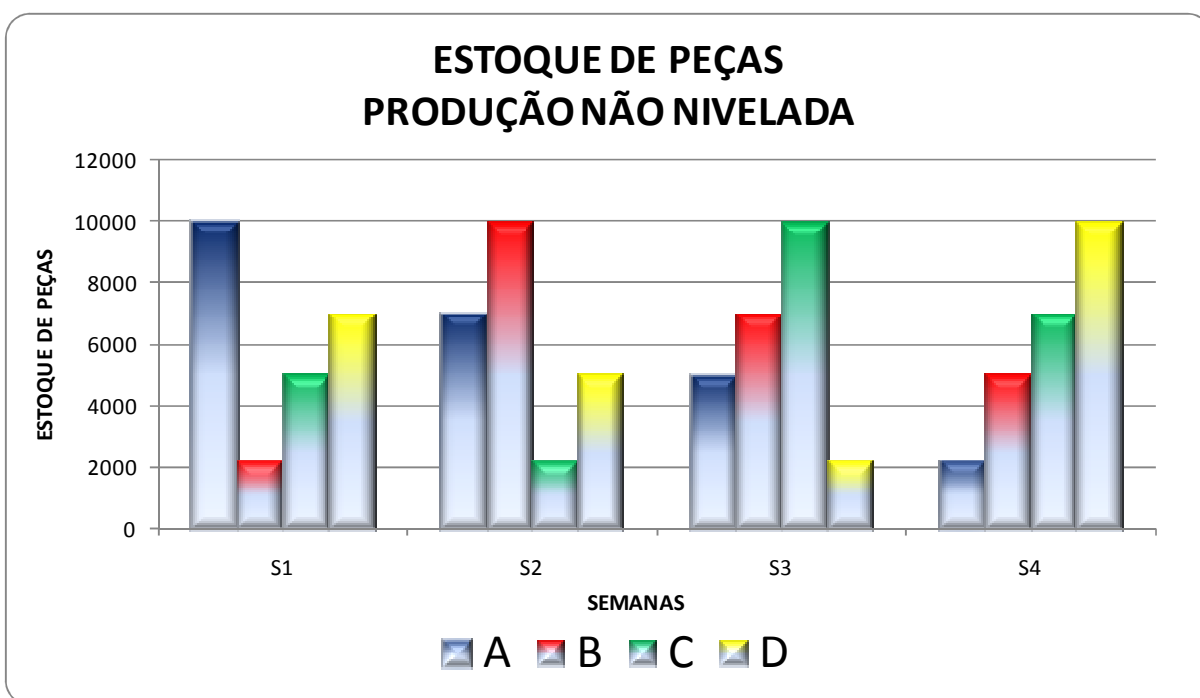
Duggan (2002) propõe que, produzir de maneira nivelada significa produzir uma variedade de produtos através de um mesmo fluxo de valor de acordo com a necessidade do cliente, ou seja, produzir e entregar a quantidade correta do produto escolhido pelo cliente no momento que o cliente deseja.

Heijunka é a palavra utilizada para o nivelamento de produção de forma a manterem-se constantes ao longo do tempo o mix e o volume de produtos (SLACK, 2002). Não fabrica produtos de acordo com o fluxo real de pedidos dos clientes, o que pode subir e descer drasticamente, mas toma o volume total de pedidos em um período e nivela-os para que a mesma quantidade e combinação sejam produzidas a cada dia (Jeffrey Liker, 2005)

Segundo Rother e Shook (1999). “agrupar os mesmos produtos e produzi-los todos de uma vez, dificulta o atendimento dos clientes que querem algo diferente do lote que está sendo produzido”. O fato de produzir lotes maiores reduz a troca de ferramentas nos equipamentos. Por outro lado, produzir lotes maiores implica em estoques maiores de produtos a fim de atender a demanda do cliente ou no aumento do lead time de processamento causado principalmente por lotes esperando o processamento de outras peças (ROTHER e SHOOK, 1999).

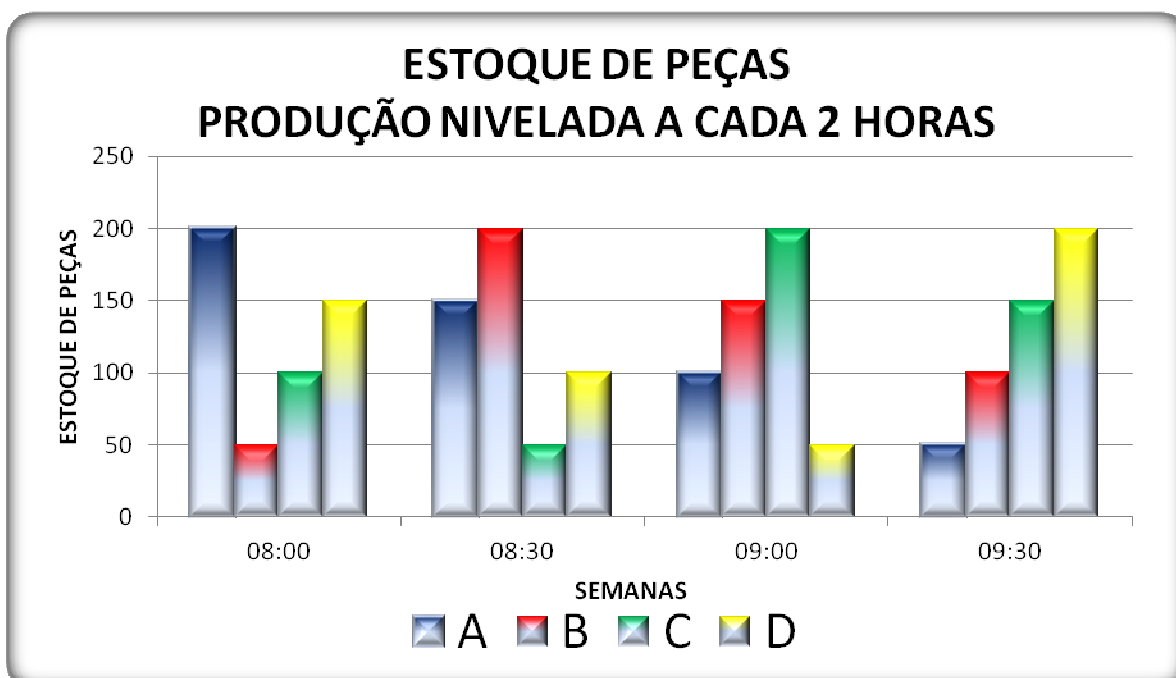
A demanda do cliente, em geral, é desnivelada e a tarefa de torná-la nivelada é complexa, já que não é possível decidir pelo cliente a quantidade, o produto e o momento que ele deseja, apesar de haverem algumas técnicas que visam suavizar a variação de demanda. Dessa forma, é propício que haja ferramentas de nivelamento para evitar que essa variação da demanda do cliente aconteça também no processo produtivo (DUGGAN, 2002).

Vejamos um exemplo do impacto do nivelamento no nível de estoque da empresa, apresentado por Park (1993, apud Tardin, 2001). Suponhamos uma demanda mensal de 10.000 peças para cada um de quatro produtos distintos (A, B, C e D). O gráfico 1 mostra o nível de estoque considerando que todas as peças sejam produzidas em ciclos mensais, ou seja, cada peça é produzida uma vez no mês. Já o gráfico 2 mostra o nível de estoque considerando que todas as peças possam ser produzidas em ciclos de 2 horas, onde as trocas de ferramentas aumentariam e os níveis de material em processo e produtos produzidos em estoque seriam reduzidos.



**Gráfico 1 – Nível de estoque em uma produção não nivelada**

Fonte: Adaptado de Tardin (2001)



**Gráfico 2 – Nível de estoque em uma produção nivelada a cada 2 horas**

Fonte: Adaptado de Tardin (2001)

Dessa forma, quanto menor o intervalo em que todas as peças são produzidas mais nivelada é a produção. O nivelamento que acontece no processo puxador torna toda a carga do fluxo também uniforme (TARDIN, 2001).

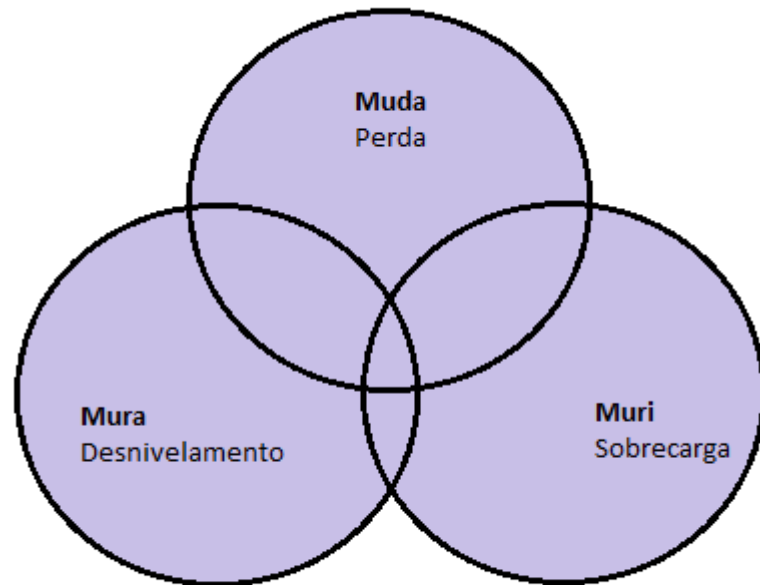
Segundo Ohno (1997), o “STP, porém, exige produção nivelada e os menores lotes possíveis, mesmo que isso pareça contrário à sabedoria convencional”. Produzir em pequenos lotes significa que não podemos operar com uma prensa por muito tempo. Para responder à estonteante variedade dos tipos de produto, a matriz deve ser mudada com frequência. Conseqüentemente, os procedimentos de troca de ferramentas devem ser executados rapidamente (OHNO, 1997).

Segundo Jeffrey Liker (2005), os administradores e funcionários da Toyota usam o termo japonês “muda” quando falam sobre perdas, e a eliminação de “muda” é o foco da maioria dos esforços para fabricação enxuta. Mais dois Ms são também importantes para o trabalho enxuto, e todos encaixam-se como um sistema, conforme mostrado na figura XX. Os três Ms são:

- Muda – nenhuma agregação de valor. O M mais conhecido trata-se de atividades supérfluas que aumentam os lead times, causam movimentos extras para obter peças ou ferramentas, criam excesso de inventario/estoques ou resultam em alguma forma de espera.

- Muri – sobrecarga de pessoas ou de equipamento. Em alguns aspectos, este M encontra-se na extremidade oposta à do muda. Muri significa colocar uma máquina ou uma pessoa além de seus limites naturais. A sobrecarga de pessoas resulta em problemas de segurança e de qualidade. A sobrecarga do equipamento causa interrupções e defeitos.

- Mura – desnivelamento. Pode ser visto como a resolução dos outros dois Ms. Em sistemas de produção normais, às vezes há mais trabalho do que as pessoas ou máquinas podem realizar e outras vezes há falta de trabalho. O desnivelamento resulta de um programa de produção irregular ou de volumes de produção flutuantes devido a problemas internos, como paralisações, falta de peças ou defeitos. Muda é resultado de mura. O desnivelamento da produção significa que será necessário ter a Mão o equipamento, os materiais e as pessoas para o mais alto nível de produção – mesmo se as exigências normais forem muito menores.



**Figura 11 – Os três Ms**

Fonte: Jeffrey Liker (2005)

### 2.3.1 Takt-Time

O takt time pode ser entendido como o ritmo que a fábrica deve seguir para atender a demanda dos clientes, conforme mostra a equação abaixo:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por período}}{\text{Demanda do cliente por período}}$$

Segundo Rother e Shook (1999), o takt time é utilizado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de vendas e esse valor pode ser interpretado como o tempo máximo para produzir uma única peça, por em todos os recursos do fluxo de valor, a fim de atender toda a demanda do cliente.

O conceito do takt time não pode ser considerado sozinho e sim considerando esse valor com o tempo de ciclo dos produtos, que nada mais é o

tempo transcorrido entre a saída de uma peça e a saída da seguinte (ROTHER e SHOOK, 1999).

O takt time não considera a capacidade de produção para ser calculado, os dados utilizados são os dados de demanda e tempo disponível. Quando o tempo de ciclo é maior do que o takt time, o processo não consegue atender à demanda do cliente; quando ocorre o contrário, takt time maior que o tempo de ciclo, pode ocorrer excesso de produção, pois, é possível produzir mais do que a demanda.

Podemos dizer então, que o tempo de ciclo é um limitante para o takt time, nessa condição, a capacidade de um recurso pode fazer com que o valor assumido pelo takt time seja alterado para um takt time efetivo, ou seja, aquele que é possível ser cumprido, caso não haja capacidade para cumprimento do takt time. Segundo Alvarez e Antunes Jr. (2001), o takt time efetivo é sempre limitado, seja pela capacidade (pelo tempo de ciclo), ou seja, pela demanda (pelo takt time calculado).

Alvarez e Antunes Jr. (2001) definem ainda que este conceito deve estar vinculado ao processo de planejamento e controle de produção, pois é uma forma de evitar que o sistema seja sobrecarregado em momentos de pico mesmo tendo condições globais de atender a demanda do cliente. Ou ainda, a utilização do takt time na gestão do fluxo de materiais tem como objetivo clarear as oportunidades de melhoria para a fábrica, a partir da identificação dos processos que restringem a capacidade da fábrica.

### 2.3.2 Pitch

O Pitch é calculado multiplicando-se o takt time pela quantidade de peças em uma embalagem. Este intervalo representa o tempo necessário para o processo puxador produzir uma embalagem de peças.

Em um exemplo onde o takt time é de 54 segundos e cabem 10 peças em uma embalagem, o pitch é de 540 segundos (9 minutos), ou seja, a cada 9 minutos uma embalagem deverá ser programada. Dessa forma, é possível acompanhar se a produção está seguindo o ritmo determinado pelo takt time. Ou seja, com o conceito de pitch cada embalagem deve ser produzida a cada intervalo pitch (SMALLEY, 2004).

### 2.3.3 Heijunka

Como mencionado anteriormente a palavra Heijunka define-se como nivelamento da produção em volume e em combinação (mix) de produtos (Jeffrey Liker, 2005).

Segundo Jeffrey Liker (2005), em um verdadeiro fluxo unitário de peças, podemos construir os produtos A e B na real seqüência de produção dos pedidos dos clientes (por exemplo, A, A, B, B, B, B, A, B...), porém, produzir de acordo com uma seqüência real faz com que se fabriquem peças irregularmente, uma vez que, se os pedidos da segunda-feira são duas vezes os da terça, será preciso pagar horas extras aos funcionários na segunda e dispensá-los mais cedo na terça. Para uniformizar essa situação, tomamos a demanda real do cliente, determinamos o padrão de volumes e de combinações e fazemos um plano nivelado todos os dias, como por exemplo, criar uma seqüência de produção nivelada ABABAB, onde se está produzindo cinco As para cinco Bs. Isto é chamado de produção nivelada de modelo misto, onde, é misturado a produção, mas também nivelado a demanda do cliente em uma seqüência previsível, o que distribui os diferentes tipos de produtos e nivela o volume.

A figura 12 mostra um plano desnivelado de uma planta que fabrica pequenos motores de máquinas de cortar grama, onde uma mesma linha de produção produz três tamanhos de motores – pequeno, médio e grande. Os motores médios são os mais vendidos, por isso são produzidos no início da semana. Então acontece uma troca (setup) no equipamento para a fabricação de motores pequenos, o que leva várias horas; e finalmente os motores grandes em menor demanda são fabricados (Jeffrey Liker, 2005)

Jeffrey Liker (2005) ainda destaca quatro equívocos neste plano desnivelado:

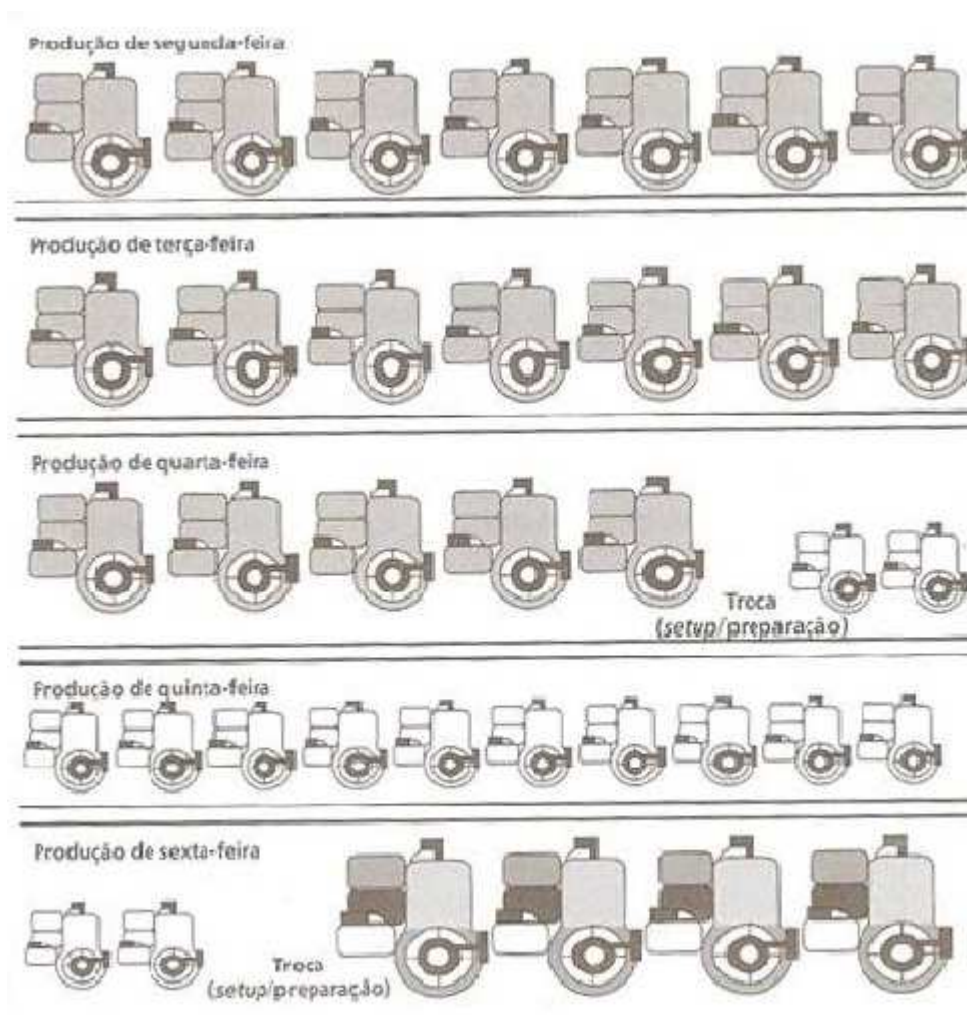
1. *O cliente geralmente não compra produtos de forma previsível.* O cliente está comprando motores médios e grandes durante a semana. Desta forma, se o cliente inesperadamente decidir comprar um número extraordinariamente grande de motores maiores no início da semana, a fábrica terá problemas, pode-se contornar

esta situação mantendo um grande estoque de todos os tipos de motores, o que levaria a um alto custo de estoque.

2. *Existe risco de não vender produtos.* Se a fábrica não vender todos os motores médios produzidos, terá que mantê-los em estoque.

3. *O uso de recursos não é equilibrado.* É muito provável que haja diferentes exigências da mão-de-obra para os diferentes modelos, com os motores maiores tomando maior parte do tempo de trabalho, desta forma, a fábrica precisa de uma quantidade média de trabalho no início da semana, menos trabalho no meio da semana e muito trabalho no final de semana. Há muito muda e mura.

4. *Colocação de uma demanda desnivelada nos processos.* Talvez esse seja o problema mais sério. Como a fábrica está comprando diferentes peças para os três tipos de motores, pedirá aos fornecedores que enviem certas peças de segunda a quarta e outras no resto da semana. A experiência nos diz que a demanda do cliente sempre muda e que a fábrica de motores será incapaz de cumprir o plano. É muito provável que haja algumas grandes mudanças/trocas nas combinações do processo, como por exemplo, um pedido urgente e inesperado de motores grandes e a necessidade de se concentrar nesse produto durante toda a semana. O fornecedor precisará estar preparado para o pior e, no mínimo, terá que manter todas as peças para os três tipos de motores em quantidade suficiente para uma semana.



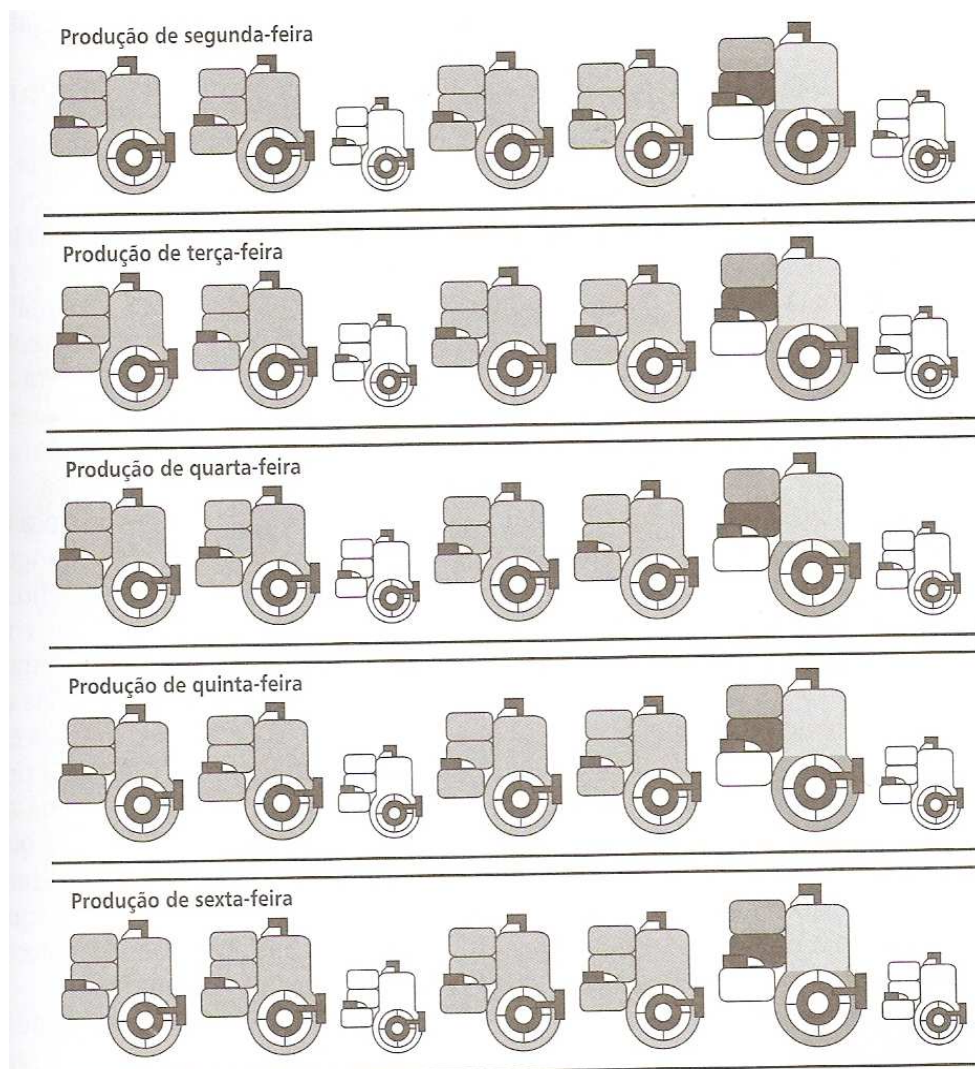
**Figura 12 – Produção tradicional (desnivelada)**

Fonte: Jeffrey Liker (2005)

Jeffrey Liker (2005), propõe um modelo de processamento por lotes, onde a meta é atingir economias de escala para cada peça individual do equipamento. A troca de ferramentas para alterar a fabricação dos produtos A e B parece causar perdas, pois não há produção durante a troca das máquinas.

Essa abordagem foi possível com uma análise cuidadosa onde se descobriu que o longo tempo de troca (setup) da linha devia-se ao movimento de colocação e retirada de peças e ferramentas, e também, paletes de diferentes tamanhos. A solução foi levar para o operador pequenas quantidades de peças de cada modelo de motor; as ferramentas foram montadas na linha de produção; e foi necessário um palete flexível que pudesse sustentar motores de qualquer tamanho. Isso eliminou completamente a troca de equipamento (setup), permitindo que a fábrica produzisse

motores de qualquer tamanho em qualquer ordem de seqüência. A figura 13 mostra como ficou o nivelamento de produção por lotes, com troca de linha mais rápida.



**Figura 13 – Produção de modelo misto (nivelado)**

Fonte: Jeffrey Liker (2005)

Segundo Jeffrey Liker (2005), quatro benefícios decorreram do nivelamento do plano de produção:

1. *Flexibilidade para fabricar o que o cliente deseja quando ele deseja.* Isso reduziu o estoque da planta e os problemas relacionados.

2. *Redução do risco de não vender os produtos.* Se a planta fabrica somente o que o cliente solicita, não precisa se preocupar em cortar custos de possuir e armazenar estoque.

3. *Uso balanceado de mão-de-obra e de máquinas.* A planta pode criar um trabalho padronizado e nivelar a produção levando em conta que alguns motores exigem menos trabalho do que os outros. Desde que um motor grande, que exige trabalho extra, não seja seguido de um outro motor grande, os funcionários conseguem dar conta das tarefas. Se a planta levar isto em consideração e mantiver o nível do plano de produção, poderá ter uma carga de trabalho flexível e balanceada ao longo do dia.

4. *Demanda uniformizada para os processos e para os fornecedores da planta.* Se a planta utilizar um sistema just-in-time para os processos e se os fornecedores fizerem varias entregas em um dia, estes terão um conjunto nivelado e estável de pedidos. Isso lhes permitirá reduzir o estoque e repassar alguns descontos para o cliente, de forma que todos poderão usufruir dos benefícios do nivelamento.

Nada disso teria sido possível se a planta não tivesse encontrado um jeito de eliminar o tempo para preparação das máquinas (setup).

#### 2.3.4 Heijunka Box

O conceito de heijunka Box surgiu na Toyota e sua primeira aplicação ocorreu no setor de manutenção a fim de criar uma gestão visual do trabalho que deveria ser realizado e disciplinar o ritmo de trabalho. A partir dessa primeira aplicação, foram criados os quadros para acompanhamento de produção (SMALLEY, 2004).

Segundo Tardin (2001) os “heijunka box são complementares ao sistema kanban, pois além de mostrarem a situação de estoque dos itens através dos cartões, ele também mostra o ritmo com que a produção deve seguir”.

A figura 14 mostra um modelo típico de quadro de nivelamento da produção, onde os cartões kanban são posicionados nos espaços de tempo disponíveis (ARAUJO, 2009). Neste modelo cada linha horizontal representa um tipo de produto e cada coluna vertical representa intervalos de tempo onde serão programados os cartões kanban.

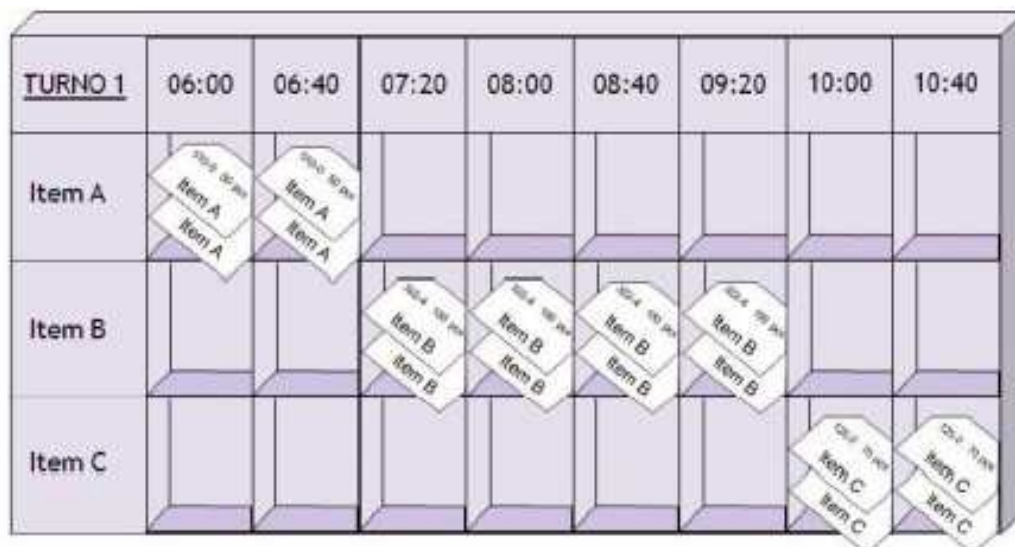


Figura 14 – Modelo de quadro de nivelamento da produção

Fonte: Araujo (2009)

### 2.3.5 Nivelamento do Plano de Produção – Papel do Estoque

O estoque tem papel importante no plano de produção nivelado. A produção enxuta nos mostra que devemos diminuir ao máximo nossos estoques e trabalharmos por pedidos. Segundo Jeffrey Liker (2005), para a maior parte de fornecedores, isto é um risco, pois não manter estoque de produtos acabados significa expor-se totalmente a qualquer variação no volume e na combinação de produtos pedidos pelo cliente. Ainda destaca, que um pequeno estoque de produtos prontos muitas vezes é necessário para proteger o plano de produção nivelado de um fornecedor contra a desorganização causada por súbitos aumentos de demanda.

Pode parecer uma perda, mas, vivendo com a perda de um estoque de alguns produtos acabados, podemos eliminar muito mais perdas em todo o processo de produção e em sua cadeia de suprimentos, se mantiver o nível de produção. Mantendo o pequeno estoque evita que, a empresa tenha que fazer fretes emergenciais, por altos preços para entrega de produtos no cliente. Por isso, empresas que aplicam com sucesso o nivelamento de produção, quase sempre

programam sua produção com uma combinação de fabricação por pedido e manutenção de um nível predeterminado de estoque de produtos acabados.

### 2.3.6 Heijunka (nivelamento da produção) em Operações de serviços

Para Liker (2005) o nivelamento de um plano de trabalho é mais fácil em um processo de fabricação de grandes volumes do que em ambientes de serviços em que tipicamente há menor volume de trabalho. Liker (2005) exemplifica como podemos nivelar um plano de uma operação de serviços onde os funcionários agem em resposta aos clientes e os prazos variam amplamente de um caso para o outro. As soluções são semelhantes às dos ambientes de fabricação:

- *Colocar a demanda do cliente em um plano nivelado.* Isto é mais comum nas operações de serviço do que possa imaginar. Por exemplo, médicos e dentistas, agendam procedimentos e nós nos adequamos aos seus horários, é por que assim, eles conseguem nivelar a carga de trabalho e ter um fluxo de renda constante. Tempo é dinheiro em operações de serviços.

- *Estabelecer tempos padronizados para a realização de diferentes tipos de serviços.* Novamente, a área medica é instrutiva. Embora todos tenham necessidades médicas diferentes, os médicos e os dentistas conseguiram estabelecer tempos padronizados para diferentes tipos de procedimento. Nós os consultamos, eles dão um diagnóstico e, então, na maioria dos casos, eles podem prever o tempo que será necessário para o seu procedimento.

Segundo Liker (2005) é possível nivelar o cronograma em operações de serviços. Mas há algumas exigências básicas, como, seguir os princípios de processo – fluxo, sistema de puxar, padronização e até a administração visual, para controlar os tempos de produção. A padronização é fundamental para controlar os tempos e também para colocar e retirar pessoas dos projetos a fim de acompanhar os picos de carga de trabalho.

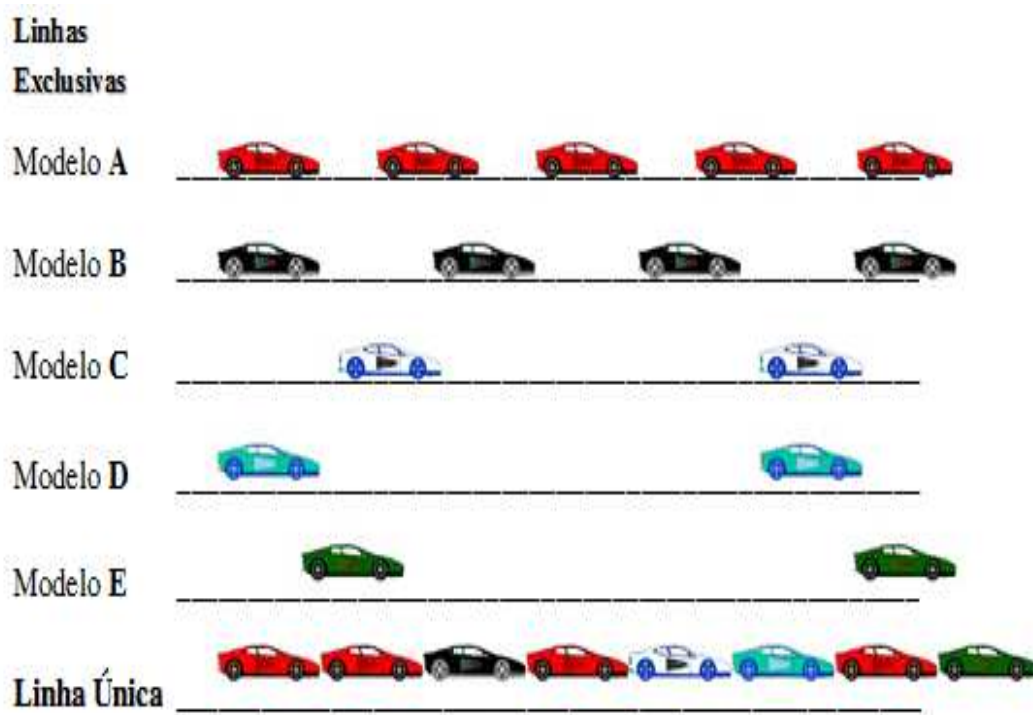
### 3 METODOLOGIA

Conforme apresentado no referencial teórico deste trabalho, o principal foco de melhorias e ganhos na Produção Enxuta e no Planejamento de Controle de Produção é através do Nivelamento de Produção. A abordagem de nivelamento misto (combinação de mix) de produtos e volume, definido como Heijunka, será aplicada no estudo de caso, conforme apresentado no capítulo 2 Nivelamento de produção, tendo como base o case estudado e aplicado na fabricação de motores de cortar grama, apresentado por Jeffrey Liker (2005), sendo este a principal referencial de estudo. A figura 15 mostra um exemplo de produção por volume e a combinação de mix, alinhado ao atendimento do cliente.

Segundo Jeffrey Liker (2005), quatro benefícios decorreram do nivelamento do plano de produção:

- Flexibilidade para fabricar o que o cliente deseja quando ele deseja
- Redução do risco de não vender os produtos
- Uso balanceado de mão-de-obra e de máquinas
- Demanda uniformizada para os processos e para os fornecedores da planta

Importante ressaltar conforme referencial teórico, que este modelo de nivelamento é necessário um forte trabalho na redução no tempo de preparação das máquinas (setup).



**Figura 15 - Plano nivelado de combinação de mix**

Fonte: site: <http://pt.scribd.com/doc/71132514/28/Producao-Mista>

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa objeto da aplicação do estudo está situada na região metropolitana de Curitiba, no município de São José dos Pinhais, estado do Paraná. Esta empresa é de grande porte, possuindo aproximadamente 10.000 funcionários entre diretos e indiretos, em uma única planta fabril. Pertence ao setor automobilístico, e aplicação do estudo foi em seu departamento de Estamparia.

Durante o desenvolvimento do trabalho, esta empresa será denominada como V8.

A empresa produz em sua planta fabril quatro modelos de carros de passeio (A, B, C e D), e três tipos de carros utilitários (E, F e G). Já o setor em estudo fabrica

aproximadamente 79 tipos de peças (chamadas de Gamas) para estes mesmos sete modelos de automóveis em suas três diferentes linhas de prensas, sendo destas duas automáticas e uma manual, nomeadas como L1 e L2 para linhas automáticas e L3 para linha manual. Importante ressaltar que a empresa trabalha em três turnos de produção, e o setor de Estamparia trabalha em cinco turnos de produção, os três normais durante a semana, e mais dois turnos especiais no fim de semana, havendo sobreposição entre os turnos. A tabela 3 mostra a distribuição de gamas por máquina e por modelos de carros:

**Tabela 3- Distribuição de gamas por máquina e por modelo**

Fonte: O autor

LINHA AUTOMÁTICA L1			LINHA AUTOMÁTICA L2			LINHA MANUAL L3			
Mod	Nº G	Descrição	Mod	Nº G	Descrição	Mod	Nº G	Descrição	
C	101	Lateral Traseira	C	201	Painel de Porta Dianteira Esquerda	B	301	Longarina central	
	102	Lateral Interna Dianteira		202	Painel de Porta Dianteira Direita		302	Travessa	
	103	Estrutura Lateral Traseira		203	Painel de Porta Traseira Esquerda		303	Estrutura	
B	104	Lateral Traseira		204	Painel de Porta Traseira Direita		304	Reforço	
	105	Teto		205	Piso Traseiro		305	Travessa	
	106	Painel de Porta Traseira		206	Estrutura de Porta		306	Estrutura Lateral	
B + C + D	107	Longarina		207	Painel do Capô		307	Reforço	
	108	Longarina		208	Interno do Capô		308	Reforço articulado	
B + D	109	Lateral Interna Dianteira		209	Interno do Porta Mala	B + C + D	309	Travessa externa lateral direita	
	110	Lateral Interna Dianteira		210	Teto		310	Travessa externa lateral esquerda	
	111	Painel de Porta Dianteira		211	Painel do Porta Mala		311	Travessa piso central	
D	112	Teto		212	Painel do Porta Mala (fase 1)		312	Reforço interno esquerdo	
	113	Painel de Porta Traseira	B	213	Piso Traseiro		313	Reforço interno direito	
	114	Lateral Traseira		214	Estrutura do Porta mala		314	Reforço	
E	115	Teto		215	Paralama		B + D	315	Travessa do Teto
	116	Painel de Porta Dianteira		216	Painel do Capô				
	117	Teto Cabine		217	Interno do Capô				
A	118	Assoalho		218	Painel do Porta Mala				
	119	Painel de Porta Dianteira		219	Interno do Porta Mala				
	120	Painel de Porta Traseira	B + C + D	220	Piso Dianteiro				
F	121	Piso Dianteiro	B + D	221	Piso Interno traseiro				
	122	Teto	B + D	222	Estrutura de Porta				
	123	Interno da Caçamba	D	223	Reforço Coluna				
	124	Lateral Interna Esquerda		224	Estrutura de Porta				
	125	Lateral Interna Direita		225	Piso Traseiro				
G	126	Painel da Caçamba Esquerda		226	Paralama Direito				
	127	Painel da Caçamba Direita		227	Paralama Esquerdo				
	128	Teto 2 linhas		228	Painel do Porta Mala				
	129	Teto 3 Linhas		229	Painel do Capô				
	130	Interno de Porta Dianteira	A	230	Painel do Capô				
	131	Interno de Porta Traseira		231	Estrutura do Capô				
	132	Painel Lateral Direito							
133	Painel Lateral Esquerdo								

<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>A = 3</b>	<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>A = 2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>15</b>
		<b>B = 3</b>			<b>B = 7</b>		<b>B = 8</b>
		<b>C + B + D = 2</b>			<b>C + B + D = 2</b>		<b>C + B + D = 6</b>
		<b>B + D = 3</b>			<b>B + D = 3</b>		<b>B + D = 1</b>
		<b>D = 3</b>			<b>D = 5</b>		
		<b>C = 3</b>			<b>C = 12</b>		
		<b>E = 4</b>					
		<b>F = 6</b>					
		<b>G = 6</b>					
			<b>TOTAL GAMAS ESTAMPADAS</b>			<b>79</b>	

A empresa V8 tem a característica de produção em massa do tipo empurrada, como sugere o seu setor de competição, ou seja, a produção de produtos é realizada nos padrões pré-definidos e sem muitas variações de características. Esta também é uma característica e utilização da Produção enxuta, onde o plano de produção não sofre alterações a cada pedido, o que gera a padronização de seus produtos ofertados.

As tabelas 4 e 5 mostram o planejamento de produção semanal de Fevereiro a Maio, para a produção de cada modelo de carro de passeio e para cada modelo de carro utilitário, estes não sofrem alteração, ou seja, a V8 projeta sua capacidade anual de fornecer seus produtos para o mercado. Este planejamento é desdobrado para toda a empresa e é a base para a estruturação da aplicação do trabalho na Estamparia, pois, podemos nivelar a carga das linhas de prensas, conhecendo a demanda diária, semanal e mensal, de peças a entregar para o cliente, ou seja, próxima etapa na produção de um carro.

**Tabela 4 – Planejamento de Produção para carros de Passeio**

Fonte: o autor

	Mês	Equipe	Dias	Volume Semanal 2012 - Veículos de Passeio				
				A	B	C	D	Total
FEVEREIRO	s.05	3,0	4,96	315	2280	964	1188	4747
	s.06	3,0	5,71	366	2663	1120	1312	5461
	s.07	3,0	4,72	305	2202	936	1140	4583
	s.08	3,0	4,02	246	1853	788	960	3847
	s.09	3,0	5,96	376	2622	1115	1421	5534
			<b>25,37</b>	<b>1608</b>	<b>11620</b>	<b>4923</b>	<b>6021</b>	<b>24172</b>
MARÇO	s.10	3,0	5,67	367	2915	801	1343	5426
	s.11	3,0	4,69	267	2174	575	993	4009
	s.12	3,0	5,67	300	2771	739	1274	5084
	s.13	3,0	5,24	342	2710	725	1247	5024
			<b>21,26</b>	<b>1276</b>	<b>10570</b>	<b>2840</b>	<b>4857</b>	<b>19543</b>
ABRIL	s.14	3,0	4,28	282	2251	606	1035	4174
	s.15	3,0	5,36	361	2908	778	1336	5383
	s.16	3,0	5,00	305	2544	680	1171	4700
	s.17	3,0	4,69	283	2264	683	1254	4484
			<b>19,33</b>	<b>1231</b>	<b>9967</b>	<b>2747</b>	<b>4796</b>	<b>18741</b>
MAIO	s.18	3,0	3,56	236	1728	0	955	2919
	s.19	3,0	4,24	283	2097	0	1218	3598
	s.20	3,0	6,00	397	2896	943	1716	5952
	s.21	3,0	5,24	380	2543	801	1494	5218
	s.22	3,0	5,46	394	2669	845	1568	5476
			<b>24,51</b>	<b>1690</b>	<b>11933</b>	<b>2589</b>	<b>6951</b>	<b>23163</b>

Tabela 5 – Planejamento de Produção para carros Utilitários

Fonte: O autor

	Mês	Equipe	Dias	Volume Semanal 2012 - Veículos Utilitarios			
				E	F	G	Total
FEVEREIRO	s.05	2,0	5,17	309	295	267	871
	s.06	2,0	5,63	262	460	264	986
	s.07	2,0	5,17	306	431	252	989
	s.08	2,0	3,63	207	300	179	686
	s.09	2,0	5,97	346	451	286	1083
			<b>25,57</b>	<b>1430</b>	<b>1937</b>	<b>1248</b>	<b>4615</b>
MARÇO	s.10	2,0	5,63	336	480	270	1086
	s.11	2,0	5,07	297	405	267	969
	s.12	2,0	5,26	283	230	264	777
	s.13	2,0	5,18	316	307	252	875
			<b>21,14</b>	<b>1232</b>	<b>1422</b>	<b>179</b>	<b>3707</b>
ABRIL	s.14	2,0	4,00	239	249	1248	1736
	s.15	2,0	5,60	328	415		743
	s.16	2,0	5,10	301	423	270	994
	s.17	2,0	5,17	297	426	254	977
			<b>19,87</b>	<b>1165</b>	<b>1513</b>	<b>233,0</b>	<b>4450</b>
MAIO	s.18	2,0	3,72	229	338	1027	1594
	s.19	2,0	4,87	324	430		754
	s.20	2,0	6,00	375	520	201	1096
	s.21	2,0	4,97	313	434	290	1037
	s.22	2,0	5,63	319	504	247	1070
			<b>25,19</b>	<b>1560</b>	<b>2226</b>	<b>248</b>	<b>5551</b>

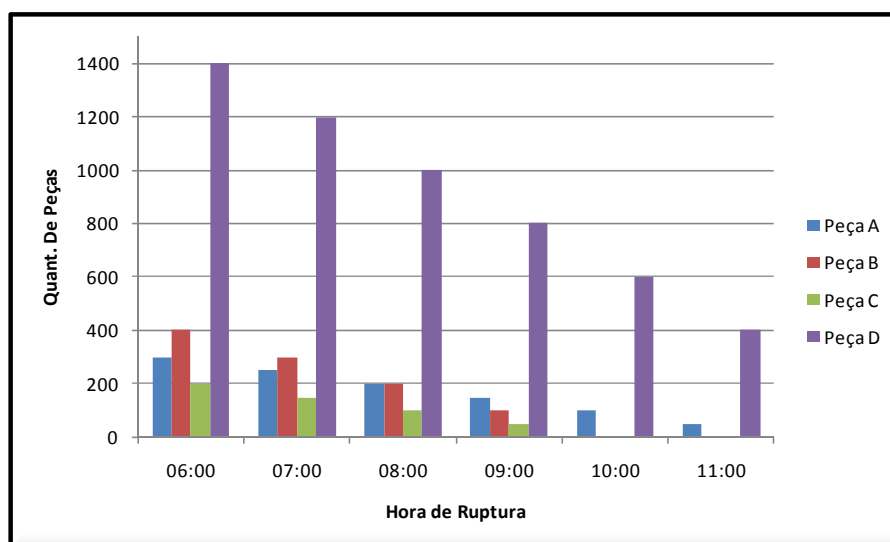
## 4.2 APRESENTAÇÃO DO CASO

Podemos considerar a tipologia de produção do setor como produção em massa, do tipo puxada, ou seja, o cliente da próxima etapa é quem puxa as peças conforme sua necessidade. Claro que levando em consideração a produção enxuta, esta necessidade já é definida conforme mostrado anteriormente no capítulo apresentação da empresa.

A missão do departamento de Estamparia é fornecer peças de estrutura de carroceria no tempo certo, com a qualidade garantida e com baixo custo de transformação. Para tal objetivo, é necessário mantermos estoque de peças, já que as linhas de produção não são dedicadas, ou seja, numa mesma linha são fabricados vários tipos de peças para vários tipos de modelos.

Contudo, a intenção do estudo de caso é a de melhorar o aproveitamento das linhas, aumentando o Rendimento Operacional (RO). Importante ressaltar que a engenharia do departamento é quem calcula a capacidade total das linhas de prensas, levando em consideração o tempo total de abertura para cinco turnos de produção. A engenharia fica responsável em avaliar a viabilidade de novas gamas a serem produzidas e também a terceirização de algumas gamas ao qual chamamos de delestagem.

A aplicação do estudo se dá a partir da identificação de dificuldades encontradas pelo departamento em gerir melhor seus recursos, pois, não havia uma equipe responsável pela programação e controle do que produzir, quanto produzir e quando produzir, ou seja, não havia uma definição de lotes para produção. Esta função ficava sob responsabilidade dos supervisores de fabricação, que tinham como objetivo principal volume de produção por turno, o que gerava em muitos casos superprodução de alguns itens e, em outros casos pouca produção frente algum tipo de problema de qualidade, máquina ou ferramental. O gráfico abaixo mostra um exemplo da falta de nivelamento:



**Gráfico 2 – Falta de Nivelamento**

Fonte: o autor

Como cada turno trabalhava por si próprio, era comum encontrarmos situação como esta do gráfico, onde tínhamos uma extrapolação na produção de uma peça, e a ruptura de outras peças para o próximo turno. No gráfico podemos identificar que a peça D foi produzida demasiadamente, ocupando carga de máquina desnecessária. As peças B e C estarão com estoque zerado no mesmo período e com a peça A também com ruptura para as próximas horas, gerando um transtorno no fluxo. Neste caso, a prática nos mostra que para atender a necessidade do cliente, teremos que fazer mais setup e não atender ao lote de produção, produzindo menos peças do tipo B e C, conseqüentemente A. As próximas produções que poderiam ser programadas para daqui quatro ou cinco dias, serão antecipadas devido ao não nivelamento correto dos lotes de produção.

### 4.3 APLICAÇÃO DO CASO

A primeira etapa na aplicação do estudo de caso foi na concepção de uma equipe de planejamento de produção, gerenciada pela Logística do departamento. Tirando a responsabilidade dos supervisores de fabricação e inibindo qualquer tipo de interesse individual dos turnos. Esta equipe é quem detém a responsabilidade em delegar para a fabricação, qual gama entrar em máquina, quanto será o lote produzido e o tempo necessário para a produção, além do acompanhamento diário do atendimento ao programa e aos indicadores pertinentes ao departamento.

#### 4.3.1 Separação dos grupos

A segunda etapa da aplicação consiste em definir e separar os grupos de peças conforme a demanda do cliente, fazendo-se a concordância com o giro de estoques. Sendo assim, foram definidos quatro grupos denominados de grupo 1, grupo 2, grupo 3 e grupo 4. A tabela a seguir mostra a quantidade média de produção mensal, esta não sofre muita variação conforme mostrado no volume anual de produção.

Tabela 6 – Média de Produção Mensal

Fonte: o autor

<b>Média Produção Mensal</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Media Mês</b>
<b>1</b>	<b>B</b>	<b>11.023</b>
	<b>B + C + D</b>	<b>19.954</b>
	<b>B + D</b>	<b>16.679</b>
<b>2</b>	<b>D</b>	<b>5.656</b>
	<b>C</b>	<b>3.275</b>
<b>3</b>	<b>F</b>	<b>1.522</b>
	<b>A</b>	<b>1.451</b>
	<b>E</b>	<b>1.280</b>
<b>4</b>	<b>G</b>	<b>269</b>

Após definido os grupos para cada modelo através da média de produção mensal puxada pelo cliente, começamos a definir qual será nosso giro de estoque mensal para cada grupo, ou seja, quantas vezes iremos produzir as gamas de cada modelo dentro do mês. Considerando o maior volume a produzir, com maior numero de giros de estoque, e o menor volume a produzir com menor numero de giros de estoque. A tabela abaixo mostra a definição de giros do estoque:

Tabela 7 – Giros de Estoque

Fonte: o autor

<b>Média Produção Mensal x Giro de Estoque</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Media Mês</b>	<b>Giro de Estoque Mês</b>
<b>1</b>	<b>B</b>	<b>11.023</b>	<b>4</b>
	<b>B + C + D</b>	<b>19.954</b>	
	<b>B + D</b>	<b>16.679</b>	
<b>2</b>	<b>D</b>	<b>5.656</b>	<b>3</b>
	<b>C</b>	<b>3.275</b>	
<b>3</b>	<b>F</b>	<b>1.522</b>	<b>2</b>
	<b>A</b>	<b>1.451</b>	
	<b>E</b>	<b>1.280</b>	
<b>4</b>	<b>G</b>	<b>269</b>	<b>1</b>

Então, para cada modelo e grupo foi definida a quantidade de giros de estoques no mês.

#### 4.3.2 Contagem e necessidade de embalagem (Raks)

Após definido os grupos e as quantidades de giros do estoque para cada grupo, a terceira etapa consiste em avaliarmos as condições e as necessidades de aquisição de embalagens (também chamados de Raks) para a estocagem de cada gama (tipo de peça), para suportar os estoques mínimos e de segurança de cada produção. Foram feitas as contagens de todas as embalagens fisicamente, e extraído a quantidade líquida de peças que podemos estocar; bem como, a tabela XX mostra esta quantidade real e também a necessidade de aquisição de novas embalagens.

Tabela 8 – Necessidade de Aquisição de Embalagens Linha L1

Tabela Fonte: o Autor

NECESSIDADE DE AQUISIÇÃO DE EMBALAGEM CONFORME GIRO DE ESTOQUE LINHA L1									
MOD	Gama	Descrição	Quant. Média no Mês	Raks disponível	Quant. por Rak	Capacidade	Necessidade p/ Giro	Necessidade Real (Rak)	Sobra ou Falta
C	101	Lateral Traseira Direita	3.275	108	13	1404	1.092	84	24
	101	Lateral Traseira Esquerda		108	13	1404	1.092	84	24
	102	Lateral Interna Diant. Esquerda		23	72	1656	1.092	15	8
	102	Lateral Interna Diant. Direita		23	72	1656	1.092	15	8
	103	Estrutura Lateral Traseira Direita		36	90	3240	1.092	12	24
	103	Estrutura Lateral Traseira Esquerda		32	90	2880	1.092	12	20
B	104	Lateral Tras. Esquerda	11.023	148	13	1924	2756	212	-64
	104	Lateral Tras. Direita		148	13	1924	2756	212	-64
	105	Teto		69	30	2070	2756	92	-23
	106	Painel de Porta Tras. Esquerda		34	30	1020	2756	92	-58
	106	Painel de Porta Tras. Direita		34	30	1020	2756	92	-58
B + C + D	107	Longarina Tras. Esquerda	19.954	30	50	1500	4989	100	-70
	107	Longarina Tras. Direita		30	50	1500	4989	100	-70
	108	Longarina Tras. Esquerda		36	30	1080	4989	166	-27
B + D	109	Lateral Int. Dianteira Esquerda	16.679	33	72	2376	4170	58	-25
	109	Lateral Int. Dianteira Direita		33	72	2376	4170	58	-25
	110	Lateral Int. Dianteira Esquerda		33	72	2376	4170	58	-25
	110	Lateral Int. Dianteira Direita		33	72	2376	4170	58	-25
	111	Painel de Porta Diant. Esquerda		80	30	2400	4170	139	-59
	111	Painel de Porta Diant. Direita		83	30	2490	4170	139	-56
D	112	Teto	5.656	60	18	1080	1885	105	-45
	113	Painel de Porta Tras. Direita		36	30	1080	1885	63	-27
	113	Painel de Porta Tras. Esquerda		36	30	1080	1885	63	-27
	114	Lateral Tras. Direita		76	13	988	1885	145	-69
	114	Lateral Tras. Esquerda		76	13	988	1885	145	-69
E	115	Teto	1.280	20	40	800	640	16	4
	116	Painel de Porta Dianteira C/ Janela		17	30	510	640	21	-4
	116	Painel de Porta Dianteira S/ Janela		13	30	390	640	21	-8
	117	Teto Cabine		16	28	448	640	23	-7
	118	Assoalho		10	56	560	640	11	-1
A	119	Painel de Porta Diant. Direita	1.451	21	40	840	726	18	3
	119	Painel de Porta Diant. Esquerda		23	40	920	726	18	5
	120	Painel de Porta Tras. Direita		23	40	920	726	18	5
	120	Painel de Porta Tras. Esquerda		18	40	720	726	18	0
	121	Piso Dianteiro Direito		11	120	1320	726	6	5
	121	Piso Dianteiro Esquerdo		11	120	1320	726	6	5
F	122	Teto Sem Furo	1.522	21	11	231	761	69	-48
	122	Teto Com Furo		21	11	231	761	69	-48
	123	Interno da Caçamba Esquerda		22	26	572	761	29	-7
	123	Interno da Caçamba Direita		20	26	520	761	29	-9
	124	Lateral Interna Esquerda		43	11	473	761	69	-26
	125	Lateral Interna Direita		46	11	506	761	69	-23
	126	Painel da Caçamba Esquerda		29	18	522	761	42	-13
	127	Painel da Caçamba Direita		27	18	486	761	42	-15
G	128	Teto 2 Linhas	269	56	16	896	269	17	39
	129	Teto 3 Linhas		63	16	1008	269	17	46
	130	Interno de Porta Diant. Direita		38	45	1710	269	6	32
	130	Interno de Porta Diant. Esquerda		37	45	1665	269	6	31
	131	Interno de Porta Tras. Esquerda		36	45	1620	269	6	30
	131	Interno de Porta Tras. Direita		35	45	1575	269	6	29
	132	Painel Lateral Direito		44	15	660	269	18	26
	133	Painel Lateral Esquerdo		36	15	540	269	18	18

Obs: a gama 108 - Longarina em destaque produz o lado esquerdo somente para o modelo D, então, podemos considerar o seu consumo igualmente ao modelo

Tabela 9 - Necessidade de Aquisição de Embalagens Linha L2

Fonte: o Autor

NECESSIDADE DE AQUISIÇÃO DE EMBALAGEM CONFORME GIRO DE ESTOQUE LINHA L2									
MOD	Gam	Descrição	Quant. Média no Mês	Raks disponível	Quant. por Rak	Capacidade	Necessidade p/ Giro	Necessidade Real (Rak)	Sobra ou Falta
C	201	Painel de Porta Dianteira Esquerda	3.275	40	30	1200	1092	36	4
	202	Painel de Porta Dianteira Direita		34	30	1020	1092	36	-2
	203	Painel de Porta Traseira Esquerda		37	30	1110	1092	36	1
	204	Painel de Porta Traseira Direita		23	30	690	1092	36	-13
	205	Piso Traseiro		31	40	1240	1092	27	4
	206	Estrutura de Porta Esquerda		7	360	2520	1092	3	4
	206	Estrutura de Porta Direita		7	360	2520	1092	3	4
	207	Painel do Capô		40	36	1440	1092	30	10
	208	Interno do Capô		17	100	1700	1092	11	6
	209	Interno do Porta Mala		7	100	700	1092	11	-4
	210	Teto		46	30	1380	1092	36	10
211/212	Painel Porta Malas (Fase I e II)	85	16	1360	1092	68	17		
B	213	Piso Traseiro	11.023	42	40	1680	2756	69	-27
	214	Estrutura do Porta Mala		39	52	2028	2756	53	-14
	215	Paralama Esquerdo		48	42	2016	2756	66	-18
	215	Paralama Direito		48	42	2016	2756	66	-18
	216	Painel do Capô		50	40	2000	2756	69	-19
	217	Interno do Capô		19	120	2280	2756	23	-4
	218	Painel do Porta Mala		95	18	1710	2756	153	-58
	219	Interno do Porta Mala		19	150	2850	2756	18	1
B + C + D	220	Piso Dianteiro	19.954	30	130	3900	4989	38	-8
	221	Piso Interno traseiro		31	120	3720	4989	42	-11
B + D	222	Estrutura de Porta Esquerda	16.679	13	160	2080	4170	26	-13
	222	Estrutura de Porta Direita		13	160	2080	4170	26	-13
	223	Reforço da Coluna Esquerda		21	100	2100	4170	42	-21
	223	Reforço da Coluna Direita		21	100	2100	4170	42	-21
	224	Estrutura de Porta Esquerda		13	160	2080	4170	26	-13
	224	Estrutura de Porta Direita		13	160	2080	4170	26	-13
D	225	Piso Traseiro	5.656	23	50	1150	1885	38	-15
	226	Paralama Direito		29	36	1044	1885	52	-23
	227	Paralama Esquerdo		27	36	972	1885	52	-25
	228	Painel do Porta Mala		15	99	1485	1885	19	-4
	229	Painel do Capô		44	30	1320	1885	63	-19
A	230	Painel do Capô	1.451	32	26	832	726	28	4
	231	Estrutura do Capô		10	120	1200	726	6	4

Conforme as tabelas seriam necessárias a aquisição de 1.096 unidades de embalagens para as mais diversas peças para a linha L1, sendo que o valor médio para a confecção de cada embalagem é de R\$ 3.000,00. Para a linha L2 seriam necessárias a aquisição de 376 embalagens para as mais diversas peças. Portanto, seria necessário um investimento de aproximadamente R\$ 3.288.000,00 na aquisição de novas embalagens. Como este investimento é de grande expressão, procuramos tratar esta barreira dentro de casa, ou seja, no departamento de estamparia, existe uma equipe de kaizen, responsável pelas melhorias do departamento. Como mostra as tabelas acima, temos embalagens faltantes para alguns tipos de peças e um excedente de embalagens para outros tipo de peças

Para a linha L3, não foi considerado este levantamento, já que as peças produzidas nesta linha são peças pequenas e não são utilizadas embalagens específicas para cada peça; são utilizadas embalagens aramadas de mesmo tamanho, variando a quantidade acondicionada em cada embalagem dependendo do tamanho da peça.

#### 4.3.3 Definição dos tempos de cadência para cada gama

O quarto passo a ser realizado foi em conjunto com a Engenharia do departamento, onde foram definidos os tempos de cadência para cada gama em cada linha de produção, ou seja, a velocidade que a máquina tem para produzir 1 peça estampada. Com este levantamento podemos prever quanto tempo levaremos para produzir um determinado lote de qualquer gama, podemos calcular o takt time real de produção de um turno, de um dia, semana e mês.

Tabela 10 - Cadência de golpe por minuto linha L1

Fonte: o autor

<b>TABELA DE CADÊNCIA LINHA L1</b>			<b>Atualizado Abril /12</b>
<b>Mod</b>	<b>Gama Nº</b>	<b>Descrição'</b>	<b>Cadencia RO</b>
C	101	Lateral Traseira	5,5
	102	Lateral Interna Dianteira	6,5
	103	Estrutura Lateral Traseira	6,5
B	104	Lateral Traseira	6,3
	105	Teto	7,5
	106	Painel de Porta Traseira	6,3
B+C+D	107	Longarina	6,0
	108	Longarina	6,0
B+D	109	Lateral Interna Dianteira	5,8
	110	Lateral Interna Dianteira	5,8
	111	Painel de Porta Dianteira	6,0
D	112	Teto	6,8
	113	Painel de Porta Traseira	6,5
	114	Lateral Traseira	6,5
E	115	Teto	5,0
	116	Painel de Porta Dianteira	5,5
	117	Teto Cabine	6,5
	118	Assoalho	4,5
A	119	Painel de Porta Dianteira	6,7
	120	Painel de Porta Traseira	6,8
	121	Piso Dianteiro	6,6
F	122	Teto	6,7
	123	Interno da Caçamba	7,0
	124	Lateral Interna Esquerda	6,5
	125	Lateral Interna Direita	6,5
	126	Painel da Caçamba Esquada	6,8
	127	Painel da Caçamba Direita	6,8
G	128	Teto 2 linhas	6,0
	129	Teto 3 Linhas	6,0
	130	Interno de Porta Dianteira	5,0
	131	Interno de Porta Traseira	5,0
	132	Painel Lateral Direito	6,0
	133	Painel Lateral Esquerdo	6,0
<b>Média</b>			<b>6,2</b>

Tabela 11 - Cadência de golpe por minuto linha L2

Fonte: o autor

<b>TABELA DE CADÊNCIA LINHA L2</b>			<b>Atualizado Abril /12</b>
<b>Mod</b>	<b>Gama Nº</b>	<b>Descrição</b>	<b>Cadencia RO</b>
C	201	Painel de Porta Dianteira Esquerda	8,4
	202	Painel de Porta Dianteira Direita	8,6
	203	Painel de Porta Traseira Esquerda	8,6
	204	Painel de Porta Traseira Direita	8,6
	205	Piso Traseiro	9,6
	206	Estrutura de Porta	8,9
	207	Painel do Capô	9,5
	208	Interno do Capô	10,2
	209	Interno do Porta Mala	7,4
	210	Teto	8,3
	211	Painel do Porta Mala	5,4
	212	Painel do Porta Mala (fase 1)	5,4
B	213	Piso Traseiro	10,5
	214	Estrutura do Porta mala	9,8
	215	Paralama	8,5
	216	Painel do Capô	10,0
	217	Interno do Capô	7,6
	218	Painel do Porta Mala	10,2
	219	Interno do Porta Mala	10,5
B + D	222	Estrutura de Porta	9,9
	223	Reforço da Coluna	8,9
	224	Estrutura de Porta	7,6
B+C+D	220	Piso Dianteiro	9,1
	221	Piso Interno traseiro	9,9
A	230	Painel do Capô	10,0
	231	Estrutura do Capô	10,0
D	225	Piso Traseiro	10,0
	226	Paralama Direito	8,5
	227	Paralama Esquerdo	8,5
	228	Painel do Porta Mala	8,0
	229	Painel do Capô	8,7
<b>Média</b>			<b>8,9</b>

Tabela 12 - Cadência de golpe por minuto linha L3

Fonte: o autor

<b>TABELA DE CADÊNCIA LINHA L3</b>			<b>Atualizado Abril /12</b>
<b>Mod</b>	<b>Gama Nº</b>	<b>Descrição</b>	<b>Cadencia RO</b>
B	301	Longarina central	7,4
	302	Travessa	6,5
	303	Estrutura	7,4
	304	Reforço	9,0
	305	Travessa	7,0
	306	Estrutura Lateral	7,3
	307	Reforço	7,0
	308	Reforço articulado	7,1
B + D	315	Travessa do Teto	7,3
B + C + D	309	Travessa externa lateral direita	7,6
	310	Travessa externa lateral esquerda	7,6
	311	Travessa piso central	8,3
	312	Reforço interno esquerdo	7,0
	313	Reforço interno direito	6,6
	314	Reforço	6,6
<b>Média</b>			<b>7,3</b>

Através das tabelas acima, podemos concluir que a linha L1 em sua velocidade normal produz 6,2 golpes por minuto. A linha L2 em sua velocidade normal produz o equivalente a 8,9 golpes por minuto, já a linha L3 produz 7,3 golpes por minuto.

Esta tabela é considerada para cálculo do RO (rendimento operacional) de cada gama, por exemplo:

Linha L1 irá produzir um giro de estoque da gama 103, que corresponde a um lote 1092 peças. Então:

$$\text{Tempo de Produção} = \frac{1092 \text{ pçs}}{6,5 \text{ cadencia por minuto}} = 168 \text{ minutos; logo, 2 horas e 48 minutos}$$

Este tempo é o total de produção se considerar abertura e disponibilidade de recursos 100%. Como, temos a troca de ferramentas que a duração média é de 5

minutos, este tempo deve ser adicionado e levado em consideração para o somatório da entrada e saída de cada lote de produção.

#### 4.3.4 Heijunka Box

O Heijunka Box, que neste caso não é especificamente um box, mas sim, um quadro com uma programação diária, foi aplicado e é emitido pelo PCP e entregue diretamente aos supervisores de fabricação de cada turno, também fixado ao lado de cada prensa com a seqüência a ser produzida. Nesta tabela temos as gamas e as quantidades a serem produzidas, bem como, a previsão de entrada e saída de cada gama, levando em consideração a cadencia x volume para cada gama. Este serve para que possamos também, acompanhar se há filas de atrasos ou avanços no programa de produção.

#### 4.3.5 Análise dos resultados

O método aplicado no departamento em estudo foi importante para implantar o conceito de programação e nivelamento de produção, com volumes já pré-definidos.

A implantação da nova sistemática de programação e nivelamento da produção ocorreu durante um período de 6 meses, desde identificação e necessidade de uma nova abordagem até a realização das primeiras programações nesta nova sistemática.

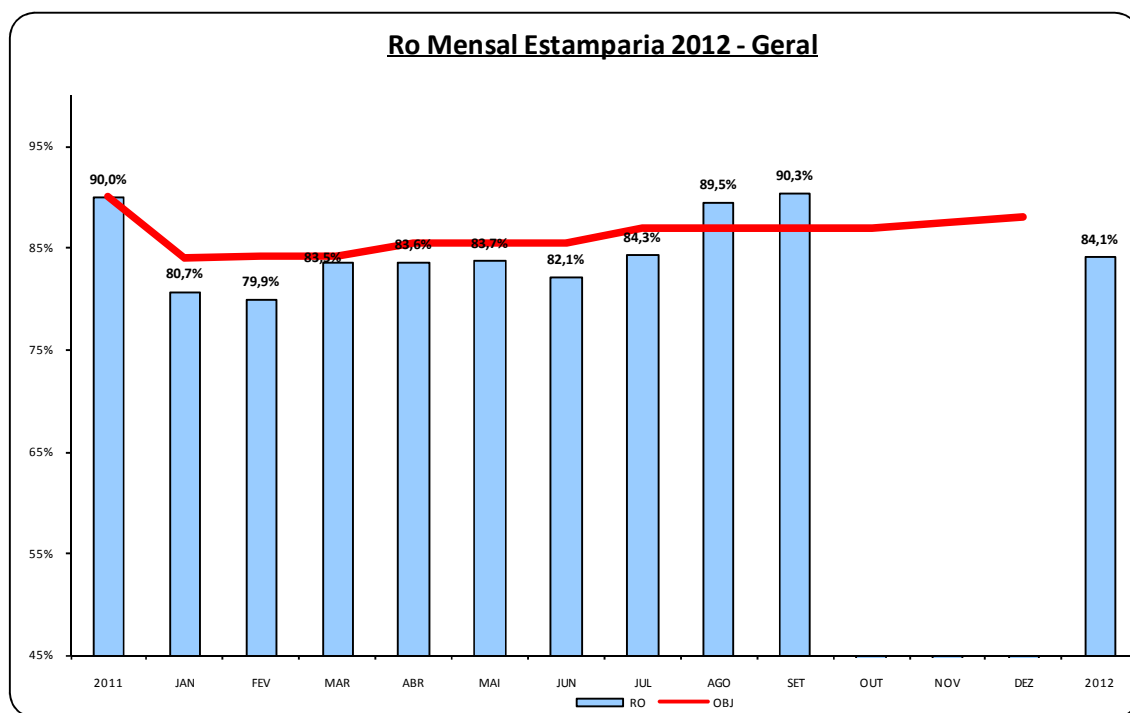
A melhoria no Rendimento Operacional é o maior objetivo do setor na aplicação deste método, porém, há outros ganhos que podemos agregar com um melhor nivelamento da produção:

- Melhor planejamento das atividades de manutenção de máquina
- Melhor planejamento das atividades na manutenção / correção de matrizes (ferramentas)
- Melhoria na saúde dos operadores

Não é possível afirmar que os ganhos obtidos pelo departamento foram referentes apenas à implantação da metodologia, pois, houve diversas modificações

e melhorias em paralelo com a oficina kaizen, muito apreciado pela empresa como um todo.

O gráfico abaixo mostra um aumento no RO nos meses de Agosto e Setembro de 2012 após a implementação da nova abordagem.



**Gráfico 3 - Ro mensal estamparia 2012**

Fonte: o autor

No primeiro semestre do ano, no compilado geral não atingimos o objetivo de 87% em nenhum dos meses, no gráfico podemos perceber a evolução nos primeiros meses do segundo semestre.

Dentro do contexto da aplicação da nova sistemática, foram encontradas algumas dificuldades para implementação do projeto. Uma delas é que o projeto ainda não está sendo aplicado em sua totalidade, ou seja, ainda não está sendo executado o nivelamento para todas as gamas, devido o alto investimento na aquisição de novas embalagens, que para este ano não estava previsto no orçamento e ao trabalho demorado e meticuloso na transformação e adaptação de embalagens excedentes para as faltantes.

Outro ponto importante a destacar é a dificuldade que se tem no dia-a-dia das produções, pois, há algumas gamas que são críticas para a fabricação, que

geram perdas devido a não qualidade dos produtos, peças para retoque, peças sucateadas e até mesmo fazendo com que abortemos a produção, devido alguma quebra de ferramenta, pois, dificilmente consegue-se prever uma quebra de ferramenta, já que uma das causas pode ser uma falha operacional. Temos as paradas de máquinas que também geram perdas durante o processo. Todas estes tipos de perdas fazem com que há atrasos na produção, por isso, há necessidade de reprogramação constante.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho teve o objetivo de apresentar um modelo de programação nivelada da produção para um ambiente de produção enxuta, onde a produção é seriada e não há variação nos produtos, e poucas variações nos volumes a serem produzidos. Pode-se afirmar que o presente trabalho atingiu seus objetivos propostos de apresentar o método e ilustrar uma aplicação desta sistemática.

O método de nivelamento do mix de produção tem como objetivo principal, ordenar a seqüência de fabricação de peças nas linhas de prensas, visando à eliminação de desperdícios; melhorar o balanceamento dos estoques de peças acabadas e matérias-primas; valorizando o que realmente agrega valor ao produto. O trabalho buscou mostrar que existem possibilidades de ganhos e melhorias a partir das ferramentas da Produção Enxuta e Nivelamento de Produção.

Primeiramente, foi realizado um estudo da Produção Enxuta e suas características, para que fossem identificadas oportunidades de aplicação na produção de estampagem de peças, com o intuito de otimizar os recursos disponíveis. Este estudo inclui uma análise da literatura referente ao planejamento e a programação do controle da produção, que são a aplicação de conceitos e ferramentas para a obtenção dos ganhos no ambiente de produção enxuta. Foi realizado um estudo no que tange a literatura sobre o Nivelamento de Produção aplicado em grandes manufaturas como diferencial competitivo para o mercado, já que cada vez mais a diversidade dos produtos torna-se importante para a sobrevivência das empresas.

A próxima etapa do trabalho consistiu em analisar a situação atual encontrada na metodologia de produção no departamento de estamparia da empresa V8. Onde podemos nos deparar com as dificuldades encontradas pelo departamento em gerenciar melhor seus recursos.

Depois de compreendida a situação encontrada, foi realizada a aplicação do método Nivelamento de Produção Misto, proposto por Jeffrey Liker em 2005, para melhor gerenciamento dos recursos. O método nos proporciona a identificação de alguns desperdícios pela falta de nivelamento, como o investimento errôneo dos recursos financeiros, a superprodução de alguns itens, os altos níveis de estoques desnecessários, com risco de descarte de peças por degradação.

O método de Nivelamento de Produção Misto nos traz algumas melhorias e ganhos como:

- Flexibilidade para fabricar o que o cliente deseja quando ele deseja;
- Redução do risco de não vender os produtos;
- Uso balanceado de mão-de-obra e de máquinas;
- Demanda uniformizada para os processos e para os fornecedores da planta.

A ilustração do método se deu a partir da criação de uma equipe responsável em realizar a programação da produção diariamente. A partir daí, foram feitas as separações dos modelos produzidos em famílias, denominados como Grupos, que foram definidos a partir de sua demanda mensal. Então, foram definidos os giros mensais de estoques para cada tipo de peça.

A avaliação da capacidade de embalagens é um ponto de grande importância, pois, ele nos identifica a limitação da aplicação da metodologia, já que podemos identificar a necessidade de aquisição de novas embalagens, o que impacta em um grande investimento financeiro para estas novas aquisições. Em suma, a alternativa abordada no trabalho para esta limitação é a transformação e adaptação de embalagens excedentes, a partir de uma equipe de melhoria contínua.

E por fim, foram definidos os tempos de produção para todas as gamas, para podermos verificar o takt time de cada produção e aplicado o Heijunka Box.

A análise de resultados foi satisfatória, visto que, a aplicação do método não foi para todo o portfólio de peças. Conseguiu-se aumentar o RO e otimizar recursos. Algumas das dificuldades encontradas, como a falta de recursos financeiros para aquisição de novas embalagens ainda estão sendo estudadas, e uma das propostas do autor é a de transformação das embalagens excedentes, porém, há uma segunda proposta que podemos avaliar, seria utilizando o próprio método para sanar esta dificuldade, ou seja, avaliar as condições de aumentar o giro mensal das peças, a fim de enquadrá-las a capacidade de embalagem atual.

O método de Nivelamento de Produção Misto se mostrou prático e de fácil aplicabilidade para este tipo de ambiente. Conclui-se que o método aplicado, trouxe vários benefícios ao gerenciamento de recursos do departamento de estamparia da empresa V8, tais como:

- Aumento do Rendimento Operacional;
- Melhor planejamento das atividades de manutenção;
- Melhor planejamento das atividades na manutenção / correção das matrizes (ferramentas);
- Melhoria na saúde dos operadores;

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A. R. (2006). *Estudo sobre a aplicabilidade de princípios da produção enxuta em processos de apoio à produção*. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES, J. A. V. *Takt-Time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de produção*. *Gestão & Produção*, v.8, n.1, p.1-18, abr. 2001.

ARAUJO, L. E. D. (2009). *Nivelamento de Capacidade de Produção utilizando Quadros Heijunka em Sistemas Híbridos de Coordenação de Ordens de Produção*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

BOKHORST, J. A. C.; SLOMP, J.; GERMS, R. (2009). *A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation*. *Production Planning & Control*, v.20, n.7, p.586-595, oct. 2009.

CORBETT NETO, T. (1997). *Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições*. São Paulo: Nobel.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. N.; CAON, M. (2001). *Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRPII/ERP: Conceitos, Uso e Implantação*. 4. Ed. São Paulo: Atlas. 2001.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. N.; CAON, M. (1993). *Just in Time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico*. 2. Ed. São Paulo: Atlas.

DUGGAN, K. J. (2002). *Creating mixed model value stream: Practical lean techniques for building to demand*. New York.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. (2002). *Administração da Produção e Operações*. 8. Ed. São Paulo: Pioneiro Thomson Learning.

GOLDRATT, E. A. (1991). *A síndrome do palheiro: garimpando informações num oceano de dados*. São Paulo: IMAM.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. (1996). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. The McGraw-Hill Companies.

IMAI, M. (1990). *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo*. Tradução Cecília Fagnani Lucca. 3ª ed. IMAM.

LAURINDO, F. J. B.; MESQUITA, M. A. (2000). *Material Requirements Planning: 25 anos de história – uma revisão do passado e prospecção do futuro*. *Gestão & Produção* v.7, n.3, p. 320-337, dez. 2000.

LIKER, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão da maior fabricante do mundo*. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman.

MARTINS, R. A. (1993). *Flexibilidade e integração no novo paradigma produtivo mundial: estudos de casos*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

MENEGON, D.; NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F. (2003). *Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta*. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto, MG.

MOURA JR, A. N. C. (1996). *Novas tecnologias e sistemas de administração da produção: Análise do grau de integração e informatização nas empresas catarinenses*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

NAZARENO, R. R. (2003). *Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

NAZARENO, R. R. (2008). *Desenvolvimento de Sistemas Híbridos de Planejamento e Programação da Produção com foco na implantação de manufatura enxuta*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

OHNO, T. (1988). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: bookman, 1997.

Produção Mista for Automação Jidoka: site:  
<http://pt.scribd.com/doc/71132514/28/Producao-Mista>

ROTHER, M.; SHOOK, J. (1999). *Aprendendo a Enxergar – Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

SCARPELLI, M. (2006). *Sistemas de produção agroalimentar: arquitetura para as funções de planejamento e controle da produção*. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

SHINGO, S. (1996). *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman.

SLACK, N. et al.. (1999). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.

SMALLEY, A. (2004). *Criando o Sistema Puxado Nivelado: um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia*. Brookline: Lean Enterprise Institute.

SOUZA, F. B. (2005). *Do OPT à Teoria das Restrições: Avanços e mitos*. Prod. 2005, vol. 15, n. 2, p.184-197. São Paulo.

TARDIN, G. G. (2001). *O sistema Puxado e o Nivelamento da produção*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W. L.; WHIBARK, D. C. (1997). *Manufacturing Planning and Control systems*. Irwin McGraw-Hill.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. (1996). *Lean thinking – banish waste and create wealth in your corporation*. New York, Simon & Schuster.