

LARISSA ELAINE DANTAS DE ARAÚJO

Nivelamento de Capacidade de Produção utilizando  
Quadros *Heijunka* em Sistemas Híbridos de  
Coordenação de Ordens de Produção

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

Orientador: Prof. Associado Antonio Freitas Rentes

São Carlos  
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

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

A663n      Araújo, Larissa Elaine Dantas de  
                 Nivelamento de capacidade de produção utilizando  
quadros *Heijunka* em sistemas híbridos de coordenação de  
ordens de produção / Larissa Elaine Dantas de Araújo ;  
orientador Antonio Freitas Rentes. -- São Carlos, 2009.

                 Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área  
de Concentração em Engenharia de Produção) -- Escola de  
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,  
2009.

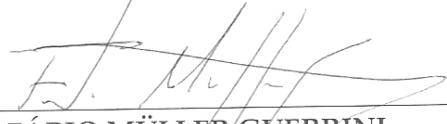
                 1. Produção enxuta. 2. Nivelamento da produção.  
3. Gestão visual. 4. Quadro *Heijunka*. I. Título

**FOLHA DE JULGAMENTO**

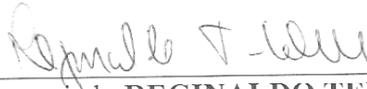
Candidata: Engenheira **LARISSA ELAINE DANTAS DE ARAUJO**

Dissertação defendida e julgada em 10/03/2009 perante a Comissão Julgadora:

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

  
Prof. Associado **FÁBIO MÜLLER GUERRINI**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) *Aprovada*

  
Prof. Dr. **MOACIR GODINHO FILHO**  
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar) *Aprovada*

  
Prof. Associado **REGINALDO TEIXEIRA COELHO**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção

  
Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**  
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

*“ ... esforçai-vos quanto possível por unir à vossa fé a virtude, à virtude a ciência, à ciência a temperança, à temperança a paciência, à paciência a piedade, à piedade o amor fraterno, e ao amor fraterno a caridade. Se estas virtudes se acharem em vós abundantemente, elas não vos deixarão inativos nem infrutuosos...”*

*2 Pd 1, 5-8*

*Dedico este trabalho aos meus pais,  
Virgínia e Henrique, por todas as  
virtudes ensinadas e praticadas.  
A eles todo meu amor e admiração.*

# **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha vida, por todas as bênçãos de todos os dias e, sobretudo “por ter sempre tão pouco a pedir e um mundo a agradecer”.

Ao Professor Antonio Freitas Rentes pela orientação deste trabalho, pela oportunidade concebida, pela confiança, pela amizade e atenção. A ele minha imensa admiração pelo renomado professor e profissional.

Aos meus pais, pelo amor e incentivo incondicionais. Pelo exemplo que são. Pela família maravilhosa que temos. Pela paz que sempre me transmitiram.

À minha irmã Bianca e meu cunhado Paulinho, grandes incentivadores da jornada em São Carlos, pelo apoio e companheirismo. À minha afilhada Maria Eduarda, minha inspiração e meu incentivo, fonte de muita felicidade.

À Claudius, pelo amor, pelo carinho, pela paciência. A quem admiro não só como homem, mas também pela exemplar dedicação à vida acadêmica.

À minha querida amiga Mariana Almeida, pelo seu cuidado de mãe tão precioso. Amiga de muita força e disposição, que ensina-me muito, sempre.

Às muito queridas Larissa Marinho, Marina Soares e Marina Gondim, amigas de longa e nova data, pelo companheirismo diário e por todo o carinho.

À Catarina Caretta pela atenção, companheirismo e auxílio constantes.

Aos familiares e amigos muito especiais que estão longe, mas que sempre me incentivaram e apoiaram muito.

Aos amigos de São Carlos e da R4H pelas boas energias compartilhadas. Em especial à Mônica, Eduardo, Suzana, Walter, Gustavinho, Marininha, Naja, Ava, Daniel, Adriana e Marcel.

Aos Professores Moacir Godinho Filho e Fábio Müller Guerrini pelas valiosas contribuições no exame de Qualificação. À Professora Ruth de Gouveia Duarte, pelas importantes correções deste trabalho.

Aos profissionais e amigos da Hominiss, Formtap e Click, pelas grandes oportunidades de aprendizado.

Ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, agradeço aos professores, funcionários e colegas.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pela bolsa de mestrado concedida.

## RESUMO

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

A Produção Enxuta tem sido um dos principais paradigmas de Gestão da Produção implantados nas indústrias nos últimos tempos. Sua filosofia e ferramentas aplicam-se a muitos dos diversos tipos de sistemas produtivos. Um dos principais elementos é a busca pela estabilidade dos processos e operações, exigindo a aplicação do nivelamento da produção, como forma de programação nivelada e controle produtivo. Para que este nivelamento seja corretamente operacionalizado e efetivado, utiliza-se a Gestão Visual – característica dos sistemas enxutos. Com isso, a programação é evidenciada por meio do quadro de nivelamento - *heijunka box*. Utilizando as referências encontradas na literatura e acrescentando-se o conhecimento gerado por meio de pesquisa-ação em um sistema produtivo particular, este trabalho apresenta um modelo de sistema de nivelamento da produção para um sistema híbrido de coordenação de ordens de produção. É também apresentada uma aplicação parcial deste sistema.

Palavras-chave: *Produção Enxuta, Nivelamento da Produção, Gestão visual, Quadro Heijunka.*

# **ABSTRACT**

ARAUJO, L. E. D. *Production Capacity Leveling using Heijunka Box in Hybrid Systems for Coordinating Production Orders*. 2009. Master Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Lean Production is one of the most famous Production Management paradigms being implemented in the industries recently. Its philosophy and tools shall apply to the most diverse types of production systems. One of its major components is the search for stability in the processes and operations, requiring the application of production leveling, as a programming base and production control. In order to have this leveling correctly used and effective, it is also used the Visual Management – characteristic of lean systems. This way, the scheduling is shown by the framework for smoothing – *Heijunka Box*. Using the references found in the literature and adding the knowledge built by the action-research in a particular productive system, this work shows a model of production leveling to a hybrid system for coordinating production orders. It is also shown a partial application of this system.

Keywords: *Lean Production, Production Leveling, Visual Management, Heijunka Box*.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Características da Pesquisa e destaque das classificações para este trabalho	21
Figura 1.2 - Fases do trabalho	21
Figura 2.1 - Estrutura da Revisão Bibliográfica	26
Figura 2.2 - Evolução do conceito da Produção Enxuta consideradas as principais obras sobre o STP	28
Figura 2.3 - Perdas em um sistema de valor	31
Figura 2.4 - O Sistema Toyota de Produção	32
Figura 2.5 - Nível estratégico e operacional da Filosofia Enxuta	35
Figura 2.6 - Esquema do MRP	39
Figura 2.7 - Limites de tempo da Programação Mestre de Produção	40
Figura 2.8 - O modelo do “ponto de reposição”	41
Figura 2.9 - Exemplo de utilização de um sistema híbrido	44
Figura 2.10 - Mapa de Fluxo de Valor atual de um sistema produtivo	46
Figura 2.11 - Transmissão e amplificação da demanda	47
Figura 2.12 - Exemplo de cartão <i>kanban</i> e suas informações	49
Figura 2.13 - Dinâmica do <i>kanban</i> de Produção	49
Figura 2.14 - Mapa de Fluxo de Valor futuro com programação puxada via <i>kanban</i>	50
Figura 2.15- Mapa de Fluxo de Valor futuro com programação puxada e fluxo contínuo	53
Figura 2.16 - Nivelamento de volume de produção	55
Figura 2.17 - Nivelamento de <i>mix</i> de produção	56
Figura 2.18 - Programação nivelada e modelos mesclados	57
Figura 2.19 - Variabilidade nos sistemas de manufatura	58
Figura 2.20 - Comportamento da produção e níveis de estoque em função da demanda em um sistema puxado somente (a) e em um sistema nivelado (b)	62
Figura 2.21 - Um ambiente de trabalho visual	70
Figura 2.22 - Luzes <i>andon</i>	71
Figura 2.23 - <i>Andon</i> de acompanhamento de ritmo e produtividade	72
Figura 3.1 - Representação do <i>takt time</i> e intervalo <i>pitch</i>	80
Figura 3.2 - Modelo flexível de produção	81
Figura 3.3 - Nivelamento de produção e estoques nos sistemas MTS (a) e ATO (b)	83
Figura 3.4 - Componentes da Operação Padronizada	85
Figura 3.5 - Quadro típico de nivelamento da Produção	87
Figura 3.6 - Quadro de nivelamento para utilização por mais de um recurso produtivo	87
Figura 3.7 - Modelo de quadro de nivelamento	88

Figura 3.8 - Programação para ordens de produção	89
Figura 3.9 - Modelo de Quadro de nivelamento com Régua de Tempo e programação <i>kanban</i>	90
Figura 3.10 - Modelo de Quadro de nivelamento com Régua de Tempo e quadro de programação	91
Figura 3.11 - Quadro <i>Heijunka</i>	92
Figura 4.1 - Mapa de Fluxo de Valor da Empresa	96
Figura 4.2 - Representação do recurso nivelado no sistema híbrido de coordenação de ordens de produção	97
Figura 4.3 - Estrutura organizacional do processo de transformação enxuta	98
Figura 4.4 - Cronograma de execução de atividades	99
Figura 4.5 - Sistema de Nivelamento da Produção	101
Figura 4.6 - Áreas do Sistema de Nivelamento da Produção	102
Figura 4.7 - Lista de cadastro dos produtos	103
Figura 4.8 - Dias da semana para programação	104
Figura 4.9 - Representação da régua do tempo com intervalos de produção	105
Figura 4.10 - Tempo de troca	106
Figura 4.11 - Informação para manutenção	106
Figura 4.12 - Seleção da opção de <i>setup</i>	107
Figura 4.13 - Abertura da aba para preenchimento do item	107
Figura 4.14 - Seleção do produto e informações associadas	108
Figura 4.15 - Horas totais do lote	109
Figura 4.16 - Horas totais do dia e preenchimento dos intervalos com as horas e forma de controle	109
Figura 4.17 - Diferentes condições para o somatório de tempo	110
Figura 4.18 - Programação da manutenção	111
Figura 4.19 - Preenchimento das horas programadas e número da ordem	111
Figura 4.20 - Alocação da manutenção na programação	112
Figura 4.21 - Apresentação do quadro <i>Heijunka</i>	113
Figura 4.22 - Lista de itens contemplando peças/cartão <i>kanban</i>	116
Figura 4.23 - Número de cartões <i>kanban</i> correspondente ao volume programado	116
Figura 4.24 - Régua do tempo compatível com início do primeiro turno	117
Figura 5.1 - Programação antes do nivelamento	123
Figura 5.2 - Programação nivelada	124

# LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Princípios e capacitadores da Manufatura Enxuta	34
Quadro 2.2 - Diferenças entre os métodos tradicionais de controle da produção e o <i>kanban</i>	42
Quadro 2.3 - Características da produção desnivelada	61
Quadro 2.4 - Diferenças entre produção puxada e produção nivelada	63
Quadro 2.5 - Benefícios do Nivelamento de Produção	64
Quadro 2.6 - Funções da Comunicação Visual e suas definições	68
Quadro 3.1 - Requisitos para o nivelamento da produção	78
Quadro 3.1 - Características dos quadros <i>Heijunka</i>	93
Quadro 5.1 - Atendimento aos requisitos de nivelamento da produção	121
Quadro 5.2 - Características dos quadros <i>Heijunka</i> do modelo desenvolvido	122

# SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO</b>	<b>13</b>
1.1 Introdução	13
1.2 Apresentação do Problema	15
1.3 Objetivo	16
1.4 Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho	17
1.4.1 Natureza da pesquisa	17
1.4.2 Abordagem do problema de pesquisa	17
1.4.3 Objetivos da pesquisa	18
1.4.4 Procedimentos técnicos de pesquisa	18
1.4.5 Fases do Trabalho	21
1.5 Estrutura do Texto	23
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>25</b>
2.1 Produção Enxuta	26
2.1.1 Histórico	27
2.1.2 Categorias de Desperdício	29
2.1.3 Abrangência da Produção Enxuta	31
2.1.4 O Pensamento Enxuto	34
2.2 Planejamento e Controle da Produção	36
2.2.1 Sistemas tradicionais de Coordenação de Ordens de Produção	38
2.2.2 Sistemas híbridos de Coordenação de Ordens de Produção	43
2.2.3 Planejamento e Controle da Produção na Produção Enxuta	44
2.2.3.1 Estabilidade de Produção	44
2.2.3.2 Descentralização de atividades	45
2.2.3.3 Produção Puxada	48
2.3 Nivelamento da Produção - <i>Heijunka</i>	53
2.3.1 O nivelamento de produção	55
2.3.2 O nivelamento de produto	56
2.3.3 O problema da variabilidade	57
2.3.4 Vantagens do nivelamento	61
2.3.5 Desafios para o alcance do nivelamento	65
2.4 Gestão visual	67
2.4.1 Fábrica visual	69
2.4.2 Controle Visual da Produção	73
2.5 O Quadro <i>Heijunka</i>	74
2.5.1 Como criar a Programação da Produção Visual	75

<b>3 REQUISITOS PARA O NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO E MODELOS DE QUADRO HEIJUNKA</b>	77
3.1 Requisitos para o nivelamento da produção	77
3.1.1 Nivelar preferencialmente os itens mais frequentes e de maior volume	78
3.1.2 Estabelecer e manter atualizados o ritmo da produção ( <i>takt time</i> ) e o tamanho dos intervalos de produção ( <i>pitch</i> )	79
3.1.3 Estabelecer a frequência de produção dos itens (TPT do sistema) e o tamanho do estoque final de itens	81
3.1.4 Manter tempos de <i>setup</i> baixos	83
3.1.5 Trabalhar com operações padronizadas	84
3.1.6 Utilizar dados de controle da produção para sustentabilidade da produção nivelada	85
3.2 Modelos de quadro <i>Heijunka</i>	86
3.2.1 Modelo 1	86
3.2.2 Modelo 2	87
3.2.3 Modelo 3	89
3.2.4 Modelo 4	92
3.3 Características dos quadros de nivelamento	93
<b>4 SISTEMA DE NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO</b>	95
4.1 Desenvolvimento da pesquisa-ação	95
4.1.1 Caracterização da empresa	95
4.1.2 Pessoal envolvido, atividades realizadas e cronograma de execução	98
4.2 O sistema de Nivelamento	100
4.2.1 Entrada de dados	102
4.2.2 Processamento e disponibilização da programação	106
4.2.3 Execução e controle do sistema	114
4.2.4 Aperfeiçoamento do sistema	115
<b>5 ANÁLISES E RESULTADOS DO SISTEMA DE NIVELAMENTO</b>	119
5.1 Análise do desenvolvimento da pesquisa-ação	119
5.2 Análise do sistema de nivelamento desenvolvido	120
5.3 Análise dos resultados obtidos	122
<b>6 CONCLUSÃO</b>	127
<b>REFERÊNCIAS</b>	131

# **1 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO**

## **1.1 Introdução**

Os atuais sistemas produtivos vivem o imperativo de maximização de capacidades e capacitação para obter a excelência operacional. Qualquer que seja o ramo de atuação, as empresas têm buscado as melhores práticas de mercado para alcançar esse objetivo.

A manufatura já avançou vários estágios para atingir essa premissa. Ampliou o foco além da produção para as demais atividades (serviços, administração etc.). A cadeia automotiva é um dos principais exemplos dessa tendência devido, sobretudo, à competitividade. Sustentando muitas dessas inovações encontra-se o paradigma da Produção (ou Manufatura) Enxuta.

Surgida após a Segunda Guerra Mundial, na Toyota do Japão – atual maior montadora de automóveis do mundo –, a Produção Enxuta (derivada do Sistema Toyota de Produção) está sendo implantada em diversas empresas em todas as partes do planeta. Baseia-se, sobretudo, na eliminação de desperdícios e na formação de cultura para combatê-los, por meio do chamado “pensamento enxuto”. Constitui uma inovação organizacional em pauta no meio industrial pelo menos desde 1990.

Ainda não se pode considerar que existam empresas totalmente “enxutas”. Esse paradigma pressupõe a busca da perfeição por meio da melhoria contínua e, portanto, é uma implantação que uma vez iniciada renova-se continuamente. Nem a própria Toyota considera ter atingido a excelência nesse sentido.

As companhias que investem na Manufatura Enxuta têm ao seu dispor uma série de ferramentas e conceitos, os quais quando aplicados em conjunto promovem maior eficácia e eficiência em seus sistemas. Cada qual possui uma linha de atuação diversa, cuja congruência provoca grandes benefícios. Sua necessidade de aplicação está relacionada à tipologia do sistema, às características do mercado consumidor e cadeia produtiva e outras condições particulares dependentes da situação corrente da empresa.

A aplicabilidade da Filosofia Enxuta nos ambientes produtivos mais complexos ainda é bastante discutida. Um dos principais limitantes apontados é o mercado consumidor. Devido às mudanças freqüentes nos requisitos dos clientes, é causada grande variabilidade na demanda em aspectos quantitativos e qualitativos. O argumento é que os Sistemas de Produção Enxuta são pouco hábeis para adaptarem-se a essas variações.

O grande desafio está em conseguir nivelar internamente a produção, mesmo quando as requisições do mercado variam muito.

Esta Dissertação analisa uma ferramenta específica da Produção Enxuta, fundamental para alcançar nivelamento nos processos produtivos. Trata-se do Nivelamento da Produção, expressão traduzida do japonês conhecida por *Heijunka*. Essa prática, também originada na Toyota, busca corrigir e sanar parte da crítica anteriormente explicitada, apesar de ainda precisar superar alguns desafios. Seu foco está voltado para dentro das empresas - a ênfase é nos processos, mas podem se obtidos benefícios ao longo de toda a cadeia produtiva.

O nivelamento beneficia, principalmente, as decisões sobre o que produzir, quando e quanto produzir. É uma atuação bastante típica para as atividades de planejamento e controle – passando a constituir uma de suas partes. Por meio de técnicas simples, reduz as incertezas para os processos produtivos.

Ainda, como para todo sistema dito “enxuto”, a gestão visual é primordial para o cotidiano das operações e uma das características mais marcantes desses sistemas. Por isso, o nivelamento associa-se a um controle visual padrão chamado quadro de nivelamento ou *Heijunka box*. Para efeito deste trabalho, a ferramenta será chamada quadro *Heijunka*.

Dentro deste contexto, apresenta-se a seguir a problemática que motiva esta pesquisa, envolta pelas questões que surgem para sua realização.

## 1.2 Apresentação do problema

A adoção de novas tecnologias configura-se como um imperativo no mercado competitivo, provocando a mudanças estruturais em níveis macro e micro dentro da economia da organização.

No Manual do Oslo, OCDE (2004, p. 38), é colocado que

as empresas inovam para defender sua atual posição competitiva assim como para buscar novas vantagens em seu mercado. Uma empresa pode ter um comportamento reativo e inovar para evitar perder mercado para um competidor inovador ou pode ter um comportamento pró-ativo para ganhar posições de mercado estratégicas frente a seus competidores, por exemplo, desenvolvendo e tentando impor padrões tecnológicos mais altos para os produtos que ela fabrica.

A manufatura em massa tem sido rapidamente substituída pela produção de ampla variedade, para a qual a Produção Enxuta (derivada do sistema de produção desenvolvido na Toyota, o chamado “Sistema Toyota de Produção” – STP) tem desenvolvido papel fundamental.

Godinho Filho e Fernandes (2005) consideram a Manufatura Enxuta como um dos paradigmas existentes dentro da moderna literatura de Gestão da Produção. O objetivo desses paradigmas é manter a competitividade no mundo atual globalizado, pois possuem papel estratégico por auxiliar no alcance dos objetivos de desempenho.

As atividades que constituem o planejamento e controle da produção são críticas para qualquer sistema produtivo. Nos sistemas de produção enxutos, ocorre a descentralização dessas atividades, devida principalmente à existência de ferramentas que permitem operacionalização da programação no próprio chão-de-fábrica.

Para que a atividade de planejamento atinja seus objetivos, é necessário que estas ferramentas sejam bem projetadas e cuidadosamente implantadas. Mas, no cotidiano do planejamento e controle tradicional apresentam-se alguns problemas que afetam igualmente os sistemas enxutos e que justificam a existência dessas ferramentas. Um primeiro aspecto é a disponibilidade de recursos, afetada pelo desbalanceamento produtivo e esgotamento de capacidade. A variabilidade – interna e externa –, representada pela dificuldade de atender os requisitos dos clientes, principalmente em quantidade e prazo, é mais um aspecto com influência no planejamento. Por último, pode-se citar a centralização da informação – tradicional cultura de manter sob domínio dos níveis hierárquicos acima informações e decisões que afetam a produção.

O nivelamento aplicado à produção e o dispositivo de gestão visual que evidencia e operacionaliza esse nivelamento – *heijunka box* – são ferramentas que irão auxiliar na minimização dos problemas relacionados às atividades de planejamento e controle dos sistemas enxutos.

Rother e Harris (2002), referem que para atingir o fluxo contínuo em um fluxo de valor enxuto é necessário programar e controlar o recurso produtivo com uma flutuação de volume tão pequena quanto possível e com um tamanho de lote o menor possível, adequado para as trocas entre produtos. Tais iniciativas são respectivamente o nivelamento de produção e de produto. E as ferramentas de gerenciamento visual, por sua vez, devem evoluir em conjunto com as estratégias enxutas para promover melhoria contínua (NEESE; KONG, 2007).

Sabe-se que o quadro *Heijunka* é uma ferramenta bastante difundida nas indústrias que optaram por implantar a Produção Enxuta. Essa forma de programação e controle é, no entanto, ainda pouco discutida e analisada no meio acadêmico. Com o trabalho de revisão bibliográfica, detalhado mais a frente, foi possível perceber que, salvo manuais de aplicação de ferramentas enxutas, poucos foram os trabalhos científicos encontrados sobre o tema especificamente. A literatura aborda apenas modelos clássicos e genéricos de aplicação e em caráter informal.

Essa limitação constituiu, no entanto, uma motivação para esta pesquisa. Buscou-se não somente fornecer o embasamento teórico necessário para as propostas desta Dissertação, mas contribuir para a sistematização do conteúdo pesquisado que não estava formalizado.

Assim, as questões para apresentação do problema de pesquisa são:

- *Como é executado o nivelamento da produção em ambientes de Manufatura Enxuta?*
- *Quais os requisitos para se implantar um sistema de nivelamento?*
- *Quais as características dos quadros Heijunka segundo a literatura?*
- *Que características encontradas na literatura estão contempladas no sistema de nivelamento desenvolvido?*

### **1.3 Objetivo**

O encadeamento lógico desta pesquisa é: levantar os conceitos de produção enxuta; em seguida, detalhar o nivelamento da produção e gestão visual; exemplificar os modelos de

quadros *Heijunka*; e por fim, utilizar o conhecimento para o projeto de um sistema de nivelamento da produção com a utilização deste tipo de quadro.

Deste modo, tem-se como objetivo do trabalho *desenvolver um sistema de nivelamento da produção com utilização de quadro Heijunka que permita a efetiva programação nivelada atendendo aos requisitos da organização para o qual foi projetado.*

#### **1.4 Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho**

Considerando, conforme explicitado por Silva e Menezes (2000), existirem várias formas de classificar as pesquisas, nesta seção são detalhadas essas formas clássicas e em que tipo dentro delas o trabalho em questão está embasado.

##### **1.4.1 Natureza da pesquisa**

Esta classificação é diferenciada em pesquisa básica – desenvolvimento de uma nova teoria, geração de novos conhecimentos – e pesquisa aplicada – solução de problemas aplicando-se a teoria, geração de conhecimento para aplicação prática (SILVA; MENEZES, 2000). A pesquisa aplicada também possui preocupação centrada na solução rápida de problemas locais.

O presente trabalho é considerado uma pesquisa aplicada, pois é uma aplicação prática dos conceitos existentes para a solução de um problema identificado.

##### **1.4.2 Abordagem do problema de pesquisa**

A abordagem do problema de pesquisa pode determinar pesquisa quantitativa ou qualitativa. Na primeira, considera-se que tudo pode ser quantificável, que é possível traduzir em números as opiniões e informações para permitir sua classificação e análise – muitas vezes requerendo o uso de técnicas estatísticas. Na segunda, existe uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números (SILVA; MENEZES, 2000).

Para a pesquisa qualitativa, segundo Silva e Menezes (2000), a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos e não requerem o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave. É uma pesquisa descritiva e o pesquisador tende a analisar seus dados indutivamente.

Pode-se classificar este trabalho em pesquisa qualitativa, dado que se baseia nas interpretações da pesquisadora em relação à uma situação específica, cujas análises e classificações são feitas de forma subjetiva. Utiliza dados numéricos apenas para ilustração de assuntos particulares, sem qualquer tratamento estatístico.

#### 1.4.3 Objetivos da pesquisa

Gil (1991), coloca que do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa pode ser:

- Exploratória: visando proporcionar maior familiaridade com o problema de modo a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem sua compreensão.
- Descritiva: para permitir descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou estabelecimento de relações entre variáveis envolvendo uso de técnicas padronizadas de coleta de dados - questionário e observação sistemática.
- Explicativa: visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, aprofunda conhecimento da realidade explicando a razão e o porquê das coisas.

Esta Dissertação constitui uma pesquisa exploratória, por serem os seus objetivos definidos para busca de informações e relações para permitir concluir acerca da proposta existente.

#### 1.4.4 Procedimentos técnicos de pesquisa

Procedimentos técnicos de pesquisa para Silva e Menezes (2001) ou Estratégia de pesquisa para Yin (2001), são divididos em:

- Pesquisa Bibliográfica: elaborada a partir de material já publicado (livros, artigos de periódicos, material da internet);
- Pesquisa Documental: a partir de documentos ou material que não recebeu tratamento analítico;
- Pesquisa Experimental: quando se determina um objeto de estudo, selecionando-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;
- Levantamento: quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer;

- Estudo de caso: estudo profundo e exaustivo de uns poucos objetos de maneira a permitir seu amplo e detalhado conhecimento. É um método aplicável para o exame de acontecimentos contemporâneos, constituindo-se de uma investigação empírica que analisa um fenômeno dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2001).
- Pesquisa *Ex-Post-Facto*: quando o experimento é realizado após os fatos;
- Pesquisa-ação: a partir de um dado problema, os envolvidos compõem um grupo com metas comuns e desempenham papéis diversos, na necessidade de associar pesquisa e ação para sua resolução.
- Pesquisa Participante: desenvolve-se a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

No presente trabalho, a pesquisa-ação é a estratégia de pesquisa utilizada e, portanto, detalhada a seguir.

### Pesquisa-ação

O conceito clássico de pesquisa-ação dado por Thiollent (2000) é de que “a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.

Para Franco (2005) a opção do pesquisador de trabalhar com pesquisa-ação presume que ele “tem a convicção de que pesquisa e ação podem e devem caminhar juntos quando se pretende a transformação da prática”.

A pesquisa-ação pode ser considerada segundo Lavoie, Marquis e Laurin<sup>1</sup> (1996 *apud* FRANCO, 2005):

- Uma abordagem de pesquisa, com característica social, associada a uma estratégia de intervenção e que evolui num contexto dinâmico;
- É uma pesquisa que parte do pressuposto que pesquisa e ação podem estar reunidas;
- Essa pesquisa pode ter por objetivos a mudança, a compreensão das práticas, a resolução dos problemas, a produção de conhecimentos e/ou a melhoria de uma situação dada, na direção proposta pelo coletivo;

---

<sup>1</sup> LAVOIE, L. MARQUIS, D.; LAURIN, P. La recherché-action: théorie et pratique. *Manuel d'autoformation*. Canadá: Presses de l'Université du Québec, 1996.

- Deve ser originada das necessidades sociais reais, estar vinculada ao meio natural de vida, contar com a participação de todos os envolvidos em todas as etapas;
- Metodologicamente, deve ter procedimentos flexíveis, ajustar-se progressivamente aos acontecimentos, estabelecer uma comunicação sistemática entre seus participantes e se auto-avaliar durante todo o processo;
- Ter característica empírica, estabelecer relações dinâmicas com o vivido e enriquecer-se com categorias interpretativas de análise;
- Deve possuir um *design* inovador e uma forma de gestão coletiva, na qual o pesquisador é também participante e os participantes também são pesquisadores;

Ainda pode-se dividir a pesquisa-ação em três conceituações diferentes: pesquisa-ação colaborativa, pesquisa ação crítica e pesquisa ação estratégica, dependendo respectivamente de quem desencadeia a motivação para a ação, grupo, pesquisador e grupo, e pesquisador. Pesquisa-ação colaborativa, na qual é baseado esse trabalho, é aquela em que a função do pesquisador é de, a partir da busca de transformação pelo grupo, fazer parte e cientificar o processo de mudança (FRANCO, 2005).

Por possuir orientação prática, esse tipo de pesquisa é aplicável a diversas áreas de atuação. No campo organizacional e nos sistemas já estão contidas atividades cujos objetivos consistem em coordenar diferentes grupos de trabalho e decidir a respeito das metas e meios necessários para produzir um determinado produto ou serviço – o que justifica sua aplicabilidade. Neste caso, os pesquisadores e membros da organização colaboram na definição do problema, na busca de soluções e, simultaneamente, no aprofundamento do conhecimento científico (THIOLLENT, 2000).

De acordo com Koch e Kornicki (2008), a Produção Enxuta quebra as tradicionais causas de variabilidade com o uso de ferramentas para melhoria do sistema. Com o objetivo de desenvolver um sistema de nivelamento para um sistema produtivo específico, esta Dissertação constitui-se em pesquisa-ação na medida em que utiliza os conceitos e desenvolve uma ferramenta da Produção Enxuta dentro de uma organização.

Em resumo, as características da presente pesquisa estão ilustradas em destaque na Figura 1.1, compreendendo também o universo das classificações de pesquisa possível, anteriormente descritas.

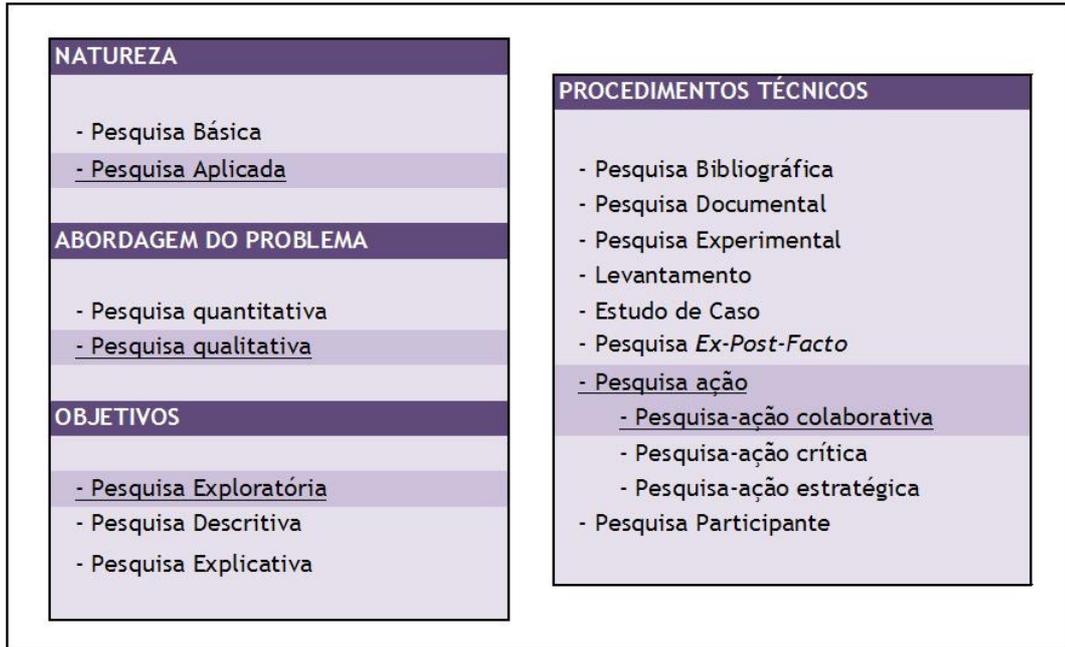


Figura 1.1 – Características da Pesquisa e destaque das classificações para este trabalho

### 1.4.5 Fases do Trabalho

Para conduzir este trabalho e atingir o objetivo proposto, é necessário descrever as fases necessárias para sua elaboração. O esquema da Figura 1.2 evidencia o planejamento do trabalho seguido das descrições das fases que o constituem.

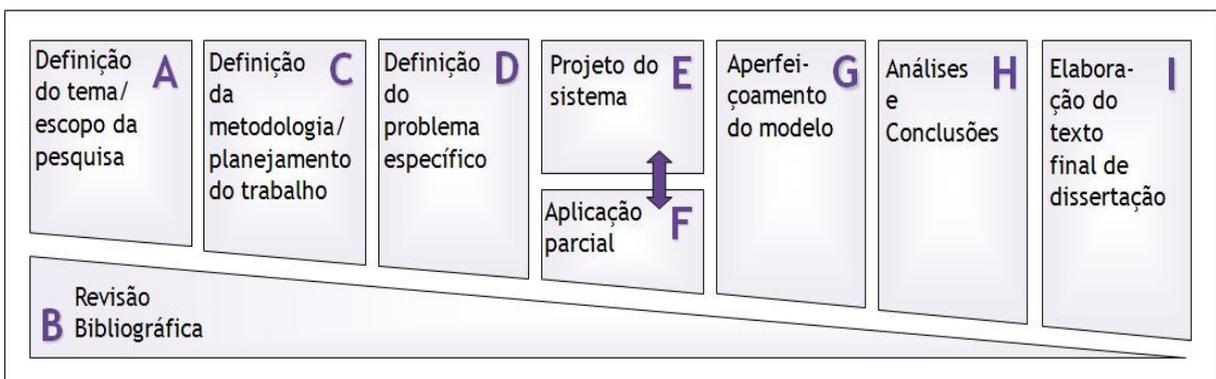


Figura 1.2 - Fases do trabalho

A - Definição do tema e delimitação do escopo da pesquisa

Definiu-se entre as várias possibilidades de trabalho o foco desta Dissertação na relação nivelamento da produção e gestão visual, trazendo os exemplos de *heijunka box*. Conclui-se com a formalização dos requisitos para atingir esse nivelamento. Por último foi definido o desenvolvimento de um sistema de nivelamento utilizando quadros *Heijunka*. O escopo do trabalho e as limitações de sua abrangência também foram delimitados.

## B - Revisão Bibliográfica

Constituiu as consultas aos materiais existentes sobre o assunto em livros, periódicos, internet e a reunião em texto das passagens relevantes para entendimento do tema e justificativa do trabalho. Também foi feito um trabalho de sistematização de conteúdo, por limitações de material formalizado sobre temas específicos.

A atividade de revisão bibliográfica não se esgotou subitamente, no andamento do trabalho, como outras fases. Tornou-se menos freqüente, mas assessorou continuamente as demais fases da pesquisa.

## C - Definição da metodologia e planejamento do trabalho

Nesta fase foram definidos os objetivos do trabalho e estratégia de pesquisa. Também foram projetadas as atividades futuras para atingir o objetivo proposto.

## D – Definição do problema específico

Entrando na fase da pesquisa-ação, foi identificado junto à organização alvo do estudo o problema específico que motivou o desenvolvimento do trabalho.

## E - Projeto do Sistema

Após a definição do problema, a partir de idéia preliminar formulada com as características identificadas na revisão bibliográfica, foi esboçado um primeiro modelo de sistema de nivelamento. O projeto do sistema foi iniciado e sua realização feita em paralelo com uma aplicação parcial, caracterizando a pesquisa-ação.

## F - Aplicação parcial

O projeto do sistema passou a contemplar os requisitos da organização produtiva em que se insere a pesquisa-ação. Por um período de tempo o trabalho foi conduzido com a colaboração dos membros da empresa, objetivando a contribuição na realidade produtiva para o projeto e implantação do sistema. Com um modelo definido, foi implantado o sistema em caráter experimental para, além de fornecer novas e oportunas melhorias, permitir analisar e obter conclusões relevantes.

## G - Aperfeiçoamento do modelo proposto

Considerando as observações da aplicação parcial, foram incluídos os novos requisitos considerados importantes para o modelo de sistema.

## H - Análises e Conclusões

Comparam-se aspectos da revisão bibliográfica e do contexto em que o sistema foi implantado, gerando-se as conclusões relevantes sobre este trabalho e discute-se o atendimento ao objetivo proposto.

## I - Elaboração do texto final de dissertação

Todo o conhecimento gerado nas fases que antecedem a redação do texto são formalizados e sistematizados respeitando-se as normas de elaboração.

A seção a seguir descreve a estrutura do texto resultante, depois de concluídas as fases do trabalho.

### **1.5 Estrutura do texto**

Este Capítulo é uma introdução do trabalho, colocando o contexto da pesquisa, sua relevância e objetivo. Ainda, são expostas as características da metodologia aplicada e as fases envolvidas.

No Capítulo 2 é exposta a Revisão Bibliográfica que sustenta conceitualmente o conhecimento adquirido por meio deste trabalho e permite o entendimento do sistema desenvolvido como resultado desta pesquisa-ação.

O Capítulo 3 é uma sistematização dos conhecimentos observados nas bibliografias consultadas e entendida como contribuição desta pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta o sistema de nivelamento desenvolvido utilizando o quadro *Heijunka*, precedido da descrição da condução da pesquisa-ação e do contexto no qual foi realizada.

As análises relacionadas ao trabalho desenvolvido – do desenvolvimento da pesquisa-ação, do sistema proposto e dos resultados obtidos – estão contidas no Capítulo 5.

O Capítulo 6 relata as conclusões do trabalho apontando oportunidades de pesquisas futuras.

Por fim, são citadas as referências utilizadas para elaboração desta Dissertação.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para efeito deste trabalho, considerou-se importante revisar algumas áreas de conhecimento.

A primeira delas envolve a conceituação e aspectos gerais da Produção Enxuta, desde o seu histórico até a abordagem mais contemporânea do pensamento enxuto. Logo após são colocadas algumas considerações gerais sobre a atividade de Planejamento e Controle da Produção, descrevendo também os sistemas tradicionais de coordenação de ordens envolvidos nesta atividade. Em seguida, são evidenciadas as práticas e ferramentas utilizadas para executar a programação no contexto enxuto.

Aprofunda-se então o conhecimento dos princípios de Nivelamento da Produção e Gestão Visual. O primeiro contempla os principais conceitos, discute o problema da variabilidade, aponta suas vantagens e desafios. A gestão visual contempla a idéia da fábrica visual, e do controle de produção visual.

Por último, é explicada e detalhada a ferramenta *heijunka box*, que constitui abordagem fundamental do trabalho, além de indicar como se pode criar a programação da produção visual.

A estrutura desta revisão bibliográfica está evidenciada na Figura 2.1.

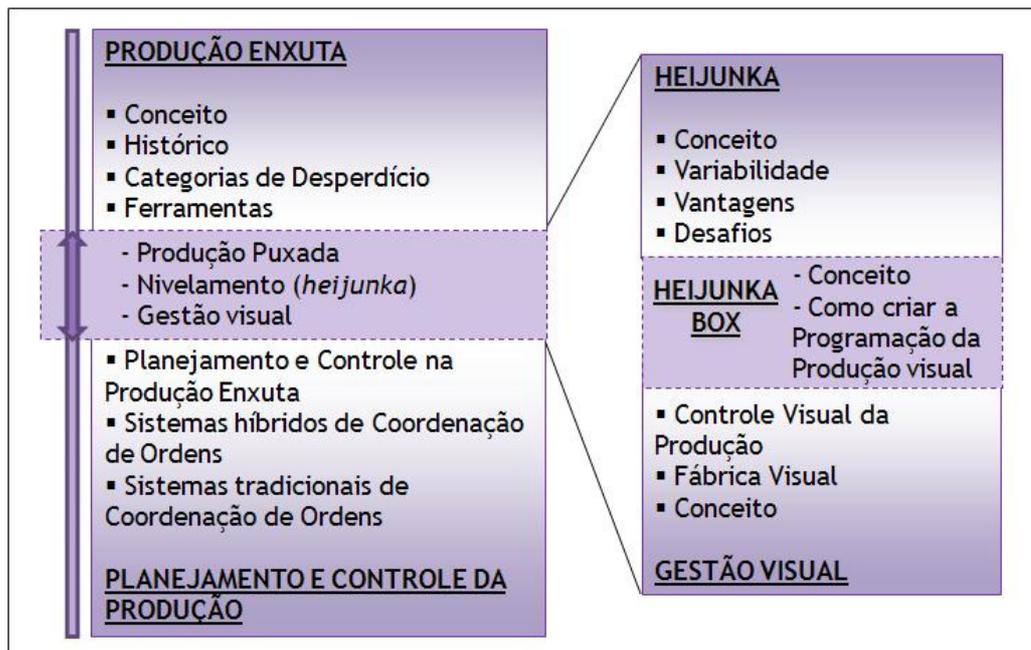


Figura 2.1 - Estrutura da Revisão Bibliográfica.

## 2.1 Produção Enxuta

A Toyota, entre as montadoras, tem sido a empresa modelo em termos de desempenho operacional. Segundo Liker (2005), sua excelência, em grande parte é baseada nos métodos de melhoria da qualidade e ferramentas que ela tornou famosos no mundo da indústria. Estas técnicas ajudaram a provocar a revolução da “Produção Enxuta”, que domina as tendências industriais – juntamente com o Seis *Sigma* – há aproximadamente 10 anos. Ou seja, a Toyota teve a posição pró-ativa e tem sido acompanhada pelas demais empresas de forma reativa.

A inovação conseguida com a implantação da Produção Enxuta é de ordem organizacional. A OCDE (2004, p. 61) indica que “uma inovação organizacional é a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização de seu local de trabalho ou em suas relações externas”. No próprio manual está descrito que a produção enxuta é um exemplo dentro de inovações organizacionais em práticas de negócios, que compreendem a implementação de novos métodos para organização de rotinas e procedimentos para condução do trabalho.

Pode-se encontrar na literatura as notações Produção Enxuta (PE) ou Manufatura Enxuta (ME), para descrever esse tipo de inovação. A segunda forma de descrição é menos usual, pois reduz o escopo da filosofia à aplicação para os sistemas de produção de bens apenas.

São muitas as definições para este paradigma, sendo difícil resumir em poucas palavras tudo o que representa a Produção Enxuta. Torna-se necessário, portanto, entender como surgiu o conceito, o escopo de sua abrangência – pelo entendimento de características operacionais do sistema como as categorias de desperdícios e suas políticas e práticas – e ainda a noção sobre o que representa a estratégia do pensamento enxuto.

### 2.1.1 Histórico

Segundo Liker (2005), o sistema de produção da Toyota foi desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial, quando Ford e GM possuíam situação de mercado bastante favorável. Elas utilizavam produção em massa, economias de escala e grandes equipamentos – o foco era produzir o máximo de peças ao menor custo possível. A Toyota na situação pós-guerra possuía, além de um mercado reduzido, a exigência de oferecer a maior variedade de veículos para satisfazer seus clientes. Por isso, uma mesma linha de montagem precisava adaptar-se a vários modelos.

Para Hines, Holweg e Rich (2004), as inovações advindas da indústria japonesa, principalmente a Toyota *Motor Company*, resultaram da escassez de recursos e competição doméstica do mercado local de automóveis. Por isso, essa forma de gestão enxuta de operações foca a eliminação de desperdícios e excessos, representando um modelo alternativo à produção em massa (com altos inventários, plantas dedicadas e desperdícios escondidos).

A chave para as operações da Toyota era a flexibilidade. Isso permitiu descobrir que quando o *lead time* (tempo de atravessamento) é reduzido e existe um esforço contínuo para manter flexíveis as linhas de produção, são melhoradas a qualidade, a produtividade e a utilização dos equipamentos e dos espaços, obtendo-se ainda melhor resposta dos clientes (LIKER, 2005).

Segundo Holweg (2007), o STP não foi formalmente documentado até 1965, quando os sistemas *kanban* foram estendidos aos fornecedores. Mas, o interesse ocidental pela Manufatura Enxuta foi limitado até a percepção da diferença de performance entre a Toyota e demais montadoras de automóveis evidenciada no livro “A Máquina que mudou o mundo” publicado em 1990 por Womack e outros autores (HINES; HOLWEG; RICH, 2004).

A partir de então, muitas plantas industriais têm implantado o Sistema Toyota de Produção ao redor do mundo, de modo que se pode afirmar que esse sistema funciona em qualquer região (KASUL; MOTWANI, 1997).

Favaretto *et al.* (2002) afirmaram que no ocidente a implementação da Produção Enxuta nas fábricas tem sido feita de forma adaptada das técnicas japonesas de gestão da produção, substituindo as antigas práticas - rígidas e inflexíveis - de controle e gestão do chão de fábrica.

A Figura 2.2 é um resumo comentado da evolução do conceito da Produção Enxuta na linha do tempo, muito evidenciada pelas principais publicações sobre o assunto.



Figura 2.2 – Evolução do conceito da Produção Enxuta consideradas as principais obras sobre o STP. As literaturas didáticas abordam, na maioria das vezes, os conceitos de produção enxuta alinhados à filosofia *Just-in-time* (JIT).

Corrêa e Corrêa (2004, p. 619), explicitam que Produção Enxuta é uma das expressões geralmente utilizadas para traduzir aspectos da filosofia *Just-in-time*, trazendo em sua obra uma discussão sobre a dependência de um conceito sobre o outro, concluindo que “os princípios principais do JIT e *lean production* são bastante parecidos”. Uma interpretação semelhante é feita por Slack *et al.* (2002), quando afirma que a manufatura enxuta é uma das frases e termos existentes para descrever a abordagem JIT.

No entanto, este autor, também afirma que a prática de operações enxutas são implicações mais amplas do *Just-in-time*. Corroborando esta definição, Chase *et al.* (2006) classificam o JIT em “pequeno JIT” e “grande JIT”, sendo este último conhecido como produção enxuta – filosofia de administração da produção. Godinho Filho e Fernandes (2004) também afirmam que o JIT é um princípio dentro do paradigma enxuto. É sob esta ótica que esta pesquisa se desenvolverá.

### 2.1.2 Categorias de Desperdício

Mondem (1998) coloca que o principal propósito do STP é a redução de custos ou o aumento de produtividade, obtidos pela eliminação dos vários tipos de desperdícios. Para Ghinato (2000), as perdas são atividades que não agregam valor, têm um custo e devem ser sempre eliminadas. Essas perdas são tradicionalmente classificadas em sete grandes grupos, comumente chamados categorias de desperdício.

O primeiro deles é o desperdício de **superprodução**. Pode ser causado tanto pela produção da quantidade errada (a mais que o necessário, gerando estoque), quanto pela produção de forma antecipada (antecipada da necessidade de consumo, também gerando estoques). Por exemplo, gera perdas com o excesso de pessoal e de estoque e custos de transporte devido ao estoque excessivo.

Para o Sistema Toyota de Produção a superprodução é a categoria mais séria de desperdício, dado que esconde ou origina outras categorias, além de ser a mais difícil de ser eliminada (KASUL; MOTWANI, 1997; GHINATO, 2000; MENEGON; NAZARENO; RENTES, 2003; LIKER, 2005).

O desperdício de **espera** (tempo sem trabalho ou processamento), podendo acontecer tanto nas pessoas quanto nos materiais, é bastante exemplificado pela ociosidade do operador ao monitorar apenas o processamento dos itens em máquinas ou por problemas de balanceamento, por exemplo. Está relacionado também à inércia verificada nos lotes de produção. Os itens aguardam processamento tanto por espera da disponibilidade dos recursos produtivos quanto por espera do processamento das peças de um mesmo lote – pois, os itens de um mesmo lote devem seguir o fluxo produtivo juntos.

**Transporte** também é uma categoria de desperdício. Representa uma parte bastante significativa do tempo total de fabricação, podendo ser verificado por transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos. Deve ser uma atividade minimizada ou até eliminada. Um dos aspectos principais que ajudam nesse sentido é o *layout*, que favorece a movimentação de materiais. O uso de dispositivos que auxiliem o transporte é um ponto que só deve ser considerado somente depois de esgotadas as possibilidades de melhorias do arranjo físico.

Se um item é produzido com excesso de operações, ou subutilização dos recursos, pode-se dizer que acontece uma perda no **processamento**, sendo este mais uma categoria de desperdício. Pode ser verificada tanto em relação à existência de operações desnecessárias

para produzir as peças, baixa eficiência do processamento (problemas de qualidade e geração de defeitos) quanto em relação à produção de itens com qualidade superior à necessária.

A quinta categoria de desperdício está relacionada ao **estoque**. O excesso de matérias-primas, materiais em processamento, e até mesmo peças prontas ocupam espaço, permite maior descontrole e é um custo desnecessário. Apesar de ser considerado uma segurança quando do descompasso entre as operações, deve ser cuidadosamente mantido em níveis mínimos, tendendo a zero. Como resultado de estoques elevados pode-se ter: *lead times* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos mais altos de transporte e de armazenagem, e atrasos.

A **movimentação** é mais uma categoria de desperdício bastante observada. Constitui as perdas por excesso de movimentos dos trabalhadores ao executar uma operação. Pode ser minimizada através dos estudos de tempos e movimentos. A utilização de dispositivos para mecanização da produção só devem ser implementados se não mais for possível realizar melhorias nas operações dos trabalhadores.

A última categoria clássica é a perda pela produção de itens com **defeitos** ou problemas de qualidade, nos quais os requisitos básicos necessários não são atendidos. A perda está em empenhar materiais e recursos em um produto que não será vendido ou necessitará ser retrabalhado. Para evitar tal desperdício é preciso empregar técnicas de controle (supervisionando a qualidade do processamento das máquinas e trabalhadores, e dos materiais empregados).

O **desperdício da criatividade dos empregados** – representado pela perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir os empregados – é uma nova categoria proposta por Liker (2005), constituindo um oitavo desperdício ainda não amplamente citado na literatura.

Uma idéia da presença desses desperdícios nos sistemas produtivos pode ser visualizada na Figura 2.3 proposta por Liker (2005).

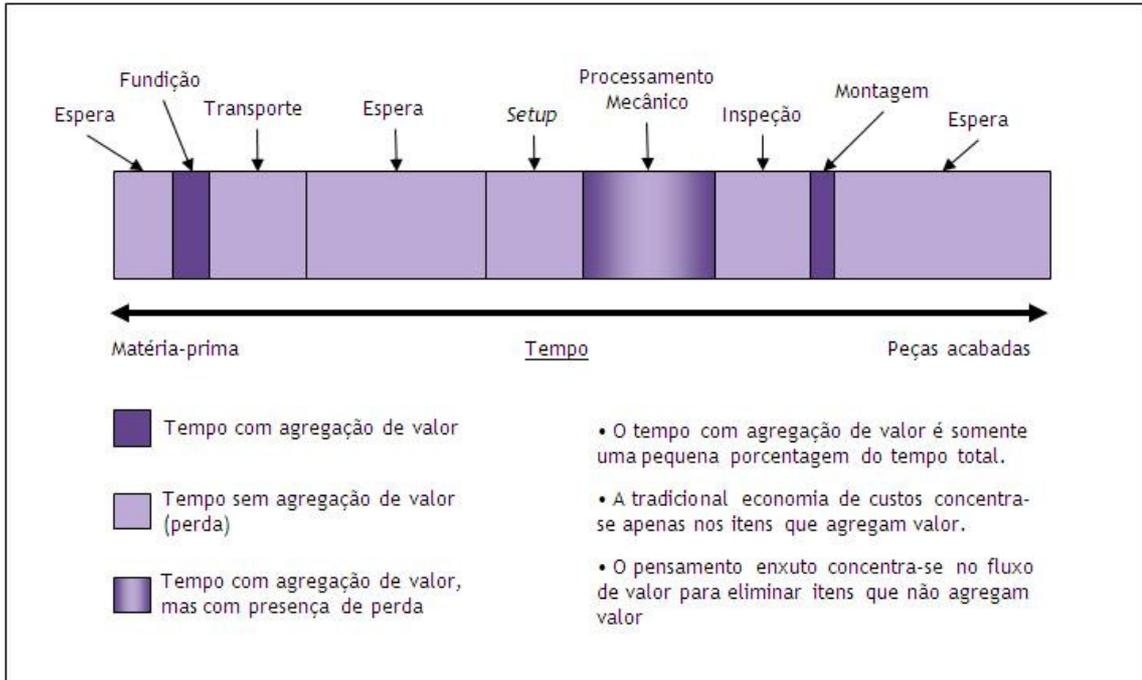


Figura 2.3 - Perdas em um sistema de valor  
 Fonte - Adaptado de Liker, 2005

A figura ilustra uma simples linha de tempo para o processo de fundição, processamento mecânico e montagem. Como pode ser notada, a maioria do tempo para a transformação do material inclui desperdícios (o tempo em que não há agregação de valor ao produto). No processamento mecânico, por exemplo, pode haver perdas por movimentação durante a execução da operação.

Ghinato (2000) lembra, ainda, que a urgência pela redução de custos nas indústrias que produziam em larga escala beneficiou a Toyota no meio de seus concorrentes e da crise, após a década de 70, pois todos os seus esforços já estavam concentrados na identificação e eliminação das perdas descritas.

Para alcançar esse cenário, o STP faz uso de uma série de princípios, práticas, políticas e ferramentas, abordados no próximo tópico.

### 2.1.3 Abrangência da Produção Enxuta

Godinho Filho e Fernandes (2004, p. 2), definem a Manufatura Enxuta como: “um modelo estratégico e integrado de gestão, direcionado a certas situações de mercado, que propõe auxiliar a empresa a alcançar determinados objetivos de desempenho”. Esses indicadores de desempenho são principalmente qualidade e produtividade. Esse modelo é composto de uma série de princípios (idéias, fundamentos, regras que norteiam a empresa) e capacitadores (ferramentas, tecnologias e metodologias utilizadas).

O agrupamento de trabalhos anteriores sobre produção enxuta por Simons e Zokaei (2005), conclui que o sucesso da Produção Enxuta resulta em uma combinação de práticas, políticas e filosofias.

Para Motwani (2003), há muitas ferramentas disponíveis para se alcançar a manufatura enxuta. Ela é o guarda-chuva sobre todos esses conceitos e, apesar de muitos deles serem implementados individualmente, o potencial completo da companhia não pode ser atingido sem a implementação de todas essas iniciativas. Assim, elas constituem sistemas fortemente integrados. Como resultado tem-se a redução dos *lead times*, gerenciamento *just-in-time*, diminuição dos custos, fluxo contínuo de produção, melhoria na satisfação no trabalho, maior produtividade, menores inventários e maiores níveis de qualidade (KASUL; MOTWANI, 1997).

Muitas dessas ferramentas estão representadas na Figura 2.4 que contém a estrutura do STP. Mas, como lembra Liker (2005, p. 51), o diagrama conhecido como a casa do STP é a representação de um “sistema baseado em uma estrutura, não apenas um conjunto de técnicas”. Assim, cada elemento do diagrama tem sua importância, e o mais importante é como estes elementos reforçam uns aos outros.

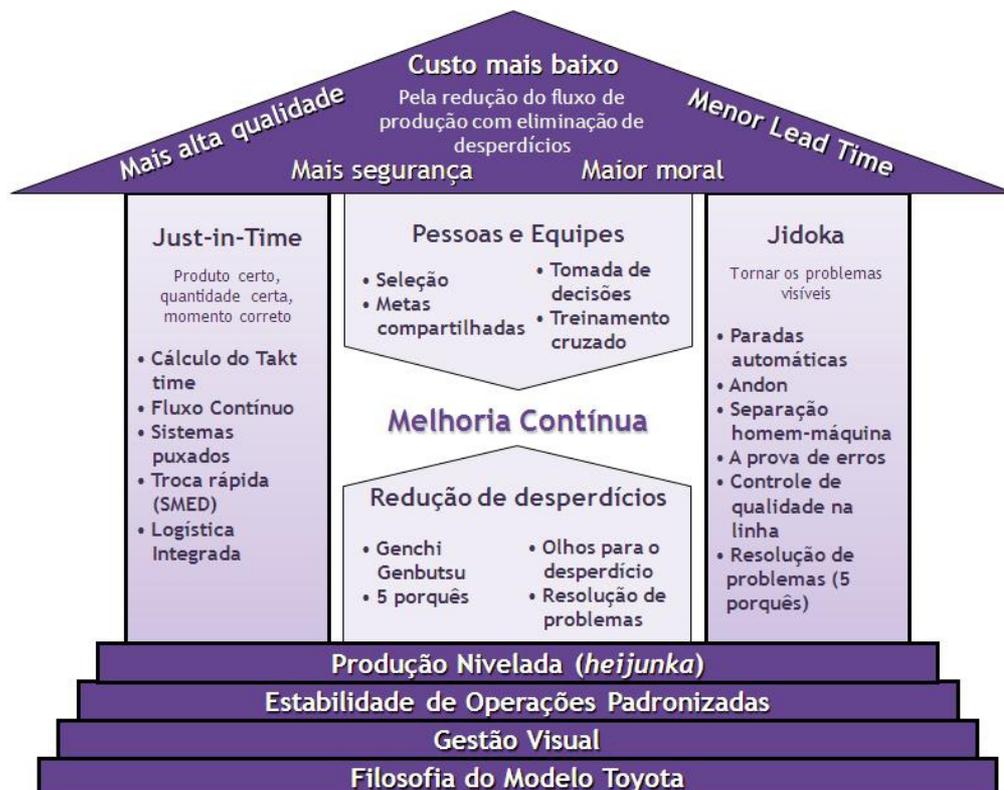


Figura 2.4 – O Sistema Toyota de Produção  
Fonte - Liker, 2005

O todo desse sofisticado sistema tem a contribuição de todas as partes, e na sua base foca o apoio e estímulo às pessoas para que continuamente melhorem os processos com que trabalham.

Liker (2005), explica que a figura começa com as metas de melhor qualidade, menor custo e menor *lead time* – representando o telhado. As duas colunas externas – *just-in-time* e autonomia (*jidoka*), sustentam as formas de atendimento dessas metas, e são considerados os pilares do STP. A primeira é provavelmente a característica mais visível e mais popularizada – segundo Mondem (1998) significa produzir a as peças corretas, na quantidade correta e no momento certo. O mesmo autor coloca que a autonomia pode ser traduzida como o controle de defeitos autônomo. Essencialmente significa nunca deixar que um defeito passe para a próxima estação, e liberar as pessoas das máquinas – automação com um toque humano. No centro do sistema estão as pessoas, sem as quais ele não pode funcionar. Finalmente, há vários processos e também nivelamento da produção, que significa nivelar a programação da produção tanto em volume quanto em variedade.

A casa do STP é um modelo clássico e completo de representação da Produção Enxuta, no entanto, há alguns aspectos não evidenciados que são citados em outros trabalhos como integrantes desse paradigma. O Quadro abaixo, com base no trabalho de Godinho Filho e Fernandes (2004), resume algumas das diversas classificações encontradas na bibliografia para os princípios mais importantes da ME e seus capacitadores relacionados – metodologias, tecnologias e ferramentas – que não podem deixar de ser citadas. Muitos desses aspectos também estão representados na Figura 2.4 e evidenciados nos trabalhos de Motwani (2003) e Simons e Zokaei (2005).

Princípios mais importantes da ME	Capacitadores (metodologias, tecnologias e ferramentas)
Determinar valor para o cliente, identificando cadeia de valor e eliminando desperdícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapeamento do fluxo de valor</li> <li>- Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores</li> <li>- Recebimento/fornecimento <i>just-in-time</i></li> </ul>
Trabalho em fluxo/simplificar fluxo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologia de grupo</li> <li>- Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote</li> <li>- Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i> / produção sincronizada</li> <li>- Manutenção produtiva total (TPM)</li> </ul>
Produção puxada/ <i>just-in-time</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Kanban</i></li> <li>- Redução do tempo de <i>set-up</i></li> </ul>
Busca da perfeição	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Kaizen</i></li> </ul>
Autonomação/qualidade seis sigma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ferramentas de controle da qualidade</li> <li>- Zero defeito</li> <li>- Ferramentas <i>poka yoke</i> (a prova de erros)</li> </ul>
Limpeza, ordem e segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 S</li> </ul>
Desenvolvimento e capacitação de recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empowerment</li> <li>- Trabalho em equipes</li> <li>- Comprometimento dos funcionários e da alta gerência</li> <li>- Trabalhador multi-habilitado/rodízio de funções</li> <li>- Treinamento de pessoal</li> </ul>
Gerenciamento visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas de performance/balanced scorecard</li> <li>- Gráficos de controle visuais</li> </ul>
Adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificação de estrutura financeira/custos</li> <li>- Ferramentas para projeto enxuto (DFMA, etc.)</li> </ul>

Quadro 2.1 - Princípios e capacitadores da Manufatura Enxuta  
 Fonte - Adaptado de Godinho Filho e Fernandes, 2004

O paradigma da Produção Enxuta representa um modelo de Gestão da Produção cuja abrangência conceitual ainda não é determinada, isso notado pela ampla atribuição de ferramentas e técnicas a ele. Tal consideração pode ser mais bem entendida a partir da seção a seguir.

#### 2.1.4 O Pensamento Enxuto

É evidente que apontar a produção enxuta apenas como uma reunião sinérgica dos aspectos levantados no tópico anterior a transforma em um conceito vago e negligencia sua visão amplamente sistêmica e estratégica.

Simons e Zokaei (2005), também afirmam que a Produção Enxuta é muito mais que um conjunto de técnicas e ferramentas ao nível operacional – está ligada à estratégia global da organização. Assim, o chamado “pensamento enxuto” presume o alinhamento dos

processos com os requisitos dos clientes com a finalidade de promover o valor real – aquele pelo qual estão dispostos a pagar.

No trabalho de Hines, Holweg e Rich (2004), uma revisão do pensamento enxuto contemporâneo, é discutido o fato de o conceito de criação de valor – foco do pensamento enxuto - geralmente ser igualado à redução de custos, o que gera confusões de entendimento na Produção Enxuta. Por essa nova vertente de pensamento, o valor está ligado aos requisitos dos clientes e não mais simplesmente descrito como seu oposto – desperdícios no chão-de-fábrica. Assim, o valor é criado se os desperdícios internos são reduzidos e o valor é aumentado se especialidades e serviços adicionais forem oferecidos.

Muitas críticas já foram feitas à filosofia enxuta, em épocas diferentes, negligenciando o fato que ela precisa e continua a evoluir para consolidar-se como filosofia de gestão e não somente uma reunião de ferramentas operacionais. É preciso entender que ela abrange dois níveis: estratégico e operacional. Assim,

qualquer conceito que promova valor ao cliente pode estar alinhado com uma estratégia enxuta, mesmo que as ferramentas do chão-de-fábrica não sejam utilizadas. A diferenciação do pensamento enxuto no nível estratégico e da produção enxuta no nível operacional são cruciais para entender a Manufatura Enxuta como um todo, de modo a empregar as ferramentas e estratégias corretas para promover valor ao cliente (HINES; HOLWEG; RICH, 2004, p. 1006).

A diferença entre os níveis estratégico e operacional é claramente explicitada na Figura 2.5, proposta por esses mesmos autores.

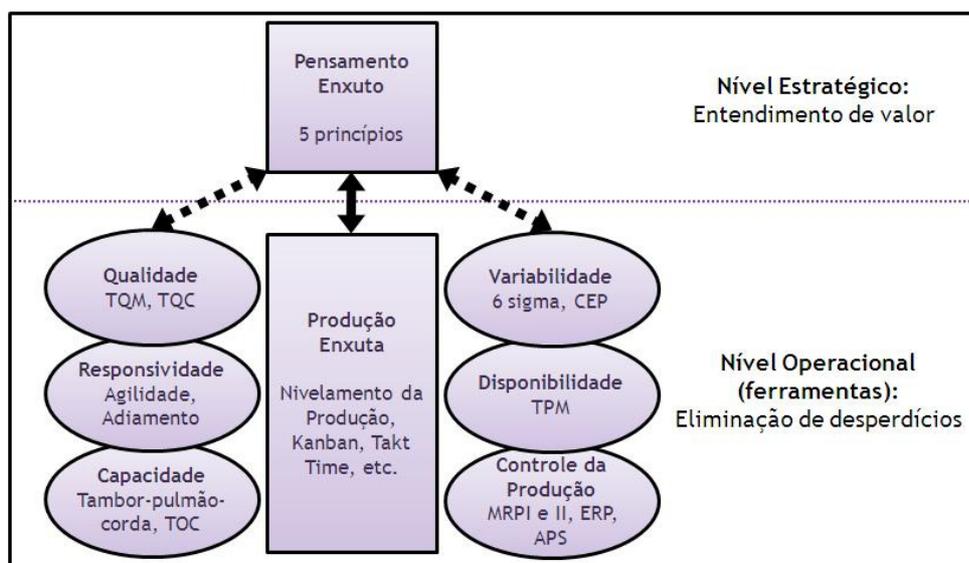


Figura 2.5 – Nível estratégico e operacional da Filosofia Enxuta  
Fonte - Hines, Holweg e Rich, 2004

De forma resumida, para Motwani (2003), a Manufatura Enxuta é um avanço na produção em massa. Obtenção do produto certo da primeira vez, esforços contínuos de melhorias,

qualidade nos produtos e processos, produção flexível, e minimização dos desperdícios de qualquer forma – são os avanços que ela produz.

Todas as atividades da empresa deverão estar baseadas exatamente nessa visão compartilhada entre estratégia e operação do pensamento enxuto para conseguir os avanços acima descritos.

## 2.2 Planejamento e Controle da Produção

A tentativa de aplicar o STP presume primeiramente equilibrar ou nivelar a produção, sendo isto responsabilidade do pessoal de controle da produção ou administração da produção (LIKER, 2005). O nivelamento, assim, é uma ferramenta abordada no planejamento e controle de produção de um sistema. Por isso torna-se necessário detalhar essa atividade e o escopo de sua abrangência para o nivelamento segundo proposições deste trabalho.

O planejamento e controle da produção (PCP), para Slack *et al.* (2002, p. 314) tem o objetivo de “garantir que os processos da produção ocorram eficaz e eficientemente e que produzam produtos e serviços conforme requeridos pelos consumidores”. Consiste em planejar e controlar os processos de manufatura, incluindo materiais, máquinas, pessoas e fornecedores. Deve atender aos requisitos do mercado e dar suporte na estratégia geral da empresa (VOLLMAN *et al.*, 1997).

A área de planejamento e controle abrange assim a elaboração de planos. Um plano irá constituir a formalização daquilo que se pretende acontecer no futuro. Por sua vez, controle pode ser entendido como um conjunto de atividades que ocasionam ajuste na operação para que se cumpram os objetivos contidos no plano. O plano seria um conjunto de intenções para o que deveria ocorrer e o controle um conjunto de ações para direcionar esse plano – ainda que sejam necessárias modificações (SLACK *et al.*, 2002). Para Greif (1991), essa é uma atividade que orienta a produção de unidades de acordo com direções pré-definidas. Quantidades e objetivos de prazos devem ser definidos e as decisões de compra de matérias-primas e componentes, alocando os recursos humanos e técnicos, disparando o processo produtivo no momento correto e selecionando as prioridades em eventos de sobrecarga das unidades em produção.

São várias as funções de um sistema de PCP, incluindo atividades de longo, médio e curto prazos. Nazareno (2008) cita as seguintes funções:

- Previsão de demanda;
- Planejamento agregado;

- Programação mestra;
- Planejamento de capacidade;
- Planejamento de materiais;
- Emissão de ordens e;
- Programação e controle da produção.

O nivelamento é influenciado principalmente pelas atividades de médio e curto prazos do PCP, englobando assim o planejamento de capacidade, a emissão de ordens e programação e controle da produção.

Sem capacidade suficiente são sacrificados os prazos de entregas, é causado aumento de estoques e frustração do pessoal envolvido com a produção. O excesso de capacidade por sua vez, incorre em despesas desnecessárias. **O planejamento de capacidade** é, portanto, crítico num efetivo sistema de PCP. Esta atividade é paralela ao desenvolvimento dos planos de materiais e por isso, devendo-se sempre atentar para os conflitos existentes (VOLLMAN *et al.*, 1997). Ainda, para Gelders e Wassenhove (1985), o sucesso de um sistema de estoques depende de um correto planejamento de capacidade.

Assim, planejar capacidade é buscar uma alocação ótima dos recursos minimizando as perdas e maximizando sua utilização sempre que necessário.

Sabe-se que os processos produtivos podem ser limitados pelas máquinas ou pela mão-de-obra, porque são praticamente inexistentes os sistemas com recursos ilimitados. A programação terá foco dependente do recurso limitante, que dificilmente será constituído por ambos – máquinas e mão-de-obra (CHASE *et al.*, 2006).

Segundo Nazareno (2008), a **emissão de ordens** trata da emissão e liberação de instruções para obtenção de materiais, componentes e produtos nas quantidades e prazos constantes nos planos de materiais.

Os planos, deste modo, irão constituir também as declarações de volume e horários repassados para a produção em frequências determinadas. Na maioria das vezes são constituídos de uma série de Ordens de Produção (OPs) que detalham, dependendo do grau de elaboração, dois ou mais dos seguintes aspectos: o produto e seu código (quando existente), especificações de produção (processo, dimensional), volume, pedido associado, data programada de entrega, entre outros.

Para Davis, Aquilano e Chase (2001) e Slack *et al.* (2002), constituem a atividade de **programação e controle da produção**:

- Alocação adequada de ordens, equipamentos e pessoal, considerando seus diferentes requisitos, capacidades e capacitação, e habilidades respectivamente;
- Determinação da seqüência de produção das ordens (observando as prioridades evidenciadas);
- Sinalização para início do trabalho que foi programado;
- Controle das ordens já produzidas e em produção – revisão de *status* e controle do progresso das que estão sendo executadas;
- Revisão freqüente da programação para permitir resposta às variações de mercado e às mudanças no *mix* e quantidades de produtos;
- Garantia que padrões de qualidade sejam obedecidos.

Assim, a seqüência de execução de tarefas para atingir os objetivos de produção é o problema que vai refletir a prioridade de utilização dos recursos da fábrica, já que os interesses conflitantes dos usuários disputarão um mesmo recurso, segundo Favareto *et al.* (2002).

Agrupando atividades de PCP, Fernandes e Godinho Filho (2007, p. 338), criaram a nomenclatura de sistemas de coordenação de ordens de produção (SCO), afirmando que este tipo de sistema “programa ou organiza/explode as necessidades em termos de componentes e materiais, e/ou controla a emissão/liberação das ordens de produção e compra, e/ou programa/seqüência as tarefas nas máquinas”. O conteúdo é o mesmo das atividades que foram detalhadas. Assim, são detalhados os SCOs mais tradicionais e colocado o que é considerado um sistema híbrido – alvo do estudo desta dissertação.

### 2.2.1 Sistemas tradicionais de Coordenação de Ordens de Produção

São vários os SCOs exemplificados no trabalho de Fernandes e Godinho Filho (2007), diferenciados basicamente entre a lógica puxada ou empurrada e a política de estoques. É interessante lembrar que “um sistema empurrado ‘programa’ o trabalho a ser feito baseado na demanda, enquanto um sistema puxado ‘autoriza’ o trabalho a ser feito baseado no *status* do sistema” (HOPP; SPEARMAN, 2000, p. 340).

Pode-se exemplificar como métodos tradicionais de SCOs, em produção empurrada, o MRP e o Ponto de Reposição, aqui descritos como lógicas separadas, mas podendo ser utilizados conjuntamente nas empresas.

Já na lógica puxada, o sistema mais conhecido é o *just-in-time*, utilizando principalmente a ferramenta *kanban*.

Esses métodos são descritos de forma sucinta a seguir.

## MRP

O planejamento das necessidades de materiais (Material Requirements Planning – MRP) é para Chase *et al.* (2006, p. 556)

uma abordagem lógica, facilmente entendível para o problema de determinar o número de peças, componentes e materiais necessários para produzir um item final. O MRP também fornece a programação especificando quando cada um desses materiais, peças e componentes devem ser pedidos ou produzidos.

O programa-mestre de produção (*Master Production Schedule - MPS*), inserido na estrutura do MRP, é a fase mais importante do planejamento e controle de uma empresa, pois direciona toda a operação em termos do que é montado, manufaturado e comprado – é uma declaração da quantidade e do momento em que os produtos finais devem ser produzidos.

Slack *et al.* (2002) reproduz a estrutura do MRP destacando o MPS na Figura 2.6.

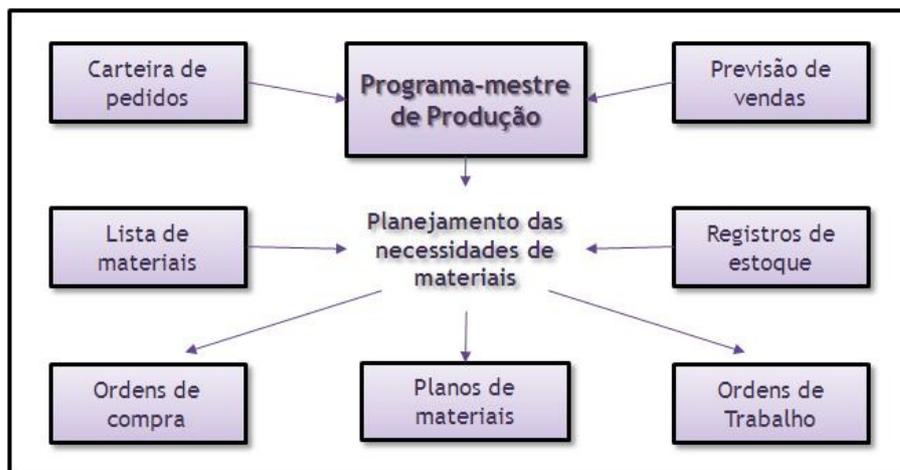


Figura 2.6 – Esquema do MRP  
Fonte - Slack *et al.*, 2002

Para o mesmo autor, o MRP é um processo sistemático para considerar as informações de planejamento e calcular a quantidade e o momento das necessidades de recursos que irão satisfazer à demanda. Chase *et al.* (2006, p. 561) acrescentam que “os principais propósitos do MRP consistem em controlar os níveis de estoque, atribuir as prioridades operacionais e planejar a capacidade para carregar o sistema de produção”. Pode-se então descrever a dinâmica envolvida na estrutura da figura acima de acordo com a seguinte seqüência (considerando um planejamento agregado):

- a) Uma composição dos pedidos firmes dos clientes associada a uma previsão de vendas, geram um programa-mestre de produção;
- b) O programa-mestre, com base na lista de materiais (todas as partes e componentes que compõem o item final, para poder gerar as quantidades múltiplas) e nos registros de estoques atuais (para serem abatidos das quantidades necessárias apontadas), permite determinar as necessidades de materiais;
- c) A partir daí são disparadas as ordens de compra (para aquisição dos materiais) e de trabalho (para início da produção), juntamente com o registro dos planos de materiais;

Portanto, é o programa-mestre que direciona a programação nos sistemas empurrados principalmente. Ele é elaborado, na maioria dos sistemas, uma vez ao mês. E Chase *et al.* (2006) lembram que geralmente a programação precisa de revisão por causa das restrições de capacidade que exigem que o programa MRP seja executado novamente. Por isso, a flexibilidade nesta forma de programação é restrita.

A Figura 2.7 representa a tentativa de manter um fluxo razoavelmente controlado através dos sistemas de produção, alocando períodos com nível especificado de oportunidade para que os clientes façam mudanças. Com uma linha do tempo representada em semanas e com capacidade finita, percebe-se nenhuma flexibilidade na programação em curto prazo, sendo favorecida ao longo das semanas. Assim, uma vez determinada a programação mensal, é bem provável que os sistemas sejam pouco hábeis para acompanhar as mudanças de programação desejáveis pelos clientes dentro deste período.

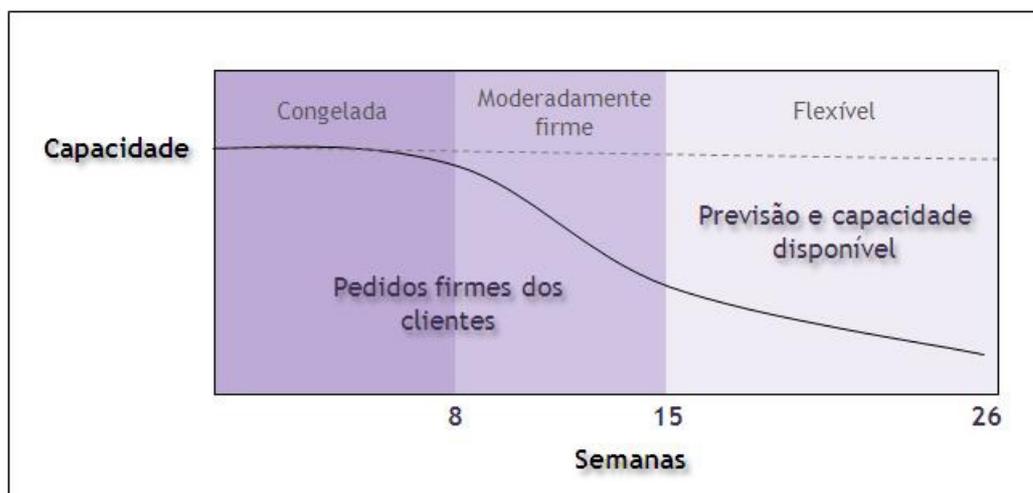


Figura 2.7 – Limites de tempo da Programação Mestre de Produção  
Fonte - Chase *et al.*, 2006

Esse método de programação para materiais é bastante aplicável a itens com demanda dependente, cuja previsibilidade de utilização está ligada aos produtos finais em que serão utilizados.

### Ponto de reposição

A programação por ponto de reposição é aplicada aos itens considerando demanda independente para cada um deles. Basicamente tratará do momento e da quantidade que é necessária para o ressuprimento (produção interna ou externa) do item para reabastecer o sistema, atendendo às necessidades da demanda.

A Figura 2.8 ilustra a dinâmica desse ressuprimento.

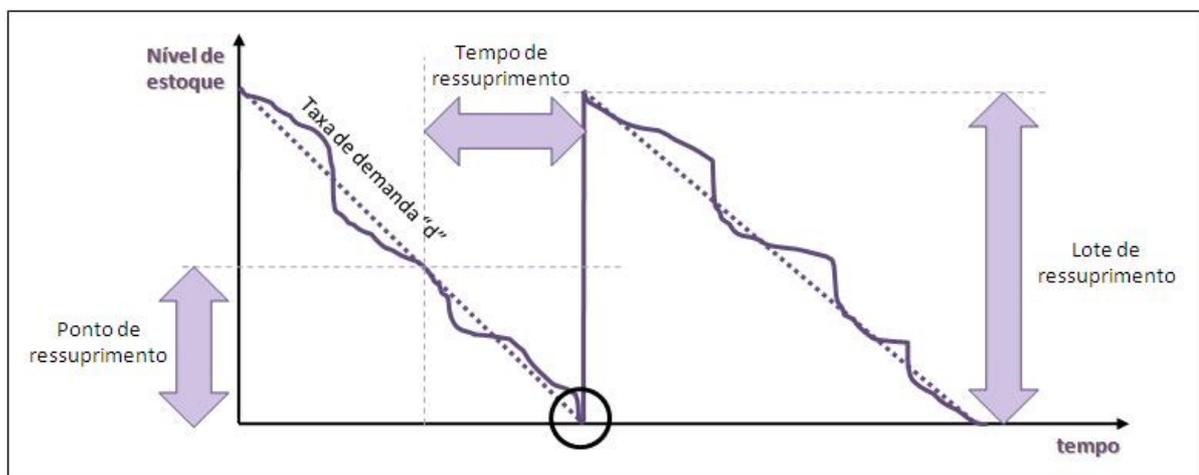


Figura 2.8 – O modelo do “ponto de reposição”  
Fonte – Adaptado de Corrêa e Corrêa, 2004

Este modelo funciona conforme descrito por Chase *et al.* (2006): toda vez que uma quantidade é retirada do estoque, essa retirada é registrada e verificada a quantidade restante. Se o restante estiver menor que a quantidade determinada por ponto de pedido (ou ressuprimento), um pedido para produção ou compra do item é disparado com a quantidade fixa conhecida por lote de ressuprimento. Se a quantidade não estiver abaixo desse ponto o sistema permanece inativo até a próxima retirada. Ainda, é necessário considerar que o fornecedor (ou produtor) levará um certo tempo até conseguir entregar a quantidade pedida - considerado como tempo de ressuprimento.

A determinação desses parâmetros de ressuprimento pode ser feita por modelagem matemática simples e/ou associados a abordagens de custo. Quando a demanda dá-se de forma mais ou menos estável, pode-se também aproximar para uma taxa constante, conforme visualizado pela linha pontilhada na Figura 2.8 para taxa de demanda (CORRÊA; CORRÊA, 2004).

Nestes métodos tradicionais empurrados, os estágios produtivos são programados pelo departamento de PCP.

### Kanban

Na programação puxada não há necessidade de programar todas as estações. O próprio sistema através de sinalizações simples como o *kanban* – forma mais conhecida de programar na produção puxada – informa aos operadores o que produzir e quando produzir.

“O controle *kanban* é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado”. *Kanban* é a denominação japonesa para cartão ou sinal. Através do uso desses cartões, são programados os centros de trabalho – eles são os meios pelos quais a produção, o transporte ou o fornecimento podem ser autorizados (SLACK *et al.*, 2002, p. 494).

Diz-se que a programação é puxada nesse tipo de sistema porque a ordem de expedir um produto ou disparar um processo produtivo (operação) somente acontece quando há alguém fazendo essa solicitação. Ou seja, quando o cliente “puxa” o produto, ou quando um processo “puxa” material do processo anterior, disparando sua operação. Sinalizar a “puxada” é exatamente o papel do *kanban*. Todo o sistema é disparado para demanda reais dos clientes (internos ou externos), que estão efetivamente consumindo os itens (em processamento ou acabados).

Ele difere-se dos métodos tradicionais de controle da produção de muitas e diferentes formas. Controla a produção de um fluxo de valor controlando o fluxo de materiais e de informações. Essa afirmativa de Smalley (2004) é complementada pelas informações do Quadro 2.2 que justifica a diferenciação acima citada em relação aos materiais e informações.

	Métodos tradicionais de controle da produção	<i>Kanban</i>
Informação	Programação da produção fornecida para cada processo individual. Assim, cada processo produz de acordo com a programação (sem um feedback oportuno dos processos fluxo abaixo a respeito das necessidades exatas).	Ferramenta física de programação que liga e sincroniza firmemente a atividade de produção entre os processos fluxo acima e fluxo abaixo.
Materiais	Movimentação de materiais entre os processos acontece quando um processo finaliza o produto. Significa empurrar o material para a próxima estação independentemente das necessidades exatas do processo seguinte.	Combina o controle sobre a movimentação do material tanto para o tempo quanto para a quantidade, dependendo dos sinais dados pelos processos fluxo abaixo.

Quadro 2.2 – Diferenças entre os métodos tradicionais de controle da produção e o *kanban*  
Fonte - Adaptado de Smalley, 2004

Os objetivos de utilizar essa ferramenta incluem: evitar superprodução, fornecer ordens de produção entre os processos, funcionar como ferramenta visual de controle da produção, e ainda funcionar como ferramenta de melhoria contínua pela necessidade de redução de cartões no sistema - e conseqüentemente incentivar diminuição dos estoques. É também vantajoso por “constituir-se num método simples de controlar visualmente os processos” (GHINATO, 2000).

### 2.2.2 Sistemas híbridos de Coordenação de Ordens de Produção

Foi observado que a maioria dos sistemas no mundo são atualmente híbridos ou misturas da lógica puxada e empurrada (HOPP; SPEARMAN, 2000). Também para Fernandes e Godinho Filho (2007), os SCOs recentemente criados são híbridos e há uma tendência para continuidade de adoção destes tipos de sistemas.

Na definição de Fernandes e Godinho Filho (2007, p. 339), os sistemas híbridos são aqueles “onde há simultaneamente alguma regra de controle com base no nível de estoque, usada em pelo menos um estágio produtivo e, pelo menos um estágio produtivo é programado pelo departamento de PCP”. É como exemplifica Bonney *et al.* (1999), que para o TPS, sistema classicamente puxado, é utilizado o fluxo de informação empurrado para a produção de veículos e fluxo de informação puxada baseada em *kanbans* para assegurar a disponibilidade de partes nas linhas de montagem.

Os sistemas híbridos mais conhecidos são aqueles que combinam MRP e JIT e fomentam discussões sobre as melhores práticas de cada sistema e também formalizações de estruturas integradas, como é possível ver nos trabalhos de Gelders e Wassenhove (1985), Min-wei e Shi-lian (1992), Bonney *et al.* (1999) e Ho e Chang (2001). Para estes o MRP é um sistema puxado no nível de planejamento de materiais. Ming-wei e Shi-lian (1992) consideram que um sistema híbrido adequado combinando MRP e JIT deve ser selecionado com base nas condições da empresa.

Scarpelli (2006) considera que num sistema híbrido, a emissão de ordens ocorre tanto para satisfazer níveis pré-estabelecidos de estoque, quanto para atender pedidos específicos de clientes. Do mesmo modo, Rentes *et al.* (2005) consideram que uma unidade de produção é controlada por um sistema híbrido quando está associada a mais de um tipo de sistema de informação. Um exemplo seria de uma célula de produção respondendo tanto à ordens de produção quanto a *kanbans* (Figura 2.9).

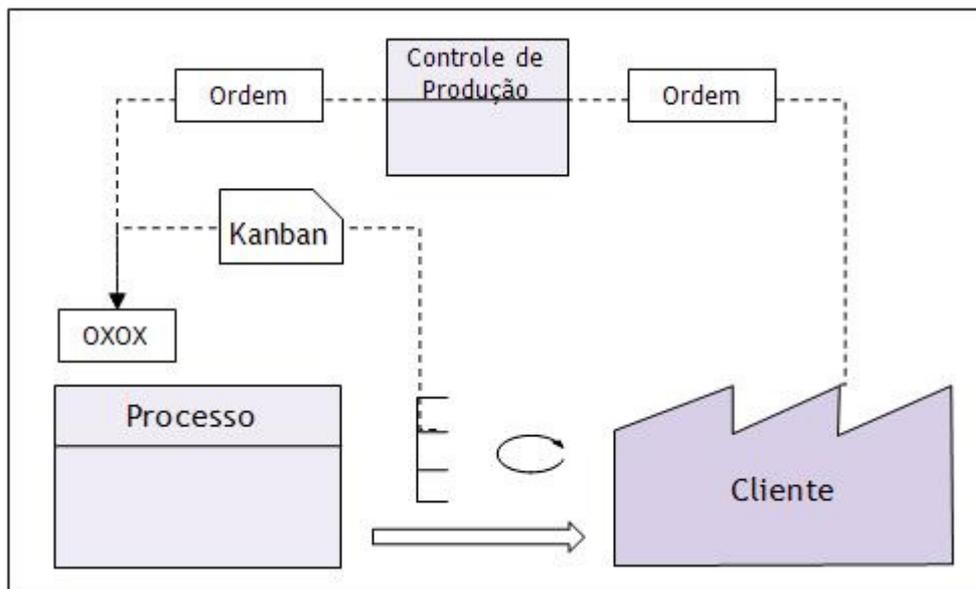


Figura 2.9 – Exemplo de utilização de um sistema híbrido  
Fonte – Rentes *et al.*, 2005

Assim, os sistemas híbridos caracterizam-se tanto quando há diferentes regras de controle para controle de materiais e de produção, quanto quando há diferentes regras de controle ao nível de emissão de ordens. A abordagem de sistema híbrido deste trabalho está baseada na última descrição.

### 2.2.3 Planejamento e Controle da Produção na Produção Enxuta

Programar a produção em ambientes enxutos presume os conceitos do *just-in-time*. Esta é exatamente a abordagem do pequeno JIT de Chase *et al.* (2006) – concentra-se mais estreitamente na programação de estoques e produtos e proporciona serviços onde e quando necessários.

Atendendo ao sistema *just-in-time* de produção e às atividades de nível operacional envolvidas, a programação da produção na PE envolve novas formas de pensar as ordens de produção, a alocação de recursos e os envolvidos no processo. Prima pela estabilidade dos processos produtivos, resulta em atividades descentralizadas de planejamento e controle e ainda emprega ferramentas de auxílio que combinadas através de um processo evolutivo resultam num sistema mais eficaz de produção que os modelos anteriormente existentes.

#### 2.2.3.1 Estabilidade da Produção

Para a programação da produção em ambientes enxutos há um imperativo pela estabilidade. O planejamento da produção e das próprias ações de melhoria só pode ser

executado em um ambiente sob controle e previsível. Para Ghinato (2000) e Kamada (2007) a estabilidade é um dos pontos mais importantes de sustentação do Sistema Toyota de Produção, devendo ser o foco inicial na implementação enxuta.

Na Toyota isso ocorre quando se consegue produzir o que foi planejado. Para tal calcula-se primeiro o ritmo da demanda do cliente (*takt-time*) e em seguida determinam-se os recursos necessários. Esta etapa recebe sempre uma atenção especial para evitar desperdícios e garantir o atendimento à demanda dos clientes. Os chamados 4M's (Mão-de-obra, Método, Material e Máquina) são planejados com bastante atenção (KAMADA, 2007).

A estabilidade suficiente para adotar a produção nivelada (forma de programação desejada nos ambientes enxutos) pode ser indicada quando os processos individuais possuem tempo operacional disponível<sup>2</sup> (disponibilidade produtiva) acima de 75%. Para processos menos estáveis e previsíveis, haverá grande variação dos *lead times* dificultando essa implementação (SMALLEY, 2004).

### 2.2.3.2 Descentralização de atividades

Para Favaretto *et al.* (2002), o advento das técnicas produtivas japonesas tem fomentado “a reconfiguração de conceitos, filosofias, métodos e técnicas empregados no processo de gestão da produção, cujo papel estratégico tem sido finalmente reconhecido, acarretando uma série de mudanças no que diz respeito às atividades de planejamento e controle da produção”.

Para entender melhor a evolução desde os métodos de programação tradicionais até a programação puxada, tomemos como exemplo o sistema produtivo representado pelo seu mapa de fluxo de valor atual na Figura 2.10.

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta da Produção Enxuta que ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e informação na medida em que o processo segue o fluxo de valor. Para elaborá-lo deve-se seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, desenhando cuidadosamente uma representação de cada processo no fluxo de material e informação. Como práticas para aplicação de Produção

---

<sup>2</sup> O tempo operacional disponível é uma medida percentual do quanto de um recurso pode ser alocado para produção, quando consideradas suas restrições usuais. Na maioria dos sistemas produtivos essa medida está ligada à eficiência dos equipamentos - quando deles é dependente -, e é mais conhecida pela sigla OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). O OEE é um percentual determinado pela combinação de índices de disponibilidade das máquinas (quebras e falhas, tempos de preparação e regulagens e perdas usuais das especificações produtivas), performance (pequenas paradas e diminuições de velocidade) e qualidade (refugos e retrabalhos).

Enxuta, são elaborados dois mapas: o MFV Atual (representando a realidade que se pretende mudar) e o MFV Futuro (representando a situação projetada e o estado que se pretende atingir). O objetivo é destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um “estado futuro” que pode tornar-se realidade em um curto período de tempo (ROTHER; SHOOK, 2003).

O exemplo de mapa de fluxo de valor que segue não é real e foi elaborado para fins didáticos deste trabalho. Sua leitura é iniciada da direita para a esquerda na parte superior, representando o fluxo de informações, seguindo da esquerda para a direita na parte inferior, representando o fluxo produtivo (materiais). A descrição de seus elementos é feita em seguida.

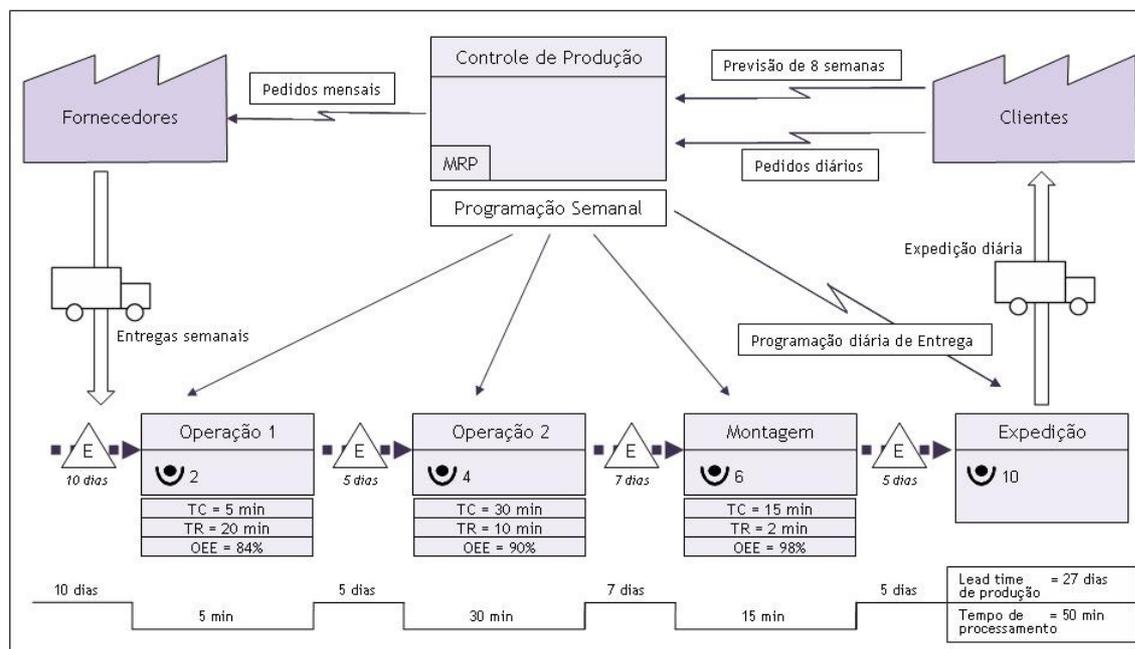


Figura 2.10 – Mapa de Fluxo de Valor atual de um sistema produtivo

De forma sucinta, tais quais os elementos presentes na figura, o fluxo inicia com os pedidos dos clientes que enviam, além de uma previsão para as próximas 8 semanas, um pedido diário que irá compor a programação diária de entrega. O tratamento desses dados é feito pelo controle de produção, que efetua os cálculos semanais via MRP disparando as necessidades de materiais mensais para os fornecedores e as programações semanais para os centros de trabalho. Os fornecedores iniciam suas entregas e as operações iniciam suas atividades até a entrega do produto final ao cliente, baseadas no que foi determinado pelo controle de produção. Cada operação trabalhará, portanto, de forma independente. Isso resulta, entre outros tipos de desperdícios, em altos níveis de estoque de matéria-prima e entre os processos (*work in process* – WIP), levando o *lead time* de produção, no caso da figura acima, para cerca de um mês (27 dias).

Analisando a programação tradicional via MRP em modelo de sistema produtivo semelhante, Smalley (2004) observou que as programações semanais guardavam apenas limitadas semelhanças com os pedidos diários feitos pelos clientes, determinando o que realmente deveria ser expedido. Ainda, o *lead time* total do material até sua expedição (tempo de atravessamento do item nos processos da cadeia – desde a produção da matéria-prima ao produto acabado na fábrica) chegava a ser de várias semanas. Com isso, as mudanças nos pedidos dos clientes, refletidas nas expedições diárias permitiram observar alguns problemas:

- Os itens errados – em grande quantidade e muito antes – estavam sendo produzidos, nos processos iniciais do fluxo de valor;
- Os processos fluxo abaixo, como por exemplo, processos de montagem, não possuíam as peças corretas, apesar de manterem grandes estoques de diversas delas;
- Os processos fluxo abaixo não tinham um mecanismo eficaz para permitir que os processos anteriores soubessem quais peças seriam necessárias a seguir, sem intervenção de um supervisor;
- Além de centralizar as informações relativas à produção, o Controle de Produção passava a maior parte do tempo revisando programações e controlando peças pela planta;
- Muitas horas-extras eram geradas pela necessidade de atendimento aos pedidos diários, principalmente na área de expedição;
- A capacidade de produção para cada operação era maior que sua demanda média, mas as horas-extras continuavam sendo geradas por problemas na programação e não por restrições de capacidade.

Essas mudanças refletem-se e amplificam-se ao longo da cadeia conforme ilustrado na Figura 2.11, tomando-se como exemplo a realidade do sistema proposto na figura anterior.

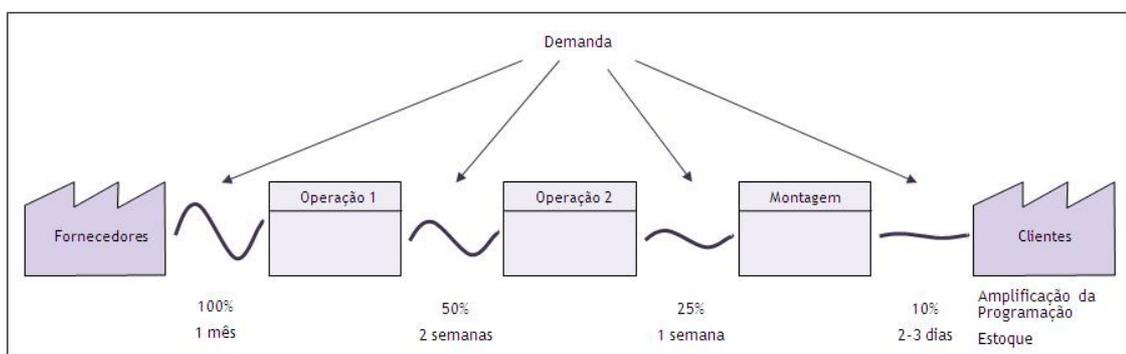


Figura 2.11 – Transmissão e amplificação da demanda  
Fonte - Adaptado de Smalley, 2004

Smalley (2004), para contexto semelhante, explica que os pedidos dos clientes são apenas um pouco irregulares, mas as práticas internas de programação tornam a situação muito pior com a transmissão da variação do cliente para cada etapa no processo de produção, aumentando a variação ao longo da cadeia. Ainda, os métodos centralizados de controle da produção, programando cada ponto no processo, empurram os produtos para a área de produção seguinte com base na previsão e não nas reais necessidades do próximo processo – ocasionando o acúmulo de estoques à frente das operações, conforme verificado no mapa da Figura 2.10.

A programação puxada surgiu exatamente da análise desse tipo de contexto. Determinou-se a necessidade de um sistema de controle *reflexivo* de produção – em que cada ponto de produção sinaliza suas necessidades para a operação anterior –, ao invés de um sistema *cognitivo* de programação – colocando todas as informações num ponto centralizado de tomada de decisão (SMALLEY, 2004).

Com a utilização principalmente da programação puxada feita por *kanbans* (de forma simples e visual), as atividades de planejamento e controle ganharam um escopo muito maior no que diz respeito exatamente às questões táticas e estratégicas. A equipe de PCP não terá mais a incumbência operacional de determinar a seqüência, sinalizar o início das ordens e efetuar seu controle (desde que o chão-de-fábrica esteja corretamente treinado para efetuá-los), antes concentrar-se-á na revisão periódica da programação e garantia do atendimento aos pedidos dos clientes (por meio do estudo atencioso de sua demanda) para atuar de forma estratégica no alcance da estabilidade dos processos.

A mesma justificativa está presente no trabalho de Tardin (2001), para o qual a transferência da programação diária do chão-de-fábrica para os operadores, eliminando a necessidade do programador, é um dos benefícios da produção puxada. É, portanto, fundamental entender como ela acontece.

### 2.2.3.3 Produção Puxada

Conforme citado anteriormente, a produção puxada na maioria das vezes é viabilizada através do *kanban* cujo conceito e essência de funcionamento já foram discutidos. Portanto, segue a descrição de suas formas e funcionamento.

O *kanban* típico possui informações como nome da peça, número ou código do item, o processo fornecedor (interno ou externo), tamanho do lote, quantidade na embalagem, endereço no supermercado ou armazém, entre outros (vide Figura 2.12). Smalley (2004)

acrescenta ainda que podem ser impressos códigos de barras nos cartões e para longas distâncias também são usados sinais eletrônicos no lugar de simples cartões *kanban*.

<b>KANBAN</b>	
Cód. Item	<b>13666-8</b>
Descrição	<b>Travessa da mesa ret.</b>
Peças/cartão	<b>25</b>
Fornecedor	<b>Pintura</b>
Endereço	<b>A-4</b>
Código de Barras:	

Figura 2.12 - Exemplo de cartão *kanban* e suas informações

Há dois tipos principais de *kanban*: o de produção (ou fabricação) e o de transporte (movimentação ou retirada). O primeiro é um sinal para realizar algo (produzir) e o segundo é um sinal de que algo precisa ser removido do estoque e transportado para um processo fluxo abaixo.

A dinâmica envolvida para um *kanban* simples de produção é a seguinte (ordem seqüencial de atividades sugerida na Figura 2.13):

- a) Um processo (operação 2) necessita de um item do processo anterior (operação 1) e retira esse item do supermercado existente entre os dois processos;
- b) O cartão *kanban* que acompanhava o item no supermercado é levado até o quadro de programação do processo anterior, sinalizando a necessidade de reposição daquele item;
- c) O item é fabricado e o cartão *kanban* colocado de volta junto com ele;
- d) O item é levado até o supermercado existente entre os dois processos;

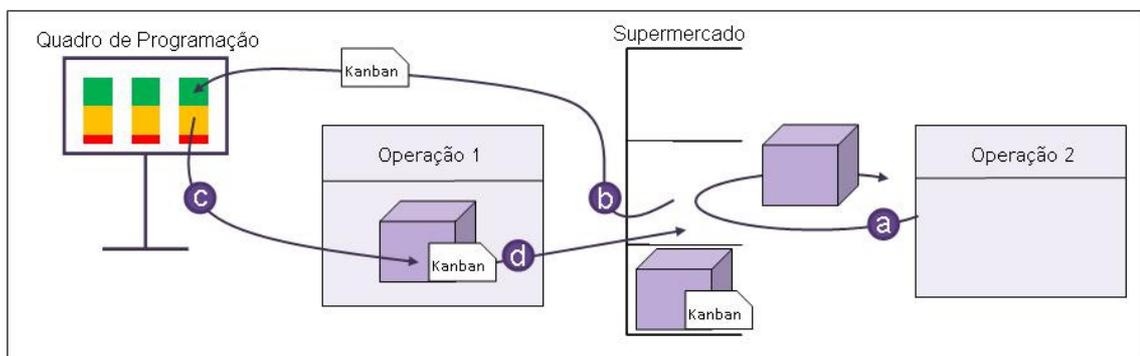


Figura 2.13 – Dinâmica do *kanban* de Produção

O quadro de programação é, portanto, uma importante fonte de informação para a programação e controle da produção, dado que permite visualizar a situação das quantidades produzidas ou em produção e das quantidades que ainda serão necessárias de

produzir, pela simples verificação da quantidade de cartões no quadro. A dinâmica de operacionalização deste quadro é bastante simples e feita no próprio chão-de-fábrica. De maneira resumida, os cartões das peças retiradas dos supermercados são colocados no quadro na ordem do verde, passando pelo amarelo e em seguida o vermelho. Geralmente a produção é disparada para cartões atingindo a faixa amarela. Quando os cartões atingem a faixa vermelha, significa o consumo de um estoque de segurança dimensionado. Essa faixa de cores é o que define prioridade para itens produzidos em um mesmo recurso. A faixa vermelha sempre sinaliza prioridade (mas deve ser continuamente analisado o sistema para que ela sequer seja atingida). Em seguida considera-se a prioridade para itens que atingiram antes a faixa amarela ou que estão mais próximos dela.

Adicionando-se o *kanban* de transporte ao sistema, recomendado principalmente se as operações estiverem longe fisicamente uma da outra, a dinâmica para o *kanban* de produção permanece a mesma, a diferença é que a requisição do material será feita pelo cartão, no lugar de se retirar diretamente o item do supermercado.

Há muitas aplicações e tipos diferentes de *kanban* usados nos diversos contextos produtivos e descritos na literatura (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2008). Muitas considerações para dimensionar a quantidades de cartões no sistema. O escopo deste trabalho é apenas conhecer como acontece a programação puxada com a utilização dessa ferramenta.

O mapa de fluxo de valor futuro do sistema apresentado na Figura 2.10, utilizando agora a programação puxada, inclusive com os fornecedores, está representado na Figura 2.14.

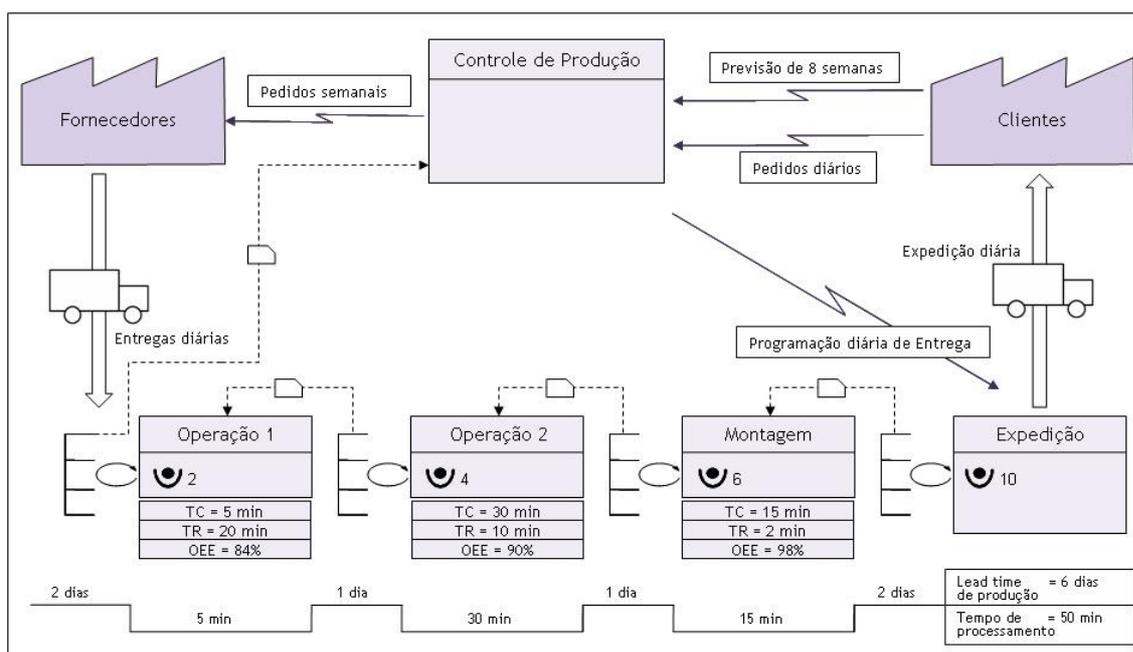


Figura 2.14 – Mapa de Fluxo de Valor futuro com programação puxada via *kanban*

Foram formados supermercados de matérias-primas e ao final de cada uma das operações, todos controlados por *kanban*. A frequência de entrega de matéria-prima também passou a ser diária.

É importante notar a redução do *lead time* de produção se comparado ao sistema representado na Figura 2.10, ocasionado principalmente pela diminuição de estoques entre os processos. O controle de produção passa a controlar somente os envios de produtos diários e os pedidos para os fornecedores, também otimizado com o controle *kanban*. O processo também é cíclico, operando continuamente com uso das sinalizações dos cartões.

Os requisitos para se constituir uma indústria enxuta são: um sistema puxado baseado na demanda do cliente, com reabastecimento apenas do que a operação seguinte requisita e em intervalos pequenos; e/ou um modo de pensar que se concentre em fazer o produto fluir através de processos ininterruptos de agregação de valor (fluxo unitário de peças). Além disso, é necessário que seja firmada uma cultura em que todos busquem continuamente a melhoria (LIKER, 2005).

Assim, como todo sistema enxuto presume a melhoria contínua, há uma evolução possível para esse fluxo de valor futuro, usando o fluxo contínuo, sobre o que se discorre a seguir.

### Fluxo Contínuo

Na verdade a tentativa da maioria dos sistemas enxutos é trabalhar em fluxo contínuo para conseguir atingir um bom nivelamento produtivo. É como recomendam Rother e Shook (2003), para implantar o fluxo sempre que possível, utilizando produção puxada onde necessário. Mas antes, muitos dos sistemas iniciam por implantar a produção puxada através dos *kanbans*, por restrições no seu sistema ou necessitar antes entender essa dinâmica para projetar um fluxo contínuo efetivo. Liker (2005) lembra que quando não é possível implantar o fluxo puro, ou por distâncias físicas ou por grande variação dos tempos de ciclo, o *kanban* é sempre a opção utilizada.

A criação do fluxo contínuo onde quer que possa ser aplicado nos processos de fabricação ou de serviços,

está no centro da mensagem enxuta de que a redução do intervalo de tempo entre a matéria-prima até os produtos (ou serviços) acabados leva a uma melhor qualidade, a um menor custo e a um menor prazo de entrega. Ele tende a forçar a implementação de uma série de outras ferramentas e filosofias enxutas (LIKER, 2005, p. 100).

Lippolt e Furmans (2008) colocam que o fluxo contínuo é persistentemente introduzido e melhorado com uso das ferramentas de produção enxuta. O arranjo dos processos

produtivos obedece ao fluxo de materiais - as partes passam de um processo a outro sem estocagem e são imediatamente processadas. Para o fluxo contínuo puro, os tempos de produção devem ser balanceados perfeitamente.

O fluxo contínuo presume que as operações trabalhem num mesmo ritmo de produção (atendendo ao *takt time*), a aproximação dos processos e a diminuição do tamanho dos lotes (idealmente igual a uma unidade). O objetivo principal da ferramenta é redução das movimentações de materiais (manutenção da movimentação de materiais entre os processos sem interrupções) e redução do WIP, que também muitas vezes fica parado esperando para ser processado.

A dinâmica de produção para o fluxo contínuo é a seguinte:

- a) Um produto é consumido do supermercado de produtos acabados, o *kanban* é então disparado para o processo puxador (geralmente o primeiro processo do fluxo);
- b) A operação é iniciada no ritmo compassado com as demais operações;
- c) Quando o item é finalizado nessa operação é disponibilizado para a operação seguinte, que irá processá-lo no mesmo ritmo e na seqüência<sup>3</sup> que recebe do processo anterior;
- d) Os processos seguintes obedecem aos passos b e c até que o produto chegue ao supermercado de produtos acabados, e seja consumido.

O sistema obedecerá a uma dinâmica cíclica, disparada sempre que houver consumo dos produtos finais. A dinâmica descrita acima pode ser visualizada no mapa da Figura 2.15.

Com a utilização do fluxo entre as operações, o *lead time* foi reduzido em relação ao sistema representado com produção puxada via *kanban* da Figura 2.14. Os supermercados de matérias-primas e de produtos acabados foram mantidos.

Ainda é possível melhorar o fluxo, principalmente se for viável expandir o fluxo contínuo com os elos da cadeia fluxo acima e fluxo abaixo, ou pelo menos reduzir ainda mais as necessidades de estoque de matérias-primas e de produtos acabados.

---

<sup>3</sup> A seqüência de produção para trabalho em fluxo contínuo é comumente representada pela sigla FIFO (*First In First Out*, em português, Primeiro que Entra, Primeiro que Sai), significando que os itens deslocam-se nas operações rigorosamente na mesma ordem desde o início da produção. A notação FIFO também é utilizada nos MFVs para representar o trabalho em fluxo contínuo entre as operações.

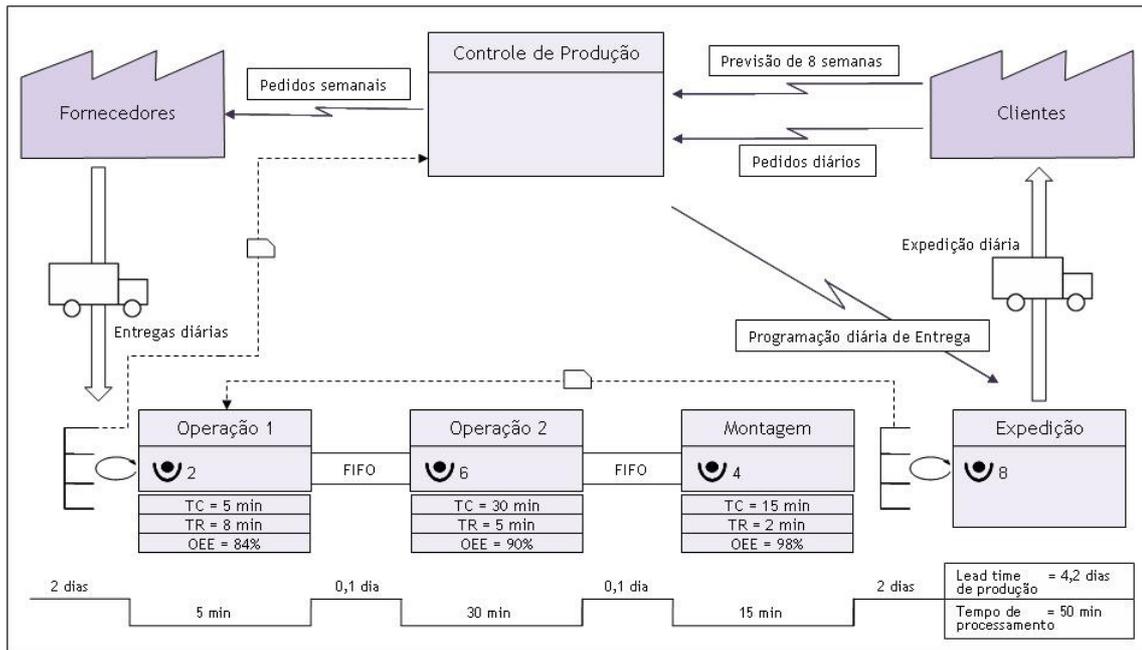


Figura 2.15 – Mapa de Fluxo de Valor futuro com programação puxada e fluxo contínuo

Para a Toyota o projeto de todos os processos deve ser para a criação de um verdadeiro fluxo unitário de peças que elimine as perdas. Liker (2005) lembra os benefícios de se trabalhar em fluxo, afirmando que quando se concentram operações que estariam separadas para esse fim, além da própria otimização de espaço, são favorecidos também o trabalho em equipe, percepção rápida de problemas de qualidade precedentes, e o controle do processo. Ainda, são aumentados flexibilidade, produtividade e segurança.

Para Rother e Harris (2002), a integração dos 4Ms é novamente necessária para se projetar um verdadeiro e eficiente fluxo contínuo. Mas, para programar os recursos produtivos e obter as melhores reações quando acontecem mudanças na demanda do cliente é fundamental que se ande um passo a frente na busca pela estabilidade dos processos produtivos. Torna-se então necessário executar o nivelamento da produção.

### 2.3 Nivelamento da Produção – Heijunka

Segundo Liker (2005), o foco mais comum das implementações de ferramentas enxutas está na identificação e eliminação de perdas. Mas, muitas empresas não conseguem alcançar o processo de estabilizar o sistema e criar uniformidade - um verdadeiro fluxo de trabalho enxuto equilibrado. O princípio talvez mais contra-intuitivo do modelo Toyota é esse nivelamento do plano de trabalho - o *heijunka*. Ele é fundamental para eliminar o desnivelamento (*mura*), cuja existência não permite que sejam evitadas as perdas (*muda*) e sobrecargas do sistema (*muri*).

Juntamente com o trabalho padronizado e o *Kaizen*, ou melhoria contínua, o *heijunka* é um dos fundamentos principais do STP. Como muitos dos elementos desse sistema, ele surgiu da necessidade no começo dos anos 50. Com a crescente venda de caminhões para os EUA usarem na Guerra da Coréia, a produção era constantemente perturbada por faltas de matérias-primas e peças, pois era muito difícil prever como seriam os pedidos e conseqüentemente o que deveria ser comprado. Por essas deficiências, a produção só era efetiva alguns dias no mês, gerando sobrecargas de trabalho (parava por alguns períodos sendo compensada por outros períodos de produção acelerada). O sistema *heijunka* foi desenvolvido exatamente com vistas ao desafio de que o sistema nunca poderia funcionar se os níveis de produção aumentassem (NIIMI, 2004).

Somado ao problema das dificuldades de planejar as peças para que estivessem disponíveis sempre que necessário, o próprio Niimi (2004, p. 3), complementa que “se a produção estiver exatamente de acordo com os pedidos dos clientes, a produção de alguns dias seria muito alta e alguns dias seria muito baixa”.

Tentando produzir tudo o que o cliente pede e na hora que pede, a Toyota percebeu que nenhum sistema produtivo consegue ser continuamente responsivo ao girar ordens sem criar problemas de qualidade e sobrecarga dos recursos, gerando desperdícios. Jones (2006) lembra ainda que, por meio dessa percepção, foi iniciada a prática de calcular a demanda de um determinado produto no longo prazo, rodando a produção de forma nivelada e constante no nível dessa demanda no longo prazo. Assim, surgiu a prática do nivelamento na Toyota.

É possível então criar uma operação mais enxuta e fornecer aos clientes melhor atendimento e qualidade através do nivelamento do plano de produção, sem a necessidade de sempre se produzir por pedido (LIKER, 2005).

De forma resumida, o nivelamento significa alimentar uniformemente a produção, enquanto atende a demanda dos clientes por vários produtos (CUMMINGS, 2007). É o método pelo qual se reduz ao máximo a variância das quantidades produzidas, para otimizar os recursos necessários (PRIOUL, 2008).

Por Rother e Harris (2002), é definido como uma distribuição igualada do volume e *mix* de produção ao longo do tempo. Converte a demanda puxada do consumidor em um processo de produção previsível, é usado em conjunto com outras ferramentas enxutas para estabilizar o fluxo de valor. É assim, um aspecto crucial para a criação do sistema de produção enxuto, porque é chave para se alcançar a estabilidade (REYNER; FLEMING, 2004; LIKER, 2005; JONES, 2006).

Segundo Ghinato (2000),

*heijunka* é a criação de uma programação nivelada através do seqüenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para atender à demanda no longo prazo - é o nivelamento das quantidades e tipos de produto.

### 2.3.1 O nivelamento de produção

O nivelamento de produção ou de volume presume a distribuição de uma carga de trabalho mais constante em relação às quantidades produzidas nos períodos (semanal, diário, por turno). Evita as diferenças de tempo consumido nos recursos para a produção.

Quando a programação do cliente para um processo flutua enormemente por longos períodos de tempo, a capacidade (pessoas, máquinas e materiais) é sempre aumentada acima da média da demanda para que se consiga atender a necessidade dos clientes. Mas, em geral os picos e vales determinam uma demanda média estável no longo prazo (ROTHER; HARRIS, 2002).

Para Niimi (2004), a solução no caso do nivelamento de volume é juntar todos os pedidos de um período (um mês, uma semana ou um dia), dividindo-os igualmente no tempo para conseguir nivelar a produção. Embora não se obtenha uma linha reta de produção, os altos e baixos têm menor variação e são mais previsíveis.

O cálculo aplicável para determinação da quantidade a ser produzida por dia é o resultado da divisão entre a quantidade necessária para ser produzida no período (somatório das demandas diárias de uma semana - Figura 2.16 - a) dividida pela quantidade de dias de produção no período (pelo exemplo, 5 dias). O nivelamento obtido dessa divisão para uma média diária constante de produção pode ser entendido de acordo com a Figura 2.16 - b.

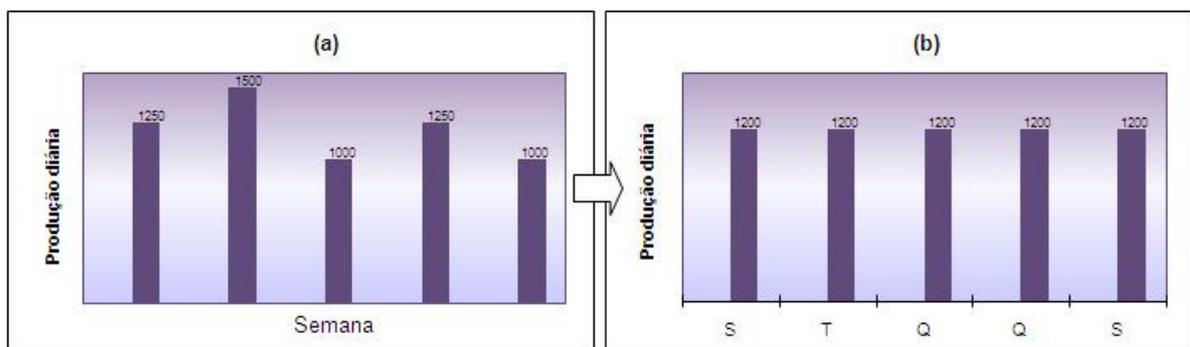


Figura 2.16 - Nivelamento de volume de produção

Mas, Mondem (1998) lembra que o ponto mais difícil para a obtenção da produção nivelada é a redução dos tempos de *setup*. Para conseguir a redução de *lead time* do sistema é necessário que esses tempos sejam reduzidos para minimização dos tamanhos dos lotes.

Significa que para manter o mesmo volume de produção é necessário reduzir os tempos de trocas entre os diferentes produtos para que o *mix* varie mais ao longo do tempo e assim seja alcançado o nivelamento de produção e de produto.

### 2.3.2 O nivelamento de produto

O nivelamento de produto, também conhecido por nivelamento do *mix* de produção, é uma tentativa de aumentar a frequência de produção dos diversos itens num dado período de tempo.

Para Furmans (2005, p. 243), o *heijunka* é um disciplinador de seqüência, que nivela a produção de diferentes produtos igualmente em um período definido que pode ser de um dia, um turno ou menos. “O objetivo é alcançar um fluxo constante de partes num modelo *mixado* de produção que fornece para um ou mais clientes num fluxo constante de diferentes partes.”

As mesmas quantidades semanais por item devem ser divididas pela quantidade de dias de produção para que se possa determinar sua demanda diária (Figura 2.17 - b), de modo que todos os itens sejam produzidos todos os dias e não em grandes lotes que ocupam os recursos com um mesmo produto (Figura 2.17 - a).

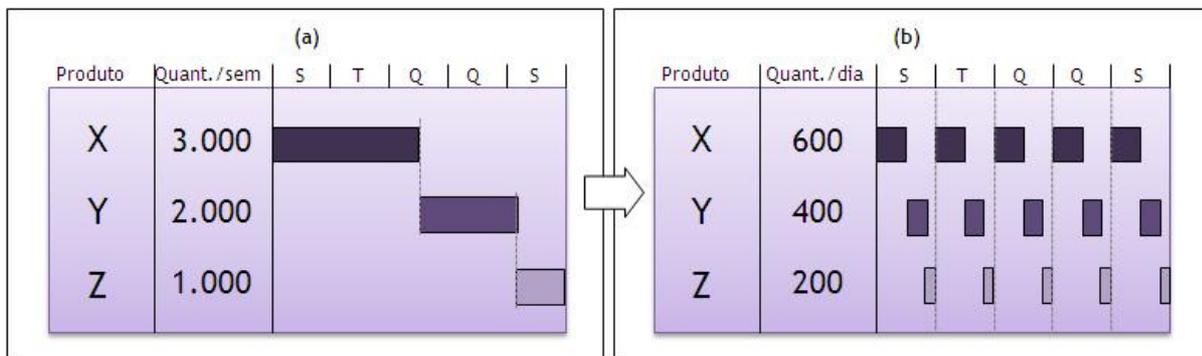


Figura 2.17 – Nivelamento de *mix* de produção

A programação com o nivelamento combina itens diferentes garantindo muitas vezes o fluxo contínuo de produção, e a demanda nivelada dos recursos produtivos (GHINATO, 2000). O grau de nivelamento relaciona-se diretamente com o aumento da flexibilidade do sistema, sendo necessária também a diminuição dos tempos de *setup* (Figura 2.18).

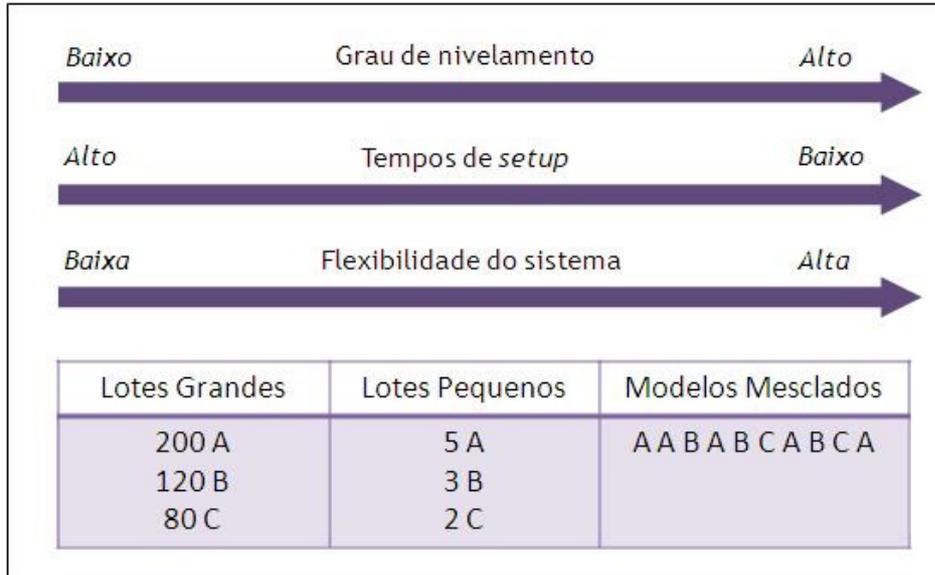


Figura 2.18 – Programação nivelada e modelos mesclados  
Fonte - Slack *et al.*, 2000

Os modelos mesclados exemplificados acima representam uma ampliação do princípio da programação nivelada, obtendo-se um *mix* repetitivo de componentes. São para um alto grau de flexibilidade e o atingimento dos lotes ideais de tamanho igual a 1, resultando em um fluxo estável e contínuo de cada produto ao longo da fábrica (SLACK *et al.*, 2000).

Mas sabe-se que este último modelo é muito difícil de se atingir, pois nem sempre os tempos de produção são idênticos tornando taxas de produção constantes pouco convenientes.

A chave no nivelamento por produto é então encontrar a menor medida de lote possível e necessária para suavizar a produção e aumentar a flexibilidade do sistema.

### 2.3.3 O problema da variabilidade

Uma crítica feita constantemente à filosofia de Produção Enxuta está na falta de habilidade dos sistemas e cadeias de suprimentos enxutos adaptarem-se à variabilidade. Mas, de forma a adicionar valor para o cliente, a ME preocupa-se em reduzir a variabilidade e criar capacidade, utilizando as plantas mais eficientemente que em sistemas tradicionais. O planejamento de modelos *mixados* e planejamento nivelado são exemplos de desenvolvimentos feitos para isso (HINES; HOLWEG; RICH, 2004).

Todos os sistemas produtivos objetivam entregar o que lhes foi pedido, no desejo de tornarem-se bons fornecedores. Nessas condições acabam por, sem perceber, incentivar a variabilidade nos materiais e nas pessoas. “O desnivelamento significa ter à mão o

equipamento, os materiais e as pessoas para o mais alto nível de produção - mesmo se as exigências normais forem muito menores” (LIKER, 2005, p 124).

Para Koch e Kornicki (2003) são três os principais campos de variabilidade que podem ser analisados: variabilidade da manufatura (interna), variabilidade da demanda e variabilidade dos fornecedores (externas). A Toyota conseguiu reduzir a variabilidade em todas essas oportunidades.

### Variabilidade da manufatura

Contínuas mudanças e melhorias nos processos são partes inerentes da filosofia enxuta. Por isso, o conhecimento sobre a variabilidade é essencial para a efetiva implementação da PE e para a gestão da produção. Ela existe em todos os sistemas produtivos e com enorme impacto na sua performance – influenciando os resultados produtivos, tais quais, entregas, qualidade, custos e satisfação dos clientes (ADAMS *et al.*, 2001; KOCH; KORNICKI, 2003).

Segundo Hopp e Spearman (2000), a variabilidade, em sua definição formal, é a qualidade da falta de uniformidade de uma classe de entidades. É uma variável que pode ser quantificada. Mas, no escopo deste trabalho, são tratados apenas os aspectos qualitativos dessa característica dos sistemas produtivos.

Koch e Kornicki (2003) sugerem o fluxograma da figura que segue, lembrando que para o ambiente de manufatura, as fontes de variabilidade interna causam variações tanto nos processos (em cada estação de trabalho) quanto no fluxo (entre as estações de trabalho).

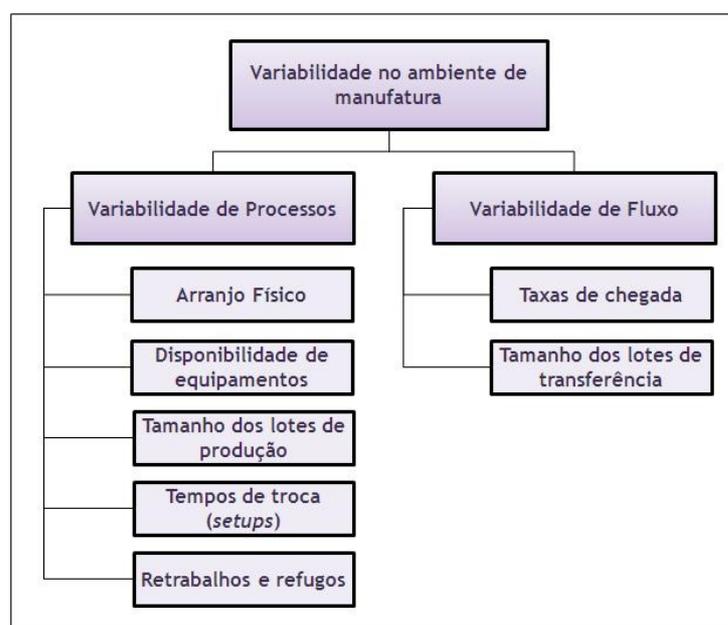


Figura 2.19 – Variabilidade nos sistemas de manufatura  
Fonte - Koch e Kornicki, 2003

Para Hopp e Spearman (2000), a variabilidade nos sistemas produtivos será escondida por uma combinação de estoques, capacidade e tempo. O aumento da variabilidade sempre diminui a performance de um sistema produtivo.

Segundo McBride (2004) e Rosenthal (2008), a variabilidade da manufatura influenciando os materiais é causada por:

- Problemas de qualidade na produção, produzindo-se mais que o necessário para cobrir esses erros, o que também tem efeito nas quantidades compradas, muitas vezes de forma imprevisível;
- Transporte em lotes, sendo necessário acúmulo dos itens para que sejam feitas as emissões;

Mas, reduzir essa variabilidade interna é o início de toda e qualquer implementação enxuta, conforme discutido na busca primeira pela estabilidade dos processos produtivos.

As medidas da Toyota para redução desse tipo de variabilidade são talvez as mais conhecidas ferramentas do STP, segundo Koch e Kornicki (2003): a redução dos tempos de *setup*, práticas de trabalho padronizado, gestão da qualidade total, dispositivos a prova de erro, manutenção produtiva total, e outras técnicas de fluxo e nivelamento da produção.

Internamente, além da variabilidade evidenciada nos materiais, também se pode ter influência sobre as pessoas.

Para Rosenthal (2008), em nome da flexibilidade também são continuamente mudadas as programações de produção para mais e para menos. O efeito dessa variabilidade nas pessoas causa a sensação de nunca saber se estão tendo êxito, pois seu ritmo e carga de trabalho são sempre incertos.

As pessoas passarão a trabalhar com a necessidade de ter estoques de segurança para garantir-lhes a conclusão de seus trabalhos. Isso dificulta a implantação de fluxo contínuo. O *Heijunka* é uma base na casa do STP por essa razão - evitar que as pessoas trabalhem fora do tempo *takt* (ritmo da demanda), fundamental para o estabelecimento de fluxo. Mas isso só é possível se conseguirem sentirem-se seguras ao invés de continuamente gastarem seus tempos tentando adivinhar o que está acontecendo a todo o momento (ROSENTHAL, 2008).

### Variabilidade da demanda e dos fornecedores (externa)

Já em relação à variabilidade de demanda e fornecedores, as quantidades de materiais variam requerendo a solução do nivelamento devido aos seguintes fatores, segundo McBride (2004), acrescidos dos propostos por Rosenthal (2008):

- Falta de confiabilidade dos fornecedores, ocasionando aumento de estoque para garantir que se tenha o que precisa ocasionando também o risco de manter itens que não serão vendidos em estoque;
- Falta de qualidade dos fornecedores, aumentando-se as quantidades compradas para garantir que existirá material suficiente de boa qualidade;
- Padrões irregulares de demanda dos clientes, causando o desejo de sempre ter os itens em estoque para atendê-los, o que também favorece a utilização desbalanceada de recursos com picos e vales de produção;
- Diferenças de programação tanto nos clientes quanto nos fornecedores, com acúmulo de inventário para acomodar as diferenças;

Assim, sem a visão de nivelamento e melhoria contínua, a tendência é o acúmulo de estoques para lidar com esses problemas. Qualquer variação na demanda será propagada níveis acima. Processos com acúmulo e ordens em lotes irão progressivamente aumentar a amplitude da variação e as irregularidades de cada um dos processos serão somadas à variação originada no consumidor (ROSENTHAL, 2008). É exatamente a transmissão e amplificação da demanda ilustrados na Figura 2.11.

Para evitar a variabilidade de demanda a Toyota passou a deixar as atividades de customização mais próximas da venda ao cliente (reduzindo o número de opções em grande parte dos processos produtivos), e também passou a trabalhar com programações de mais longo prazo, absorvendo as mudanças através dos bem dimensionados supermercados de produtos acabados. Para a variabilidade de fornecimento tratou com a redução do número de fornecedores e mais estreito compartilhamento de informações e conhecimento, levando até eles suas técnicas de redução de variabilidade (KOCH; KORNICKI, 2003).

Prioul (2008) estabeleceu algumas características da produção desnivelada abrangendo as considerações sobre os recursos, fluxo de materiais e programação e controle, explicitadas no Quadro 2.3. Em praticamente todos os aspectos considerados percebe-se o problema da variabilidade.

RECURSOS	Os equipamentos são dimensionados para os picos de demanda	FLUXO DE MATERIAIS	Organizado em torno de grandes lotes	PROGRAMAÇÃO E CONTROLE	Mudanças regulares na programação
	A mão-de-obra mantida para os picos de demanda		Altos níveis de material em processo no chão-de-fábrica		Tempo dos gestores bastante absorvido pelas mudanças
	Os recursos são subutilizados em 30% por 98% do tempo		Necessidade de checagem frequente dos estoques		Os fornecedores quase sempre não conseguem cumprir as mudanças
	A produtividade da mão-de-obra nunca está sob controle		Faltas freqüentes de matérias-primas		

Quadro 2.3 - Características da produção desnivelada  
Fonte - Adaptado de Prioul, 2008

Mas, a variabilidade também pode ter uma conotação positiva, por impor desafios que motivam melhorias nos sistemas. O aumento na variedade de produtos, as mudanças tecnológicas e a própria variação de demanda são exemplos dados por Hopp e Spearman (2000) para tal afirmação.

O nivelamento certamente não é o único princípio da Produção Enxuta que soluciona a variabilidade quando tratada como um problema. Em todos os campos onde este problema está presente há oportunidade de obter vantagens através da utilização do *Heijunka*.

#### 2.3.4 Vantagens do nivelamento

A principal e mais evidente vantagem do nivelamento está no fluxo estabilizado de produção, conseguido através da nova consideração de trabalhar a demanda do cliente no longo prazo. A Figura 2.20 é uma ilustração comparativa das quantidades produzidas ao longo da semana com o sistema tradicional de produção puxada (a) e com a produção nivelada (b), evidenciando a vantagem ao nível das operações produtivas.

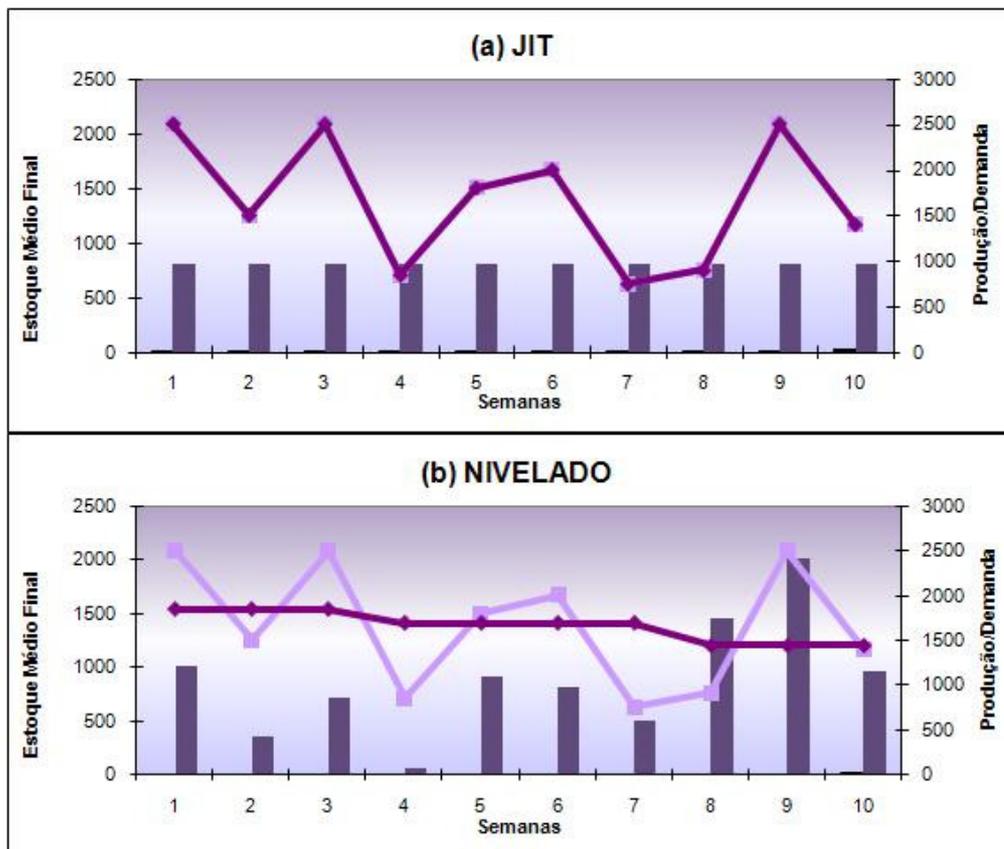


Figura 2.20 - Comportamento da produção e níveis de estoque em função da demanda em um sistema puxado somente (a) e em um sistema nivelado (b)

Enquanto a produção puxada (*just-in-time*) tem foco no nivelamento de estoques (demanda e produção coincidem), o *heijunka* foca no nivelamento da produção, conforme evidenciado na figura acima – em que os níveis de estoque estão representados pelas barras verticais, a demanda pela linha mais clara e a produção pela linha mais escura.

É imprescindível observar que essa variação de estoque acontece para os supermercados internos do sistema. Pela utilização de estoques mais altos nos supermercados finais, essa variação é atenuada e o risco de não atendimento aos clientes é minimizado.

Furmans (2005) lembra que ao mesmo tempo em que se trabalha com nivelamento, obtém-se o benefício de gerar uma demanda constante de partes para os fornecedores, reduzindo ou eliminando a necessidade de manter estoques para conseguir trabalhar nos picos de demanda.

No trabalho de Menegon, Nazareno e Rentes (2003), são relacionados os desperdícios e as técnicas adotadas nos sistemas de Produção Enxuta. A Produção Nivelada é uma técnica que atua fortemente sobre os desperdícios de superprodução e inventário desnecessário (estoque) e tem atuação sobre o desperdício de espera. Ainda enfatizam que a Manufatura Enxuta possui dois importantes pontos de apoio em relação à programação: a Produção

Puxada e a Produção Nivelada, que, se combinados, minimizam o principal tipo de desperdício - a superprodução.

Como afirma Pereira (2007), os fabricantes enxutos têm problemas com mudanças na demanda, mas essas situações são menores e menos frequentes em comparação às enfrentadas pelos produtores em massa. Se considerado o nivelamento nesses sistemas, as mudanças tornam-se menos problemáticas ainda.

Comumente uma barreira de inventário é constituída na área de produtos acabados ou no ponto de customização, para proteger a produção dos picos e vales de demandas diferentes de uma média calculada. Deste modo, os custos são reduzidos e os inventários totais diminuídos ao longo do fluxo de valor. Ainda, a estabilidade alcançada no processo favorece a introdução de outras ferramentas enxutas desde o trabalho padronizado até o fluxo contínuo em células (JONES, 2006).

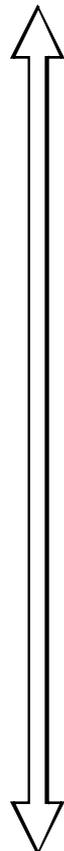
O Quadro 2.4, baseado no trabalho de Reyner e Fleming (2004) contém as principais diferenças entre o trabalho em produção puxada e produção nivelada.

PRODUÇÃO PUXADA	PRODUÇÃO NIVELADA
Atende a demanda do cliente quando é feito o pedido ( <i>just-in-time</i> )	Atende a demanda do cliente totalmente dentro de um período dado de produção nivelada
Estoque de Produtos Acabados reduzido	Estoque de Produtos Acabados maior para garantir os picos de demanda
Programação da Produção não previsível	Programação previsível da Produção
Alta variabilidade para a cadeia de fornecedores variando a demanda dos clientes fluxo acima	Estabilidade transmitida aos fornecedores reduzindo os estoques ao longo de toda a cadeia
Horas-extra ocasionalmente	Economia de Horas-extra
Efeito chicoteamento	Satisfação dos fornecedores

Quadro 2.4 – Diferenças entre produção puxada e produção nivelada  
Fonte - Reyner e Fleming, 2004

É como afirma McBride (2004), que para se conseguir os benefícios do fluxo contínuo, deve-se nivelar a quantidade de trabalho previsto. Para ele mais importante que o nivelamento de volume e *mix* conseguidos com o *heijunka* para eliminação de desperdícios, é o nivelamento conjunto de mão-de-obra, equipamentos e fornecedores. Nesse último caso, Jones (2006) continua acrescentando que o ganho de flexibilidade permite nivelar as compras de matéria-prima, insumos e componentes, de modo que é possível praticar o nivelamento também com fornecedores.

Pereira (2007) coloca que há muitas razões para se implementar o *heijunka*. Algumas destas razões já foram detalhadas. A junção dos aspectos levantados por McBride (2004), Reyner e Fleming (2004), Liker (2005), Jones (2006), Cummings (2007), Pereira (2007), Gray e Wallace (2008) e Prioul (2008), como os benefícios de se trabalhar de forma nivelada, estão acompanhados de justificativa no resumo contido no Quadro 2.5.

NIVELAMENTO	BENEFÍCIO	JUSTIFICATIVA
 <p>VOLUME</p> <p>MIX</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição do tamanho dos lotes e menores estoques;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pela diminuição dos tempos de <i>set-ups</i> e a produção mais variada em termos de volume;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhor ambiente para trabalhadores (maior motivação para o trabalho);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evita-se a sobrecarga de trabalho e períodos de ociosidade;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhor situação para fabricantes/ minimização dos custos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhor aproveitamento de recursos financeiros pela redução dos desperdícios;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução do “efeito chicoteamento” ao longo da cadeia produtiva/absorção da instabilidade do sistema;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior alinhamento com fornecedores e clientes devido à previsibilidade da produção pelo planejamento de longo prazo;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alocação dos recursos (equipamentos, mão-de-obra, etc.) de forma mais balanceada e maximizada;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhor dimensionamento da produção atendendo ao tempo takt, num planejamento de longo prazo;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior satisfação dos clientes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtenção do produto na data desejada;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição do risco de manter itens que não serão vendidos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A diminuição do tamanho dos lotes e distribuição melhor do mix acumula menores quantidades de um mesmo item;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior flexibilidade;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Com distribuição mais frequente dos itens nos períodos;</li> </ul>

Quadro 2.5 – Benefícios do Nivelamento de Produção

Pode-se perceber também que alguns aspectos estão mais relacionados ao nivelamento em relação ao volume (produção), outros mais em relação ao *mix* (produto) ou a ambos.

### 2.3.5 Desafios para o alcance do nivelamento

As companhias jamais poderão tentar o nivelamento sem atentar para a necessidade de repensar como comprar dos fornecedores, como projetar máquinas e ferramentas, como desenvolver os processos de trabalho e ainda como planejar as equipes (NIIMI, 2004).

No entanto, esses desafios mais corriqueiros são mais fáceis de prever, e já entram nas atividades fundamentais na busca pelo nivelamento. Outros aspectos também são necessários de considerar, podendo ser de ordem técnica ou social, conforme sugerem Reyner e Fleming (2004).

Os desafios levantados por esses autores e complementados em análise bibliográfica são então discutidos. Entre os fatores técnicos pode-se listar:

- Falta de ferramentas para aplicação do nivelamento em produção de larga escala com altos tempos de troca e altíssima variedade de produtos;
- Necessidade de manutenção de maiores estoques de produto acabado;
- Obsolescência das partes acabadas;
- Necessidade de trabalhar com qualidade;
- Demora na implementação, e;
- Dificuldade de previsão da demanda.

Os fatores sociais incluem:

- Necessidade de contato direto com clientes;
- Necessidade do trabalho padronizado;
- Redução da flexibilidade operacional,
- Muita disciplina e planejamento.

Assim, considerando a produção em larga escala levantada como uma limitação técnica, Jones (2006) argumenta que atividades como produção de bebidas, comprimidos e tintas - pela necessidade de muitos processamentos que são fortemente ligados e nos quais é difícil executar troca rápida - ainda são um desafio na implantação do nivelamento. Igualmente, as plantas nem sempre servem apenas a um pequeno número de produtos, ao contrário, na maioria delas dezenas ou centenas de partes são processadas em um mesmo equipamento. Esse problema persistirá independente da capacidade dos pensadores enxutos criarem processos bem dimensionados.

O segundo ponto que trata dos estoques altos de produtos acabados, contrário à missão enxuta de mantê-los nos menores níveis possíveis, é uma limitação técnica que tem seus

benefícios. Mas, como para Pereira (2007), em muitos casos a produção nivelada (traduzindo a demanda no longo prazo) pode significar superprodução e manutenção de estoques durante épocas de baixo consumo, como forma de preparação para os períodos de pico. Apesar desta não ser a situação perfeita, ainda é melhor que a alternativa de se trabalhar em massa ou com produção puxada somente.

A obsolescência das partes acabadas somente acontecerá se forem mal executados o planejamento e controle, e mal dimensionados os estoques necessários.

Necessário ainda lembrar a observação de Niimi (2004) para o trabalho com qualidade, pois sem ela o *heijunka* seria impossível, já que os defeitos fazem a produção flutuar.

As limitações técnicas que sugerem que o nivelamento não pode ser imediatamente implementado (demora para implantação) - pela necessidade de um ambiente previsível e disponibilidade de dados dos consumidores -, e a própria dificuldade de previsão da demanda - em que dados não confiáveis podem simplesmente arruinar o processo de nivelamento -, podem ser diminuídos pelo contato direto com os consumidores ou clientes. Esse é também um desafio social que exige, além do estreitamento de relações, a abertura para conseguir informação acurada sobre projetos (eventos) futuros (REYNER; FLEMING, 2004).

A necessidade de trabalhar com trabalho padronizado para conseguir um efetivo nivelamento é um requisito para o nivelamento, constituindo mais um desafio social. Além disso, a redução de flexibilidade para o operador (pelo trabalho mais repetitivo em seqüência e ritmo de produção) também pode causar resistência para implantação do nivelamento.

Pereira (2007) citando palavras do próprio Jeffrey Liker, lembra que a implementação do *heijunka*, e do fluxo unitário para esse fim, exigem que não mais aconteçam as trocas demoradas, a produção de itens defeituosos ou a ocultação dos problemas atrás das pilhas de estoques - aspectos que devem ser banidos para se alcançar os benefícios citados. Ou seja, há um grande desafio social que exige muito mais disciplina e planejamento.

Concluindo, “o *heijunka* é desafiador, mas também é recompensador. E é transferível para qualquer tipo de negócio” (NIIMI, 2004, p. 12).

## 2.4 Gestão visual

Considerada um aspecto-chave na condução e implementação de sistemas de produção enxuta, a gestão visual é uma parte integrante das práticas de manutenção da identidade corporativa e gerenciamento desses sistemas. Ouchi<sup>4</sup> (1981 *apud* MESTRE *et al.*, 1999) lembra que o mais importante da cultura organizacional japonesa é sua forma de gerir as pessoas, envolvendo-as em todas as fases da vida corporativa, o que lança mão da tecnologia para alcançar o sucesso - aumento de produtividade e qualidade de vida. A meta é “apoiar os funcionários por meio do controle visual para que tenham uma melhor oportunidade de desempenhar um bom trabalho” (LIKER, 2005, p. 162).

Como as organizações só existem através daquilo que produzem os indivíduos, trabalha-se com e por meio deles. Essa interdependência requer uma comunicação aberta e confiável. “Mesmo quando complicada, a comunicação deve ser feita de forma simples e clara, que quando ineficiente pode tornar-se custosa econômica e socialmente” (MESTRE *et al.*, 1999, p. 34).

A consideração sobre eficácia e eficiência é aplicável aos efeitos da comunicação. Quando eficaz assegura que a mensagem enviada e recebida tem o mesmo conteúdo, e quando eficiente sugere a minimização dos recursos utilizados para tal objetivo. A comunicação visual é uma ferramenta que consegue promover estes dois atributos (SCHERMERHORN JR.<sup>5</sup>, 1999 *apud* MESTRE *et al.*, 1999).

A coleção de sistemas visuais mais amplamente divulgada, ao nível das organizações industriais principalmente, foi criada pelo STP, com a finalidade de estabelecer controle visual e comunicação de trabalhadores para outros trabalhadores (KASUL; MOTWANI, 1997).

Mestre *et al.* (1999) lembra que os princípios da comunicação visual são globais. No contexto japonês são sete as funções desta forma de comunicação, explicitadas e descritas no Quadro 2.6.

---

<sup>4</sup> OUCHI, W.G. *Theory Z: How American Business Can Meet the Japanese Challenge*. Addison-Wesley, Reading, MA, p. 17, 1981.

<sup>5</sup> SCHERMERHORN JR., J.R., *Management*. John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 327-32, 1999.

Funções da Comunicação Visual	Definição da Função
(1) Para sinalizar o grupo	Definindo os pontos particulares e diferenças de uma organização para as outras, demarcando os subgrupos internos, repondendo-se à questão: " <i>quem somos nós?</i> "
(2) Para familiarizar os membros com a cultura e visão corporativas	Desenvolvendo um modelo mental unificado de valores, crenças, aproximações emocionais e metas, respondendo-se à questão: " <i>por quê estamos aqui?</i> "
(3) Para manter a visão corporativa	Executando o papel de continuamente informar, relembrar, afirmar e motivar os membros da corporação da sua identidade, propósitos e valores, respondendo-se à questão: " <i>por quê devemos continuar a ser e fazer como estamos fazendo agora?</i> "
(4) Para alertar aos membros das mudanças no ambiente de trabalho	Informando aos membros das mudanças nas requisições de trabalho, flutuações de mercado, metas do pessoal e de produção, respondendo-se à questão: " <i>o que requer nossa atenção para alcançarmos o sucesso?</i> "
(5) Para gerenciar as relações humanas	Auxiliar na gestão complexa de pessoas e grupos por proporcionar o toque apropriado de forma sutil as situação de conflito e pré-conflito, respondendo-se à questão: " <i>como podemos nos unir?</i> "
(6) Para promover canais de expressão	Permitindo a todos os setores da organização, dos mais altos aos mais baixos, a oportunidade de expressar suas emoções e visões, envolvendo os trabalhadores sempre que possível, respondendo-se à questão: " <i>como nos sentimos?</i> "
(7) Para transformar o paradigma corporativo	Auxiliar no sentido de dar o salto quântico de pensar ou fazer negócios de formas radicalmente diferentes, respondendo-se à questão: " <i>como é que vamos chegar lá a partir daqui?</i> "

Quadro 2.6 - Funções da Comunicação Visual e suas definições

Fonte - Mestre *et al.*, 1999

Essa competência na gestão visual vai, portanto, além do conteúdo da mensagem que é enviada. A cultura japonesa conduz seus negócios no chão-de-fábrica, ao invés de resolver os problemas em escritórios ou reuniões. Isso facilita a comunicação e promove entradas, aprendizado, interferências, concordâncias e discordâncias e ainda, as diferentes percepções e pontos de vista fornecem diferentes idéias para resolução dos problemas, novas práticas produtivas e outros (MESTRE *et al.*, 1999).

Examinando a implementação da Produção Enxuta como estudo de caso, Motwani (2003, p. 343) identifica que "um dos elementos-chave do STP é a utilização de controles visuais para melhor monitoramento do controle do processo". A gerência da companhia que analisou considera os "controles visuais como meios de comunicação que os auxiliam a visualizar os processos, identificar os problemas e fazer melhorias".

Para Greif (1991), as comunicações visuais, umas expressões de visibilidade, levam a tendência de que no futuro as fábricas que não trouxerem mensagens visuais serão consideradas mais obscuras. Foi este mesmo autor que amplamente discutiu o que é a

“fábrica visual”, explicitou os controles visuais de produção e como fazer a programação visual, como segue o texto.

#### 2.4.1 Fábrica Visual

Enquanto muitas fábricas já adotaram uma estratégia enxuta, que inerentemente inclui ferramentas visuais, a verdadeira fábrica visual vai além disso. Neese e Kong (2007) acrescentam que, de forma simplificada, uma fábrica visual visa fornecer aos trabalhadores a comunicação clara e concisa através de ferramentas e sinais visuais, que são facilmente compreensíveis mesmo com as diferentes línguas e culturas. A forma com que a informação é organizada para ser utilizada é o aspecto que distingue a comunicação visual nas fábricas (GREIF, 1991).

As instruções visuais oferecem a simplicidade que os trabalhadores precisam, pois seu objetivo é proporcionar-lhes informações corretas e sem ambigüidade, facilitando tomada de decisões que resultam em maior eficiência e melhor desempenho em seu trabalho. Este é o conceito que sustenta a fábrica visual (NEESE; KONG, 2007).

Greif (1991, p. 9) acrescenta que “a comunicação visual é, além de tudo, uma questão de cultura organizacional, uma cultura em que o princípio essencial é o compartilhamento” - de informação principalmente.

Apesar de terem evoluído bastante ao longo do tempo, os objetivos das ferramentas de gerenciamento visual continuam os mesmos: fornecer informações simples e visuais (facilidade na compreensão da performance pelos operadores), assegurar que os trabalhadores têm acesso à informação necessária (sem que precisem buscar essa informação), e promover um sistema que permite aos gestores responder e resolver os problemas rapidamente (NEESE; KONG, 2007).

Um ambiente de trabalho visual pode incluir informações das mais diversas áreas. Greif (1991), com a representação da Figura 2.21, propõe uma série de opções que podem ser incluídas na fábrica visual. Cada sistema deve utilizar os dispositivos que considerar mais importantes, adaptando-os à sua realidade.

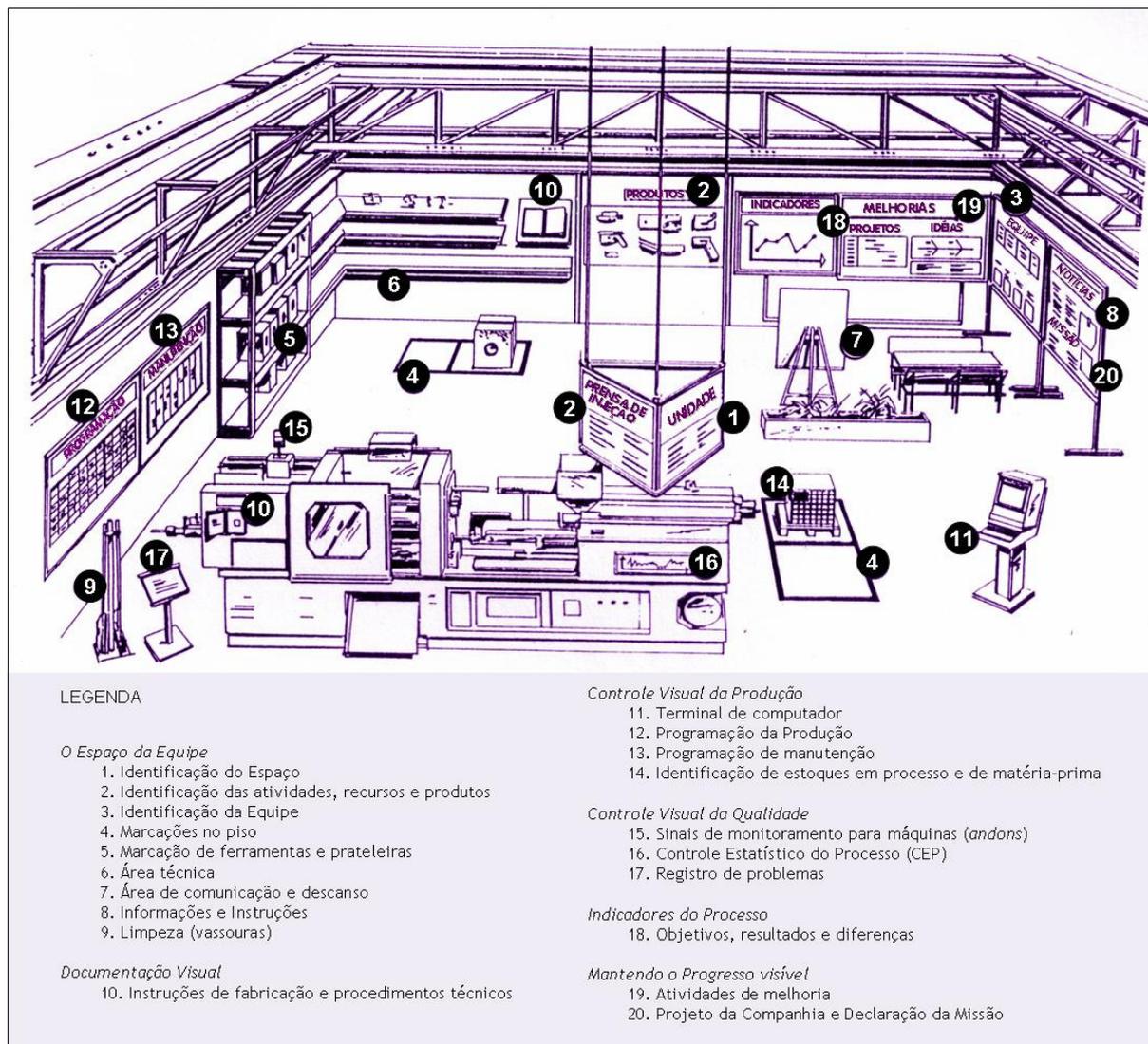


Figura 2.21 - Um ambiente de trabalho visual

Fonte - Greif, 1991

Assim, são muitas as oportunidades de compartilhamento de informação na fábrica visual.

As ferramentas de gestão visual mais conhecidas nos ambientes de Produção Enxuta, atendendo aos objetivos acima levantados, são (NEESE, KONG, 2007):

- *Andons* de Produção e Luzes *Jidoka*. Podendo num estágio menos avançado sinalizar a ocorrência de anormalidades na produção, como defeitos no produto. Ou ainda aplicações mais elaboradas que mostram a performance em relação às metas em tempo real (compara programado com realizado);
- Quadros de programação para que as equipes trabalhem na ordem da demanda do cliente, muitas vezes complementados com o fluxo de informação (status da produção, disponibilidade de materiais, prontidão e anormalidades);
- Torres de observação permitindo visão de todo o chão-de-fábrica, inclusive facilitando a identificação de uma luz *jidoka* acesa.

Esta última ferramenta é uma implementação mais recente e muitas vezes pouco aplicável. O escopo deste trabalho, no entanto, fornece maior detalhamento sobre os quadros de programação (objetivando estabelecer especificamente o nivelamento produtivo) que constitui ampla discussão da seção 2.5 seguinte. Antes se explica sucintamente *andon* dentro do princípio *jidoka*.

### Andons e Jidoka

Greif (1991) lembra que as luzes *andon* são um aspecto do *jidoka* que significa “autonomação”, ou “automação com um toque humano”.

No trabalho de Kosaka (2006, p. 7) o *andon* é conceituado como “um painel indicador de parada de linha que fica instalado na parte superior, próximo ao teto do *gemba*<sup>6</sup> para que seja visível por todos”. Considera-o apenas como ferramenta para parada de linha e busca de ajuda para solucionar o problema detectado.

Essa identificação dos problemas permite sua rápida resolução, diminuindo-se a variabilidade e aumentando-se a capacidade dos recursos (KASUL; MOTWANI, 1997).

Utilizados para assegurar que o *status* da produção de um centro de trabalho está visível estas formas de *andons* mais simples são aquelas encontradas na forma de dispositivos visuais como luzes ou bandeiras, etc. Em geral tem-se:

- Para uma luz verde ligada – operação normal da célula (dentro da programação e ritmo planejados), ilustrado na Figura 2.22 - a;
- Para uma luz amarela – atraso na programação ou detecção de problema (Figura 2.22 - b);
- Para uma luz vermelha – parada na linha, conforme Figura 2.22 - c.

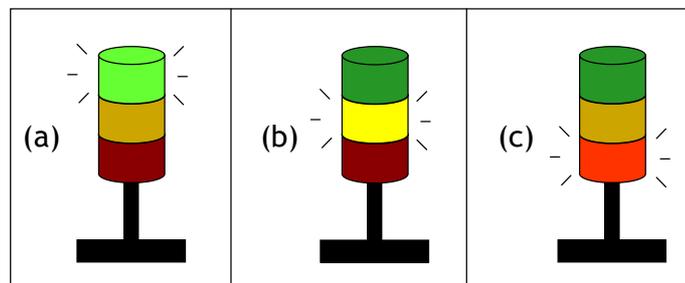


Figura 2.22 - Luzes *andon*

---

<sup>6</sup> *Gemba* - palavra japonesa que significa “o lugar atual” onde se podem verificar as verdades. No caso dos sistemas produtivos pode-se considerar o próprio chão-de-fábrica.

Mas, as aplicações deste tipo de dispositivo têm evoluído para painéis luminosos e aplicações mais sofisticadas, nas quais podem ser colocadas informações de desempenho geral do sistema (acompanhamento de ritmo, eficiência do sistema, contadores de tempo, etc.). Auxilia, sobretudo, no controle de produção, não somente em relação ao controle de qualidade e do processo, mas da programação e do atendimento ao *takt time*. Esse controle tem, portanto, bastante aplicabilidade para auxílio do nivelamento.

A Figura 2.23 é um exemplo de *andon* de acompanhamento de ritmo e produtividade. Aplicável à produção de 24 horas diárias, com 5 linhas de produção.



Figura 2.23 - *Andon* de acompanhamento de ritmo e produtividade  
Fonte - <<http://www.london-electronics.com/andon-displays.php>>

As informações são bastante úteis e fáceis de interpretar:

- Sabe-se qual a meta de cada turno;
- Sabe-se que turno conseguiu atingir a meta;
- Pode-se ver que a linha 5 parou;
- Pode-se ver que as linhas 2 e 3 estão em um ritmo abaixo do planejado;
- Sabe-se que as linhas 1 e 4 estão dentro do planejado.

Além desse exemplo de aplicação, existem diversos dispositivos no mercado utilizando principalmente a tecnologia LED (Diodo Emissor de Luz), como contadores de tempo, letreiros luminosos, contadores de *takt time*, entre outros.

A representação visual e acompanhamento de ritmo muitas vezes praticados através dos *andons* promovem maior produtividade e qualidade, resultante da motivação dos trabalhadores pela ciência instantânea que têm do seu desempenho. A gerência também é favorecida (SIMONS; ZOKAEI, 2005).

## 2.4.2 Controle Visual da Produção

Com o advento dos computadores as empresas preocuparam-se muito mais em aperfeiçoar o *hardware* de seus sistemas do que desenvolver as relações entre o seu pessoal de produção e os sistemas logísticos - a qualidade da comunicação entre as pessoas engajadas na produção e os sistemas de informação que os guiava tornou-se pouco importante.

Greif (1991, p. 111), complementa sua consideração acima ao lembrar que “quando as fábricas eliminaram as programações nas paredes e mudaram-nas para os computadores, elas cometeram um erro grave. Os painéis são ferramentas de tomada de decisão e também de comunicação e sinalização”.

O controle visual de produção é muito mais uma questão de comunicação do que de cálculo. Ele introduz de forma inovadora o papel da comunicação entre as pessoas e o sistema logístico no planejamento industrial. Essa definição dos limites do controle visual deve, portanto, considerar não seu significado, mas relações entre pessoas e o sistema (GREIF, 1991).

Mas, a utilização desse tipo de controle não significa abandonar totalmente os sistemas computacionais, mas fazer uso deles como meios de compilação das informações que deverão ser mostradas. Assim, não se deve evitar a tecnologia de informação, mas “pensar com criatividade utilizando os melhores meios disponíveis para criar um verdadeiro controle visual” (LIKER, 2005, p. 162).

Greif (1991), afirma que assim como a comunicação visual, o controle visual da produção é o controle pela visibilidade, a qual depende de três regras fundamentais, a saber:

- As situações estão visíveis para todas as pessoas - elas conseguem interpretar e ter visão crítica sobre o que está sendo mostrado (prioridades, necessidades antecipadas, atrasos);
- Metas e regras estão visíveis para todas as pessoas - explicita-se a meta principal da produção de produzir a quantidade correta no momento correto (sem gerar estoques e entregar corretamente os pedidos dos clientes). Ainda podem-se reforçar regras globais de operação dos sistemas (“não produzir sem *kanban*”, “colocar a quantidade correta de itens por embalagem”, etc.);
- Cada pessoa deve participar - ver e entender como o sistema funciona (objetivos, requisitos e regras), sendo capaz de interferir e discutir nas decisões diárias;

Os quadros de programação da produção para operacionalização do sistema *kanban* são talvez a aplicação mais famosa dessa forma de controle. Os quadros de nivelamento da produção, conhecidos por *Heijunka Box*, constituem importante forma de controle visual da produção. Quando associados à forma de programação anterior, constituem quadros de programação, também considerados na literatura como *heijunka box*, conforme detalhado a seguir.

## 2.5 O quadro *Heijunka*

O *Heijunka box* é uma ferramenta visual usada em nivelamento, ou seja, uma ferramenta específica para se alcançar os propósitos do nivelamento.

Surgiu na Toyota para o setor de manutenção, apesar de o encontrarmos comumente como controle de produção na manufatura. Os gerentes da Toyota criaram caixas com intervalo de tempo de uma hora para programar as atividades de manutenção preventiva. Com os tempos padrão das atividades, e sinalizando claramente os intervalos de tempo utilizados em cada tarefa, conseguiram otimizar o ritmo do trabalho e lembrar-se de programar todas as tarefas necessárias (evitando encavalamento de atividades e paradas na produção). O conceito evoluiu e os quadros de nivelamento atualmente possuem divisões de intervalos de tempo mais refinados para executar o planejamento, controle e acompanhamento de produção (SMALLEY, 2004).

Jones (2006) lembra que:

para os gerentes de manufatura enxuta que aceitam a noção de que o nivelamento de *mix* e volume produz benefícios ao longo do fluxo de valor, o problema consiste em como controlar a produção de modo que o nivelamento seja atingido consistentemente. A Toyota trouxe essa resposta na forma do *heijunka box*.

Tardin (2001) indica que um dos pontos fortes do quadro é que a programação de produção deve ser feita no chão-de-fábrica, pelos próprios operadores. Ele é chamado de gerenciamento visual, também quando associado ao controle *kanban*, pois do quadro podem ser tiradas as seguintes informações:

- a) O estoque de cada produto em qualquer instante: analisando-se o número de cartões que há de cada produto, a quantidade que cada cartão representa dele e contar quantos cartões do produto estão no quadro. Podendo-se determinar a quantidade que se tem em estoque;
- b) Sabe-se se a produção está atrasada ou adiantada: sobre o quadro existe um relógio. Os operadores devem respeitar os horários da Ordem de Produção. Desse modo, evita-se o excesso de produção, no caso dos operários se adiantarem; e caso a linha se atrase, todos

os que passarem pelo quadro notarão e questionarão os motivos do atraso, se foi devido a uma quebra, falta de material, ou outro motivo;

c) Sabe-se quando fazer um novo pedido de material: deve-se decidir quando fazer o pedido de material junto ao fornecedor. Por exemplo, no instante em que a faixa verde estiver repleta de cartões, é feito o pedido;

d) Sabe-se se o trabalho é feito com estoque demais ou de menos: se os cartões dificilmente atingem a faixa amarela, pode-se estar trabalhando com estoque demais. Se a faixa vermelha, que é o estoque de segurança, é usado constantemente, deve-se investigar as causas disso. Pode-se estar com estoque insuficiente, ou podem estar ocorrendo muitas paradas da linha (quebras, falta de material e problemas de qualidade);

e) Antecipam-se situações de falta de componentes: a programação fica visível a todos da linha, que sabem o que produzirão com uma boa antecedência, bem como os fornecedores internos da linha, que sabem o que e quando entregar a ela;

### 2.5.1 Como criar a programação da produção visual

Se uma empresa não trabalha com ordens de produção em lotes, mas baseada em quantidades programadas em um período dado, ela deve mostrar as quantidades que devem ser produzidas e o que já foi produzido ao invés de indicar a data que uma produção deverá estar completa. Para efetuar esse tipo de controle, Greif (1991) coloca as seguintes recomendações:

- Os quadros de controle (indicando meta e realizado) devem estar situados no espaço do recurso produtivo;
- As mensagens devem ser mais claras possíveis, utilizando-se cores;
- Um layout pré-determinado é necessário, com colunas, textos e espaços bem dispostos;
- Aparência, cores, e formatos devem ser cuidadosamente exibidos - já que a programação simboliza um dos principais objetivos estratégicos da organização: servir melhor aos clientes;
- O atendimento de objetivos deve ser reforçado positivamente por símbolos ou indicadores chamativos;
- Os trabalhadores devem participar da elaboração dos quadros;
- O grupo responsável pelo quadro deve ter identidade com ele;

O atendimento a essas recomendações permitirá a obtenção dos benefícios do gerenciamento visual.

Mestre *et al.* (1999) lembra que como os japoneses já demonstraram, as vantagens do impacto visual é que ele “vai sem dizer”. Para eles deve-se tentar a melhoria contínua na comunicação como forma de melhor qualidade de vida no trabalho para os trabalhadores e conseqüentemente aumento na performance. Esse sim ainda é um desafio para o gerenciamento de operações contemporâneo.

O Capítulo 3 é uma continuidade da revisão sobre o nivelamento da produção associado à gestão visual. Contempla os requisitos necessários para o nivelamento e os modelos de quadro *Heijunka* encontrados na literatura.

### **3 REQUISITOS PARA O NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO E MODELOS DE QUADRO HEIJUNKA**

A elaboração da revisão bibliográfica incentivou a criação deste novo capítulo contendo o agrupamento dos requisitos para o nivelamento da produção e a descrição dos modelos de quadro *heijunka* encontrados.

Portanto, nesta fase do trabalho é exposta uma continuação da revisão. Ela representa uma sistematização dos temas abordados motivada pela observação destes tópicos na literatura de forma não estruturada.

#### **3.1 Requisitos para o nivelamento da Produção**

Para alcançar um bom nivelamento, e conseqüentemente atingir o objetivo de otimização do planejamento, com a utilização dos quadros *heijunka*, é necessária a observância a alguns pontos que devem ser cuidadosamente considerados.

Os requisitos listados no Quadro 3.1 foram observados nas fontes consultadas nesta revisão, mas muitos de forma isolada. Não foi encontrado nenhum estudo contendo o agrupamento de tais requisitos, e, portanto, a ordem em que foram listados também é sugestiva. O Quadro apresenta ainda os autores que citaram cada um desses aspectos, seguindo a descrição e justificativa de cada um dos requisitos.

Requisito	Autor/Ano
- Nivelar preferencialmente os itens mais freqüentes e de maior volume	Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008
- Estabelecer e manter atualizados o ritmo da produção ( <i>takt time</i> ) e o tamanho dos intervalos de produção ( <i>pitch</i> )	Kasul e Motwani, 1997 Ghinato, 2000 Rother e Harris, 2002 Rother e Shook, 2003 Motwani, 2003 Smalley, 2004 Liker, 2005 Gray e Wallace, 2008
- Estabelecer a freqüência de produção dos itens (TPT do sistema) e o tamanho do estoque final de itens	Kasul e Motwani, 1997 Ghinato, 2000 Rother e Harris, 2002 Rother e Shook, 2003 Motwani, 2003 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008 Gray e Wallace, 2008
- Manter tempos de <i>setup</i> baixos	Shingo, 1985 Black, 1998 Tardin, 2001 Smalley, 2004 Jones, 2006
- Trabalhar com operações padronizadas	Ghinato, 2000 Rother e Harris, 2002 Rother e Shook, 2003 Kamada, 2007
- Utilizar dados de controle da produção para sustentabilidade da produção nivelada	Kasul e Motwani, 1997 Motwani, 2003 Kamada, 2007 Gray e Wallace, 2008

Quadro 3.1 – Requisitos para o nivelamento da produção

### 3.1.1 Nivelar preferencialmente os itens mais freqüentes e de maior volume

O ideal nos sistemas enxutos é que toda a carteira de produtos possa ser programada de forma nivelada, conforme sugerem os exemplos no início da seção sobre nivelamento. Mas, essa não é a realidade de todas as empresas, tanto pela grande quantidade de produtos em carteira, quanto pela constante necessidade de produzir itens que são esporádicos. Cada realidade produtiva deve então selecionar os itens que entrarão no nivelamento, preferencialmente aqueles que representam maior volume e/ou são vendidos com mais freqüência.

Para evitar continuar trabalhando com sistemas de grandes lotes – que raramente saem conforme planejado, causando necessidade de muitas mudanças na programação –, é necessário quebrar o pensamento de que é impossível trabalhar sem mudanças de programação, de forma nivelada e com fluxo estável e constante de produção.

Para tal, sugere-se a classificação ABC<sup>7</sup> dos itens em função do volume de produção ou do tempo de alocação do item na máquina (número de itens x tempo de ciclo), caso os itens tenham tempos de ciclo bastante diferentes. Por essa classificação, selecionam-se apenas os itens A, de maior volume e/ou mais freqüentes, para serem feitos em cada ciclo de produção, com o tamanho do lote calculado. Os demais itens entram na programação tradicional por ordem de produção (JONES, 2006).

Para Jones (2006) “a identificação dos itens colocados numa seqüência repetitiva de produção que não precisa ser trocada em curto prazo, permite estabilizar grande parte da produção e assim ganhar em economia de escala ou repetição”. Com a repetição periódica, os tempos de *setup* são diminuídos, podendo-se tratar melhor manutenção e questões de materiais e ainda aderir ao trabalho padronizado, criando-se as condições ideais para implantação da produção em fluxo contínuo ao longo de todo o sistema. Com esse sistema implantado, também se torna possível puxar os materiais dos fornecedores nas mesmas quantidades freqüentes e regulares.

### 3.1.2 Estabelecer e manter atualizados o ritmo da produção (*takt time*) e o tamanho dos intervalos de produção (*pitch*)

Segundo Ghinato (2000) no STP, “o ritmo da demanda do cliente final deve repercutir ao longo de toda a cadeia de valor, desde o armazém de produtos acabados até os fornecedores de matérias-primas”. Por isso, é indispensável determinar o ritmo da produção através do *takt time* - cujo dado mais importante é exatamente a demanda do cliente.

O *takt time* comunica a freqüência da demanda e, conseqüentemente, a freqüência que um produto deve ser produzido. Seu cálculo básico é dado pela divisão entre o tempo operacional disponível e a quantidade requerida num determinado período de tempo (GRAY; WALLACE, 2008).

Tomando-se como exemplo um sistema cuja demanda diária é de 1200 itens e supondo a disponibilidade operacional de 16 horas por dia, teríamos um *takt time* de 0,8 minutos ou 48 segundos por item. Significa entregar um item pronto a cada 48 segundos, no ritmo da solicitação do mercado.

---

<sup>7</sup> A classificação ABC para itens de produção permite sejam identificados aqueles que representam maior volume, requerendo maior tempo de produção. Por exemplo, analisa-se a demanda num determinado período e identifica-se que 20% dos itens correspondem a 80% do volume de produção (os itens classificados como “A”), outros 20% dos itens a 10% do volume de produção (itens “B”) e os restantes 60% dos itens representando apenas 10% do volume de produção (itens “C”). Essa classificação difere da sua aplicação mais freqüente relacionada aos estoques de matérias-primas e componentes, envolvendo também considerações sobre valor monetário dos produtos.

Produzir no *takt time* significa que todas as estações de trabalho operam numa taxa constante sincronizada com a demanda do cliente. Este aspecto é imprescindível para se obter um fluxo de produção estabilizado. Assim, pela eliminação de variabilidade em cada ponto do processo, evita-se o aumento de estoque em processo entre as estações e as paradas constantes num fluxo com taxa de produção variável (SIMONS; ZOKAEI, 2005).

Mas é imprescindível lembrar que o *takt time* é um pequeno aspecto dentro do *Heijunka*. Pode-se justificar isso pela afirmação de Reyner e Fleming (2004) em que “se o *takt time* é descrito como o ritmo de batimento do coração na implementação enxuta, então o *heijunka* é o exercício de respiração da Produção Enxuta que traz estabilidade (calma) para o processo produtivo, estendendo isso ao longo da cadeia para os fornecedores internos e externos”.

O intervalo *pitch* representa a extensão máxima que o processo pode ser nivelado pelo *mix*. Ele é calculado pela multiplicação do *takt time* pela quantidade em uma embalagem (geralmente o lote de transferência ou número de itens determinado no cartão *kanban*). Como a quantidade de itens por embalagem vendida aos clientes é fixa, não faz sentido produzir menos que isso num recurso produtivo (SMALLEY, 2004).

Utilizando o mesmo exemplo para o cálculo do *takt time* (de 48 segundos) e supondo embalagens padrão de 50 itens, o intervalo *pitch* seria de 40 minutos. Considerando as 16 horas diárias de produção, teríamos para um dia 24 intervalos produtivos. A Figura 3.1 contém a representação do *takt time* e do intervalo *pitch* para o exemplo dado.

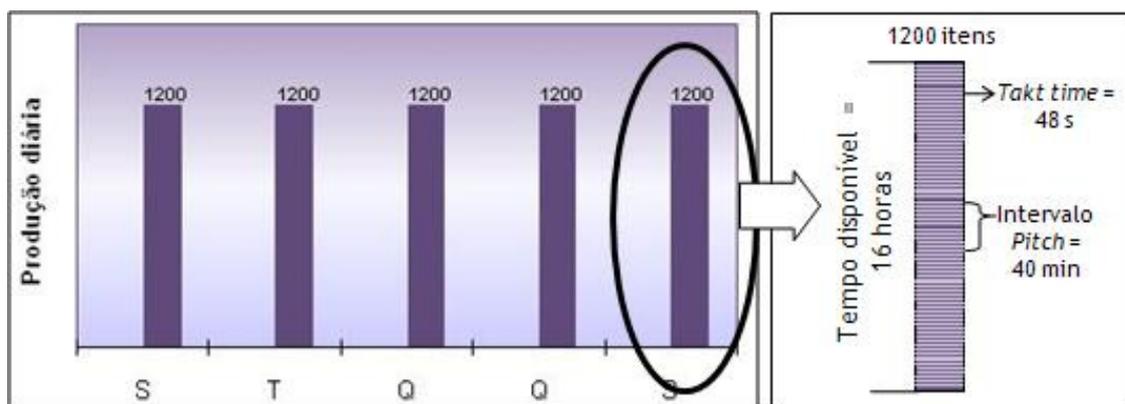


Figura 3.1 – Representação do *takt time* e intervalo *pitch*

Tal divisão permitiria chegar a um modelo bastante flexível de produção (em que inexistem os tempos de troca) dos itens X, Y e Z, por exemplo. Considerando a demanda diária de X de 600 itens, de Y de 400 itens e de Z de 200 itens, a seqüência para os lotes de 50 peças seria X X X Y Y Z, repetida por quatro vezes ao longo do dia, já que há 24 intervalos disponíveis. A Figura 3.2 contém a representação deste modelo descrito.

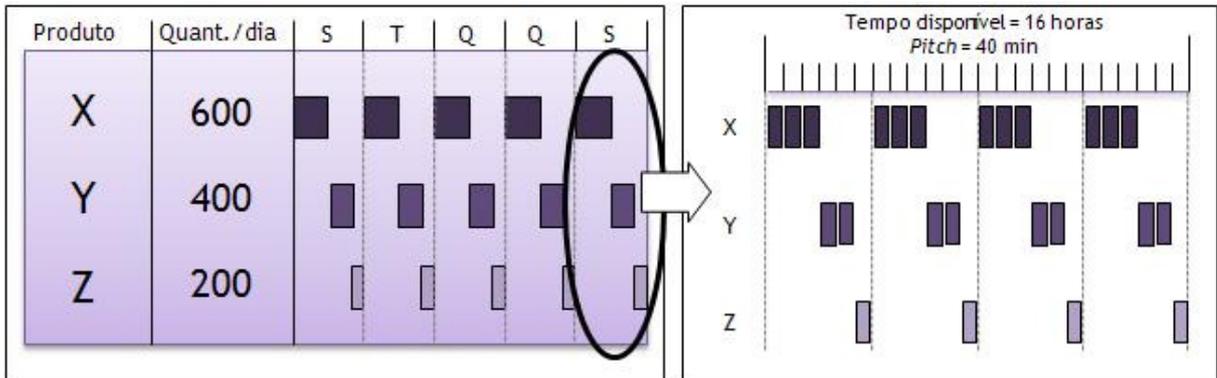


Figura 3.2 – Modelo flexível de produção

A flexibilidade para se estabelecer modelos mesclados e intervalos *pitch* menores é função da diminuição dos tamanhos das embalagens (lotes múltiplos) e, em muitos casos, da redução dos tempos de *setup* – um dos requisitos detalhado mais a frente.

### 3.1.3 Estabelecer a frequência de produção dos itens (TPT do sistema) e o tamanho do estoque final de itens

A maior flexibilidade nem sempre é possível, por isso, torna-se fundamental determinar qual o intervalo de tempo decorrido entre produzir um item e produzi-lo novamente após a conclusão dos demais itens do sistema, considerando-se os tempos de troca necessários.

A introdução do *heijunka* requer a determinação de um tempo base adequado, muitas vezes chamado de TPT (toda parte toda). Com ele é possível produzir todas as partes requeridas, incluindo os tempos de troca, tempos de paradas e defeitos (FURMANS, 2005).

O intervalo chamado de TPT mostra o efeito dos *setups* atuais do processo mais a frequência com que cada item pode ser produzido no processo sem que seja excedida a capacidade produtiva. Ele calcula a capacidade requerida para que sejam produzidos todos os itens no processo, determinando com isso quanto tempo está disponível para *setup* (GRAY; WALLACE, 2008).

Para o sistema flexível exemplificado com o cálculo do *pitch* de produção o TPT seria de 4 horas (todas as partes produzidas nesse período), já que a seqüência aconteceria 4 vezes no intervalo de 16 horas.

Se no mesmo exemplo de referência fosse determinada a necessidade de *setup* entre os modelos fixo em 20 minutos, e aumentada a disponibilidade produtiva em duas horas, mantendo-se fixas as demandas, poder-se-ia calcular o TPT do sistema da seguinte forma:

- Tempo total necessário para produzir, no dia, 600 unidades de X, 400 unidades de Y e 200 unidades de Z: 960 minutos ou 16 horas;

- Tempo operacional disponível de 1.080 minutos ou 18 horas;
- Tempo disponível para *setup* 120 minutos ou 2 horas;
- Somatório dos tempos de *setup* para os 3 modelos: 60 minutos, portanto, possível rodar duas vezes o *mix* produtivo no dia;
- Como o TPT representará a divisão entre o tempo disponível para produção e a quantidade de vezes que o somatório dos *setups* pode ser feito, teríamos um TPT de 540 minutos, ou 9 horas.

É bastante comum que pela variedade de itens num sistema e limitação de recursos, o TPT chegue a mais de um dia de produção, às vezes até uma semana. Isso incorre em maiores lotes de produção, e conseqüentemente maiores estoques.

Segundo Gray e Wallace (2008), o TPT é essencial para determinação do tamanho dos lotes produtivos. O dimensionamento baseado no TPT assegura que o trabalho programado é possível de cumprir e é o mais repetitivo possível no ambiente dado.

O ideal em Sistemas de Produção Enxuta é que a produção aconteça em fluxo unitário – ou seja, o mínimo necessário de itens ao longo dos processos. Assim, “a quantidade-padrão de inventário em processamento é a mínima quantidade de peças em circulação necessária para manter o fluxo constante e nivelado, variando de acordo com diferentes *layouts* de máquinas e rotinas de operações” (GHINATO, 2000). Por isso, quanto menor o TPT, mais flexível e enxuto será o sistema.

Mas, o preço de se trabalhar com baixos estoques ao longo do processo nos fluxos nivelados é carregar os estoques finais para garantir que o nivelamento funcionará em sua essência (mínimo de mudanças na programação), executando a absorção do problema da variabilidade.

Jones (2006) coloca que

para conseguir o nivelamento sem nunca desapontar os consumidores - cuja demanda é variável em torno da média - a Toyota calcula um estoque padrão de produtos acabados, que o tamanho é proporcional ao grau de variabilidade (a amplitude) da demanda do consumidor, à estabilidade do processo produtivo e à frequência de envios.

Para Jones (2006) o tamanho dos estoques finais necessários pode ser considerado excessivo quando se trabalha um fluxo nivelado. No entanto, são eles que permitem a suavização dos níveis de produção ao longo dos processos, reduzindo os inventários nos supermercados entre os fluxos do sistema. No caso dos itens feitos para estoque (*make-to-stock* - MTS) o estoque está no final do fluxo produtivo. No caso dos feitos mediante ordem (*make-to-order* – MTO) ou montados mediante ordem (*assembly-to-order* – ATO) é

estabelecido um estoque padrão partes exatamente antes do ponto de customização. A Figura 3.3 é uma representação simplificada da otimização do fluxo com o nivelamento.

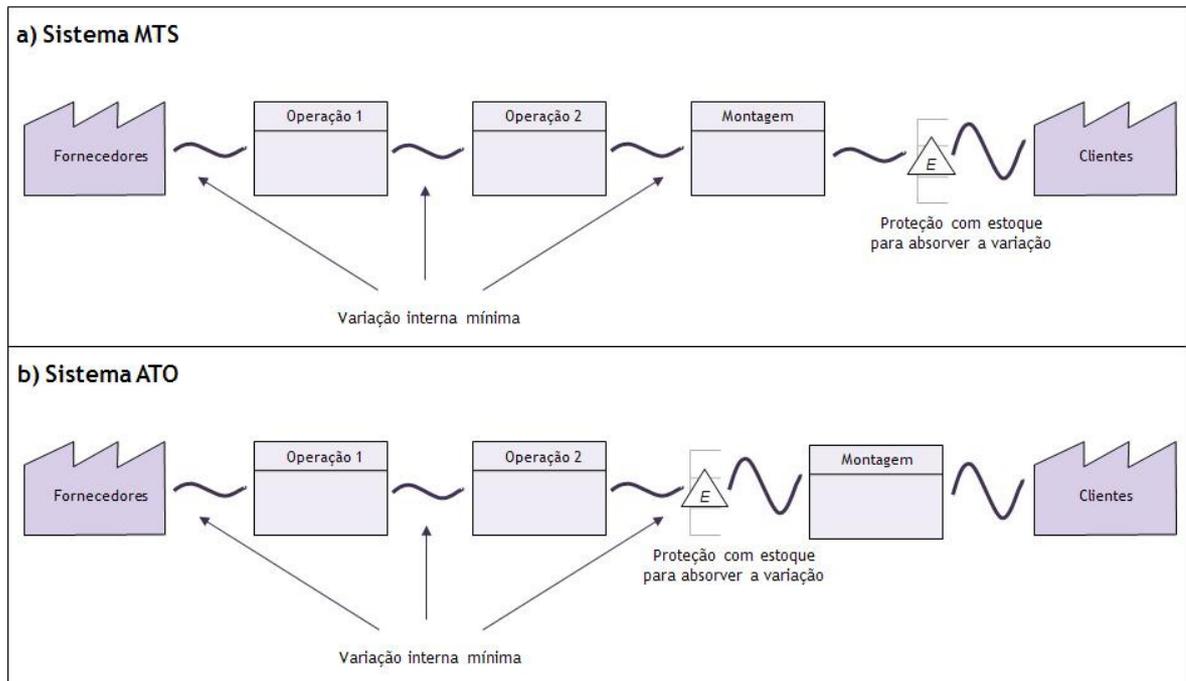


Figura 3.3 - Nivelamento de produção e estoques nos sistemas MTS (a) e ATO (b)

#### 3.1.4 Manter tempos de *setup* baixos

O cálculo do TPT pode muitas vezes sinalizar a necessidade de redução dos tempos de *setup*, mas não deve ser o único direcionador dessa iniciativa. Tempos altos de troca são, sobretudo, um desperdício de espera.

Shingo (1985) foi o pioneiro e inventor da ferramenta enxuta conhecida por Troca Rápida de Ferramentas (Single Minute Exchange of Die – SMED). São muitas as possibilidades de redução dos tempos de troca, por isso, o SMED tem sido amplamente utilizado nas empresas. A redução ou eliminação de desperdícios simples, identificados por cuidadosa análise e observação das trocas, são oportunidades de significativa redução dos tempos utilizados na preparação dos equipamentos.

“A Toyota focou na redução do tempo e custo dos *setups* para que lotes menores - idealmente de uma só peça - sejam produzidos sem carregar custos severos devidos à perda de tempo de produção e problemas significativos de qualidade” (JONES, 2006).

Focado também na diminuição da variabilidade levada aos processos em relação ao *mix* de produção, o nivelamento deseja reduzir os tamanhos dos lotes, contrapondo-se à tendência de se agrupar os mesmos itens por muito tempo em um recurso produtivo como meio de otimização dos *setups* dos chamados lotes econômicos. Shingo (1985) lembra que as

reduções drásticas nos tempos de *setup* são possíveis, e que os lotes econômicos perderam sua razão de existir quando o sistema SMED foi desenvolvido. Black (1998) acrescenta que a adoção do nivelamento tem contribuído para aumentar ainda mais a influência dos tempos de *setup* na redução da capacidade de produção das células.

No sistema SMED as operações de *setup* são divididas em dois tipos diferentes: o *setup* interno e o *setup* externo. No primeiro caso as operações só podem ser executadas quando a máquina está parada, como por exemplo, a troca de moldes. No segundo, podem-se realizar atividades quando a máquina está em funcionamento, como transportar os moldes retirados para o depósito ou trazer o novo molde para próximo da máquina. O princípio mais conhecido do SMED está em transformar ao máximo as operações em *setup* externo, para aumentar a disponibilidade da máquina, parando-a com intervenções internas apenas quando indispensável (SHINGO, 1985)

Segundo Shingo (1985, p. 126),

os resultados obtidos com o SMED vão além da redução dos tempos de *setup* e aumento das taxas de produção. Quem adota o sistema SMED pode obter vantagens estratégicas pela eliminação de inventários e revolução dos seus conceitos básicos de produção.

### 3.1.5 Trabalhar com operações padronizadas

Como foi observado na casa do STP no início desta revisão bibliográfica, o *heijunka*, a padronização de atividades e a gestão visual são bases para sustentação dos sistemas enxutos - os pilares JIT e *Jidoka*.

Segundo Ghinato (2000) pode-se definir operação padronizada como “um método efetivo e organizado de produzir sem perdas”. O foco está na maximização da produtividade. Isso pode ser obtido com padronização dos elementos de trabalho que agregam valor - muito embasado nos estudos de tempos e movimentos - e na identificação e eliminação das atividades que não agregam valor. Para tal constituem-se as rotinas-padrão de operações, evitando diferenças nos tempos de ciclo dos operadores, favorecendo o atendimento ao *takt time*.

A padronização de operações também foca no balanceamento entre os processos e na definição dos níveis mínimos de estoque em processo. A relação entre esses elementos, culminando com o alcance da produção nivelada, é proposta por Ghinato (2000) e expressa na Figura 3.4.

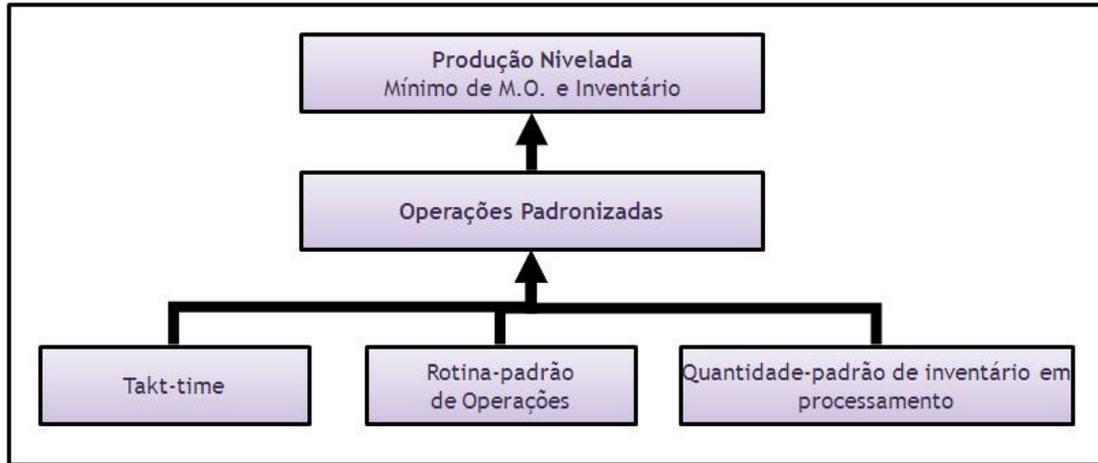


Figura 3.4 - Componentes da Operação Padronizada  
Fonte – Ghinato, 2000

### 3.1.6 Utilizar dados de controle da produção para sustentabilidade da produção nivelada

O *heijunka* é uma ferramenta de programação da produção, mas seu efetivo funcionamento depende de exaustivo controle. Os controles tanto devem existir ao nível de chão-de-fábrica (através dos acompanhamentos visuais da produção checando programado x realizado) quanto ao nível das atividades de planejamento e controle da produção.

Para as tomadas de decisões da produção o controle visual das técnicas japonesas, que expõe facilmente os dados de controle da produção, é bastante útil, mas possui a limitação de não fornecer informações agregadas em tempo real para níveis mais elevados de planejamento, como afirma Favareto et al. (2002). Os *andons* associados à verificação de ritmo e cumprimento do trabalho são aplicações que associadas ao nivelamento podem auxiliar nesse sentido.

Para saber se o processo ou a linha estão estáveis, em geral são criados dispositivos visuais para registro das metas de produção (baseadas no *takt*) e da produção realizada. Elas são comparadas em períodos determinados (hora a hora, meia em meia hora, dependendo da característica do sistema). Assim, como exemplifica Kamada (2007, p. 3), “os desvios entre o real e o planejado representam a falta de estabilidade do processo, significando a ocorrência de problemas”.

Gray e Wallace (2008) indicam atividades aos planejadores, corroborando com a necessidade de descentralização de atividades e novo papel do setor na programação enxuta e favorecimento do nivelamento:

- Desenvolver melhores estratégias para superar a demanda altamente variável;
- Nivelar continuamente a demanda para volume e *mix*;

- Monitorar os padrões das ordens dos clientes para validar os mecanismos diários de execução;
- Liderar atividades de melhoramento da produção para que sejam reduzidos os lotes e intervalos produtivos;

Os requisitos acima apresentados são, como para Gray e Wallace (2008), as áreas mais importantes de entendimento daqueles que executam o planejamento, para que a programação gerada esteja integrada ao ambiente da manufatura enxuta.

### **3.2 Modelos de quadro *Heijunka***

Após a descrição dos requisitos para o nivelamento, é necessário apresentar os modelos de quadro utilizados para este fim, que auxiliam na consolidação de um sistema enxuto nivelado.

Com base nos tipos de quadro encontrados na literatura, são exibidos 4 modelos principais, muitos com características comuns e formas de operacionalização semelhantes. Encontram-se também variações de um mesmo modelo.

#### **3.2.1 Modelo 1**

Um *Heijunka Box* típico tem filas horizontais para cada membro de uma família de produtos, e colunas verticais para intervalos idênticos de produção. Os *kanbans* são posicionados nos espaços criados, na proporção do número de itens que devem ser feitos. Dessa forma, nivela a demanda em pequenos intervalos de tempo, ao contrário da produção em massa que aloca muitas vezes todo um turno, um dia ou uma semana para um mesmo produto no chão-de-fábrica, e ainda nivela o *mix* assegurando que os diferentes produtos serão feitos em pequenas e estáveis proporções em pequenos lotes (JONES, 2006).

A Figura 3.5 ilustra a descrição do quadro acima, e é uma das formas mais tradicionais dos quadros de nivelamento, associados à produção controlada por *kanbans*.

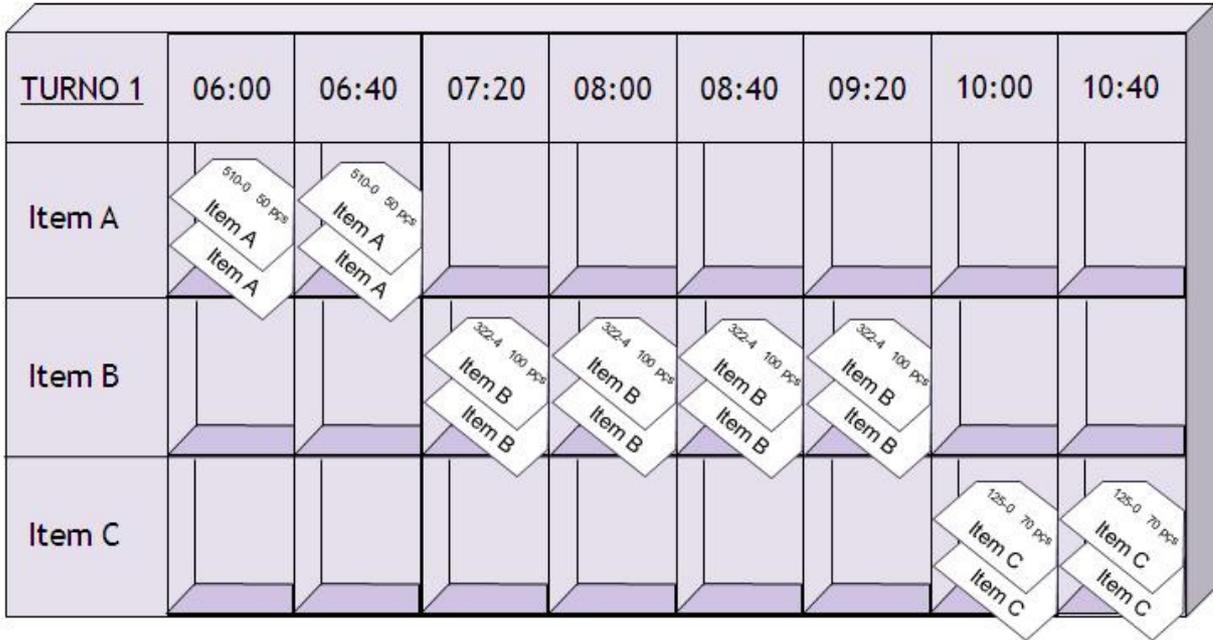


Figura 3.5 - Quadro típico de nivelamento da Produção  
 Fonte – Adaptado de Rother e Harris, 2003; Smalley, 2004; Jones, 2006

Esse mesmo tipo de quadro pode ser utilizado para mais de um recurso produtivo, ficando os recursos representados nas filas horizontais e a diferenciação de itens feita pelos próprios cartões dentro dos intervalos. Como exemplo, na Figura 3.6 tem-se o mesmo modelo de quadro adaptado a esta nova descrição.

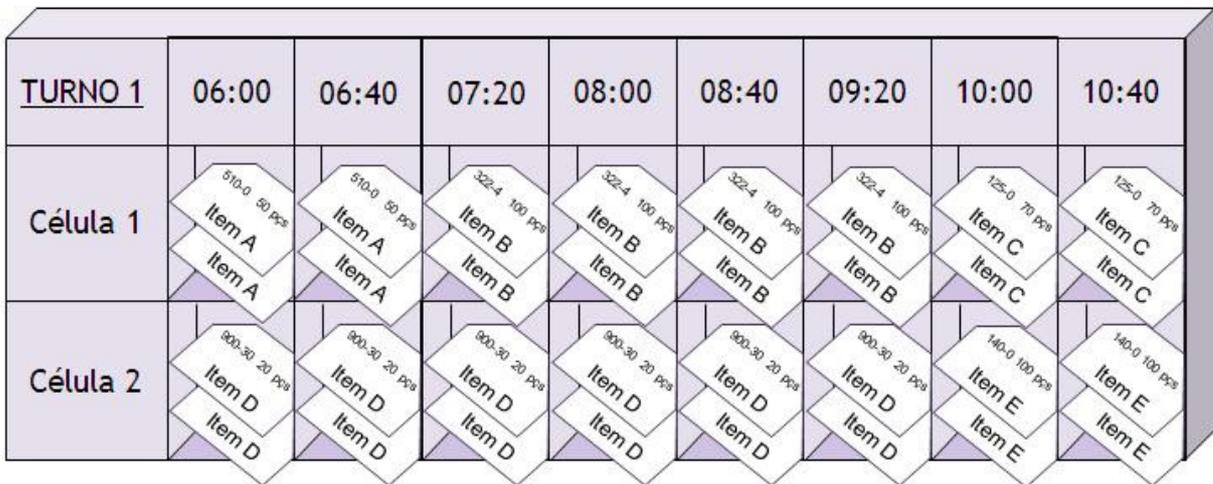


Figura 3.6 - Quadro de nivelamento para utilização por mais de um recurso produtivo  
 Fonte – Adaptado de Rother e Harris, 2003; Smalley, 2004

### 3.2.2 Modelo 2

Outro tipo de quadro encontrado no trabalho de Cummings (2007), de acordo com a Figura 3.7, sugere colunas representando os dias da semana. Não há divisão em linhas, o tamanho vertical das colunas é o espaço em horas disponível no dia. Há cartões com tamanhos padronizados e proporcionais às horas em relação ao tamanho das colunas. Esses cartões

são então colocados no quadro na seqüência de produção pretendida, no melhor *mix* para atender as entregas com a melhor alocação dos recursos. Assim, os cartões podem mudar de lugar, mas a semana deve ser concluída.

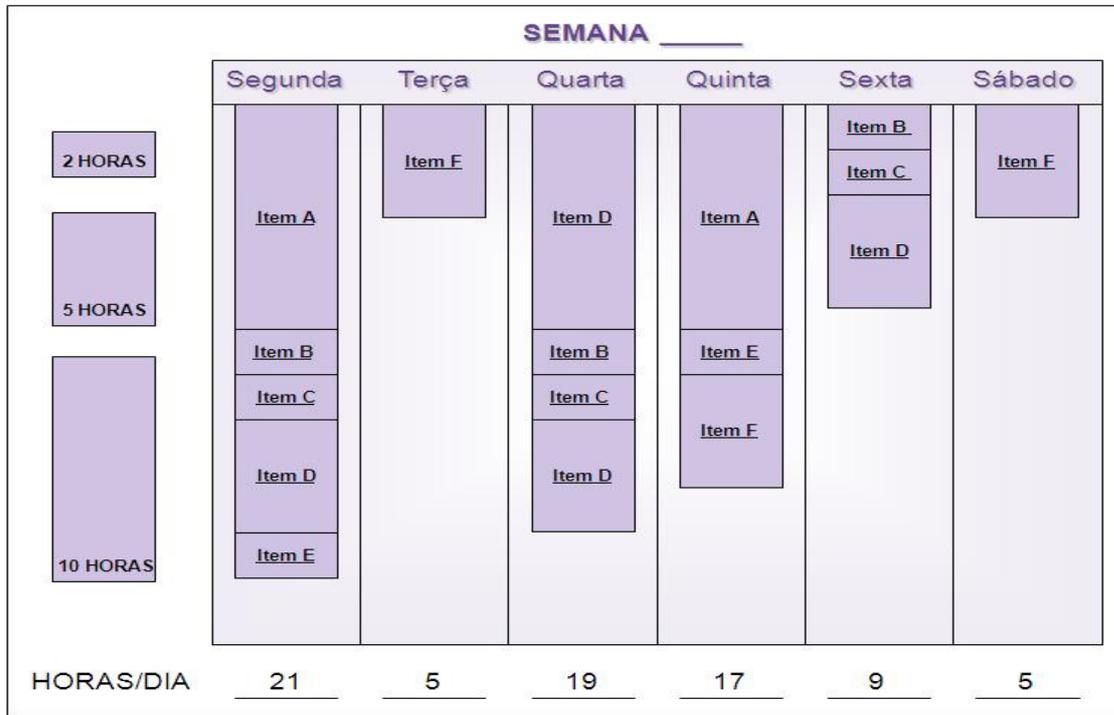


Figura 3.7 - Modelo de quadro de nivelamento  
Fonte - Adaptado de Cummings, 2007

O modelo de quadro anterior é bastante aplicável às operações de serviço ou modelos mais simples de produção, pela sua flexibilidade e facilidade de operação.

Exemplo semelhante, um pouco mais aprimorado, é dado por Greif (1991). O painel terá duas seções, cada uma representando o mesmo período de duas semanas (vide Figura 3.8). Sua operacionalização é um pouco mais elaborada. As ordens de produção (ou cartões *kanban*) são posicionadas na seção esquerda do painel, no dia programado para o início da produção daquele item. Quando a produção é disparada, o cartão é movido para a seção da direita, considerando o *lead time* de produção. Para um *lead time* de dois dias, por exemplo, para uma ordem posicionada e iniciada na quarta-feira, o cartão move-se para a sexta-feira do quadro da direita.

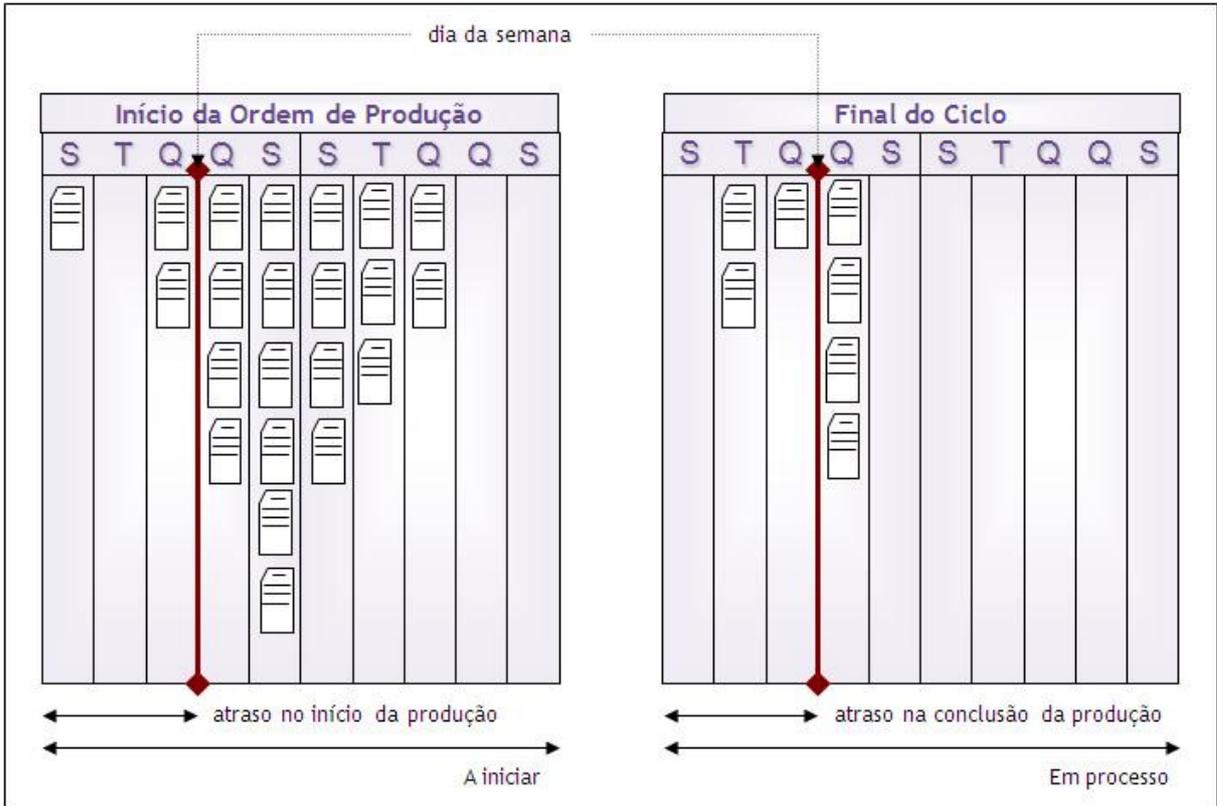


Figura 3.8 - Programação para ordens de produção  
 Fonte - Adaptado de Greif, 1991

Os cartões no quadro da esquerda da Figura 3.8 representam as ordens ainda não iniciadas: o trabalho programado para os dias seguintes. Os cartões anteriores à faixa do dia corrente indicam, portanto, um atraso no início da produção dessas ordens.

A mesma interpretação pode ser feita para o quadro da direita, para o qual os cartões representam a data em que deve ser concluída a produção. Como os cartões dos itens que já foram concluídos são retirados do quadro, os que estiverem antes da faixa do dia corrente representam um atraso na produção.

Essa última variação de modelo é bastante eficiente para controle de atrasos, mas não possui o detalhamento de tempo bastante característico dos modelos de quadros de nivelamento. Mas, é importante ressaltar sua aplicabilidade mais voltada a produtos ou serviços de longo *lead time* - por isso a pouca exigência em relação ao detalhamento anterior. Para ordens iniciadas e terminadas no mesmo dia este modelo torna-se sem sentido.

### 3.2.3 Modelo 3

O terceiro modelo de quadro é apresentado por Tardin e Lima (2000). O quadro é dividido em duas partes, a parte inferior chamada de Situação de Estoque e a parte superior

chamada de Ordem de Produção. A Situação de Estoque é dividida por produtos e deve ter espaço para se colocar a quantidade total de *kanbans* de produção de cada um deles - o máximo de peças que se tem de inventário (estoque) de cada produto. A Ordem de Produção deve ser grande o suficiente para acomodar o número de cartões que podem ser produzidos durante o turno ou um determinado período de tempo (no caso da Figura 3.9, em um dia).

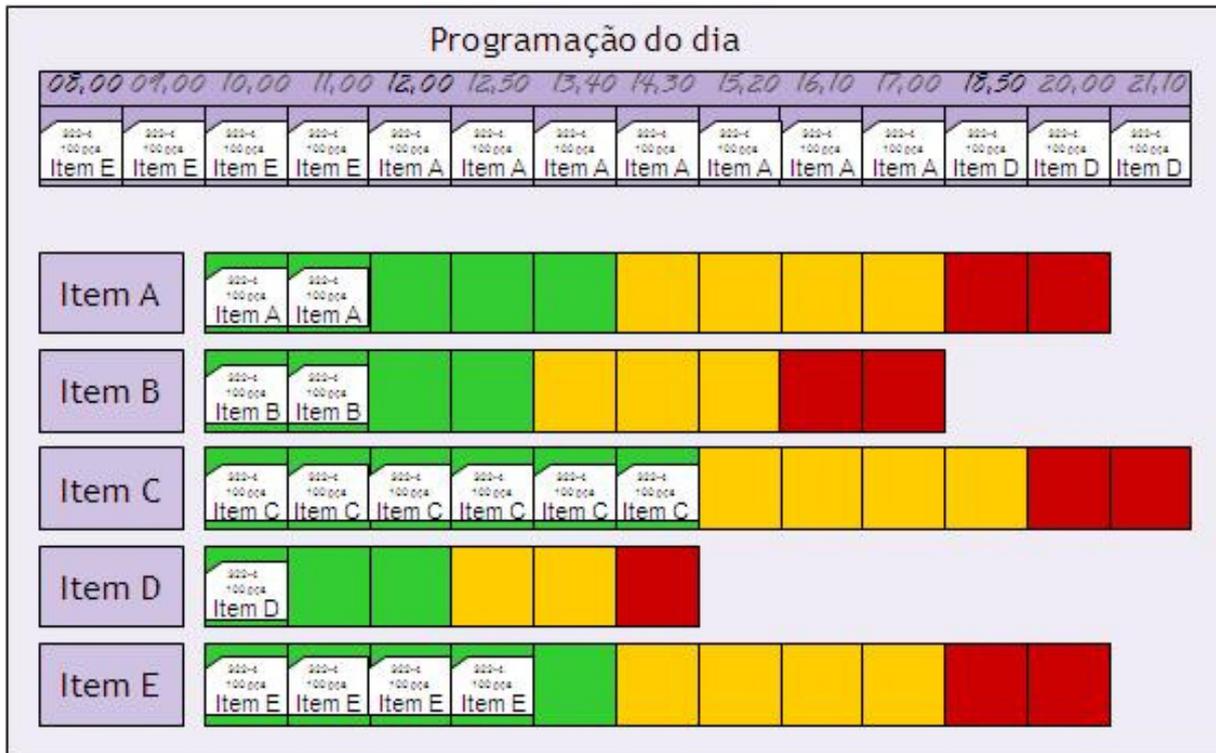


Figura 3.9 - Modelo de Quadro de nivelamento com Régua de Tempo e programação *kanban*  
 Fonte - Adaptado de Tardin e Lima, 2000

Os autores descrevem o funcionamento da seguinte maneira: toda vez que um produto for consumido pelo cliente, o *kanban*, que o acompanhava, entra no quadro na área do produto, dentro da Situação de Estoque. Cada uma destas áreas de produto é dividida em 3 faixas (verde, amarela e vermelha) que sugerem a situação em que estão os produtos. Quando os cartões voltam para o quadro eles são inseridos primeiramente sobre a faixa verde, depois sobre a amarela e finalmente sobre a vermelha. A Ordem de Produção é uma régua onde os operadores colocam os *kanbans* (retirados da Situação de Estoque) na seqüência de produção, podendo-se visualizar os horários em que eles deverão ser produzidos (mostrados na chamada Régua de Tempo).

No caso do modelo descrito, a régua do tempo é preenchida de forma flexível, os intervalos de tempo não são fixos, e quando os operadores colocam os cartões na seqüência de produção também anotam o horário em que eles devem ser produzidos. Nota-se que em

alguns casos os intervalos de produção são idênticos (itens A e E), mas outros itens podem ter intervalos de produção diferentes (item D, por exemplo).

Tardin (2001) lembra que nem sempre o ritmo de produção dos diferentes itens é igual, bem como há situações em que os tempos de troca no recurso para produção de diferentes itens é significativo.

Considerando para os mesmos itens do quadro representado acima que as taxas de produção dos itens B, C, D e E são respectivamente iguais a  $1,25 \times A$  (1 hora e 25 minutos),  $0,5 \times A$  (30 minutos),  $1,5 \times A$  (1 hora e 30 minutos) e  $1 \times A$  (1 hora), tal proporcionalidade é representada variando-se a largura dos cartões *kanban*. Igualmente são inseridos no quadro cartões de tamanho  $0,25 \times A$  que correspondem ao tempo de troca de 15 minutos de produção. O tamanho da Régua de Tempo permanece o mesmo, dado que os cartões já garantem a proporcionalidade de tempo.

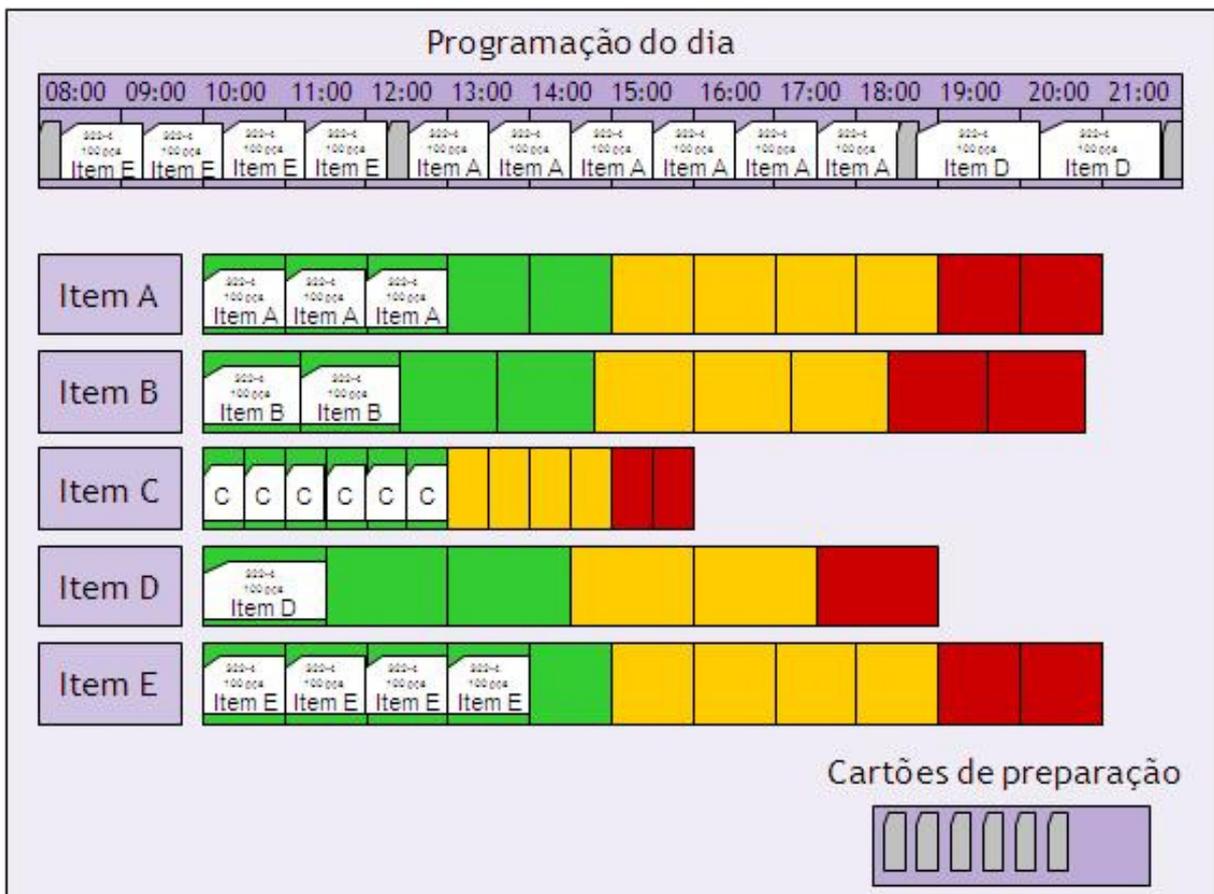


Figura 3.10 - Modelo de Quadro de nivelamento com Régua de Tempo e quadro de programação *kanban* para diferentes taxas de produção dos itens e inclusão do *setup*

Fonte - Adaptado de Tardin, 2001

A Figura 3.10 representa o aperfeiçoamento do modelo descrito. Para este exemplo há trocas entre os itens, também são feitas preparações ao início e final do dia. Além disso, os

intervalos de produção já estão fixos e não há a necessidade de anotar os horários de início da produção, já que os cartões já dão a medida de produtividade em função de seu tamanho.

### 3.2.4 Modelo 4

Um último modelo, baseado nos quadros descritos por Furmans (2005) e Lippolt e Furmans (2008), é mais simplificado e também está associado ao controle *kanban*.

Segundo Furmans (2005), o sistema trabalha da seguinte forma: os clientes consomem em intervalos regulares os produtos que são retirados dos supermercados. O mesmo número de cartões *kanban* (geralmente um por unidade de embalagem consumida) é colocado no quadro *heijunka*. O espaço reservado para os cartões no quadro é baseado na quantidade de produtos de um tipo que podem ser produzidos em um período de base. Se mais cartões que o comportado pelo espaço são levados ao quadro, os cartões de excesso são colocados em espaço sinalizado. Se nem todos os espaços da área reservada forem completados, os cartões da área de excesso são adicionados, referentes ao mesmo tipo de produto - assim que a demanda em um período for menor que a capacidade reservada. Os espaços vazios devem ser mantidos, para não se produzir produtos que não estarão sendo consumidos.

Produto	Capacidade reservada por produto	Cartões em excesso
Item A	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item A</div> </div>	
Item B	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item B</div> </div>	
Item C	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item C</div> </div>	
Item D	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item D</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item D</div> </div>
Item E	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item E</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item E</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">200-e 100.004 Item E</div> </div>	

Figura 3.11 - Quadro *Heijunka*  
Fonte - Lippolt e Furmans, 2008

Para este quadro entende-se uma demanda semelhante para os diferentes itens, e também semelhantes tempos de processamento. Supõe-se que a capacidade reservada para o somatório da produção de todos os itens seja de um dia ou mais.

### 3.3 Características do quadros de nivelamento

Reunindo-se as informações sobre os quadros de nivelamento na literatura, puderam-se agrupar as características diversas desses quadros, relacionando-as com os autores que os citaram, conforme sistematizado no Quadro 3.2. Muitas destas características estão evidenciadas nos modelos anteriormente descritos.

Característica	Autor/Ano
- Programação nivelada associada ao controle <i>kanban</i>	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008
- Divisão horizontal em intervalos <i>pitch</i> constantes (régua de tempo)	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Jones, 2006
- Visualização da programação de um dia ou turno	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008
- Visualização da programação de uma semana ou mais	Cummings, 2007 Greif, 1991
- Espaço para alocação de <i>kanbans</i> em excesso	Furmans, 2005 Lippolt e Furmans, 2008
- <i>Heijunka box</i> para o recurso produtivo (divisão de itens feita em linhas )	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008
- <i>Heijunka box</i> para o sistema de produção - linhas representam os recursos produtivos (divisão de itens feita pelos cartões <i>kanban</i> )	Smalley, 2004
- Quantidade fixa de itens/ período de produção	Tardin e Lima, 2000 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008
- Quantidade variável de itens/ período de produção	Greif, 1991 Tardin, 2001 Cummings, 2007
- Somatório das horas totais de produção no dia	Cummings, 2007
- Alocação do tempo de <i>setup</i> na programação	Tardin, 2001
- Permite que sejam executados simultaneamente programação e controle da produção	Greif, 1991 Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001

Quadro 3.2 – Características dos quadros *Heijunka*

Como se pôde perceber, as informações de programação que podem ser obtidas através dos quadros são simples, fáceis de interpretar e de grande utilidade para comunicação e orientação do chão-de-fábrica.

Concluída esta revisão, o próximo Capítulo contempla o modelo de Sistema de Nivelamento projetado.

## **4 SISTEMA DE NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO**

O presente capítulo contém a descrição do desenvolvimento da pesquisa-ação, que resultou em um sistema de nivelamento da produção.

O projeto de sistema foi iniciado em paralelo à atividade colaborativa dentro de uma empresa. Por isso, torna-se necessário descrever a realidade do ambiente onde foi desenvolvido. Assim, é detalhado o desenvolvimento da pesquisa-ação, caracterizando primeiramente a empresa e em seguida mostrando pessoal envolvido, as atividades realizadas e seu cronograma de execução.

Com base nos requisitos usuais encontrados na bibliografia para o nivelamento da produção nos sistemas de Produção Enxuta e nas características específicas de um sistema produtivo no qual foi realizada esta pesquisa-ação, apresenta-se então sistema nivelamento da produção desenvolvido.

### **4.1 Desenvolvimento da pesquisa-ação**

#### **4.1.1 Caracterização da Empresa**

A realidade produtiva de referência é uma organização de grande porte que faz parte de um grupo de sete empresas, cada qual constituindo uma diferente unidade de negócio.

Fornecedora de componentes para quase todas as montadoras de automóveis com sede no Brasil, seus produtos são expedidos na freqüência por elas determinada. Apenas dois de seus produtos são exportados, ainda em caráter esporádico.

Na sua carteira de clientes estão mais de cinco montadoras, mas para apenas uma delas é fornecedor exclusivo; além de uma de suas unidades de negócios para a qual fornece o produto em estágio intermediário de processamento. A carteira de produtos, por sua vez, possui mais de 150 itens diferentes. O dinamismo de colocação de novos itens e obsolescência de outros, acompanha o lançamento e retirada de linha dos modelos do mercado pelas montadoras.

A Figura 4.1 é o Mapa de Fluxo de Valor futuro resumido da empresa, constituindo um sistema produtivo com implantação de Produção Enxuta em algumas áreas.

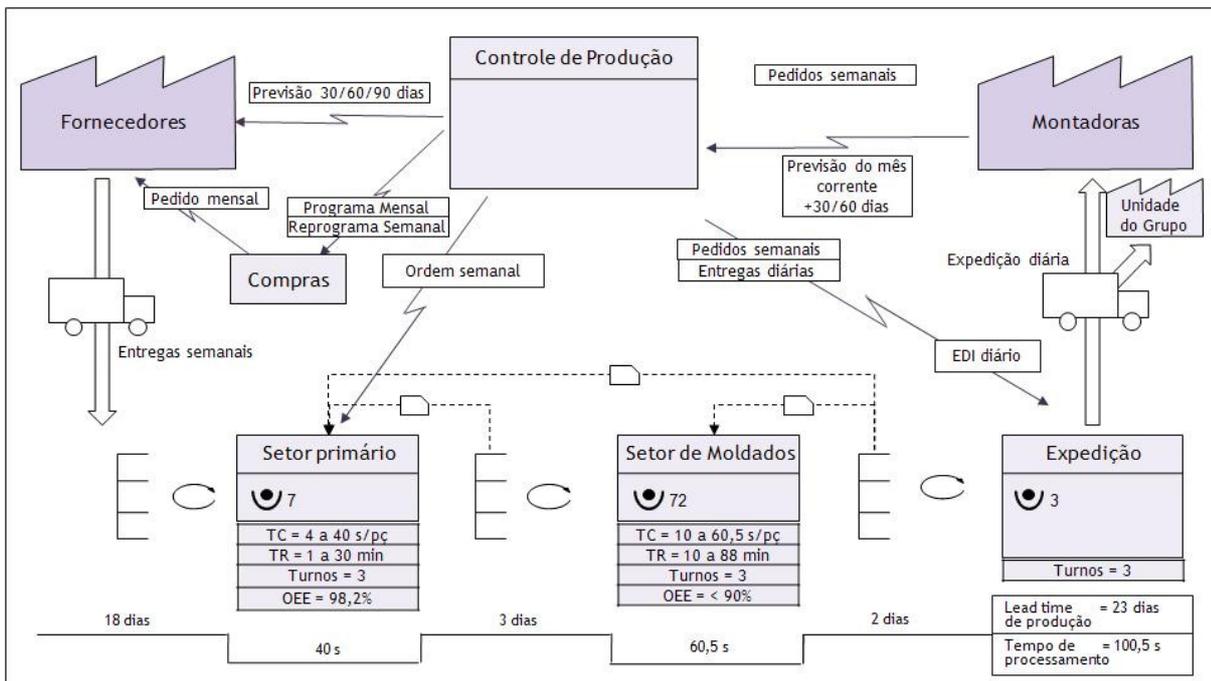


Figura 4.1 - Mapa de Fluxo de Valor da Empresa

As previsões de pedidos das montadoras recebidas pelo controle de produção disparam os cálculos de programação de capacidade e de compra de matéria-prima. Semanalmente, os pedidos consolidados servem de referência para o envio diário dos produtos e para as reprogramações de obtenção de matérias-primas. Os fornecedores também realizam entregas semanais constituindo o supermercado de matérias-primas e componentes. Cada um dos setores produz de acordo com o consumo dos seus supermercados, ditado diretamente pelos produtos expedidos. Alguns itens menos freqüentes são solicitados mediante ordens semanais de produção.

Na maioria dos centros produtivos de todos os setores as operações ocorrem em 3 turnos de produção de segunda a sábado.

É importante observar que o processo produtivo é caracterizado por:

- Produção em lotes ou bateladas (para linha de produtos relativamente estabilizada e variedade alta) múltiplos das quantidades determinadas pelo sistema *kanban*;
- Relativa utilização de estoques entre os estágios (supermercados), salvo para o processo do setor de Moldados, com células em fluxo contínuo;
- *Layout* funcional ou por processo;
- Processo feito para estoque - MTS (controlado com base na quantidade real ou antecipada do estoque de produtos acabados – também utilizado para demanda sazonal).

O recurso produtivo a ser nivelado com o sistema proposto está inserido no setor primário. Nesta fase, os produtos são menos numerosos que as opções finais, pois um mesmo item pode resultar em até 3 diferentes itens da carteira de produtos. Tal como em um processo feito por ordens - MTO, constitui um supermercado ao final da linha primária para customização dos itens no setor de moldados. Assim, o estoque final é controlado e todo o dimensionamento do sistema atende os requisitos de nivelamento enumerados.

Este recurso é programado tanto pelo sistema *kanban* (itens mais freqüentes e classificados como A), quanto por meio de Ordens de Produção, caracterizando assim o sistema híbrido de coordenação de ordens de produção – conforme Figura 4.2.

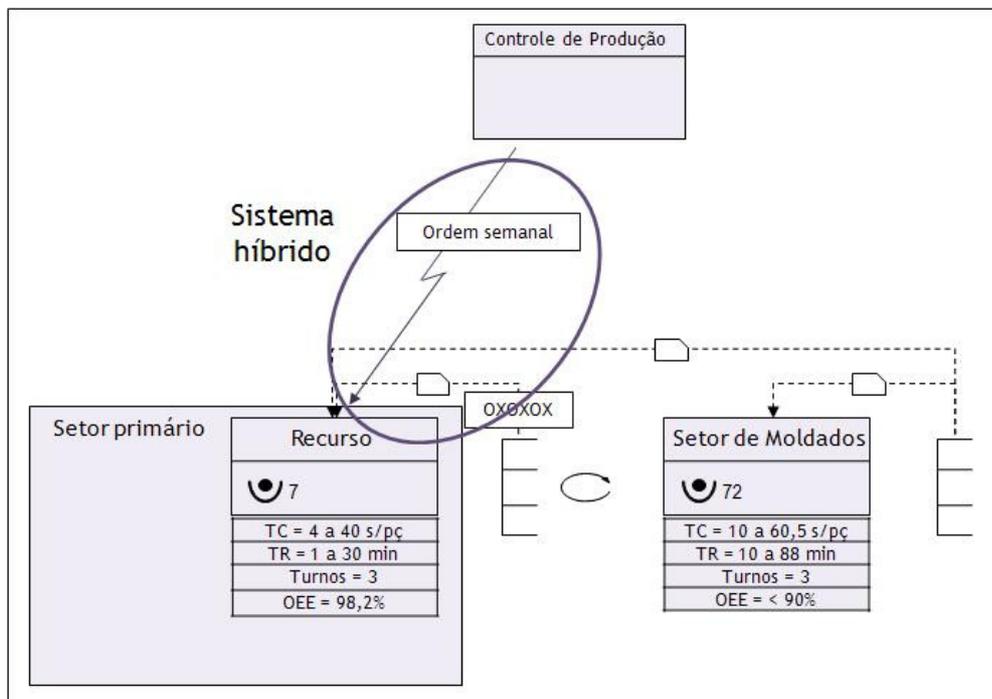


Figura 4.2 – Representação do recurso nivelado no sistema híbrido de coordenação de ordens de produção

#### 4.1.2 Pessoal envolvido, atividades realizadas e cronograma de execução

Na pesquisa-ação os pesquisadores e membros da organização estão envolvidos de forma cooperativa e colaborativa.

Para a realização do trabalho, a empresa estava em fase de implantação, com auxílio de consultoria externa, da filosofia de produção enxuta, restando apenas alguns ajustes ao sistema, entre os quais a necessidade de nivelamento do recurso produtivo escolhido. As principais ferramentas implantadas foram: sistemas de controle *kanban* em diversas áreas de produção, SMED em algumas máquinas com tempos altos de troca, implantação de células e fluxo contínuo e melhorias no sistema de compra de matérias-primas.

A estrutura organizacional utilizada no trabalho de consultoria foi de uma equipe com 4 pessoas externas e 4 pessoas internas, envolvidas diretamente com a implantação. A equipe interna contou com o patrocinador do projeto (representado pelo diretor industrial da unidade produtiva), um líder e membros da equipe de implantação *lean*. A equipe externa de consultoria foi composta pelo consultor sênior, por um consultor pleno e dois consultores júnior – incluindo esta pesquisadora. Os demais membros da empresa também foram envolvidos, pois sempre que necessário receberam treinamentos e/ou participaram dos projetos de forma colaborativa. Tal estrutura pode ser observada na Figura 4.3.

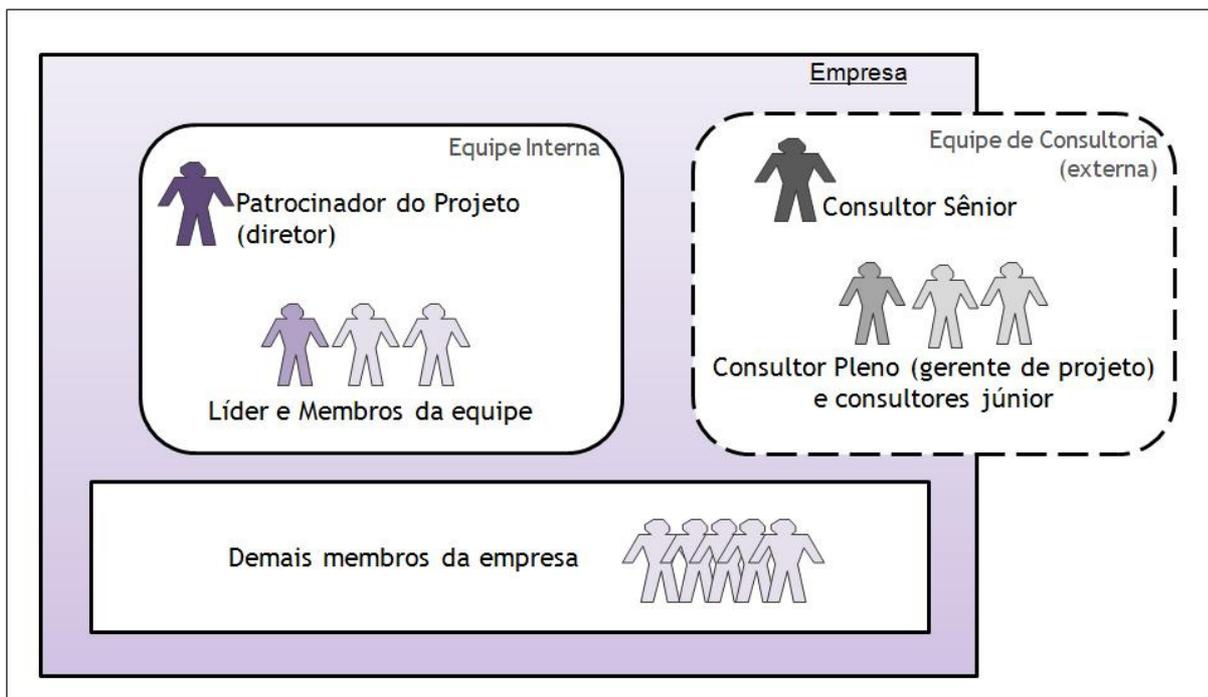


Figura 4.3 – Estrutura organizacional do processo de transformação enxuta  
Fonte – Documento da empresa de consultoria

Para o trabalho de nivelamento especificamente, os membros da empresa incluídos na equipe foram o programador do recurso e o supervisor do setor primário no qual está inserido. Tais membros foram designados para garantir confiabilidade de dados e um projeto coerente com as condições do setor abordado.

As atividades realizadas foram desenvolvidas durante 9 semanas, contando com a presença da equipe externa dois dias consecutivos por semana. Tais atividades estão contidas no escopo das fases D, E, F e G deste trabalho (Figura 1.2), que são: definição do problema específico, projeto do sistema, aplicação parcial e aperfeiçoamento do sistema, respectivamente. As fases e atividades envolvidas estão representadas no cronograma de execução dividido em semanas da Figura 4.4. Em seguida, cada uma dessas atividades é descrita.

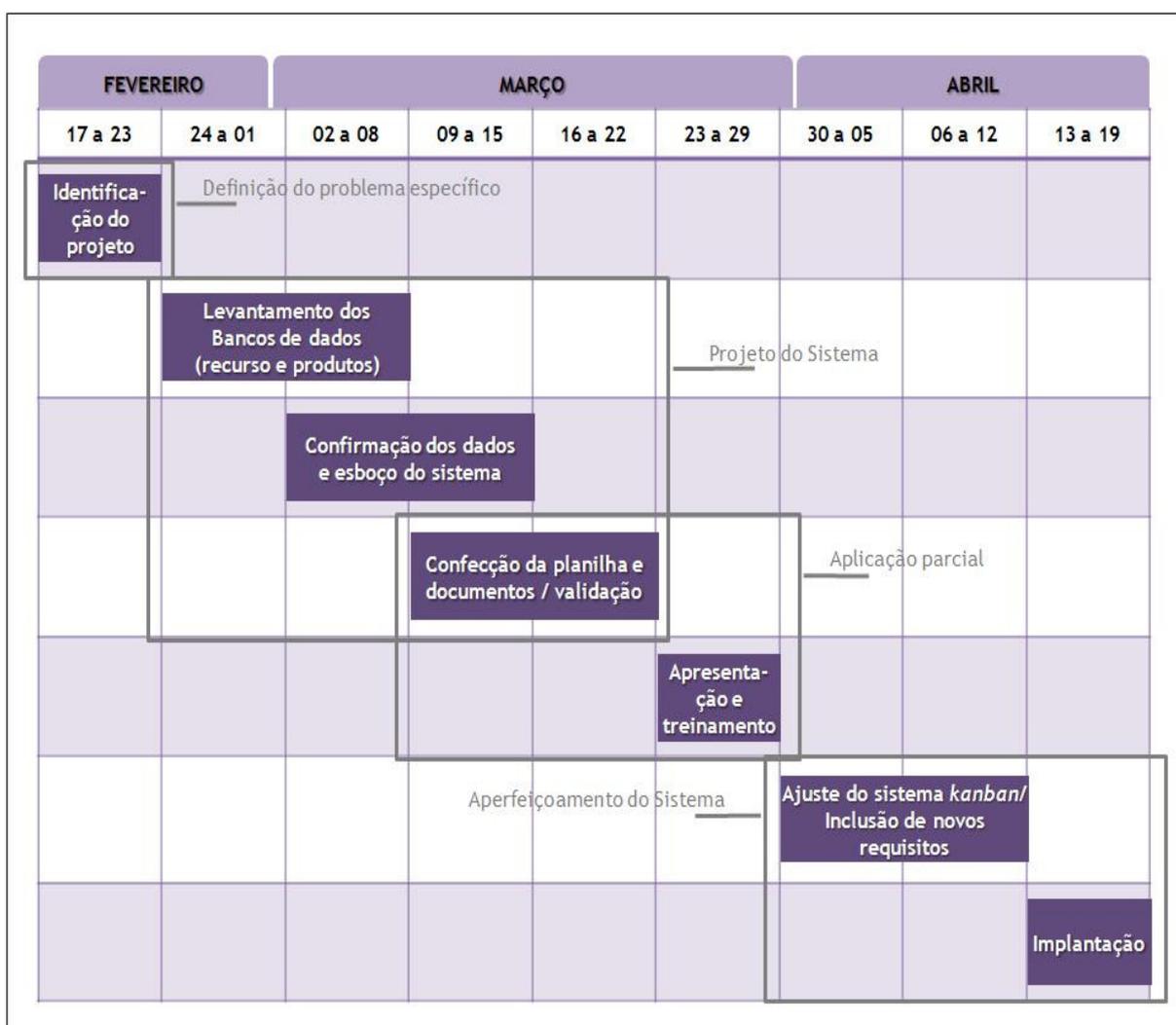


Figura 4.4 – Cronograma de execução de atividades

- Iniciando em meados de fevereiro, foi identificada a necessidade de nivelamento do recurso, e conseqüentemente disparado o projeto que constituiu a pesquisa-ação;
- Nas duas semanas seguintes foi feito o levantamento dos dados necessários para constituir os bancos de dados dos produtos e do recurso (tais dados estão detalhados na próxima seção na descrição do sistema de nivelamento resultante do projeto);
- Paralelamente, os dados foram sendo confirmados com a equipe interna e o sistema desenhado;
- A partir de então, a planilha de nivelamento foi confeccionada. Para validá-la foram utilizadas as informações de necessidades de produção resultantes do quadro *kanban* e das ordens de produção lançadas para a semana anterior, simulando seu funcionamento e testando sua forma de apresentação no chão-de-fábrica (na forma de quadro *heijunka*);
- O passo seguinte foi a apresentação do sistema projetado aos gestores e o treinamento para os usuários, coletando novos requisitos e oportunidades de melhoria;
- Por problemas de conformidade do sistema *kanban* e conseqüentes mudanças no banco de dados dos produtos, foi necessário fazer um ajuste no sistema, entendido como melhoria necessária. Neste ponto particular a responsabilidade foi do programador e supervisor do setor (interna). Ainda, os novos requisitos identificados com a tentativa de validação, foram incluídos no escopo do sistema;
- Por fim, foi tentada a implantação do sistema.

A tentativa de implantação foi uma ação que não desencadeou uma nova fase de pesquisa, já que, por problemas discutidos mais adiante, o sistema não foi de fato implantado. Entendeu-se que na semana para a qual estava programada continuou-se o aperfeiçoamento do sistema, já que as melhorias necessárias de responsabilidade interna da organização permaneceram incompletas. Estas mudanças que não foram efetuadas, inviabilizaram uma validação consistente do projeto.

Assim, no período aproximado de 2 meses de atividade conjunta entre pesquisador e membros da organização foi desenvolvido o sistema de nivelamento que é descrito a seguir.

## **4.2 O Sistema de Nivelamento**

Baseado na realidade exposta anteriormente e nos requisitos coletados para consolidação da pesquisa é colocada a estrutura do Sistema de Nivelamento da Produção proposto na Figura 4.5.

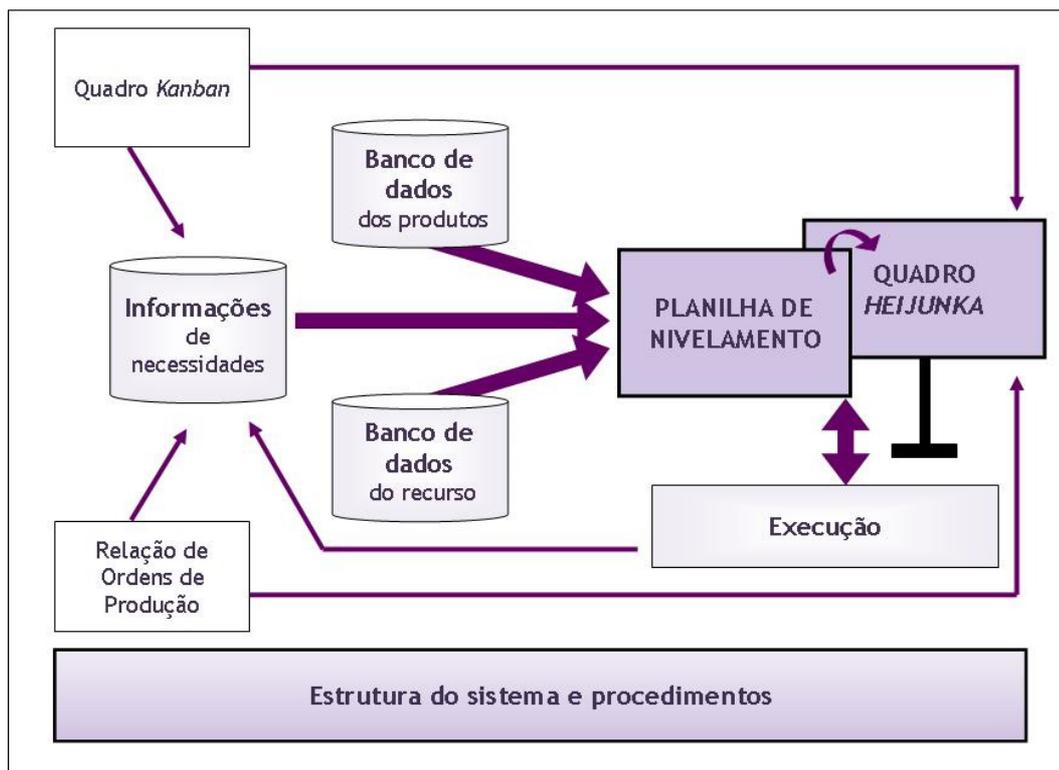


Figura 4.5 - Sistema de Nivelamento da Produção

As informações de necessidades de produtos para a produção têm base nas indicações dos quadros *Kanban* (para itens obedecendo a essa forma de programação e controle) e na relação de ordens de produção (OPs) programadas. Agrupando-se essas informações aos dados dos produtos e do recurso, elabora-se a planilha de nivelamento, contendo a programação do período desejado. As informações da planilha são expostas em quadro *heijunka*, para que seja executada e cumprida a programação. O quadro *heijunka* também será alimentado pelos cartões do quadro *kanban* e pelas OPs impressas. A execução permitirá uma retro-alimentação da programação, podendo-se ainda ter um novo cenário de necessidades, sendo oportuno alterar essas informações e redimensionar o sistema. Para correto funcionamento do sistema devem ser cuidadosamente desenhados sua estrutura e procedimentos, representando sua base.

Assim, pode-se verificar que o sistema é dividido em 3 principais áreas: entrada dos dados, processamento e disponibilização da programação, e execução e controle do sistema. A abrangência de cada uma das áreas, representadas por 1, 2 e 3, respectivamente, em relação aos elementos contidos na estrutura está ilustrada na Figura 4.6.

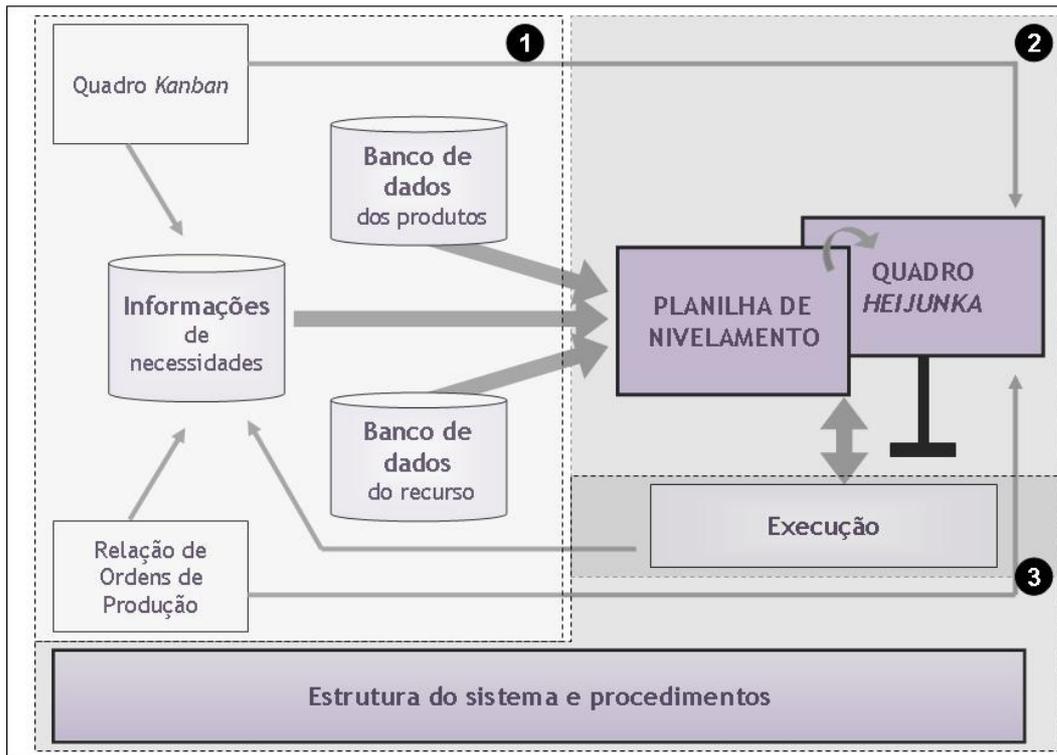


Figura 4.6 - Áreas do Sistema de Nivelamento da Produção

A descrição de cada uma das áreas e seus elementos é feita a seguir.

#### 4.2.1 Entrada de dados

Os dados são o requisito primeiro de qualquer sistema, devendo ser cuidadosamente coletados. A seguir são apresentadas as classes de dados utilizadas no sistema.

##### Informações de necessidades

As informações das necessidades de produção constituem a combinação dos pedidos firmes (consolidados) dos clientes e das necessidades sinalizadas no quadro de programação *kanban*. Como o sistema produtivo estudado permite duas formas de controle, são utilizadas as relações de ordens de produção e cartões *kanban* para determinação dos produtos e quantidades a programar.

Assim, são totalizadas as quantidades necessárias por produto no mês, analisando também as janelas de entrega, para que a programação seja feita da forma mais nivelada possível.

O próprio dimensionamento do sistema *kanban* é feito com base nos dados anteriormente consolidados das necessidades (histórico de vendas), mas é continuamente revisado com

os pedidos em carteira, para evitar programações a menor ou a maior em função das mudanças constantes de demanda.

#### Banco de dados do produto

Os dados de referência para os produtos a serem programados no recurso são:

- O código do item e sua descrição;
- O tempo de ciclo;
- A taxa horária de produção (peças/hora) e;
- A forma de controle utilizada para programação (*kanban* ou ordem de produção).

As informações relativas ao produto foram agrupadas em uma lista padrão (Figura 4.7). No total são 46 itens, entre eles 7 controlados por *kanban* e os demais programados por meio de ordens de produção (sistema híbrido).

#### **Lista de Itens (manter atualizada)**

<b>Cód Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>TC por peça (s)</b>	<b>tempo (peças/hora)</b>	<b>Kanban (K)/ Ordem (O)</b>
60.26.001 1-4	Blank Tok Cinza Preto	23,8	151,0	O
60.26.0028-9	Blank Tok Cinza Preto	25,2	143,0	O
72.10.0001-0	Blank Massa Pesada	34,3	105,0	K
72.10.0012-8	Blank Massa Pesada	42,0	85,7	K
72.26.0055-0	Blank Tok Cz Preto	4,4	813,0	O
72.26.0118-1	Blank Tok Cz Preto	8,3	433,0	O
72.26.0125-4	Blank Tok Cinza Preto	21,2	170,0	O
72.26.0153-0	Blank Tok Cza Preto	20,0	180,0	O
72.26.0218-5	Blank Tok Cz Preto	10,7	336,0	O
72.26.0219-6	Blank Tok Preto	47,0	76,6	O
72.26.0220-7	Blank Tok Preto 555N	14,4	250,0	O
72.26.0229-5	Blank Tok Mescla	33,0	109,1	K
72.26.0232-8	Blank Tok Preto 025L	25,7	140,0	O
72.26.0249-8	Blank Tok Cz Preto	20,0	180,0	K
72.26.0253-1	Blank Tok Charcoal	14,0	257,1	O
72.26.0254-2	Blank Tok Dolphin Grey	9,0	400,0	O

Figura 4.7 – Lista de cadastro dos produtos

A escolha de apenas 7 itens utilizando o controle *Kanban* é um atendimento ao requisito de nivelar preferencialmente os itens mais freqüentes e de maior volume. Analizando-se a demanda diária e as janelas de entrega determinadas pelos consumidores, foi possível determinar os itens que entrariam nesta lista, implantar o controle *kanban* para eles, e disponibilizá-los para programação conjunta e nivelada com os demais itens produzidos no recurso.

### Banco de dados do recurso

Como pode ser percebido, a realidade para a qual o sistema foi desenhado conta com um alto *mix* de produtos, e com taxas produtivas bastante variadas. Nesta realidade, o recurso para o qual se pretende o nivelamento é “gargalo” do sistema. Usualmente, são programados no máximo 5 itens por dia.

Os dados referentes ao recurso permitem o desenho da planilha. Constituem as informações de:

- Nome do recurso (máquina);
- Período de programação;
- Horas disponíveis para produção;
- Tempos de preparação (*setup*) e;
- Tempo para manutenção programada;

O nome do recurso é evidenciado no cabeçalho da planilha, conforme Figura 4.8.

Os dias da semana possíveis de programar (período de programação) são os 7 dias da semana (Figura 4.8), já que uma parte da produção utiliza horas-extras em dias de domingo, pelo problema de capacidade do recurso.

**PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO**

**Recurso X**

	Setup	Item 1	Setup	Item 2	Setup	Item 3
	Item	Item	Item	Item	Item	Item
Segunda	Setup	72.26.0249-8		72.26.0229-5		72.26.0253-1
Terça						
Quarta						
Quinta						
Sexta						
Sábado						
Domingo						

Figura 4.8 – Dias da semana para programação

Como a variedade de itens é grande para o recurso em questão, e as taxas produtivas também são bastante variáveis, a medida do *takt time* é variável em função da demanda de forma dinâmica, sendo muito difícil determinar este dado com precisão constante. Do mesmo modo, é difícil precisar um tamanho de intervalo *pitch* em função do *takt time* que atenda a todos os produtos.

Por uma questão de adequação ao modo de programação da empresa, para permitir uma melhor alocação de capacidade e favorecer a leitura do quadro, foi adotado o intervalo *pitch* fixo em 30 minutos. No caso do sistema em estudo, este tempo foi a melhor medida encontrada para fazer a programação nivelada, de acordo com os parâmetros considerados pela equipe responsável pelo projeto, permitindo um desenho eficaz da planilha de nivelamento.

As horas diárias disponíveis para produção foram colocadas na forma de régua do tempo, evidenciando as horas cheias, divididas no intervalo *pitch* determinado em 30 minutos (Figura 4.9). Como o recurso produtivo é “gargalo” para o sistema, estão disponíveis as 24 horas do dia. A régua representa das 00:00h (zero hora) até as 23:59h (vinte e três horas e cinquenta e nove minutos) de um dia.

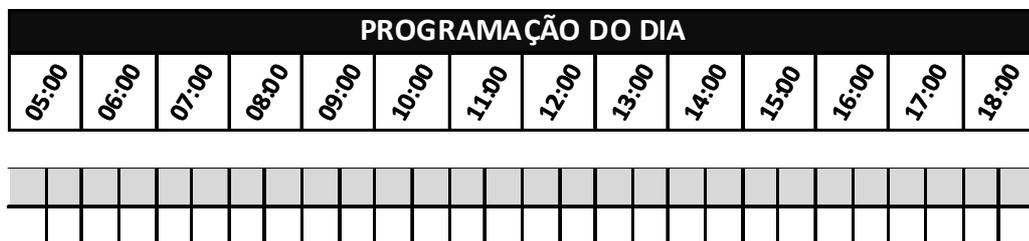


Figura 4.9 – Representação da régua do tempo com intervalos de produção

As pequenas sobras de capacidade decorrentes dos arredondamentos do tempo utilizado pelo lote foram entendidas como forma de compensação de possíveis atrasos nos tempos de troca, também fixados em 30 minutos.

Os tempos de troca entre os itens são basicamente constantes. Entre alguns itens não haverá necessidade de alocar esse tempo de troca, porque quando os itens partem de uma mesma matéria-prima os ajustes necessários incorrem em um tempo insignificante. Apesar de já ter sido realizado um trabalho de redução de *setup* no recurso, o mínimo tempo de troca quando há necessidade de mudança de matéria-prima registrado foi de 23 minutos. A média de tempo registrada de 28 minutos, com baixo desvio-padrão. E o maior tempo documentado foi de 38 minutos. Por isso, o tempo de 30 minutos foi considerado adequado, inclusive por ser compatível com o tamanho do intervalo *pitch* já desenhado na planilha.

O dado do tempo de *setup* foi incluído no mesmo formato da lista de produtos (Figura 4.10).

**Lista de Itens (manter atualizada)**

<b>Cód Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>TC por peça (s)</b>	<b>tempo (peças/hora)</b>	<b>Kanban (K)/ Ordem (O)</b>
Setup	Troca de base	-	0,5	S

Figura 4.10 – Tempo de troca

Ainda, nessa mesma lista de produtos foi incluída a possibilidade de programar manutenção (Figura 4.11), como parte do programa de Manutenção Produtiva Total (TPM) do sistema. O tempo mínimo para programar essa manutenção é, então, de 30 minutos (0,5 hora), podendo variar em múltiplos desse intervalo.

**Lista de Itens (manter atualizada)**

<b>Cód Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>TC por peça (s)</b>	<b>tempo (peças/hora)</b>	<b>Kanban (K)/ Ordem (O)</b>
Manutenção	Atividade de Manutenção	3600,0	1,0	M

Figura 4.11 – Informação para manutenção

De posse dos dados de entrada, é possível então operacionalizar a planilha desenvolvida para que constitua o quadro de nivelamento *Heijunka* fornecendo as informações de programação para a produção.

#### 4.2.2 Processamento e disponibilização da programação

O processamento do nivelamento é feito por meio de uma planilha e sua disponibilização resulta em um quadro *heijunka*.

Foi possível perceber que para o banco de dados do recurso, a planilha é desenhada para uma aplicação específica, na qual toda a semana é programada e em intervalos *pitch* de meia hora. Tal configuração pode ser alterada em função dos requisitos do recurso nivelado.

#### Planilha de Nivelamento

A planilha tem uma operacionalização bastante simples, de acordo com os passos (a) a (h) descritos, para um preenchimento padrão de programação com início na segunda-feira.

a) No primeiro dia da semana, se for necessário iniciar a produção com um *setup*, seleciona-se *setup*, caso não seja necessária a troca, coloca-se a opção em branco (Figura 4.12).

	Setup	Item 1	Setup	Item 2
	Item	Item	Item	Item
Segunda	Setup			
Terça				

Figura 4.12 - Seleção da opção de *setup*

b) Abre-se a primeira das 5 abas para cada um dos itens que se pode programar, numerados de 1 a 5 (Figura 4.13);

A	B	E	L	O	V
<b>PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO</b>					
	Setup	Item 1	Setup	Item 2	Setup
	Item	Item	Item	Item	Item
Segunda					
Terça					

Figura 4.13 - Abertura da aba para preenchimento do item

c) No item 1, na primeira célula, escolhe-se o produto a programar pela lista fixa de produtos, mostrando os mesmos itens disponíveis na lista de produtos (Figura 4.14 - a). Por meio de uma busca simples, as informações de taxa de produção e forma de controle (kanban - K -, ou ordem - O) são automaticamente completadas nos campos indicados em cinza (Figura 4.14 - b);

(a)

	A	B	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO</b>								
2									
3									
4		<b>Setup</b>	<b>Item 1</b>					<b>Setup</b>	
5		<b>Item</b>	<b>Item</b>	<b>Nº da OP</b>	<b>peças/h</b>	<b>peças program.</b>	<b>Kanban/Ordem</b>	<b>Horas/Lote</b>	<b>Item</b>
6									
7									
8	Segunda							0	
11									
12									
13	Terça							0	
16									
17									
18	Quarta							0	

(b)

	A	B	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO</b>								
2									
3									
4		<b>Setup</b>	<b>Item 1</b>					<b>Setup</b>	
5		<b>Item</b>	<b>Item</b>	<b>Nº da OP</b>	<b>peças/h</b>	<b>peças program.</b>	<b>Kanban/Ordem</b>	<b>Horas/Lote</b>	<b>Item</b>
6									
7									
8	Segunda		72.26.0249-8		180,0		K	0	
11									
12									
13	Terça							0	
16									
17									

Figura 4.14 - Seleção do produto e informações associadas

d) Os campos indicados em branco devem ser completados manualmente com as informações da quantidade a produzir do produto e, caso necessário, com o número da ordem de produção correspondente (Figura 4.15). Por cálculo simples, o tempo correspondente à quantidade a produzir indicado, também é mostrado.

	A	B	E	F	G	H	I	J	K	
1	<b>PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO</b>									
2										
3										
4		Setup	Item 1					Setup		
5		Item	Item	Nº da OP	peças/h	peças program.	Kanban/Ordem	Horas/Lote	Item	
6										
7										
8	Segunda		72.26.0249-8		180,0	1.000	K	6		
11										
12										
13	Terça							0		
16										

Figura 4.15 – Horas totais do lote

e) Esse mesmo tempo é mostrado no campo de somatório total das horas já programadas do recurso naquele dia (Figura 4.16 – como apenas um item foi preenchido, esse tempo total é igual ao tempo alocado para o produto programado no item 1). Ainda, essa alocação de tempo é evidenciada abaixo da régua do tempo, pelo preenchimento dos intervalos na cor do item selecionado. Abaixo desse preenchimento, nos mesmos intervalos correspondentes, também é indicada a forma de controle do item (K ou O) conforme mostrado na Figura 4.16.

	<b>PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO</b>												
1													
2													
3													
4		Setup	Horas Totais/dia										
5		Item	Totais/dia	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00
6													
7													
8	Segunda		6										
11				K	K	K	K	K	K	K			
12													
13	Terça		0										
16													

Figura 4.16 – Horas totais do dia e preenchimento dos intervalos com as horas e forma de controle

f) O tempo total sempre deve ser verificado para saber se é possível ou não programar um novo item, um tempo de troca ou até mesmo a manutenção. Como o tempo total máximo é de 24 horas, entre 0 e 22,5 horas programadas, os caracteres estarão grafados em verde (simbolizando que é possível fazer acréscimo). Entre 23 e 23,5 horas os caracteres estarão grafados em laranja (simbolizando pequena possibilidade de acréscimo). Quando completadas as 24 horas, o valor é duplamente sublinhado, significando que as horas totais foram completadas. Para um somatório acima de 24 horas, o valor é grafado em vermelho e a célula colorida em vermelho claro, indicando que a capacidade do recurso foi excedida. Essas diferentes condições são mostradas na Figura 4.17.

Horas Totais/dia	Horas Totais/dia	Horas Totais/dia	Horas Totais/dia
20	23,5	<u>24</u>	24,5

Figura 4.17 – Diferentes condições para o somatório de tempo

g) Se ao final da produção do item programado for necessário alocar o tempo de troca, deve-se fazê-lo conforme descrito em (a). Assim, para o item seguinte, repetem-se os passos de (a) a (f) (no máximo mais quatro vezes), até que seja preenchida a capacidade do recurso, obedecendo às condições colocadas em (f).

h) Ao final do preenchimento de um dia, passa-se ao dia seguinte, novamente seguindo-se os passos de (a) a (g).

Sempre que necessário e quando for possível incluir na programação, as manutenções programadas podem ser colocadas da seguinte forma:

- Na aba do item, ao buscar o código do produto, deve-se selecionar “Manutenção” (Figura 4.18).

	N	O	P	Q	R	S	T
<b>Op</b>	Item 2						<b>Setup</b>
<b>n</b>	<b>Item</b>	<b>Nº da OP</b>	<b>peças/h</b>	<b>peças program.</b>	<b>Kanban/Ordem</b>	<b>Horas/Lote</b>	<b>Item</b>
						0	
						0	
						0	

Figura 4.18 – Programação da manutenção

- Deve-se indicar no campo de peças programadas diretamente a quantidade de horas programadas para a manutenção, podendo-se utilizar o campo de número da OP para expressar a ordem de serviço (OS) ou ordem de manutenção (OM) (Figura 4.19).

	N	O	P	Q	R	S	T
<b>Op</b>	Item 2						<b>Setup</b>
<b>m</b>	<b>Item</b>	<b>Nº da OP</b>	<b>peças/h</b>	<b>peças program.</b>	<b>Kanban/Ordem</b>	<b>Horas/Lote</b>	<b>Item</b>
	Manutenção	2040-5	1,0	3	M	3	
						0	
						0	

Figura 4.19 – Preenchimento das horas programadas e número da ordem

- O tempo programado para manutenção será igualmente incluído no total de horas. Representando o tempo alocado na régua de tempo os intervalos serão preenchidos em cinza escuro, mostrando abaixo também a letra “M” (Figura 4.20).

PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO													
1													
2													
3													
4	Setup	Horas	PROG										
5	Item	Totais/dia	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00
6													
7													
8	Segunda	9											
11			K	K	K	K	K	K	K	K	K	M	M
12													
13	Terça	0											
16													

Figura 4.20 – Alocação da manutenção na programação

Concluído o preenchimento da planilha, é possível visualizar toda a programação da semana mostrando-se o detalhamento pela abertura das abas para cada um dos itens, ou não.

A apresentação final da planilha constitui o quadro de nivelamento da produção.

### Quadro Heijunka

O quadro de nivelamento constituirá a exibição das informações de programação relativas a:

- Distribuição de produtos;
- Quantidades programadas;
- Capacidade alocada do recurso, e;
- Forma de controle dos itens programados.

No sistema proposto, a planilha de nivelamento deve ser impressa no tamanho do quadro físico disponível para exibi-la. No ambiente para o qual foi desenhada, a planilha é impressa no tamanho de 1,50m x 0,75m e fixada no quadro.

O quadro de nivelamento deverá ter também um espaço para colocação das Ordens de Produção impressas e dos cartões *kanban* relativos aos produtos programados na planilha.

A apresentação final do quadro é ilustrada na Figura 4.21.



A Figura 4.21 representa um quadro de nivelamento preenchido para evidenciação das diversas variáveis citadas na operacionalização da planilha de forma simultânea. Os valores e dados utilizados servem apenas para ilustrar sua apresentação final e configurações possíveis, não representando, portanto, uma situação real. Algumas observações podem ser feitas:

- Verifica-se que na segunda-feira o dia inicia com um *setup* e vão sendo acrescentados os itens programados. Após o Item 3 é necessário um *setup* maior que o intervalo de 30 minutos, utilizando-se assim duas vezes o tempo de troca para poder iniciar o item seguinte (o Item 4 fica sem valor, e o próximo passa a ser o Item 5);
- Na terça-feira existe a necessidade de diminuição de um ou mais dos lotes de itens programados – a capacidade foi excedida;
- A quarta-feira possui sobra de capacidade, podendo-se acrescentar produção;
- Na quinta-feira foi programada uma manutenção de 6 horas, seguida da produção normal, com possibilidade de pequeno acréscimo de produção;
- A sexta-feira é a representação de um dia comum de produção para cinco diferentes itens, um controlado por *kanban* e os demais por ordem.

Para a obtenção e manutenção das informações do quadro e do sistema de nivelamento é necessário detalhar a fase de execução e controle deste sistema.

#### 4.2.3 Execução e controle do sistema

A execução do sistema constitui a atividade mais crítica para seu funcionamento. Representa o desenrolar das atividades cotidianas necessárias para operacionalização da planilha de nivelamento (incluindo a busca e o entendimento de todas as informações necessárias para utilizá-la), utilização do quadro *heijunka* e atualização de suas informações e realização da produção segundo programação nivelada. Assim, a execução também é uma atividade do processamento e disponibilização da programação.

Para isso, o papel principal é das pessoas que utilizam e operam o sistema. Suas atividades devem ser cuidadosamente determinadas, evidenciando-se também o papel de cada uma para funcionamento do nivelamento da produção. Os responsáveis pelo sistema e suas atividades, seguindo a ordem de execução, são descritos a seguir.

a) Programadores de produção: constante atualização dos dados de entrada para o sistema, alimentação da planilha de nivelamento e disponibilização do quadro *heijunka* para a produção. Checar constantemente o atendimento à programação e aos pedidos dinâmicos

dos clientes para realizar os ajustes necessários. O estudo sistemático da demanda será uma de suas principais atividades;

b) Líder de produção ou abastecedor de linha: verificar na programação baseada nas ordens e na sinalização do quadro *kanban*, as ordens de produção indicadas, e os cartões *kanban* necessários, disponibilizando-os no quadro de nivelamento para os operadores do recurso. Checar constantemente o atendimento à programação, indicando oportunidades de melhoria aos programadores;

c) Operadores da máquina (recurso nivelado): verificação e entendimento do quadro *heijunka* e realização da produção segundo suas indicações, inclusive atentando para ritmo e produtividade corretos. Também devem checar, as informações dos cartões *kanban* e das ordens de produção para evitar incompatibilidade de informações. Continuamente verificar o cumprimento às taxas de produção e tempos de troca indicados – sinalizando necessidades de atualização das informações produtivas. Checar constantemente o atendimento à programação, indicando oportunidades de melhoria aos programadores;

d) Gestores da organização (gerentes e supervisores relacionados): assegurar o treinamento e verificar o atendimento aos padrões de execução destas operações para sustentabilidade do sistema.

Para que essa execução seja feita corretamente, permitindo que o sistema atinja seus objetivos, é necessário o desenho de sua estrutura e a formalização de procedimentos. No primeiro caso, a estrutura do sistema é a evidência das relações entre as atividades e a determinação dos responsáveis por cada uma delas. A Figura 4.5 é um exemplo macro de estrutura, devendo ser mais bem detalhada para constituir um documento do sistema.

Já as responsabilidades operacionais dos executores do sistema, deverão estar detalhadamente explicadas nos procedimentos operacionais de cada uma das atividades. O atendimento a esses procedimentos deve ser constantemente checado e, sempre que necessário, devem ser atualizadas as modificações cabíveis.

#### 4.2.4 Aperfeiçoamento do sistema

Após a implantação parcial do sistema para validação, foram identificados alguns aspectos que poderiam ser melhorados. Em primeiro lugar foram considerados os novos requisitos para a planilha de nivelamento (a e b). Depois foram feitas mudanças na rotina de execução e controle do sistema (c). Tais melhorias estão descritas a seguir:

a) Incluir a quantidade de cartões *kanban* correspondente ao volume programado de produção. Este dado é resultante da divisão da quantidade de itens programados pela quantidade de itens por cartão *kanban*.

Assim, a informação da quantidade de itens por cartão *kanban* foi adicionada no banco de dados dos produtos, na lista de itens (Figura 4.22).

#### Lista de Itens (manter atualizada)

Cód Item	Descrição	TC por peça (s)	tempo (peças/hora)	Kanban (K)/ Ordem (O)	Peças/cartão
60.26.0011-4	Blank Tok Cinza Preto	23,8	151,0	O	-
60.26.0028-9	Blank Tok Cinza Preto	25,2	143,0	O	-
72.10.0001-0	Blank Massa Pesada	34,3	105,0	K	350
72.10.0012-8	Blank Massa Pesada	42,0	85,7	K	350
72.26.0055-0	Blank Tok Cz Preto	4,4	813,0	O	-
72.26.0118-1	Blank Tok Cz Preto	8,3	433,0	O	-
72.26.0125-4	Blank Tok Cinza Preto	21,2	170,0	O	-
72.26.0153-0	Blank Tok Cza Preto	20,0	180,0	O	-
72.26.0218-5	Blank Tok Cz Preto	10,7	336,0	O	-
72.26.0219-6	Blank Tok Preto	47,0	76,6	O	-
72.26.0220-7	Blank Tok Preto 555N	14,4	250,0	O	-
72.26.0229-5	Blank Tok Mescla	33,0	109,1	K	485
72.26.0232-8	Blank Tok Preto 025L	25,7	140,0	O	-
72.26.0249-8	Blank Tok Cz Preto	20,0	180,0	K	280
72.26.0253-1	Blank Tok Charcoal	14,0	257,1	O	-

Figura 4.22 – Lista de itens contemplando peças/cartão *kanban*

Com a busca simples dessa informação, caso o item seja controlado por *kanban*, e realizando o cálculo anteriormente descrito, é mostrado no campo de programação do item o número de cartões correspondente, conforme Figura 4.23.

A	B	E	F	G	H	I	J	K	L	O	
<b>PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO</b>											
	Setup	Item 1							Setup	Item 2	
	Item	Item	Nº da OP	peças/h	peças program.	Kanban/ Ordem	Cartões Kanban	Horas/ Lote	Item	Item	
Segunda		72.10.0012-8		85,7	1.050	K	3	12,5			
Terça								0			

Figura 4.23 – Número de cartões *kanban* correspondente ao volume programado

b) Modificar a régua do tempo para início do dia às 5:00h (cinco horas). Tal solicitação foi feita para haver correspondência entre o início da programação e o início do primeiro turno de trabalho.

Assim, a régua do tempo inicia às 5:00h (cinco horas) de um dia e encerra às 4:59h (quatro horas e cinqüenta e nove minutos) do dia seguinte.

PROGRAMAÇÃO DO DIA																							
05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00

Figura 4.24 – Régua do tempo compatível com início do primeiro turno

c) Imprimir apenas o dia seguinte de programação. Por mudanças constantes na programação, mesmo com um trabalho otimizado com o uso da planilha de nivelamento, foi identificado que a reimpressão do quadro *Heijunka* seria bastante onerosa, já que não aconteceu apenas uma vez na semana, quando da aplicação parcial do sistema.

A possibilidade de imprimir apenas o dia seguinte da programação resulta em um quadro que vai sendo composto ao longo da semana, e que perde uma de suas grandes vantagens: a previsibilidade da programação no chão-de-fábrica.

No entanto, semanalmente o quadro é preenchido por completo, e as modificações diárias vão sendo feitas. Mas esta informação fica disponível apenas para programadores e gestores.

A tentativa é que cada vez mais seja possível trabalhar na programação semanal, com o mínimo de mudanças possíveis, de modo que o quadro *Heijunka* sinalize a produção nivelada do recurso para o chão-de-fábrica. Para atingir essa realidade torna-se imprescindível que os operadores de máquina realizem suas atividades corretamente.

Em função da experiência da pesquisa-ação são colocadas na seção seguinte as análises e resultados relacionados ao projeto deste sistema de nivelamento.



## **5 ANÁLISES E RESULTADOS DO SISTEMA DE NIVELAMENTO**

Neste capítulo são agrupadas as análises e considerações incentivadas pelo trabalho desenvolvido. As análises são feitas em relação à execução da pesquisa-ação, ao sistema que foi desenvolvido e aos resultados obtidos.

### **5.1 Análise do desenvolvimento da pesquisa-ação**

A motivação para o projeto do sistema de nivelamento proposto partiu da dificuldade de programar de forma eficiente o recurso produtivo alvo da pesquisa-ação. A dificuldade de implantar a programação por *kanban* em detrimento das constantes necessidades de alocação de capacidade do recurso para produção de itens não *kanban* esporádicos e em grandes lotes, levaram ao esforço conjunto do pesquisador e membros da organização na elaboração de um sistema de nivelamento produtivo. O objetivo do trabalho conjunto era de permitir a programação do sistema híbrido com o correto funcionamento dos sistemas *kanban* e com alocações de capacidade dos itens programados por ordens de produção em lotes menores, de modo que a programação fosse favorecida com melhor distribuição de *mix* e volume produtivos.

O principal passo foi o desenho de uma planilha que permitisse visualizar as alocações dos itens programados visando à consolidação de um quadro *heijunka* que evidenciasse a programação nivelada a ser seguida pelo chão-de-fábrica. Na fase de coleta para estabelecimento dos bancos de dados necessários ao sistema, conforme detalhado no capítulo 4, houve grande envolvimento do pessoal responsável pela programação, permitindo confiabilidade das informações. Todos os dados fornecidos foram checados antes de qualquer tentativa de modelagem e utilização do sistema.

Mas, antes de tentar a implantação do sistema, foi necessário rever a programação feita por *kanban* que estava sendo utilizada no recurso, pois alguns itens já não estavam mais sendo produzidos e outros já não deveriam ser controlados por *kanban*, segundo os critérios de frequência e volume. Esta atividade foi designada à pessoa responsável pela programação do setor, dado que era também de sua responsabilidade a atualização do quadro *kanban*. Foi percebido, no entanto, que seria necessária a participação do pessoal envolvido com a implantação de produção enxuta para que o trabalho fosse concluído. O programador ainda não havia absorvido os conceitos necessários para funcionamento da produção puxada e oferecia certa resistência para o trabalho cooperativo com a equipe designada para este projeto, apesar de ter participado de toda a fase de coleta de dados e elaboração do sistema.

A diretoria e gerência da fábrica solicitaram pró atividade do programador neste sentido, para que não fossem sacrificados os prazos estabelecidos pelo projeto. Esta solicitação infelizmente não foi atendida, e todo o esforço para o projeto do sistema resultou em um modelo que não foi implantado.

## 5.2 Análise do sistema de nivelamento desenvolvido

Para o projeto do sistema, foram considerados os requisitos evidenciados no Capítulo 3.

Foram nivelados os itens mais freqüentes e de maior volume, os mesmos que estavam sendo controlados por *kanban*.

O ritmo da produção – *takt time* – foi determinado pela taxa de produção da máquina para cada um dos tipos de itens, devido à grande variedade existente. Por esta condição o intervalo *pitch* coerente com o sistema produtivo foi determinado como fixo em trinta minutos.

O TPT do sistema para os itens controlados por *kanban* foi de 2, 3 ou 6 dias. Este TPT também determina o tamanho do supermercado final do recurso.

O tempo de *setup* também foi fixado em trinta minutos, por histórico da média dos tempos de trocas ocorridos nos meses anteriores ao projeto do sistema. Apesar de o recurso ter recebido intervenção com a utilização da ferramenta SMED anterior ao projeto, melhorando os tempos de troca praticados, o tempo de *setup* ainda é considerado alto. Pode-se afirmar que este é um requisito para nivelamento que deve ser tomado como prioridade para melhoria do sistema, portanto ainda parcialmente atendido.

As operações do setor já estavam padronizadas quando do início dos trabalhos no recurso em questão.

Por fim, não se pode afirmar que os controles de produção favoreçam a sustentabilidade da produção nivelada, dado que não houve implantação do sistema e, portanto, nenhum resultado pôde ser apontado.

O atendimento da organização aos requisitos justificados pode ser observado na coluna direita do Quadro 5.1.

Requisito	Autor/Ano	Atendimento
- Nivelar preferencialmente os itens mais freqüentes e de maior volume	Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008	SIM
- Estabelecer e manter atualizados o ritmo da produção ( <i>takt time</i> ) e o tamanho dos intervalos de produção ( <i>pitch</i> )	Kasul e Motwani, 1997 Ghinato, 2000 Rother e Harris, 2002 Rother e Shook, 2003 Motwani, 2003 Smalley, 2004 Liker, 2005 Gray e Wallace, 2008	SIM
- Estabelecer a freqüência de produção dos itens (TPT do sistema) e o tamanho do estoque final de itens	Kasul e Motwani, 1997 Ghinato, 2000 Rother e Harris, 2002 Rother e Shook, 2003 Motwani, 2003 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008 Gray e Wallace, 2008	SIM
- Manter tempos de <i>setup</i> baixos	Shingo, 1985 Black, 1998 Tardin, 2001 Smalley, 2004 Jones, 2006 Ghinato, 2000	PARCIAL
- Trabalhar com operações padronizadas	Rother e Harris, 2002 Rother e Shook, 2003 Kamada, 2007	SIM
- Utilizar dados de controle da produção para sustentabilidade da produção nivelada	Kasul e Motwani, 1997 Motwani, 2003 Kamada, 2007 Gray e Wallace, 2008	NÃO

Quadro 5.1 - Atendimento aos requisitos de nivelamento da produção

Quanto às características principais dos quadros de nivelamento evidenciam-se no Quadro 5.2 aquelas que foram utilizadas no quadro desenhado para o sistema proposto. Cabe lembrar que algumas características são mutuamente excludentes e sua consideração no projeto do quadro relaciona-se à tipologia do sistema produtivo para o qual foi desenhado.

Sobre esta tipologia pode-se destacar: otimização de controle *kanban*, variedade grande de itens com taxas diversas de produção, programação de um recurso produtivo gargalo do sistema (necessidade de utilização eficiente da capacidade), programação feita para uma semana e necessidade de *setup* entre alguns itens (troca de matéria-prima).

Característica	Autor/Ano	Utilização
- Programação nivelada associada ao controle <i>kanban</i>	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008	SIM
- Divisão horizontal em intervalos <i>pitch</i> constantes (régua de tempo)	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Jones, 2006	SIM
- Visualização da programação de um dia ou turno	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008	SIM
- Visualização da programação de uma semana ou mais	Cummings, 2007 Greif, 1991	SIM
- Espaço para alocação de <i>kanbans</i> em excesso	Furmans, 2005 Lippolt e Furmans, 2008	NÃO
- <i>Heijunka box</i> para o recurso produtivo (divisão de itens feita em linhas )	Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001 Rother e Harris, 2002 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008	SIM
- <i>Heijunka box</i> para o sistema de produção - linhas representam os recursos produtivos (divisão de itens feita pelos cartões <i>kanban</i> )	Smalley, 2004	NÃO
- Quantidade fixa de itens/ período de produção	Tardin e Lima, 2000 Rother e Harris, 2002 Smalley, 2004 Furmans, 2005 Jones, 2006 Lippolt e Furmans, 2008	NÃO
- Quantidade variável de itens/ período de produção	Greif, 1991 Tardin, 2001 Cummings, 2007	SIM
- Somatório das horas totais de produção no dia	Cummings, 2007	SIM
- Alocação do tempo de <i>setup</i> na programação	Tardin, 2001	SIM
- Permite que sejam executados simultaneamente programação e controle da produção	Greif, 1991 Tardin e Lima, 2000 Tardin, 2001	NÃO

Quadro 5.2 - Características dos quadros *Heijunka* do modelo desenvolvido

### 5.3 Análise dos resultados obtidos

Como resultado deste trabalho tem-se a elaboração de um sistema de nivelamento que proporciona uma melhor programação do recurso.

Não foram obtidos resultados quantitativos que corroborassem com essa afirmação, porque o sistema não foi implantado, não sendo possível mostrar dados a respeito da sua utilização. Mas, tomando-se como exemplo uma simulação feita para validação do sistema internamente na organização, observou-se que o nivelamento de fato ocorreria. Comparou-se a programação de uma semana feita com o auxílio da planilha e sem os conceitos de nivelamento, com esta mesma semana programada utilizando-se estes elementos do sistema. A afirmação da aderência ao nivelamento é baseada comparando-se a programação feita, conforme descrito, antes – Figura 5.1 – e depois – Figura 5.2.





Em ambos os casos estão programados 14 itens diferentes. Na primeira programação tem-se lote médio de 1.630 peças e tempo total de *setup* de 420 minutos ou 3,5 horas. Com a nova forma de programar obteve-se tamanho médio de lote de 940 peças e o tempo total utilizado para *setups* de 5 horas. Nota-se assim que o fracionamento dos lotes distribuindo melhor os volumes e variedades dos itens, preocupando-se ainda com melhores alocações da seqüência destes itens para menor utilização dos *setups* resultou em apenas um pequeno incremento na capacidade utilizada do recurso.

Com estes dados, pode-se perceber que foi atingido o nivelamento de volume, com menores variações entre as alocações de capacidade do recurso, inclusive apontando-se tamanhos de lotes mais constantes. O nivelamento de *mix* também pode ser observado pela maior quantidade de lotes programados (de 15 para 26), representando que um mesmo item pode ocorrer mais de uma vez na semana – a exemplo do item de final 249-8 cuja programação passou a ser diária.

As vantagens dessa nova forma de programação, utilizando o sistema proposto, contemplam os benefícios apontados na Revisão Bibliográfica. Podem ser destacadas:

- Melhor utilização do recurso com sua alocação de capacidade melhorada em função do volume e da quantidade de produtos planejados;
- Maior flexibilidade produtiva, com distribuição mais freqüente dos itens no período;
- Possibilidade de ocorrência de menores tempos de troca, devidos à maior previsibilidade da programação, permitindo a ocorrência dos *setups* externos – no caso do exemplo mostrado, no mínimo tem-se a aderência ao tempo de troca máximo estipulado de 30 minutos;
- Redução do estoque em processo e possibilidade de superprodução, como consequência da redução dos tamanhos de lotes;
- Redução das imprevisibilidades do processo e com menos reprogramações, pela disponibilização da programação antecipadamente alocando a capacidade de forma mais flexível (lotes menores de um mesmo item com maior freqüência).

Com vistas a todo o desenvolvimento da pesquisa, às análises feitas e aos resultados apontados, é elaborado o Capítulo seguinte de Conclusão, expondo o entendimento obtido por meio deste trabalho.



## **6 CONCLUSÃO**

Este Capítulo de Conclusão coloca os pontos relevantes do trabalho, discutindo as respostas alcançadas às questões de pesquisa e o atendimento ao objetivo proposto. Evidencia o aprendizado obtido e inclui a indicação de oportunidades de pesquisas futuras que podem complementar o conhecimento fomentado por meio desta Dissertação.

Este trabalho levantou as seguintes questões para apresentação do problema de pesquisa:

- *Como é executado o nivelamento da produção em ambientes de Manufatura Enxuta?*
- *Quais os requisitos para se implantar um sistema de nivelamento?*
- *Quais as características dos quadros Heijunka segundo a literatura?*
- *Que características encontradas na literatura estão contempladas no sistema de nivelamento desenvolvido?*

Pode-se afirmar que o trabalho conseguiu elucidar todas as questões levantadas.

A primeira questão é trabalhada na fase de revisão bibliográfica (Capítulo 2), trazendo os conceitos e aspectos relevantes da Manufatura Enxuta e das atividades de Planejamento e Controle da Produção para permitir o entendimento do nivelamento da produção. O nivelamento constitui-se, portanto, de uma atividade de programação bastante relevante para a Produção Enxuta, uma vez que terá enfoque na distribuição mais igualada possível do volume e *mix* de produção, visando à diminuição dos desperdícios de superprodução e estoques, principalmente.

Sobre os requisitos para o nivelamento e as características dos quadros utilizados para operacionalizá-lo, foi elaborado o Capítulo 3. Estes assuntos também foram tratados em caráter de revisão de teórica, motivando o agrupamento do conteúdo de forma sistematizada.

Foram sugeridos seis requisitos para o nivelamento, considerando as indicações encontradas nos principais trabalhos sobre o tema. Indica-se que o atendimento a esses requisitos torna o sistema produtivo apto à implantação do *heijunka*.

As características dos quadros de nivelamento encontradas podem ser interpretadas como sugestões para utilização no desenho destes quadros, de modo que reproduzam os aspectos relevantes para o nivelamento do sistema/recurso.

É importante lembrar que existe uma série de modelos de quadros *heijunka* que não estão descritos nos trabalhos acadêmicos. Do mesmo modo, podem existir requisitos para sistemas de nivelamento específicos que não foram encontrados na literatura. Portanto, é necessário ampliar esta pesquisa com o conhecimento que está dentro das empresas, nos sistemas de nivelamento executados de acordo com as diversas realidades produtivas.

Por fim, as análises relacionadas aos aspectos encontrados na literatura e evidenciados no sistema de nivamento desenvolvido foram feitas no Capítulo 5, utilizando como auxílio a sistematização de conteúdo anteriormente proposta.

Importante perceber que atendimento parcial a um dos requisitos para o nivelamento (manter tempos de *setup* baixos) limita as melhorias ao sistema proposto. Ainda, o requisito que não foi atendido (utilizar dados de controle da produção para sustentabilidade da produção nivelada) evidencia a necessidade de controle do sistema – quando em operação.

Nem todas as características apontadas na literatura foram utilizadas no quadro desenhado. Aquelas que foram privilegiadas são coerentes com os requisitos identificados pela equipe de projeto como necessários ao sistema.

Em relação ao objetivo de *desenvolver um sistema de nivelamento da produção com utilização de quadro Heijunka que permita a efetiva programação nivelada atendendo aos requisitos da organização para o qual foi projetado*, também se pode apontar um resultado positivo. O sistema foi desenvolvido e será útil à organização no contexto em que foi desenhado, mesmo que não tenha sido possível a validação com dados de sua implantação.

Mas, o motivo de insucesso da implantação permite concluir que para alcançar bons resultados na condução de trabalhos de equipes é necessária a participação dos envolvidos em todas as fases de atividades.

Recomenda-se, enfaticamente, que qualquer projeto no modelo de pesquisa-ação tenha determinados os responsáveis de cada fase de elaboração e implantação (quando aplicável), para que não se isentem de seu papel quando os membros dos grupos voltarem a isolar-se em suas funções.

Assim, esta pesquisa contém a formação de um modelo de referência para trabalhos futuros sobre nivelamento no âmbito acadêmico e profissional. No primeiro caso, contribui com o agrupamento dos principais trabalhos sobre o tema, sugerindo os principais requisitos para o nivelamento e uma revisão dos modelos de quadro existentes. No segundo caso, oferece indicações para implantação de sistemas de nivelamento nas organizações. A ressalva está em que o sistema pode ser considerado um modelo genérico, mas devem ser variáveis as formas de cálculo e apresentação das planilhas e quadros de nivelamento.

Portanto, tem-se como oportunidade de pesquisas futuras:

- A validação deste modelo de sistema de nivelamento – de preferência aplicando-o a mesmas tipologias de sistemas de produção. São elegíveis empresas participantes da cadeia automotiva, cuja dinâmica de demanda é semelhante, e com uma variedade de itens e complexidade produtiva razoáveis. Podem ser variáveis algumas características intrínsecas à organização (ajuste de parâmetros nos bancos de dados, ajustes na planilha de nivelamento, ajustes nos procedimentos e execução do sistema etc.);
- O projeto de planilhas e quadros de nivelamento mais genéricos contemplando o máximo das características apontadas na literatura e agregando o conhecimento que está dentro das empresas que já trabalham eficientemente com o nivelamento. Espera-se que essas planilhas e quadros possam adaptar-se às diversas realidades produtivas. Tais modelos podem evoluir para constituir sistemas de informação com possibilidade de interação com outros sistemas (interfaces), melhorando a qualidade das informações coletadas e geradas, e;
- A proposição de modelos formalizados de nivelamento não somente para as atividades de manufatura como também para as atividades de serviços, conforme sugerido identificado no levantamento bibliográfico. Tais modelos podem basear-se nos modelos já existentes para a manufatura, exigindo um esforço de padronização de atividades e procedimentos, e

da parametrização de dados e informações muitas vezes baseados em aproximações (devido a pouca repetitividade observada em operações de serviços).

Espera-se que, consideradas suas limitações, este trabalho contribua para os interessados na área de conhecimento como conteúdo relevante, e para o desenho de sistemas de Nivelamento da Produção nas empresas que implantam a Produção Enxuta, para que obtenham os benefícios que oferece.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, M., et al. (2001). Impact of process variability on lean manufacturing systems. *Proceedings of the Huntsville Simulation Conference*, Huntsville, AL.

BLACK, J.T. (1998). *O Projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre: Bookman.

BONNEY, M. C. et al. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*. v. 59, n. 1, p. 53-64.

CHASE, R. B., et al. (2006). *Administração da produção para a vantagem competitiva*. 10. ed. Porto Alegre: Bookman.

CORREA, H. L., CORREA, C. A. (2004). *Administração de produção e operações*. São Paulo: Atlas.

CUMMINGS, D. (2007). *Managing the Constraint Operation thru Heijunka: Production Leveling*. Disponível em: <[http://www.sme.org/downloads/expo/2007/ET07/presentations/cummings\\_managing\\_constraint.pdf](http://www.sme.org/downloads/expo/2007/ET07/presentations/cummings_managing_constraint.pdf)>. Acesso em: 31 Mar. 2008.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R.B. (2001). *Fundamentos da Administração da Produção*. Porto Alegre: Bookman.

FAVARETTO, F. ; et al. (2002). Considerações sobre a utilização de dados de controle da produção no contexto da filosofia Lean Production. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22., 2002, Porto Alegre. *Anais....*

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. (2007). Sistemas de coordenação de ordens: revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 14, n.2, p. 337-352.

FRANCO, M. A. S. (2005). Pedagogia da Pesquisa-Ação. *Revista Educação e Pesquisa*, São Paulo, v.31, n.3, p.483-502.

FURMANS, K. (2005). Models of Heijunka-levelled Kanban-Systems. In: C.T. Papadopoulos (Ed.): 5th International Conference on Analysis of Manufacturing Systems - Production and Management, Zakynthos Island: Greece, p. 243- 248.

GELDERS, L. F.; WASENHOVE, L. N. (1985) Capacity Planning in MRP, JIT and OPT: a critique. *Engineering Costs and Production Economics*, v.9, p.201-209.

GHINATO, P. (2000). Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: ALMEIDA, A. T.; SOUZA, F. M. C. *Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações*. Recife: Editora Universitária da UFPE.

GIL, A. C. (1991). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. (2004). Manufatura Enxuta - uma Revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 1-19.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. (2005). Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs): elementos chave e modelo conceitual. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 12, n.3, p. 333-345.

GRAY, C.; WALLACE, T. (2008). *Master it*. Disponível em: <<http://www.grayresearch.com/leanmps.htm>>. Acesso em: 31 Mar. 2008.

GREIF, M. (1991). *The Visual Factory: Building Participation Through Shared Information*. Portland, OR, USA: Productivity Press.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 24, n.10, p.994-1011.

HO, C. J.; CHANG, Y., (2001). An integrated MRP and JIT framework. *Computers & Industrial Engineering*, 41, p.173-185.

HOLWEG, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*. 25, p. 420-437.

HOPP, W.J., SPEARMAN, M.L. (2000) *Factory Physics*. Foundation of Manufacturing Management International Edition, Irwin McGraw-Hill.

HOUAISS, A. (2008). *Dicionário eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa*. Versão 2.0. 1 CD-ROM.

JONES, D. T. (2006). Heijunka: leveling production. *Manufacturing Engineering*, v.137, n. 2.

KAMADA, S. (2007). *Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil*. Disponível em: <[http://www.lean.org.br/download/artigo\\_44.pdf](http://www.lean.org.br/download/artigo_44.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2008.

KASUL, R. A.; MOTWANI, J. G. (1997). Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study. *Industrial Management and Data Systems*, v. 97, n.7, p. 274-279.

KOCH, T.; KORNICKI, L. (2003). Minimizing variability in manufacturing systems in the context of lean manufacturing implementation. Modern trends in manufacturing. In: International CAMT Conference, 2, 2003, Wroclaw, Poland. *Proceedings...*

KOSAKA, G. I. (2006). *Jidoka*. Disponível em: <[http://www.lean.org.br/download/artigo\\_36.pdf](http://www.lean.org.br/download/artigo_36.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2008.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. (2008). Adaptações ao sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 15, n.1, p. 173-188.

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

LIPPOLT, C.R.; FURMANS, K., (2008). Sizing of heijunka-controlled production systems with unreliable production processes. In: IFIP International Federation for Information Processing, v. 257, *Lean Business Systems and Beyond*, Tomasz Koch, ed.; Boston: Springer, p. 11-19.

MARQUES, D. M. N. (2008). *Implantação de um sistema MRP em ambiente de produção enxuta com alta diversidade de componentes e sazonalidade*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

MCBRIDE, D. (2004). *Heijunka: Leveling the Load*. Disponível em: <<http://www.emsstrategies.com/dm090804article.html>>. Acesso em: 31 Mar. 2008.

MENEGON, D.; NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F. (2003). Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 23, 2003, Ouro Preto. *Anais...*

MESTRE, M.; et al.. (1999). Visual communications - The Japanese Experience. *Corporate Communications: An International Journal*. v. 5, n. 1, p. 34-41.

MING-WEI, J.; SHI-LIAN, L., (1992). A hybrid system of manufacturing resource planning and just-in-time manufacturing. *Computers in Industry*, 19, p. 151-155.

MONDEN, Y. (1998). *Toyota Production System*. 3a. Edição, Tokyo: Eng Mng P, 480 p.

MOTWANI, J. (2003). A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study. *Industrial Management & Data Systems*, v. 103, n. 5, p. 339-346.

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, 2008.

NEESE, M.; KONG, S. M., (2007). Driving lean through the visual factory: visual instructions offer the simplicity employees need. *Circuits Assembly*, September 2007 issue.

NIIMI, A. (2004) *Sobre o Nivelamento (heijunka)*. Disponível em: <[http://www.lean.org.br/download/artigo\\_32.pdf](http://www.lean.org.br/download/artigo_32.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2008.

OCDE (2004). *Manual de Oslo*. Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. OCDE, Finep.

PEREIRA, R. (2007). *Why Heijunka*. Disponível em: <<http://lssacademy.com/2007/06/06/why-heijunka-part-1/>>. Acesso em: 30 Mar. 2008.

PRIOUL, A. (2008). *Production Leveling*. Disponível em: <<http://lean.enst.fr/wiki/pub/Lean/LesPresentations/alainprioul.pdf>>. Acesso em: 30 Mar. 2008.

REYNER, A.; FLEMING, K. (2004). *Heijunka Product & Production Leveling*. Disponível em: <[http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Engineering-SystemsDivision/ESD-60Summer-004/924D69DB-ADA4-402A-8CEB3508FFA53724/0/9\\_3product\\_level.pdf](http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Engineering-SystemsDivision/ESD-60Summer-004/924D69DB-ADA4-402A-8CEB3508FFA53724/0/9_3product_level.pdf)>. Acesso em: 31 Mar. 2008.

ROSENTHAL, M. (2008). *The Importance of Heijunka*. Disponível em: <<http://theleanthinker.com/2008/03/03/the-importance-of-heijunka/>>. Acesso em: 30 Mar. 2008.

ROTHER, M.; HARRIS, R. (2002). *Criando Fluxo Contínuo* - um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil.

ROTHER, M.; SHOOK, J. (2003). *Aprendendo a Enxergar* - mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: 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, 2006.
- SHINGO, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press, Cambridge, MA.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (2000). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 2. ed. Revisada, UFSC, Florianópolis, SC.
- SIMONS, D.; ZOKAEI, K., (2005). Application of lean paradigm in red meat processing. *British Food Journal*, v.107, n. 4, p.192-211.
- SLACK, N.; et al. (2002). *Administração da produção*. 2.ed. São Paulo: Atlas.
- SMALLEY, A. (2004). *Criando o Sistema Puxado Nivelado - um guia de aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia*. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- TARDIN, G. G. (2001). *O kanban e o nivelamento da produção*. 91 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.
- TARDIN, G.G.; LIMA, P.C. (2000). O Papel de um Quadro de Nivelamento de Produção na Produção Puxada: Um Estudo de Caso. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 20., 2000, São Paulo. *Anais...*
- THIOLLENT, M. (2000). *Metodologia da Pesquisa-Ação*. São Paulo: Cortez.
- VOLLMANN, T. E., et al. (1997). *Manufacturing Planning and Control Systems*. Irwin McGraw-Hill.
- YAVUZ, M.; AKÇALI, E. (2007). Production smoothing in just-in-time manufacturing systems: a review of the models and solution approaches. *International Journal of Production Research*, v. 45, n. 16, p. 3579-3597.
- YIN, Robert K. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.