

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

Integração da Cadeia de Suprimentos Interna e Externa através do Kanban

Autor: Cleber Favaro

Orientador: Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima

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

Integração da Cadeia de Suprimentos Interna e Externa através do Kanban

Autor: Cleber Favaro

Orientador: Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

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

Campinas, 2003
SP – Brasil

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

F277i Favaro, Cleber
Integração da cadeia de suprimentos interna e externa
através do kanban / Cleber Favaro.--Campinas, SP:
[s.n.], 2003.

Orientador: Paulo Corrêa Lima.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Administração da produção. 2. Planejamento da
produção. 3. Logística empresarial. I. Lima, Paulo
Corrêa. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

Integração da Cadeia de Suprimentos Interna e Externa através do Kanban

Autor: Cleber Favaro

Orientador: Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima

Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima, Presidente
Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake
Escola Politécnica - Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Eugênio José Zoqui
Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 24 de fevereiro de 2003

Agradecimentos

Deste o início deste trabalho ficava pensando em todas aquelas pessoas que gostaria de lembrar por terem colaborado de forma direta ou indireta nesta jornada.

Primeiramente gostaria de agradecer ao Professor Paulo Lima por todos os desafios propostos e pelo o apoio para superá-los. Sua fabulosa visão e “sacadas” maravilhosas me fizeram aprender muito, dentro e fora da Universidade. Paulo, obrigado pela paciência!

Também sou muito grato aos amigos da Metagal, Paulo Gordon, Zé Gomes e Luizão. Graças à confiança depositada em nosso trabalho, os conceitos aqui apresentados puderam ser colocados em xeque, aprimorados e finalmente demonstrados.

Aos compatriotas da Unicamp e da Taktica. Agradecimentos especiais ao Carlos, Hernan, Navarro, Inglez, Facci e ao Segnini. Pude com eles dividir conquistas, desafios e construí valiosas amizades.

Não poderia me esquecer ainda dos amigos da Valeo, em especial ao João Neto, por todo apoio e oportunidades durante minha permanência na empresa.

À Andreza, pela compreensão, incentivo e amor enquanto eu estava perdido no mundo dos *takt time*, VSM, JIT, TPS, SMED...

Aos meus pais, pela fé e apoio que sempre de nutriram por mim. Serei eternamente grato.

C.Favaro

“I want to be the force for real good. In other words, I know that there are bad forces, forces that brings suffering to others and misery to the world, but I want to be the opposite force. I want to be the force which is truly for good”.

John W. Coltrane (1926-1967)

Resumo

FAVARO, Cleber, *Integração da Cadeia de Suprimentos Interna e Externa através do Kanban*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 115 p. Dissertação (Mestrado)

As empresas têm despendido muito esforço na conversão de seus sistemas de produção de massa para enxutos. Como consequência elas focaram em criar fluxos de valor livres de desperdícios através da aplicação da abordagem da Toyota Motor Corporation. O passo seguinte é mapear os fluxos de valor ao longo das plantas da cadeia e ligá-las com uso do kanban externo. Este trabalho apresenta uma metodologia para se criar sistemas de puxar entre uma fábrica e seus fornecedores. O modelo proposto é suportado pela revisão da literatura sobre a cadeia de suprimentos da Toyota, bem como por um projeto coordenado pelo autor. O método abrange aspectos como seleção de fornecedores, definição de frete, dimensionamento de inventário, integração com MRP e com colocar o sistema para operar. A metodologia é aplicada em uma empresa de autopeças e por fim, os ganhos são reportados e o procedimento validado.

Palavras Chave

Kanban, Cadeia de Suprimentos Enxuta, *Just-in-Time*

Abstract

FAVARO, Cleber, *Integrating the Internal and External Supply Chain Through Kanban*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 115 p. Dissertação (Mestrado)

Companies are putting a lot of effort to convert their systems from mass to lean production. Therefore, they focused on creating value streams free of waste applying the approach pioneered by Toyota Motor Corporation. The following step is mapping the value stream across sites and linking one to another using an external kanban system. This work presents a methodology to guide the creation of a pull system among a plant and its suppliers. The purposed framework is supported by the literature review of Toyota's lean supply chain model and also by a project managed by the author. The method embraces aspects as supplier selection, freight definition, inventory sizing, integration with MRP and how to put the system to work. It is applied to an auto-parts company and at last, the gains are listed and the procedure is validated.

Key Words

Kanban, Lean Supply Chain, Just-in-Time

Índice

Lista de Figuras.....	iii
Lista de Tabelas.....	v
Nomeclatura.....	vi
Capítulo 1: Introdução.....	1
1.1. Cenário e Motivação	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Estruturação do Trabalho	3
Capítulo 2: Produção Enxuta e a Cadeia de Suprimentos	5
2.1. A Mentalidade Enxuta.....	5
2.2. Uma Nova Abordagem para a Cadeia de Suprimentos.....	9
2.3. Projeto da Cadeia de Fornecimento.....	11
2.4. Volatilidade da Demanda	14
2.5. Vinculando a Manufatura Enxuta ao Projeto da Cadeia de Suprimentos.	16
2.6. O Just-in-Time e o Sistema Kanban.....	21
2.6.1. Tipos e Regras do Kanban	21
2.6.2. O Nivelamento da Produção como Pré-Requisito.....	24
2.6.3. Fluxo de Informações e Material.....	25
2.6.4. Metodologias de Dimensionamento	28
2.6.5. Ganhos Esperados com o Kanban Externo	34
2.7. Considerações Finais.....	39
Capítulo 3: Metodologia para Implantação de Kanban Externo	40
3.1. Visão Geral e Lançamento do Projeto.....	40

3.2. Traçando o Estado Atual, o Estado Futuro e Definindo Indicadores	42
3.3. Selecionando os Fornecedores	47
3.4. Definição de Itens Kanban e Itens de Disparo	48
3.5. Procedimento para Padronização de Embalagens	52
3.6. Definição de Transporte e Frequência de Entrega	54
3.7. Dimensionamento do Kanban Externo	57
3.8. Integrando o ERP ao Kanban Externo	61
3.8.1. Transações Frequentes	62
3.8.2. Planejamento de Materiais (MRP)	64
3.9. Negociação com Fornecedor	66
3.10. Organização na Fábrica	67
3.11. Considerações Finais	70
Capítulo 4: Caso de Estudo	71
4.1. Introdução	71
4.2. Visão Geral da Companhia	71
4.3. Entendo o Estado Inicial	73
4.3.1. Descrição do Fluxo de Informações	73
4.3.2. Descrição do Fluxo de Materiais	78
4.3.3. Síntese dos Problemas Encontrados	82
4.4. Atingindo o Estado Futuro	83
4.4.1. Do Lançamento do Projeto ao Plano de Ação	83
4.4.2. Kanban Interno	85
4.4.3. Abastecimento de Linha	88
4.4.4. Kanban Externo	93
4.4.4.1. Selecionando os Fornecedores e Iniciando a Negociação	93
4.4.4.2. Definição de Parâmetros e Dimensionamento	95
4.5. Resultados Obtidos e Considerações Finais	105
Capítulo 5: Conclusões e Trabalhos Futuros	108
Referências Bibliográficas	110

Lista de Figuras

Figura 2.1: Falta de visão sistêmica (adaptado de Shook, 2002).	7
Figura 2.2: Pressões para verticalização e horizontalização da cadeia de valor (Fine, 1999).	10
Figura 2.3: Ciclo virtuoso entre novos projetos e capacidades essenciais (Fine, 2001).	12
Figura 2.4: Modelo de decisão tridimensional (Fine, 1999).	14
Figura 2.5: Efeito chicote em uma cadeia de valor (adaptado de Lee <i>et al.</i> , 1997)	15
Figura 2.6: Fontes de competitividade inter-organizacional (Dyer, 2000).	18
Figura 2.7: Modelo dos quatro pilares (Hines <i>et al.</i> , 2000).	19
Figura 2.8: O modelo de fornecimento enxuto.	20
Figura 2.9: Tipos de kanbans (Monden, 1997).	22
Figura 2.10: Fluxo de informações ao longo do fluxo de valor.	26
Figura 2.11: Ciclos de retiradas a partir do processo cliente.	26
Figura 2.12: Gestão visual do supermercado.	27
Figura 2.13: Variáveis que influenciam diretamente o custo do transporte.	37
Figura 2.14: Migrando do sistema tradicional para o sistema puxado.	38
Figura 3.1: Envolvidos na equipe de projeto.	41
Figura 3.2 Processo de implantação de kanban externo.	42
Figura 3.3: Mapa parcial do estado atual empurrado.	44
Figura 3.4: Mapa parcial do estado futuro puxado.	45
Figura 3.5: Do mapa do estado atual à implementação (Rother & Shook, 1998).	46
Figura 3.6: Comportamento típico do volume de compras por fornecedor.	47
Figura 3.7: Avaliação da demanda dos itens de uma família para um fornecedor.	50
Figura 3.8: Configurações do sistema de transporte (adaptado de Moura, 2000).	55

Figura 3.9: Relação volume da entrega e distância do fornecedor.	56
Figura 3.10: Dinâmica e parâmetros do kanban.	59
Figura 3.11: Evolução desejada do sistema kanban externo.	61
Figura 3.12: Resumo das transações referentes ao fluxo de materiais geridas pelo ERP.	62
Figura 3.13: Fluxo de informação de um sistema MRP.	64
Figura 3.14: Fluxo de materiais comprados com kanban externo.	68
Figura 3.15: Modelo de cartão kanban.	69
Figura 4.1: Vista das plantas da Metagal.	72
Figura 4.2: Localização dos clientes da Metagal.	73
Figura 4.3: Mapa do estado atual em novembro de 2000.	74
Figura 4.4 Detalhamento do fluxo de informação.	75
Figura 4.5: Geração das autorizações de entrega.	76
Figura 4.6: Exemplo de relatório de controle de inventário.	78
Figura 4.7: Organização por fornecedor.	79
Figura 4.8: Estado inicial do abastecimento de linha.	81
Figura 4.9: Carrinho jacaré usado na movimentação de material.	82
Figura 4.10: Mapa do estado futuro projetado em fevereiro de 2001.	85
Figura 4.11: Classificação dos fornecedores por tipo de material (março de 2001).	86
Figura 4.12: Kanban interno e supermercado de injetados.	87
Figura 4.13: Trem para abastecimento.	89
Figura 4.14: Almoxarifado organizado por fluxo de valor.	90
Figura 4.15: Latinhas de alumínio para separação do material.	91
Figura 4.16: Componentes pequenos de um <i>kit</i> .	92
Figura 4.17: Carrinhos com <i>kits</i> prontos para abastecimento.	92
Figura 4.18: Definição dos fornecedores estratégicos (março de 2001).	94
Figura 4.19: Resumo da demanda dos itens.	96
Figura 4.20: Caracterização da frequência de entrega dos itens.	97
Figura 4.21: Supermercado e quadro kanban.	103
Figura 4.22: Fax de disparo.	104
Figura 4.23: Controle visual do dimensionamento.	105
Figura 4.24: Excesso de material evidenciado (caixas brancas).	106

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Comparação entre os modelos de dimensionamento.	33
Tabela 3.1: Frequência de entrega do principal fornecedor nas de autopeças (BNDES, 2001).	50
Tabela 3.2: Sugestão de embalagem em função da família da peça (Valeo, 2000).	53
Tabela 4.1: Fases do projeto (fornecedores de componentes).	94
Tabela 4.2: Arquivo de notas fiscais.	95
Tabela 4.3: Dados iniciais para dimensionamento.	98
Tabela 4.4: Redução do tamanho de lote e frete.	99
Tabela 4.5: Parâmetros para dimensionamento do kanban.	101
Tabela 4.6: Arredondamento final do item CC20F1528.	102
Tabela 4.7: Dimensionamento final.	103
Tabela 4.8: Principais ganhos alcançados.	107

Nomenclatura

5S: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

ABS: *Acrylonitrile Butadiene Styrene*

AE: Autorização de Entrega

ASN: *Advanced Shipping Notice*

CIF: *Cost, Insurance and Freight*

CPD: Centro de Processamento de Dados

CRP: *Capacity Resource Planning*

ERP: *Enterprise Resource Planning*

FOB: *Free on Board*

JIS: *Just-in-Sequence*

JIT: *Just-in-Time*

MPS: *Master Production Scheduling*

MRP: *Materials Requirement Planning*

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PEPS: Primeiro que entra, primeiro que sai

PP: Polipropileno

SMED: *Single Minute Exchange of Die*

TPM: *Total Productive Maintenance*

TPS: *Toyota Production System*

TQC: *Total Quality Control*

TQM: *Total Quality Management*

Capítulo 1:

Introdução

1.1. Cenário e Motivação

A década de 1990 foi marcada por uma severa reestruturação nos sistemas de produção das principais empresas do ramo automotivo. No Brasil, após a abertura do mercado, houve uma intensificação de investimentos, bem como o aumento do número de montadoras e fornecedores. Iniciaram-se neste momento testes de novas configurações como o consórcio modular e condomínios industriais, transformando os padrões de relacionamento entre cliente-fornecedor (Salermo & Dias, 2002).

A presença de novos membros na cadeia de valor trouxe um significativo aumento na diversidade de produtos oferecidos ao consumidor final, que passou a ser o foco, exigindo maior qualidade e prazos de entrega. Como se não fosse bastante, as montadoras passaram cada vez mais a exigir cortes de preços na forma de leilões, sob pena de transferir itens para a concorrência.

Pressionados, os fornecedores passaram a buscar instrumentos para se tornarem mais competitivos num cenário extremamente delicado. A maioria deles adotou soluções semelhantes, baseadas na metodologia da produção enxuta (*lean manufacturing*), criada inicialmente pela Toyota Motor Corporation. Significativos avanços foram obtidos através desta abordagem, cujo conceito fundamental é o foco no fluxo de valor de cada produto buscando a eliminação dos

desperdícios que aumentem o intervalo de tempo entre a colocação do pedido pelo cliente e a entrega do produto acabado.

No entanto, grande parte do custo dos produtos se deve a componentes comprados de terceiros (Dyer, 2000). Já neste campo, os relacionamentos entre clientes e fornecedores automotivos têm tido pouco progresso no Brasil (Ferro, 2001). A transparência entre as partes é fortemente questionável e ações como ativos dedicados e entregas *just-in-time* (JIT) ou *just-in-sequence* (JIS) são conseqüências da força do cliente e não de uma estratégia conjunta. Os fornecedores consideram tais iniciativas como um meio do cliente transferir atividades e deslocar estoque cadeia abaixo. A qualidade das previsões de demanda também é questionável. Usualmente os valores estão superestimados e conseqüentemente geram investimentos excessivos e em pontos errados da cadeia.

Os membros de primeiro nível (*first tier*) passaram a adotar uma política semelhante com seus fornecedores. Nos níveis mais baixos da cadeia surgem os fornecedores de matéria-prima, fortes oligopólios. A indústria de autopeças ficou assim encurralada entre montadoras e oligopólios. Neste cenário, criou-se um modelo insustentável a longo prazo e a lógica de empurrar custos para os membros da cadeia com menor poder de barganha precisa ser revista.

Assegurar a sobrevivência em um ambiente onde as forças do mercado são tão austeras requer um foco no projeto e na gestão competitiva da cadeia de fluxo de valor estendida. O projeto da cadeia está diretamente ligado à estratégia adotada, pois passa pela definição de competências centrais e pela decisão de fazer ou comprar. O passo seguinte é a estruturação da base de fornecedores e sua gestão de forma competitiva.

A literatura pesquisada mostrou uma lacuna sobre metodologias práticas e completas de implementação dos conceitos de gestão da cadeia de suprimentos e produção enxuta. Justifica-se assim o tema deste trabalho, cujos objetivos serão descritos a seguir.

1.2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivos:

- Estabelecer uma ligação entre a produção enxuta e a gestão da cadeia de suprimentos;
- Analisar os modelos propostos pela literatura para aplicação do sistema kanban na gestão de sua cadeia de fornecedores;
- Propor uma metodologia de implantação de kanban externo;
- Apresentar um projeto, coordenado pelo autor, contemplando o estado inicial e o estado atual de uma empresa após a aplicação da metodologia desenvolvida.

1.3. Estruturação do Trabalho

Esta tese está estruturada em cinco capítulos, que terão seu conteúdo brevemente descrito.

O Capítulo 1 faz uma sucinta revisão das principais transformações ocorridas na indústria, especialmente o setor automobilístico. Aborda-se a expansão dos conceitos da manufatura enxuta e a importância que se tem atribuído à cadeia de suprimentos. Baseando-se numa lacuna na literatura que envolva metodologias de implantação de cadeias de suprimento enxuta, justifica-se a escolha do tema do presente trabalho.

No segundo capítulo é desenvolvida uma revisão bibliográfica sobre produção enxuta e cadeia de valor. Busca-se compreender o papel da cadeia de valor como fator de competitividade, bem como a sua conexão com a mentalidade enxuta. São abordadas questões como integração vertical e horizontalização modular, projeto tridimensional e volatilidade da demanda.

Ainda na revisão bibliográfica, tratar-se-á sobre o sistema de kanban externo, suas regras, procedimento operacional e metodologias de cálculo conhecidas.

Uma metodologia para integração dos fornecedores por meio da implantação de kanban externo é proposta no Capítulo 3. O método fundamenta-se no confronto entre a bibliografia consultada e a experiência do autor em projetos de implantação. São abordados aspectos de armazenamento, embalagem, logística interna e externa.

Na quarta parte, é apresentado um projeto coordenado pelo autor. Relata-se a aplicação do método proposto em uma empresa fornecedora de retrovisores com quatro fábricas. Descreve-se o estado anterior em que operava o processo logístico, bem como o estado atual após a implantação do kanban externo entre as unidades e entre fornecedores.

Por fim, no Capítulo 5, os resultados obtidos são reportados e relacionados aos objetivos inicialmente estabelecidos, expondo-se as conclusões do trabalho e propostas para estudos futuros.

Capítulo 2:

Produção Enxuta e a Cadeia de Suprimentos

Este capítulo tem como objetivo estabelecer uma relação entre a produção enxuta e o projeto da cadeia de suprimentos. A criação de valor com base no combate ao desperdício, bem como os cinco princípios que permeiam a mentalidade enxuta serão tratados.

Num segundo momento será abordada a direção que as cadeias de suprimentos têm seguido, avaliando seu papel na criação de vantagens competitivas sustentáveis. O modelo de gestão da cadeia de suprimentos será apresentado, traçando-se ligações entre seus elementos e as principais práticas da Toyota Motor Corporation.

Por fim, serão avaliados os métodos descritos na literatura para dimensionamento do kanban e os ganhos usualmente alcançados.

2.1. A Mentalidade Enxuta

O interesse pelo Sistema Toyota de Produção (TPS) tornou-se crescente após 1990 com a publicação por Womack *et al.* (1990) do livro *The Machine that Changed the World*. O livro realizou um *benchmark* da indústria automotiva, encontrando números fortemente contrastantes entre as fábricas ocidentais e suas concorrentes japonesas. Constatou-se que a produtividade japonesa chegava a ser até 50% maior que a ocidental, gerando metade dos defeitos detectados por veículo. O termo mentalidade enxuta ou *lean thinking* popularizou-se, passando a identificar

um sistema que consome menos recursos e consegue gerar o mesmo resultado que o sistema de produção em massa, oferecendo simultaneamente maior diversidade ao consumidor final (Womack & Jones, 1996).

Taiichi Ohno, um dos mentores do TPS, deixa claro qual a finalidade de toda a metodologia que suporta a estratégia da empresa. Ele define que a remoção dos desperdícios deve ser feita objetivando-se a redução do tempo entre a colocação do pedido pelo cliente e o pagamento pelo produto adquirido (Ohno, 1997). Reforçando este princípio, Monden (1997) coloca como requisito essencial a um sistema de produção o aumento dos lucros através da redução de custos gerados pelo desperdício.

Ohno (1997) afirma que a identificação dos desperdícios é o caminho para a melhoria contínua do sistema. Ele classificou os desperdícios em sete tipos:

- Excesso de produção: produzir a mais, ou antes da necessidade real do cliente;
- Espera: ocorre quando o operador aguarda o tempo de ciclo automático de um equipamento, sinalizando um problema de desbalanceamento de processo;
- Transporte desnecessário: transferências de material dentro da fábrica ou entre fábricas deve ser minimizada;
- Processo desnecessário: operações que não adicionem valor do ponto de vista do cliente devem ser eliminadas.
- Inventário desnecessário: implica em dinheiro parado que leva a custos de capital, área e movimentação de material, além de dificultar a identificação de problemas;
- Movimento desnecessário: inclui equipamento ou operadores se movimentando em excesso causando a queda tanto de produtividade, quanto de qualidade;
- Defeito: produzir algo fora dos requisitos especificados pelo cliente implica em aumento dos custos diretos, que devem ser atacados através da prevenção.

Como foi visto até aqui, a eliminação dos setes tipos de desperdício constitui a essência do pensamento enxuto. Várias ferramentas e técnicas foram criadas para combater o desperdício como *5S*, *SMED*, *TPM*, *kanban*, células de manufatura ou *andons*.

Shook (2002) coloca a falta de visão holística e a aplicação de ferramentas de forma desestruturada como a principal causa de implantações longa e mal sucedidas do *TPS*. A Figura 2.1 ironiza esta situação, onde as soluções desenvolvidas pela Toyota são aplicadas sem que sejam conhecidos os verdadeiros requisitos funcionais que envolvem cada fábrica.

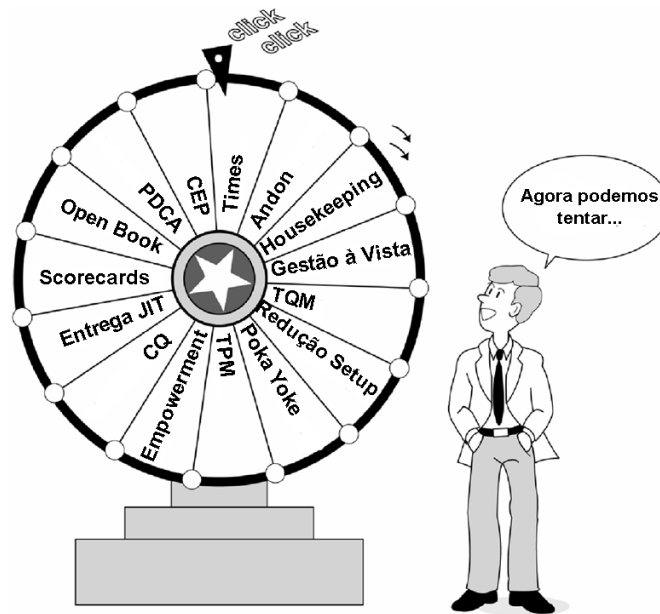


Figura 2.1: Falta de visão sistêmica (adaptado de Shook, 2002).

Fujimoto & Takeishi (2001) colocam que a manutenção da competitividade da Toyota está relacionada aos seguintes fatores:

- Capacidade de minimizar *trade-offs*: tanto na manufatura quanto no desenvolvimento de produto, conseguiu-se atingir ganhos de produtividade, qualidade e *lead time*;
- Flexibilidade: capacidade de absorver mudanças em projeto de produtos e em variedade (*mix*, variação do modelo e volume);

- Capacidade de aprendizado organizacional: criação de mecanismos para solucionar problemas, aumentando a produtividade e a qualidade.

Spear & Bowen (1999) definem a Toyota como uma comunidade de cientistas capacitada a padronizar, estabelecer conexões claras e únicas entre processos. Consegue-se assim garantir que os subsistemas mantenham-se em contínuo desenvolvimento e simultaneamente assegura sua estabilidade.

Womack & Jones (1996), buscando preencher a carência por abordagens sistêmicas, estudaram diversos casos bem sucedidos e apoiando-se nestes propuseram cinco princípios fundamentais para transformar um ambiente de produção em massa para um ambiente enxuto. Estes princípios passam por:

- Especificar valor: definir valor expressando o em termos de um produto que vá de encontro às necessidades do cliente final em termos de preço quanto de prazo;
- Mapear a cadeia de fluxo de valor: seguir todos os passos, que agreguem ou não valor, desde a matéria-prima até produto acabado, representando os fluxos de material e de informação (Rother & Shook, 1998);
- Criar fluxo: fazer com que haja fluxo nos passos do fluxo de valor. Eliminar as barreiras funcionais estabelecendo uma organização focada em suas famílias de produto reduzindo drasticamente o *lead time*;
- Puxar: deixar que o consumidor puxe o produto, conforme sua necessidade, eliminando a utilização de previsões para programar a produção;
- Buscar a perfeição: o processo de eliminação de desperdícios é contínuo, no qual se busca reduzir custos, esforços, área, chegando-se cada vez mais próximo das expectativas do cliente final.

2.2. Uma Nova Abordagem para a Cadeia de Suprimentos

O crescente impacto dos itens comprados no custo final do produto tem levado a uma revisão na organização da cadeia de suprimentos e na relação entre cliente e fornecedor. Dyer (2000) estima que entre 55% e 69% do custo final de um produto manufaturado esteja relacionado ao material comprado.

A definição da estrutura da cadeia de suprimentos está vinculada tanto a fatores de origem macroeconômicos de um determinado período, quanto a microeconômicos, relacionados especificamente à empresa (Dias, 1998).

O impacto de fatores macroeconômicos pode ser visto no exemplo da Ford nas décadas de 1920 e 1930. O ambiente industrial da época era um limitador para Henry Ford. A falta de uma base de fornecimento habilitada a suprir os volumes, níveis de qualidade e custo requeridos teria sido um limitante para a empresa. A solução adotada foi a total integração vertical que culminou primeiramente no complexo de Rouge em 1927, replicado em 1931 na Alemanha e Inglaterra nas plantas de Cologne e Dagenham, respectivamente (Womack *et al.*, 1990).

Em paralelo, têm os fatores microeconômicos, onde a capacidade da companhia de projetar novos produtos, novos sistemas de produção, bem como de estruturar sua base de fornecimento impactam diretamente na competitividade e no projeto da cadeia de suprimentos.

Fine (1999) afirma que em um cenário de alta velocidade evolutiva, as vantagens competitivas tornam-se temporárias. Estar apto a planejar as capacidades em quais se deve investir e quais devem ser terceirizadas passa então a ser a vantagem competitiva essencial. Assim, a gestão da cadeia de suprimentos pode ser vista como a gestão das competências da própria empresa, bem como as de outras empresas com quem se negocia.

A vantagem competitiva torna-se mais sustentável quando cresce a integração entre os parceiros da cadeia. Porter (1996) explica que tais estruturas são difíceis de serem estabelecidas e entendidas por terceiros. Sua reprodução é difícil de ser conseguida, pois requer sincronização de decisões e de ações, constituindo-se uma duradoura vantagem competitiva.

A cadeia de suprimentos da indústria automobilística tem passado por uma série de reestruturações sintetizadas por Volpato & Stocchetti (2002):

- Aumento da terceirização;
- Escalonamento da cadeia, focando-se no primeiro nível;
- Projeto de plataformas comuns, compartilhadas por diferentes produtos;
- Integração de sistemas e modularização;
- *Global Sourcing*.

Embora haja uma tendência nesta indústria para projeto de produtos modulares com cadeia desverticalizada, Fine (1999) propõe um modelo de dinâmica na cadeia de valor no qual não há uma solução final e correta sobre verticalização ou desintegração, intitulado dupla hélice e mostrado na Figura 2.2.

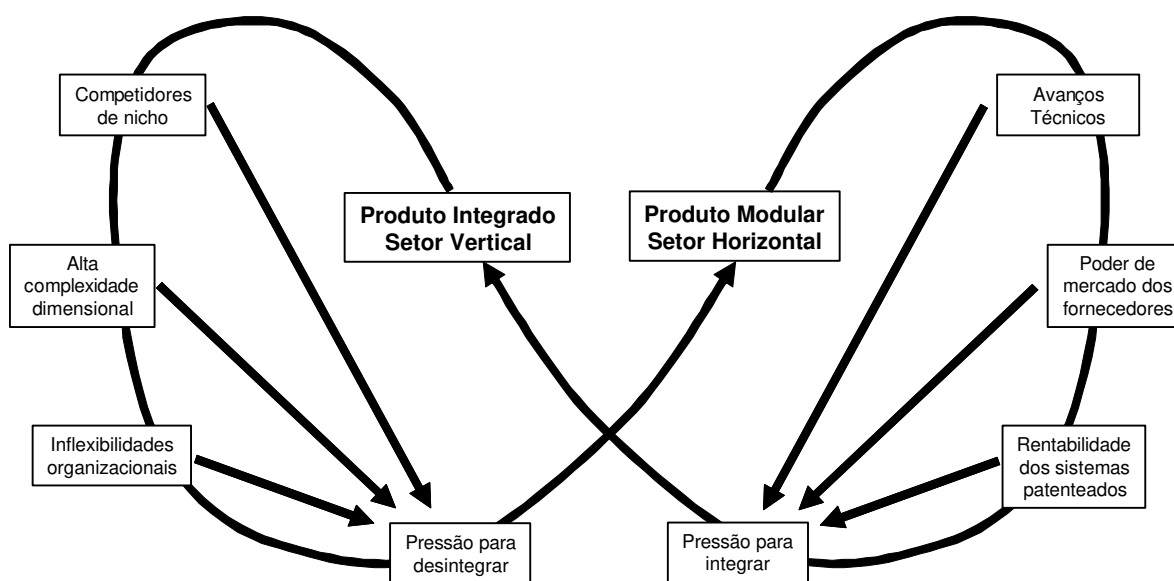


Figura 2.2: Pressões para verticalização e horizontalização da cadeia de valor (Fine, 1999).

Quando a empresa caracteriza-se por um produto integrado e uma cadeia verticalizada as seguintes forças o levam a alterar sua configuração:

- Entrada de competidores de nicho, que esperam conquistar segmentos setoriais distintos;
- Dificuldade de se manter competitivo em diversos segmentos;
- Inflexibilidades burocráticas.

Por outro lado, quando a estrutura do produto é modular e a cadeia verticalizada, pressões impõem uma nova reestruturação:

- Avanços técnicos de um item que podem conferir poder ao fornecedor;
- Poder de “enfardamento” de um subsistema a outros, buscando vender um item o atrelando a outro;
- Dificuldades de integração dos diversos subsistemas resulta em patentes integradas.

Ao se aceitar que não existe uma posição estável entre “comprar tudo” ou “produzir tudo”, transitar entre os dois extremos no momento correto, definindo e redefinindo a cadeia de suprimentos, passa a ser uma competência essencial.

2.3. Projeto da Cadeia de Fornecimento

O caráter multidisciplinar do projeto da cadeia de suprimentos pode ser notado ao se buscar uma definição sobre o termo. Croom *et al.* (2000) colocam que a gestão da cadeia de suprimentos evoluiu apoiando-se em conceitos vindos de áreas como compras, logística, engenharia de sistemas, manufatura, custos ou estratégia corporativa. Tantas disciplinas complementares geraram uma teoria com modelos empíricos e pouco robustos.

Ao se introduzir um novo produto, uma empresa necessita realizar alterações em sua cadeia de suprimentos. A necessidade de se envolver diversos setores da empresa nesta atividade, pode gerar riscos ao se aumentar o tempo de execução do projeto com a realização das atividades de forma seqüencial.

As corporações têm se utilizado do conceito da engenharia simultânea como uma forma de evitar estas armadilhas, realizando de forma paralela o desenvolvimento de produto e do sistema de manufatura.

Fine (2001) vai mais adiante, colocando a necessidade de se coordenar de forma simultânea o sistema de produção, o desenvolvimento de produto e a cadeia de suprimentos, conceito denominado engenharia simultânea em três dimensões. Na medida em que novos produtos são introduzidos, as três dimensões (produto, processo e fornecedores) são reavaliadas, fazendo com que a corporação coloque em xeque suas capacidades essenciais, num ciclo virtuoso que objetiva a tanto a manutenção, como a criação de vantagens competitivas (Figura 2.3).

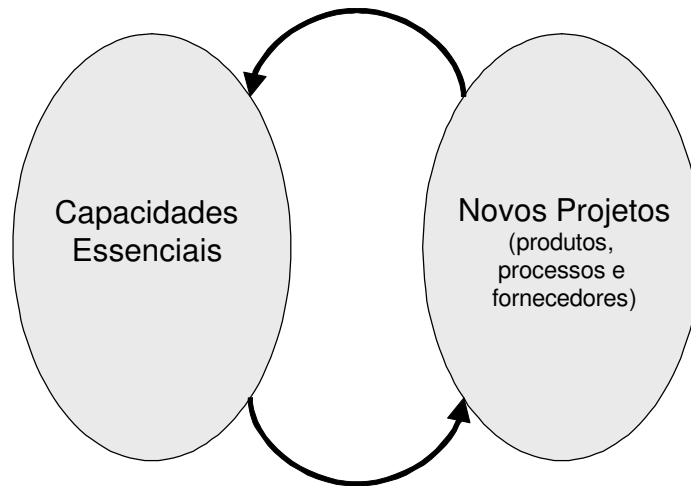


Figura 2.3: Ciclo virtuoso entre novos projetos e capacidades essenciais (Fine, 2001).

Bowen *et al.* (1994) acentuam a importância da introdução de novos projetos, já que são eles que garantirão o desenvolvimento dos colaboradores, reforçando suas habilidades e renovando as capacidades da corporação.

O modelo da dupla hélice mostrado anteriormente vincula as arquiteturas de produto e da cadeia de suprimentos, vínculo que é reforçado por Krishnan & Ulrich (2001). Na medida em que o produto evolui de uma arquitetura integrada para modular, a cadeia de suprimentos passava de verticalmente integrada para horizontalmente modular e vice-versa.

Ulrich & Ellison (1998) diferenciam as estruturas de produto. Caracterizam estruturas integradas como sendo componentes desempenhando múltiplas funções com relacionamento espacial muito próximo e sincronizado. Já as estruturas modulares são caracterizadas por componentes intercambiáveis, com interfaces padronizadas, capazes de evoluírem isoladamente e com detecção rápida as falhas.

Do ponto de vista da cadeia de suprimentos, Fine (1999) define como fator diferencial entre uma cadeia integrada e modular, a sua proximidade, fator que pode ser desdobrado em:

- Proximidade geográfica: relacionado com a distância física entre as partes, interferindo na troca de informações de engenharia entre as partes;
- Proximidade organizacional: ligada ao relacionamento entre as equipes com processos operacionais interconectados;
- Proximidade cultural: elementos comuns na linguagem, costumes empresariais e padrões éticos e legais.
- Proximidade eletrônica: utilização de recursos para troca eletrônica de dados, como e-mail, intranets, EDI e outros instrumentos que facilitem o intercâmbio entre os membros da cadeia.

Quanto maior a proximidade nas quatro dimensões citadas, mais integrada é a cadeia de suprimentos. Por outro lado, uma cadeia modular apresenta pouca coesão em parte destas dimensões.

De forma similar as arquiteturas de fornecimento e de produto, pode-se definir dimensões também para a arquitetura de processo. Fine (1999) propõe o uso das dimensões de tempo e de espaço para caracterizá-lo. Define-se um processo como altamente integrado quando as variáveis tempo e espaço estão integradas. Em oposição, tem-se um cenário modular quando tempo e espaço estão dispersos.

A Figura 2.4 sintetiza os sistemas da empresa, mostrando suas sobreposições e elos na base.

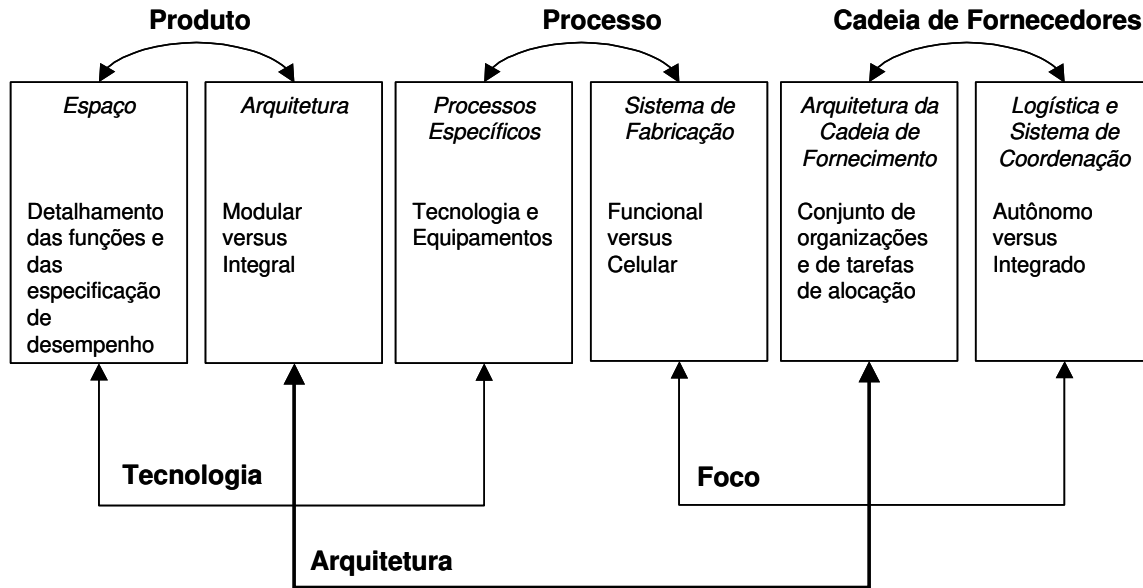


Figura 2.4: Modelo de decisão tridimensional (Fine, 1999).

Além do elo da arquitetura, comentado anteriormente, os elos do foco e da tecnologia merecem um breve comentário. O elo tecnológico abrange a tradicional engenharia simultânea, que liga a coordenação do projeto do produto com a capacitação do processo. Já o foco relaciona o sistema de coordenação logística e o sistema de produção, podendo ser considerado praticamente uma extensão do ambiente fabril.

2.4. Volatilidade da Demanda

A discussão mostrada até aqui ilustra o papel estratégico do projeto da cadeia de suprimentos. A falta de visão sistêmica compromete significativamente a eficiência global, pois a visão focada somente em problemas internos limita o combate as deficiências e as atividades redundantes.

Lee *et al.* (1997) descrevem um estudo sobre padrões de demanda. Notou-se que embora o consumidor final mantivesse um padrão constante, a variação nos centros distribuidores e produtores era grande (Figura 2.5). Este fenômeno foi primeiramente reportado na década de 60, por Jay Forrester, passando a ser chamado de efeito Forrester ou efeito chicote (*bullwhip effect*).

Os sintomas que caracterizam esta intensa variação são:

- Inventário excessivo;
- Previsões de demanda imprecisas;
- Capacidade excessiva ou insuficiente;
- Incertezas na programação;
- Altos custos de re-trabalho do programa gerado.

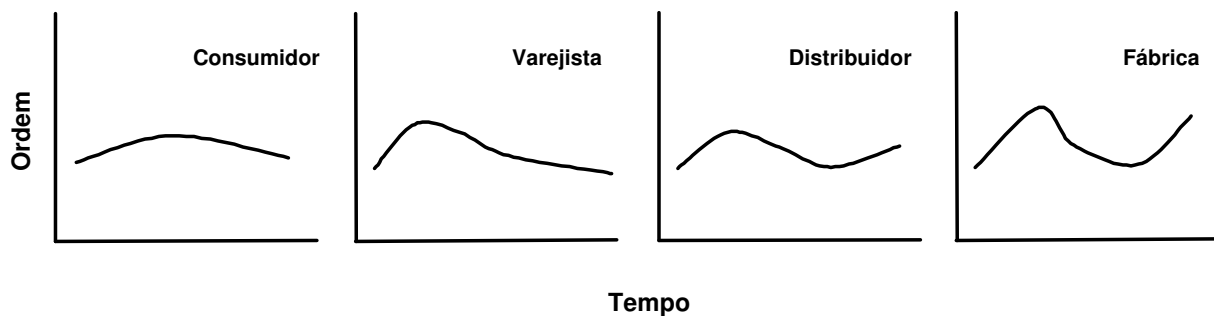


Figura 2.5: Efeito chicote em uma cadeia de valor (adaptado de Lee *et al.*, 1997)

A volatilidade dos ciclos econômicos cresce na medida que se caminha na cadeia do consumidor final em direção ao fornecedor de equipamentos. Têm então o que Fine (1999) considera uma das leis que regem as cadeias de suprimentos.

Lee *et al.* (1997) identificaram como principais causas do efeito chicote:

- Atualização da previsão da demanda: cada empresa na cadeia de suprimentos faz suas próprias previsões sobre a demanda, planejamento de capacidade, de mão-de-obra e de nível de estoque. Muitos dos valores assumidos passam pelo bom senso das pessoas envolvidas. Quando uma ordem é colocada ela é repassada com um certo atraso para os integrantes seguintes. A variação é amplificada ainda mais por alterações de parâmetros de segurança.

- Pedidos em lote: ordens periódicas e o sistema de empurrar (MRP) são tipicamente formadores de lotes;
- Flutuação de preço: periodicamente ocorrem promoções que levam o preço a flutuar. Um aumento da demanda gera aumento do estoque na cadeia e constata-se que é seguido por um período de queda nos pedidos;
- Falta de transparência na falta de produtos: se um item está em falta no cliente, ele tende a pedir mais do que a demanda necessária para recompor o estoque de segurança. Este procedimento mais uma vez sobe o nível do inventário implicando em redução de pedidos no período subsequente;

Jones & Womack (2002) colocam que ao se criar desalinhamento entre o programa oficial e a demanda real, o efeito chicote reduz a confiabilidade do sistema formal, levando usualmente a realização da programação dos fornecedores de forma manual, apesar dos investimentos constantes em tecnologia da informação.

2.5. Vinculando a Manufatura Enxuta ao Projeto da Cadeia de Suprimentos.

Os conceitos pregados por Ohno (1997) enfatizando o combate ao desperdício no nível de fábrica são totalmente extensíveis a cadeia de suprimentos.

O excesso de produção, tão condenado por Ohno, mostra-se o desperdício mais presente na cadeia de suprimentos. Isso pode ser explicado pela visão parcial de gerentes, buscando produzir e empurrar material a frente, aliado a má comunicação entre as partes. A ampliação da volatilidade da demanda agrava-se quando o fluxo de informações ocorre de forma inconstante.

Além do excesso de produção, o foco deve ser dado ao estoque e ao transporte desnecessários no fluxo entre plantas. Jones & Womack (2002) consideram como características de um fluxo enxuto:

- Os membros da cadeia devem ter consciência da taxa de consumo do cliente final, adequando o seu ritmo conforme a diferença de tempo disponível e o compartilhamento de recursos em cada planta;
- O nível de estoques deve ser baixo e padronizado, ou seja, com limites claros e conhecidos, seja de matéria-prima, de estoque em processo ou de produto acabado;
- Menor número de conexões de transporte e de processos possível, buscando eliminar movimentação, e não acelerá-la;
- Fluxo de informações eficiente, minimizando a volatilidade através da transferência direta da informação entre cada membro do fluxo de valor estendido, puxando a produção;
- Reduzir o *lead time*, assegurando um tempo de resposta ao cliente rápido e detecção imediata de defeitos e problemas;
- Efetuar as ações anteriores, preferencialmente com custo zero ou próximas de zero.

Womack & Jones (1994) definem a iniciativa enxuta (*lean enterprise*) como um grupo de indivíduos e funções legalmente separadas em companhias, mas que operam de forma sincronizada, buscando a melhoria contínua do fluxo de valor desde o fornecedor, assegurando o resultado esperado pelo cliente final. Nellore *et al.* (2001) completam a abordagem, colocando que a empresa mais próxima do cliente final deve focar em suas competências centrais, deixando as atividades de desenvolvimento de subsistemas a cargo dos fornecedores. Reforça-se o conceito de proximidade entre as partes, que são apoiadas por contratos de longo prazo.

A literatura apresenta modelos para retratar a cadeia de suprimentos enxuta entre os quais podem ser destacados os modelos de vantagem colaborativa (Dyer, 2000) e o modelo dos quatro pilares de Hines *et al.* (2000).

Dyer (2000) afirma que a competição não se dá mais em termos de organizações com fronteiras limitadas. Segundo o autor, as empresas que participam do fluxo de valor de uma família de produtos são responsáveis por agregar valor ao produto final e o desempenho dos membros da cadeia é essencial, pois terá impacto no resultado de todas as outras. A competição passa do nível da corporação para o nível do fluxo de valor estendido, onde a vantagem da rede

de empresas é obtida através da colaboração mútua. A obtenção desta vantagem competitiva passa por três pontos (Figura 2.6):

- Ativos dedicados: investimentos em fábricas, equipamentos, instalações e pessoas são direcionados para um determinado cliente, aumentando a produtividade e melhoria do tempo de resposta da rede;
- Rotinas para compartilhamento do conhecimento: refere-se a uma troca efetiva de informações entre clientes e fornecedores, seja a respeito do mercado, produção, qualidade, projeto ou custo, buscando membros mais efetivos e eficientes.
- Confiança: garante agilidade entre as partes, minimizando desperdício de tempo em negociações, controles e amarrações jurídicas. Conseqüentemente, busca-se assim a redução do custo de transações, bem como suporte para que ativos sejam dedicados e o conhecimento compartilhado.

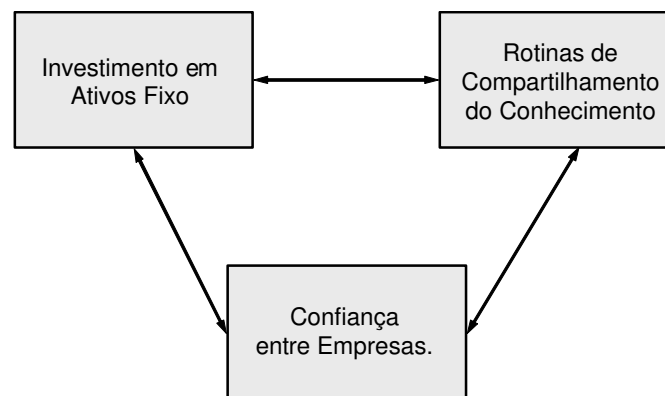


Figura 2.6: Fontes de competitividade inter-organizacional (Dyer, 2000).

Rich & Hines (1998) e Hines *et al.* (2000) propõem um segundo modelo conhecido como modelos dos quatro pilares (Figura 2.7). A intenção é retratar como as empresas enxutas estão estruturadas e como a gestão da cadeia de suprimentos relaciona-se tanto com a rotina operacional, quanto com a estratégia de empresa. Os quatro pilares consistem em:

- Hoshin Kanri: desdobramento da estratégia da empresa em atividades e projetos do dia-a-dia;

- Gerenciamento inter-funcional: criar vínculos entre as atividades, quebrando as barreiras funcionais;
- Sistema de produção padronizado: rotinas estabelecidas para controle eficiente da produção, buscando através da gestão visual detectar e sanar desvios de forma rápida e eficiente.
- Associação dos fornecedores: integrar a base de fornecedores e compartilhar suas habilidades.

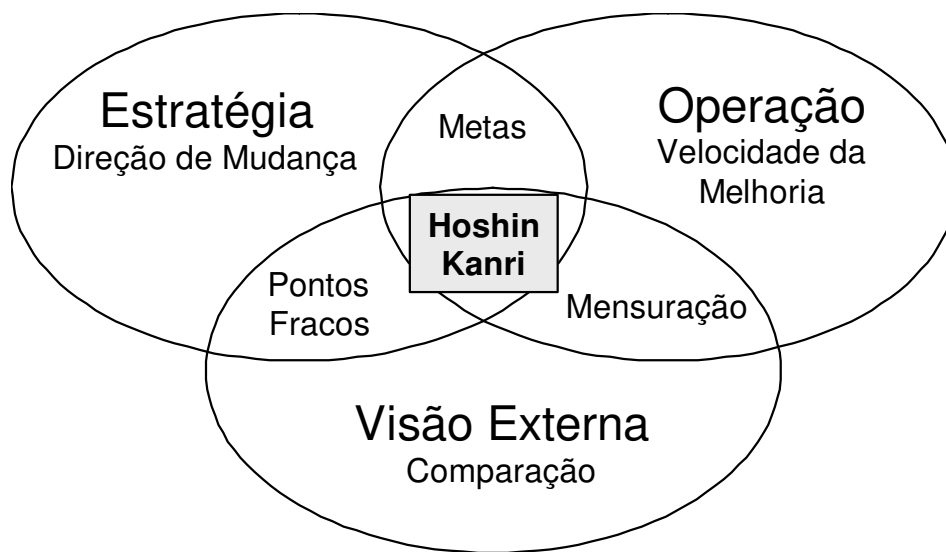


Figura 2.7: Modelo dos quatro pilares (Hines *et al.*, 2000).

Lobo *et al.* (2003) tratam da questão do desdobramento do planejamento estratégico em projetos através da aplicação do Hoshin Kanri.

Os modelos apresentados até aqui sobre engenharia simultânea em três dimensões, o modelo colaborativo e o dos quatro pilares estão diretamente vinculados. A Figura 2.8 propõe a síntese destes três modelos, no que se pode chamar de modelo de fornecimento enxuto.

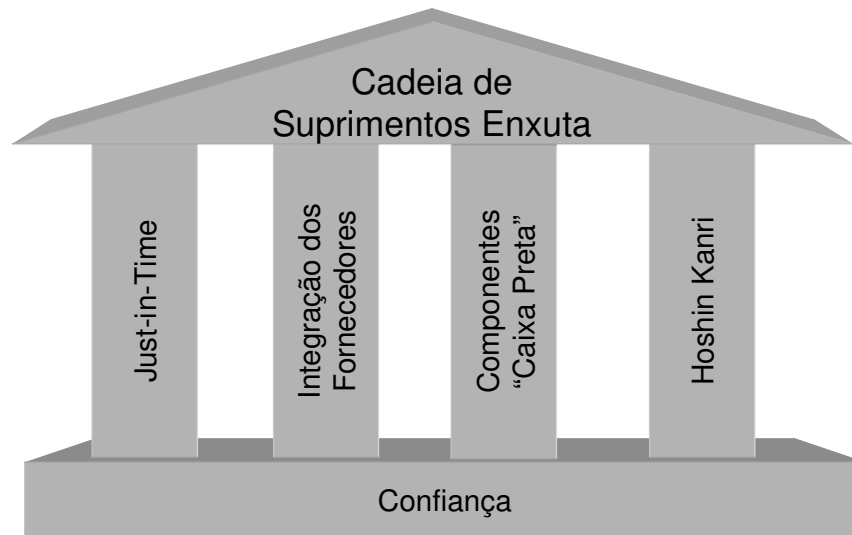


Figura 2.8: O modelo de fornecimento enxuto.

Este modelo, aqui proposto, coloca como base de sustentação a confiança, que permitirá a integração entre os membros da cadeia. A integração consiste no compartilhamento efetivo do conhecimento, sustentando o aperfeiçoamento dos sistemas produtivos, puxando e nivelando os pedidos. Paralelamente, a responsabilidade sobre o desenvolvimento de produto com os fornecedores (originalmente descrito como *black box part suppliers*). Estes ficam responsáveis por criar subconjuntos e módulos, que não possuem atributos ligados às competências essenciais da empresa cliente. Por fim, todo este sistema é estrategicamente coordenado através de metas, que são desdobradas até cada um dos membros da cadeia de fornecimento através do Hoshin Kanri.

Favaro & Marcondes (2002) salientam que a confiança e o compartilhamento do conhecimento geram ciclos virtuosos, que implicam na redução dos custos de transação, aumento da qualidade e em ganhos de produtividade. Tais resultados impactam diretamente no custo do produto final e conseqüentemente na competitividade da empresa.

Traçado o vínculo entre a mentalidade enxuta e o sistema de produção enxuto, é importante que se compreenda melhor o pilar do *JIT*, bem como o sistema kanban. Estes dois temas serão abordados a seguir.

2.6. O Just-in-Time e o Sistema Kanban

A aplicação do kanban, como foi salientado anteriormente, foi a forma de que a Toyota encontrou de colocar em prática o *JIT*. A aplicação dos conceitos do kanban sempre é um desafio e a sua extensão aos fornecedores é uma ação que deve ser bem planejada para que o cliente final realmente beneficie-se da redução do inventário na cadeia. Uma ação isolada pode não levar a nada além de empurrar estoque em direção aos membros com menos poder na cadeia de suprimentos.

Ohno (1997) descreve que sua experiência com o kanban foi baseada na tentativa e erro e que foram necessários anos para que o conceito estivesse formatado. Mesmo dominando a aplicação dentro de suas fábricas, a Toyota levou quase 20 anos (Shingo, 1989; Monden, 1997) para estender o sistema aos seus fornecedores.

Neste tópico se procurará entender melhor a aplicação do kanban com os fornecedores, passando pelos seguintes pontos:

- Classificação dos tipos de kanban;
- Regras para operação do sistema;
- Nivelamento da produção;
- Fluxo de materiais e de informação;
- Ganhos esperados com a implantação.

2.6.1. Tipos e Regras do Kanban

Os sistemas kanban podem ser agrupados, segundo Monden (1997), em dois tipos: kanban de produção e kanban de retirada. O kanban de retirada autoriza que o processo cliente retire um

item do supermercado do processo precedente. O kanban de produção, por sua vez, autoriza que o processo fornecedor produza um determinado item, abastecendo um supermercado.

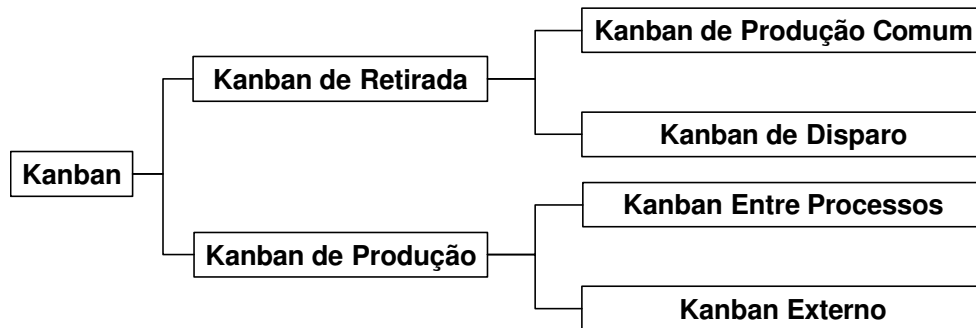


Figura 2.9: Tipos de kanbans (Monden, 1997).

O kanban de disparo, também chamado de triângulo ou kanban de sinal é uma alternativa ao kanban de produção comum, que autoriza a produção de um lote de determinado item. Trata-se de um único cartão que é posicionado segundo um ponto de reposição previamente determinado. Ao se consumir a embalagem onde ele se encontra, o cartão volta ao processo fornecedor solicitando a reposição. A Figura 2.9 mostra os tipos de kanban e suas subcategorias.

Uma segunda forma de classificar os sistemas de kanban leva em conta o ponto em que ocorre o disparo do item. Duas formas são citadas por Monden (1997):

- Lote de reposição constante: quando o nível de inventário cai até um certo ponto, solicita-se ao processo fornecedor a reposição de uma quantidade fixa;
- Momento de reposição constante: independente do nível de inventário, o processo fornecedor repõe o material conforme a quantidade indicada pelo sistema kanban.

O kanban externo com fornecedores, foco deste trabalho, é classificado como um kanban de retirada e com momento de reposição constante. A necessidade de otimizar os recursos de transporte, utilização de docas e pessoal envolvido no recebimento explica o uso do momento de reposição constante.

Ohno (1997) e Monden (1997) sugerem que a manutenção da integridade do funcionamento do sistema kanban deve ser assegurada através algumas regras. As regras de ambos os autores são complementares e listadas a seguir:

- O processo cliente somente pode retirar do supermercado do processo fornecedor o item necessário, na quantidade necessária, no momento em que existirá real consumo (Ohno, 1997; Monden 1997);
- O processo fornecedor deverá produzir de acordo com as retiradas realizadas pelo processo cliente, obedecendo à quantidade e seqüência das retiradas (Ohno, 1997; Monden 1997);
- Nenhum item pode ser produzido ou transportado sem que haja um kanban anexado a ele (Ohno, 1997);
- Sempre deve se colocar um cartão kanban nos produtos (Ohno, 1997);
- Produtos defeituosos não podem ser colocados no supermercado (Ohno, 1997; Monden 1997);
- O número de kanban deve ser minimizado aumentando-se a sensibilidade aos problemas (Ohno, 1997; Monden 1997);
- O kanban deve ser usado para absorver pequenas flutuações de demanda (Monden, 1997).

Spear (2002) coloca que a Toyota definiu seus sistemas de trabalho de forma que eles gerem imediatamente um sinal, quando ocorre uma disfunção. Os sinais permitem que a resolução do problema inicie-se automaticamente, facilitando a identificação das causas e adaptando o sistema para evitar novas ocorrências. Os procedimentos do sistema de produção são suportados por rotinas de resolução de problemas que asseguram a melhoria contínua.

2.6.2. O Nivelamento da Produção como Pré-Requisito

Para que os benefícios do kanban possam ser completamente alcançados, é necessário que haja um fluxo estabilizado de material. Variações nos ciclos de retirada de material, ou no tamanho do lote obrigarão a fábrica a operar com nível de inventário mais alto e com menor eficiência no processo de transporte.

Ohno (1997) salienta que quanto maior for a flutuação na quantidade consumida, maior será a necessidade do fornecedor possuir capacidade excedente para assegurar o abastecimento.

Tardin (2001) afirma que nivelar a produção significa produzir todos os itens dentro de um determinado intervalo de tempo. Quanto mais próximo do nivelamento do cliente a fábrica trabalhar, menor será a quantidade de recursos necessários na operação.

Para que haja uma resposta mais rápida ao cliente final e objetivando-se minimizar a volatilidade da demanda, é fundamental que se nivele a produção em intervalos cada vez menores.

Um melhor entendimento do conceito de nivelamento pode ser obtido através de um exemplo fictício de uma fábrica de computadores. Assumindo que a fábrica opere cinco dias por semana e que 40% da demanda seja de micros com placa de rede.

Se o nivelamento da produção ocorrer semanalmente, produzir-se-ia durante dois dias da semana o modelo com placa de rede e nos outros três dias o restante da produção. Nesta condição de operação a carga de trabalho tanto na montagem do micro, quanto no abastecimento dos postos de trabalho seria maior, já que um componente a mais deveria ser montado e transportado. Nos outros dias haveria uma carga de trabalho inferior. Desta forma, recursos extras seriam necessários para assegurar a produção durante toda a semana.

Supondo-se que o nivelamento passasse a ser diário, operar-se-ia com menor desbalanceamento das atividades. Automaticamente, além de reduzir-se a necessidade de mão-de-obra, poder-se-ia esperar que o fornecedor entregasse as placas diariamente (nivelamento igual ao da montagem), reduzindo o estoque à 2/5 do estado original.

Embora o conceito seja extremamente simples, praticar o nivelamento no dia-a-dia é uma tarefa complexa. O compartilhamento de equipamentos e a necessidade de se realizar trocas de ferramentas (*setup*), provocada por uma diversidade alta de itens e por baixos volumes são fatores complicadores no processo.

O nivelamento das retiradas nos fornecedores é um processo igualmente árduo, pois envolve restrições de frequência de entrega, bem como a capacidade interna dos fornecedores conseguir produzir com o nivelamento exigido pelo cliente.

2.6.3. Fluxo de Informações e Material

Neste tópico pretende-se tratar sobre como a informação e os materiais devem fluir em um sistema de kanban externo.

Monden (1997) coloca que a Toyota transmite aos seus fornecedores dois tipos de informação:

- Plano de produção para o mês seguinte transmitida na metade do mês corrente;
- Pedidos diários na forma de kanban ou na forma de uma sequência de produção.

A informação com horizonte entre 3 e 6 meses tem como objetivo permitir que os fornecedores possam planejar os seus recursos, seja em termos de mão-de-obra, capacidade de máquina, ou ainda aquisição de suprimentos. Tipicamente utiliza-se deste tipo de previsão para criação de um plano mestre de produção (*MPS*), que se desdobrará em cálculos de capacidade (*CRP*) e de necessidade de materiais (*MRP*).

A Figura 2.10 mostra como este fluxo ocorre, partindo do cliente final em direção ao fornecedor de matéria-prima e componentes.

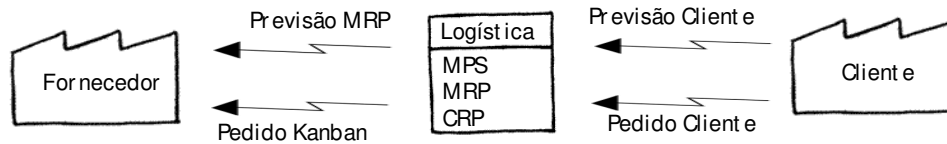


Figura 2.10: Fluxo de informações ao longo do fluxo de valor.

A informação de maior horizonte transita em níveis mais altos das empresas, ao contrário da informação diária que é gerida autonomamente pelo chão-de-fábrica.

Ao consumir o material no chão-de-fábrica, o operador gera um sinal que puxa sua automática reposição. Este sinal pode ser um cartão kanban de retirada que é depositado em uma caixa postal, ou uma luz que ascenda em um quadro *andon*, ou simplesmente a embalagem vazia. Este pedido de reposição para o almoxarifado de componentes partindo da linha pode ser considerado o início do processo de puxar o material do fornecedor.

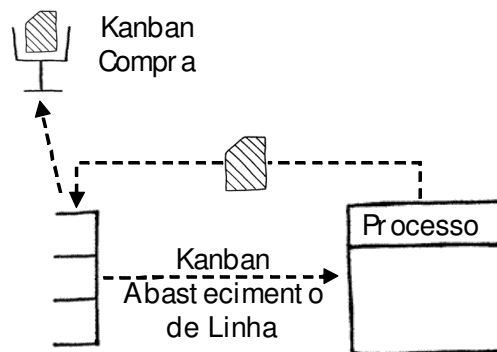


Figura 2.11: Ciclos de retiradas a partir do processo cliente.

A Figura 2.11 mostra os ciclos de puxar entre o fornecedor e o almoxarifado e entre o processo interno e o almoxarifado.

Nestes ciclos, ao finalizar o consumo de uma embalagem, o operador no processo cliente retira o cartão kanban de abastecimento de linha da caixa depositando-o em um quadro ou em uma caixa postal. Em ciclos pré-determinados e fixos o abastecedor de linha coleta tais cartões e dirige-se ao supermercado de itens comprados. Chegando ao supermercado ele deve localizar o item mostrado nos cartões de abastecimento. Então, deve-se retirar o cartão contido

originalmente nas caixas – kanban de disparo de compra – e substituí-lo pelo cartão de abastecimento. O material é levado para a linha com o kanban de abastecimento. Paralelamente o kanban de compra de material é levado para o quadro kanban correspondente.

Através do quadro é possível visualizar as necessidades de compras, fazendo o pedido respeitando o *lead time* de compras do fornecedor e os momentos de entrega pré-definidos.

Peinado (2000) e Tardin (2001) colocam que os quadros onde os cartões kanban são depositados têm como função permitir que o controle da situação dos supermercados seja visual. Para isso propõe-se que cores dêem senso de prioridade para se requisitar o material. Tradicionalmente as cores utilizadas são o verde, amarelo e o vermelho que indicam respectivamente uma situação sob controle, necessidade de recomposição do supermercado e falta de material iminente, respectivamente.

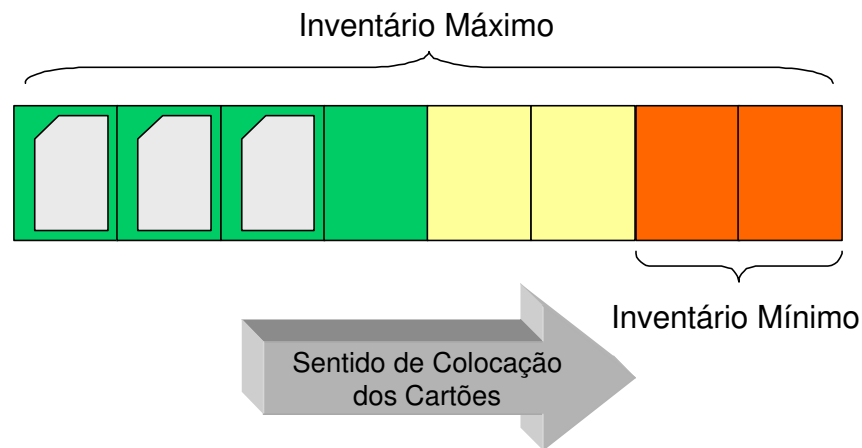


Figura 2.12: Gestão visual do supermercado.

A informação da necessidade diária pode ser transmitida de forma física a cada entrega do fornecedor. Quando o caminhão deixa o material do pedido anterior, deve-se aproveitar o retorno do veículo para enviar tanto as embalagens vazias para a próxima entrega, bem como os próprios cartões (Monden, 1997).

Entendido como ocorrem os fluxos de informação e material ao se operar com o kanban com fornecedores, necessita-se entender melhor quais as propostas existentes na literatura consultada para definir a dimensão do inventário padrão.

2.6.4. Metodologias de Dimensionamento

A literatura consultada sobre a aplicação do sistema *JIT* para compra de materiais mostrou uma abordagem escassa na definição de procedimentos para se dimensionar os supermercados.

Roy & Guin (1999) focam na seleção de quais itens devem ser controlados usando kanban e em algoritmos para consolidação de cargas para garantir a eficiência do transporte em um cenário em que os lotes de entrega são reduzidos.

Zimmer (2002) desenvolveu um modelo matemático para analisar os custos do fornecimento *JIT*. Variáveis como custo unitário, capacidade, custo de capacidade excedente e lotes são analisados em um modelo complexo para aplicação no dia-a-dia.

As soluções para dimensionamento dos supermercados kanban podem ser agrupadas em três categorias conforme a metodologia de cálculo:

- Dimensionamento baseado em equações desacopladas;
- Dimensionamento baseado na avaliação da carga-máquina e de nivelamento;
- Simulações e algoritmos computacionais.

Monden (1997) apresenta equações cuja autoria é atribuída a Toyota. Amplamente difundidas e citadas em diversos trabalhos, tais equações, seja para dimensionamento do kanban de produção, quanto de retirada, são desacopladas de qualquer avaliação de capacidade de equipamento e de nivelamento.

Para o método citado anteriormente, de momento de pedido constante, Monden (1997) coloca que o total de kanbans pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{Número Total de Kanbans} = \frac{\text{Demanda Diária} \times (\text{Ciclo de Entrega} + \text{Lead Time Compras} + \text{Coeficiente Segurança})}{\text{Capacidade da Embalagem}} \quad (2.1)$$

O ciclo de entregas do fornecedor deve ser entendido como o intervalo de tempo em dias entre duas entregas e é denotado por:

$$\text{Ciclo de Entregas} = \frac{\left(\frac{\text{Demanda Mensal}}{\text{Número de Entregas Mensais}} \right)}{\text{Demanda Diária}} \quad (2.2)$$

Deve ser destacado que embora as quantidades requisitadas pelo cliente variem pelo momento da entrega ser fixo, as retiradas continuam a ser niveladas se o cliente produzir suavizando a demanda.

Shingo (1989) sugere que o dimensionamento do kanban seja feito de forma mais simples do que a proposta de Monden (1989). O autor não diferencia a aplicação do kanban no caso de fornecedores externos, tratando o problema homogeneamente. A equação proposta dimensiona a quantidade máxima de cartões kanban como sendo:

$$\text{Número Máximo de Cartões Kanban} = \frac{(\text{Lote de Fornecimento} + \text{Estoque Mínimo})}{\text{Capacidade da Embalagem}} \quad (2.3)$$

Monden (1997) e Shingo (1989) não fazem referência a nenhuma forma de controlar visualmente o status do item. Outro ponto importante que não é avaliado é a forma com que o processo cliente consome o item. O tamanho do lote consumido pelo cliente não é avaliado, a fim de se garantir que o total de cartões será suficiente. Um exemplo pode facilitar o entendimento: suponha-se que bobinas são fornecidas através de kanban para uma área de estamparia. Cada semana o material é utilizado duas vezes e cinco bobinas são consumidas por vez, totalizando uma demanda semanal de dez bobinas. Caso o sistema de kanban com o fornecedor tenha uma frequência de entrega superior a de consumo, ou seja, maior que duas entregas, os lotes de entrega seriam inferiores ao de consumo resultando em desabastecimento.

Peinado (2000) e Tardin (2001) propõem modelos semelhantes que se apóiam em cálculo de capacidade para determinação do kanban. O dimensionamento do kanban tem início com a definição do tempo operacional disponível e da carga máquina utilizada, definidas pelas equações seguintes:

$$\text{Tempo Operacional Disponível} = \frac{\text{Eficiência} \times \text{Dias de trabalho por mês} \times \text{Horas de trabalho por dia}}{\text{Carga Máquina}} \quad (2.4)$$

$$\text{Carga Máquina Mensal} = \sum_{i=1}^n (\text{Tempo de Ciclo}_i \times \text{Demanda Mensal}_i) \quad (2.5)$$

onde n é o número de peças que passam pelo recurso.

A diferença de tempo entre o tempo disponível e a carga máquina é o tempo que resta no mês para a realização de *setups*. Define-se então este tempo como sendo:

$$\text{Tempo Disponível para Setup no Mês} = \text{Tempo Operacional Disponível} - \text{Carga Máquina} \quad (2.6)$$

Conhecido o tempo de *setup* entre os diferentes produtos de uma determinada linha, pode-se determinar o número de *setups* que ocorrerão no período para cada item. Tardin (2001) destaca que se deve atribuir aos itens com maior demanda, mais *setups*, aumentando o nivelamento do item e reduzindo o inventário. Já Peinado (2000) coloca que se deve calcular o ciclo de produção, baseando-se no tempo de *setup* para cada um dos n itens que passam pelo equipamento, chegando-se à equação seguinte:

$$\text{Ciclo de Produção} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Tempo de Setup do item } i)}{\text{Tempo Disponível para Setup no Mês}} \quad (2.7)$$

Tanto Peinado (2000) quanto Tardin (2001) sugerem o uso das faixas verde, amarela e vermelha para garantir o controle visual e transferir o poder para o chão-de-fábrica sobre a decisão de quando, quanto e o que produzir. Ambos definem o total de kanbans como sendo a somatória da quantidade de cartões em cada uma das três faixas:

$$\text{Número Máximo de Cartões Kanban} = \text{Cartões na Faixa Verde} + \text{Cartões na Faixa Amarela} + \text{Cartões na Faixa Vermelha} \quad (2.8)$$

Os autores convergem na proposta do dimensionamento do número de kanbans na faixa verde, definindo-a como o lote de produção, ou seja, a demanda dividida pela frequência de *setups* para um mesmo intervalo. Considerando-se a embalagem, chega-se à equação abaixo:

$$\text{Cartões na Faixa Verde} = \frac{\frac{\text{Demanda no Período}}{\text{Número de Setups no Período}}}{\text{Capacidade da Embalagem}} \quad (2.9)$$

No dimensionamento da faixa amarela e vermelha há uma diferença conceitual entre Peinado (2000) e Tardin (2001). Peinado (2000) assume que a faixa amarela representa o estoque de segurança e que a vermelha corresponde ao tempo de reposição, enquanto Tardin (2001) propõe exatamente a inversão destas definições.

Desta forma as equações, segundo Peinado (2000), para as faixas amarela e vermelha são:

$$\text{Cartões na Faixa Amarela} = \frac{\text{Estoque de Segurança}}{\text{Capacidade da Embalagem}} \quad (2.10)$$

$$\text{Cartões na Faixa Vermelha} = \frac{\text{Demanda} \times \text{Tempo de Reposição}}{\text{Capacidade da Embalagem}} + 1 \quad (2.11)$$

O tempo de reposição é definido como valor do ciclo de produção (Equação 2.7) diminuído do tempo de fabricação da quantidade de peças que compõe o lote de retirada e da quantidade de peças contidas em uma embalagem, ou seja:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de Reposição} = \\ \text{Ciclo de Produção} - (\text{Lote} - \text{Capacidade da Embalagem}) \times \text{Tempo de Ciclo} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Tardin (2001), por sua vez, propõe para retiradas niveladas, que as faixas vermelha e amarela devem ser calculadas como sendo:

$$\text{Cartões na Faixa Vermelha} = \frac{\frac{\frac{\text{Demanda no Período do Item}}{\sum_{i=1}^m \text{Demanda no Período}} \times \frac{\text{Horas de Segurança}}{\text{Consumo Horário Cliente}}}{\text{Capacidade da Embalagem}}} \quad (2.13)$$

$$\text{Cartões na Faixa Amarela} = \frac{\frac{\frac{\text{Demanda no Período do Item}}{\sum_{i=1}^m \text{Demanda no Período}} \times \frac{\text{Lead Time em Horas}}{\text{Consumo Horário Cliente}}}{\text{Capacidade da Embalagem}}} \quad (2.14)$$

onde o m representa demanda de todos os m clientes que consomem o item. Tem-se ainda o *lead time* é denotado por:

$$\begin{aligned} \text{Lead Time} = & \\ & \text{Tempo Fila} + \text{Tempo Produzir uma Embalagem} + \text{Tempo Transporte} + \\ & + \text{Intervalo entre Entregas} + \text{Setup} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Peinado (2000), ao contrário de Tardin (2001) coloca que as equações propostas podem ser estendidas para o dimensionamento do kanban externo. No entanto alguns passos anteriores têm de ser levados em consideração:

- Redução do número de fornecedores;
- Redução dos lotes de entrega;
- Eliminar contagens e inspeção no recebimento;
- Contratar transportadoras confiáveis.

As publicações mais recentes consultadas sobre dimensionamento de kanban buscam resolver soluções através da simulação e algoritmos sofisticados.

Vergara *et al.* (2002) propõem um sistema puxado que busca a sincronização da cadeia de suprimentos através da utilização de um algoritmo evolucionário. A abordagem avalia simultaneamente o custo de transporte e a programação de múltiplos níveis da cadeia.

Shahabudeen *et al.* (2002) avaliam o tamanho do lote e a quantidade de cartões kanban tendo como objetivo a redução do tempo de escoamento e das filas no chão-de-fábrica. Um modelo de kanban de um cartão é simulado, buscando-se uma solução que seja compatível com os dois critérios estabelecidos. Diferentes tipos de perturbações foram simuladas e a metodologia de cálculo mostrou-se, segundo os autores, capaz de lidar eficientemente com múltiplos cenários.

Tardif & Maaseidvaag (2001) desenvolveram um modelo alternativo de kanban, que define o momento de reposição através de dados como demanda do cliente, nível de inventário, bem como pedidos não atendidos, ou *backorders*. Os autores colocam que o sistema, baseado em

simulações, pode reagir de forma mais eficiente do que o sistema puxado tradicional, quando há variações em torno da demanda média prevista.

Uma investigação sobre meios para determinação do tamanho do lote necessário ao sistema *JIT* é feita por Chan (2001). Observando diversos parâmetros como inventário em processo, taxa de atendimento ao cliente e *lead time* de manufatura, são avaliados modelos de sistemas puxados e sistemas híbridos (puxados e empurrados). Mais uma vez simulações são empregadas para compreender o impacto do tamanho do lote kanban nos sistema.

A Tabela 2.1 mostra uma comparação qualitativa entre os diferentes métodos propostos pelos autores aqui citados.

Tabela 2.1: Comparação entre os modelos de dimensionamento.

Modelo	Autores	Complexidade	Robustez	Custo	Velocidade de Implantação
Equações Desacopladas	Shingo (1989)	Baixa	Baixa	Baixo	Rápida
	Monden (1997)	Baixa	Baixa	Baixo	Rápida
Avaliação de Capacidade	Peinado (2000)	Média	Alta	Baixo	Rápida
	Tardin (2001)	Média	Alta	Baixo	Rápida
Simulação	Vergara <i>et al.</i> (2002)	Alta	Alta	Alto	Lenta
	Shahabudeen <i>et al.</i> (2002)	Alta	Alta	Alto	Lenta
	Tardif & Maaseidvaag (2001)	Alta	Alta	Alto	Lenta
	Chan (2001)	Alta	Alta	Alto	Lenta

A complexidade objetiva comparar os métodos quanto à dificuldade de se elaborar o modelo matemático para dimensionamento do supermercado. A velocidade de implantação está relacionada com a dificuldade de obtenção dos dados para construção do modelo. O custo pode ser visto como uma consequência direta da complexidade de da velocidade de implantação. A elaboração e coleta de dados pode requerer maior tempo ou mão-de-obra com maior qualificação, implicando então em maior custo no projeto.

A robustez deve ser entendida como sendo a capacidade da solução gerada pelo modelo de suportar variações nos parâmetros de projeto (Suh, 2001). A atribuição dada quanto a robustez de cada um dos modelos propostos baseia-se na aplicação pelo autor de cada um dos métodos em diferentes casos.

Os métodos apresentados por Shingo (1989) e Monden (1997) mostraram-se os mais simples e sua capacidade em se adequar aos diferentes casos é baixa. O modelo sugerido por Monden (1997) tem boa aplicabilidade em boa parte dos casos para dimensionamento do kanban de retirada. Sua simplicidade permite que sejam aplicados rapidamente, não necessitando de mão-de-obra especializada para tratar do problema. A simplicidade do modelo prejudica a qualidade do resultado, gerando soluções de baixa robustez.

Os modelos relacionados com simulação são extremamente complexos e de repetibilidade questionável na maioria dos ambientes fabris brasileiros. A construção destes modelos é lenta e requer pessoas altamente especializadas para assegurar o resultado. Além disso, o chão-de-fábrica evolui em velocidade alta, necessitando que sejam realizadas reestruturações constantes para assegurar a validade do modelo.

Por sua vez, os métodos relacionados com avaliação de capacidade mostraram-se robustos e flexíveis, podendo ser aplicados no dia-a-dia com uso de planilhas de cálculo. Modelos matematicamente simples criados em planilhas eletrônicas permitem gerar retratos satisfatório do chão-de-fábrica, tornando fácil a manutenção do sistema e sua sistematização.

2.6.5. Ganhos Esperados com o Kanban Externo

A aplicação do kanban, como salientado anteriormente, foi a forma encontrada pela Toyota para organizar o fluxo de material dentro de sua fábrica e com os seus fornecedores. Este conceito de regulação do sistema traz conseqüências diretas, que podem ser facilmente mensuradas, como área e custos de transporte, mas também implica em ganhos indiretos, cuja quantificação é mais complexa. Neste segundo grupo incluem-se as reduções da volatilidade da demanda, de custos das áreas de suporte ou ainda visibilidade do inventário (controle visual).

Pretende-se aqui enumerar e explicar alguns destes possíveis ganhos, bem como suas origens. Serão tratados os seguintes pontos:

- Ganhos com mão-de-obra;
- Redução de frete excepcional;
- Liberação de área;
- Redução de inventário.

Zaenglein (2000) coloca que grande parte dos benefícios advindos da implantação do kanban externo somente fica visível ao se atingir uma parcela significativa dos fornecedores operando no sistema.

A produtividade da mão-de-obra é um dos indicadores chave na maior parte das empresas. O controle visual garantido pelo kanban tende a reduzir a falta de material na fábrica, reduzindo então as paradas de linha e conseqüente aumentando a produtividade da mão-de-obra direta.

As operações indiretas estão relacionadas com os processos de recebimento e distribuição do material no almoxarifado. Tais operações sofrerão impactos em proporções diferentes, conforme a característica da fábrica onde ocorre a aplicação do kanban.

A atividade de recebimento corresponde em direcionar um caminhão até a doca, definir a prioridade para descarga e conferir o material, registrando o recebimento físico no sistema ERP.

A organização e operação balanceada estão diretamente associadas ao planejamento e nivelamento do trabalho. A informação antecipada sobre o envio de material é essencial no caso de plantas com múltiplas docas, o que usualmente é feito através de um aviso de embarque (ASN).

O kanban externo contribui para disciplinar os fornecedores e nivelar o recebimento, facilitando a alocação de recursos no recebimento.

Um dos problemas existentes com sistemas *ERP* é a manutenção acurada dos dados, o que faz necessário a adoção de inventários rotativos ao longo do mês para controle do material

comprado. A imprecisão nos dados do sistema impacta diretamente no cálculo do *MRP*, acarretando em desbalanceamento do inventário. Atingindo-se a maturidade no controle dos cartões kanban ao longo do circuito, torna-se possível que o inventário seja feito apenas contando-se cartões no quadro e as requisições de reposição passam a ser feitas apoiadas em informações físicas, e não mais eletrônicas.

O processo de distribuição corresponde a deslocar para os supermercados e almoxarifados o material descarregado dos caminhões.

Com a padronização do tamanho do estoque, torna-se possível alocar áreas específicas no almoxarifado para um certo fornecedor. Com uma localização pré-determinada, a distribuição do material após o recebimento tem seu tempo reduzido.

No caso da utilização de coletas do tipo *milk run*, é interessante que o *layout* do supermercado seja disposto de forma a garantir que as áreas destinadas aos materiais de fornecedores que usem a mesma rota estejam próximas para minimizar o trajeto do almoxarife durante a distribuição.

Os custos de transportes em geral tendem a aumentar na maioria dos casos onde o kanban externo é aplicado (Dong *et al.*, 2001). Os fatores que influenciam no custo do frete são mostrados na figura seguinte.

A implantação do kanban externo implica no aumento da frequência de entregas e conseqüentemente na redução da quantidade do material transportado, implicando no aumento do custo padrão de transportes.

Por outro lado, como as quantidades recebidas são menores, torna-se possível restringir o uso de empilhadeiras, poupando-se assim aluguel ou depreciação de equipamento de movimentação, além de área de corredor.

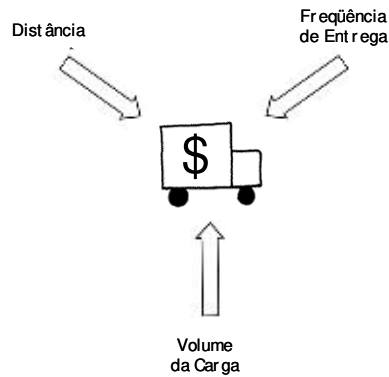


Figura 2.13: Variáveis que influenciam diretamente o custo do transporte.

Para se obter uma melhor utilização da capacidade de transporte dos caminhões duas ações podem ser tomadas objetivando-se o controle dos custos de transportes.

O primeiro fator, anteriormente já citado é o nivelamento da produção para dar estabilidade a utilização dos veículos usados. O outro ponto para reduzir o impacto do transportes é a aplicação do sistema de *milk run* ou de consolidação de carga. Mais detalhes serão tratados adiante durante a proposição da metodologia de implantação.

Embora seja esperado que o custo de transporte aumente, por outro lado, deve-se obter uma redução nos custos de fretes excepcionais. Isso pode ser justificado pelo controle visual, que manterá a informação sobre o nível de estoque de material acessível a todos e os fretes para coleta de material em falta deverão deixar de ocorrer, exceto em caso de falta de disciplina ou de manutenção no dimensionamento do kanban.

Provavelmente o ganho mais esperado por todos que implementam o sistema kanban, seja internamente ou com os fornecedores, é a redução do nível de inventário. Resultados significativos podem realmente ser obtidos, desde que se entenda que o kanban é um instrumento suportado por itens como aumento da frequência de entregas e nivelamento da produção. Uma visão holística do sistema Toyota é essencial para se atingir uma redução real.

Um dos principais benefícios do kanban é assegurar a estabilidade do inventário. Transforma-se uma variável que habitualmente encontra-se fora de controle em uma variável

controlada, com limites de mínimo e máximo claramente definidos, conforme ilustrado na figura seguinte.

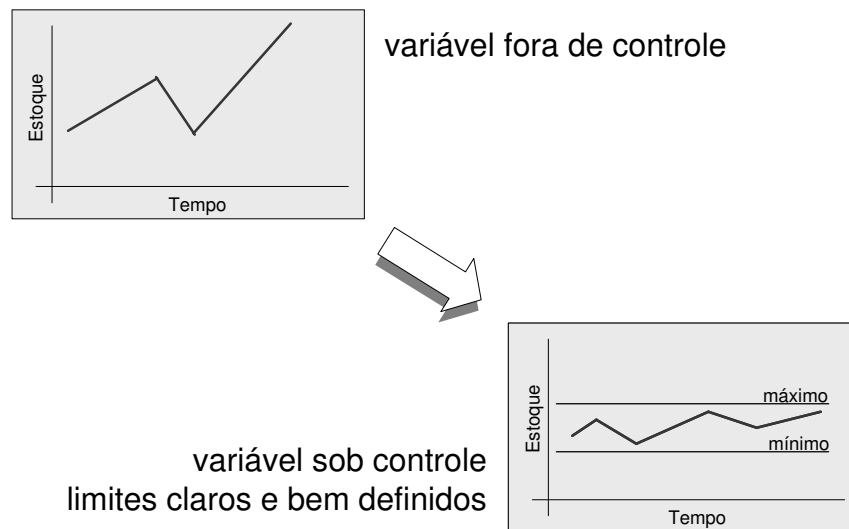


Figura 2.14: Migrando do sistema tradicional para o sistema puxado.

O estoque máximo é ditado pela quantidade total de cartões e o limite mínimo é definido pela faixa vermelha.

A padronização do inventário no chão-de-fábrica traz como consequência a eliminação de uma série de desperdícios vinculados ao excesso de material. Ohno (1997) coloca que inventário desnecessário gera necessidade de mais área e infra-estrutura de armazenamento, mais funcionários e equipamentos para movimentar as peças.

O segundo benefício do estoque estar controlado é que se pode trabalhar para reduzir o estoque de segurança. Após o sistema kanban externo entrar em regime, chega-se a um processo em que se dispõe de alta confiabilidade logística tornando a redução do estoque de segurança permanente.

Os ganhos listados podem ser colocados como aumento da capacidade de gestão do estoque. A quantificação do ganho não é simples, mas pode ser traduzida em ações do dia-a-dia como a redução do tempo de resposta que um empilhadeira necessita para localizar o item procurado, ou a redução de desabastecimentos devido à dificuldade de se encontrar material.

Deve-se citar a capacidade de identificar desbalanceamentos, ou seja, itens em excesso ou falta, evitando parada de linha.

2.7. Considerações Finais

Neste capítulo estabeleceu-se uma conexão entre a mentalidade enxuta e o projeto da cadeia de suprimentos, abordando-se tendências e a criação de vantagens competitivas sustentáveis.

Um detalhamento sobre metodologias de dimensionamento de supermercados kanban foi apresentada, dando elementos que suportem a construção de um modelo de implantação de kanban com fornecedores, tópico que será abordado no capítulo seguinte.

Capítulo 3:

Metodologia para Implantação de Kanban Externo

3.1. Visão Geral e Lançamento do Projeto

O presente capítulo tem como objetivo apresentar um modelo de integração da cadeia de fluxo de valor através de um sistema de abastecimento baseado no kanban externo.

Pode-se definir um projeto como uma atividade temporária que tem como resultado uma criação de um produto ou serviço único (Project Management Institute, 1996). Dentro desta visão a implantação do kanban é um projeto, pois tem prazo definido para implantação e leva a alteração de um processo de negócio interno, que é a administração da aquisição de materiais produtivos.

Aqui não será proposto um cronograma para implantação, pois a duração de cada um dos passos que serão descritos, está diretamente ligada a complexidade do sistema abordado, tornando uma generalização difícil de ser alcançada.

A equipe de projeto envolvida deve ter característica multifuncional. A Figura 3.1 mostra os participantes do time.

A existência de uma ou mais diretorias patrocinando o projeto é essencial, ponto que é fortemente citado na literatura consultada (Womack & Jones, 1996; Ohno, 1997; Peinado, 2000). Comumente há resistência de indivíduos, que podem comprometer ou inviabilizar o progresso do projeto, especialmente pelo fato da redução de estoque deixar mais evidentes as ineficiências do sistema.

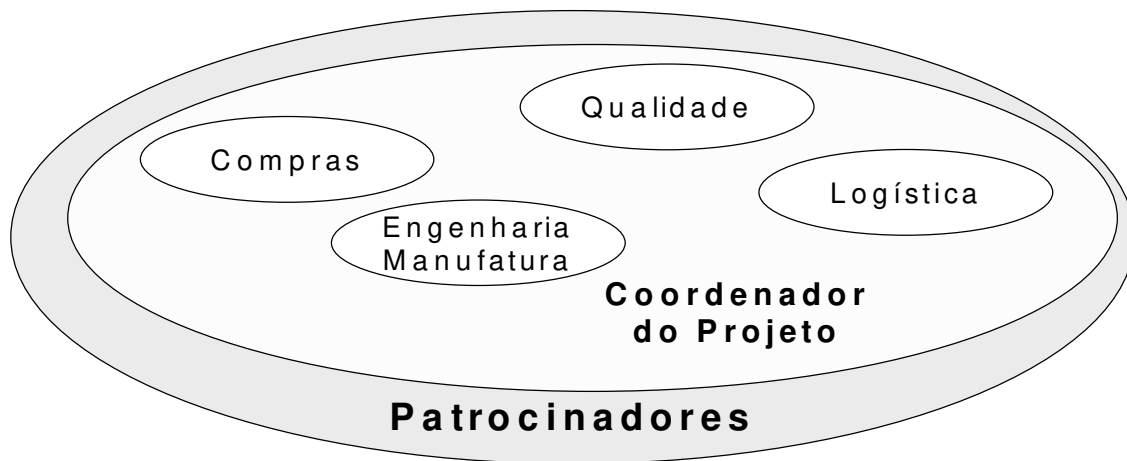


Figura 3.1: Envolvidos na equipe de projeto.

Faz-se necessária ainda a figura de um coordenador de projeto, que deve possuir conhecimento sobre manufatura enxuta e pode ser considerado um coordenador para gestão da cadeia de fluxo de valor. Rother & Shook (1998) descrevem as características do coordenador:

- Responder diretamente à diretoria (patrocinadores);
- Capacidade de trabalho em grupo;
- Direcionar a elaboração do estado atual, do estado futuro e do plano de ação para transformação;
- Monitorar as atividades da implantação e redesenhar o plano de ação;
- Estar presente no dia-a-dia;
- Ter como maior prioridade a implantação.

Os outros integrantes do grupo são os membros dos departamentos de Logística (Planejamento e Controle de Produção), de Compras, Engenharia Industrial e de Qualidade. Este time deverá passar por algumas etapas para atingir o objetivo de implantar o kanban externo.

A Figura 3.2 descreve de forma simplificada os principais passos envolvidos no projeto.

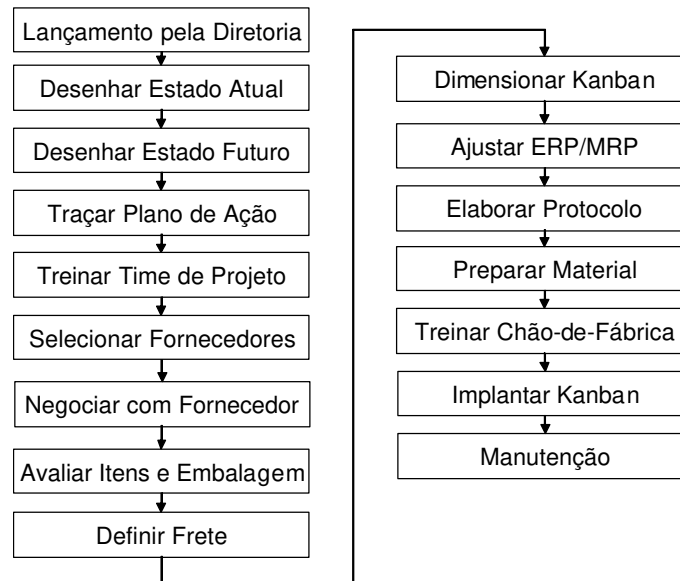


Figura 3.2 Processo de implantação de kanban externo.

O primeiro passo mostrado no fluxograma é a lançamento do projeto pela diretoria (patrocinadora), questão que foi abordada neste tópico. Ao longo do presente capítulo o restante do processo de implantação será visto em detalhe, buscando-se abranger aspectos relevantes para o sucesso do projeto.

3.2. Traçando o Estado Atual, o Estado Futuro e Definindo Indicadores

Para se obter uma visão sistêmica da fábrica é necessário que se compreenda tanto o fluxo de material como o de informações através do mapeamento do fluxo de valor.

Neste momento cabe ao coordenador do projeto, entrevistando os colaboradores das diversas áreas, encontrar pontos críticos que deverão ser atacados e considerados na elaboração do estado futuro. Busca-se aqui compreender o fluxo ao longo da cadeia e criar mecanismos de puxar quando há limitações à continuidade do fluxo.

Tanto a literatura sobre mapeamento de fluxo de valor (Rother & Shook, 1998; Hines & Taylor, 2000; Duggan, 2002; Tapping *et. al*, 2002) como a de macro mapeamento (Jones & Womack, 2002) definem como primeiros passos a escolha de uma família de produtos e depois de um componente para serem mapeados.

Dentro desta proposta de alteração do método tradicional, definido o fornecedor, ficam estabelecidos quais serão os itens tratados. Verificam-se então as estruturas de produto, identificando onde ele encontra. Definido o produto que será mapeado, inicia-se seguindo o procedimento brevemente descrito abaixo:

- Identificação do cliente e características ligadas a ele como demanda e embalagem;
- Levantar os processos pelo qual o produto passa tomando nota dos tempos de ciclo, de troca de ferramenta, rejeito, número de operadores e estoque em processo;
- Incluir o cliente e a peça já escolhidos, identificando as características do frete (CIF, FOB, entrega direta, *milk run*, frequência de entrega), o volume comprado mensalmente e a embalagem atual.
- Definir como são enviadas as previsões de compras e pedidos de entrega;
- Estabelecer os fluxos de informação e de material para o abastecimento entre o almoxarifado e a produção.

Ao se traçar o estado atual de uma fábrica com características de produção em massa se encontrará habitualmente um sistema empurrado com uma lógica semelhante a mostrada na Figura 3.3.

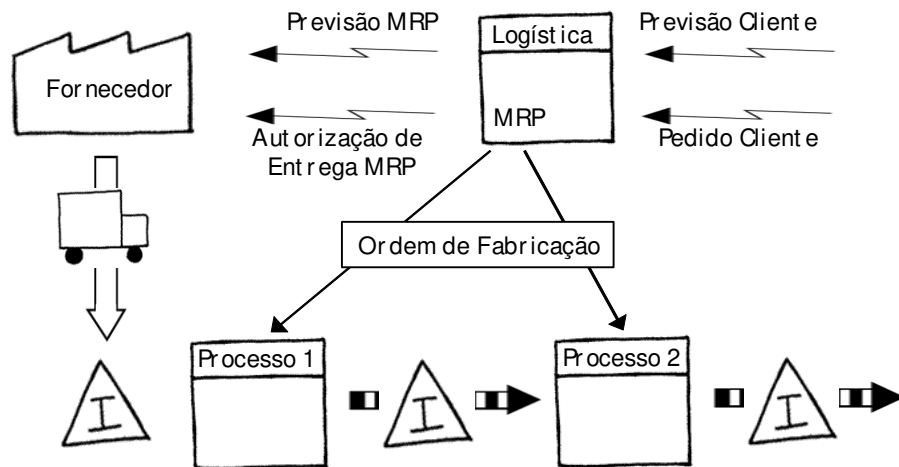


Figura 3.3: Mapa parcial do estado atual empurrado.

Nestes casos tipicamente o departamento de Logística recebe a previsão de compras do cliente com um horizonte de meses. Em uma base diária ou semanal, as previsões se transformam em pedidos confirmados. Os dados da previsão são utilizados para abastecer o MRP, que então calcula as necessidades de produto acabado e a explode para os componentes usando a estrutura de produto e o roteiro de fabricação. Geram-se assim as ordens de compra. Dentro de um certo horizonte, tais ordens são pedidos firmes, autorizando entregas. Fora deste horizonte estão as ordens de compras não confirmadas, que se constituem em previsões de demanda.

O fornecedor realiza suas entregas conforme as ordens de compra são autorizadas a cada rodada do MRP.

Devido à incompatibilidade entre as previsões e a demanda real o uso do sistema de empurrar torna o inventário uma variável difícil de ser controlada e a volatilidade da demanda cresce. Tem-se ainda o poder de decisão centrado em um número limitados de pessoas, que podem ser sobrecarregadas ou serem vítimas de imprecisão de dados do sistema.

Ao se desenhar o mapa do fluxo de valor do estado futuro o foco deve ser em reduzir este tipo de problema. Um mapa parcial é mostrado na Figura 3.4.

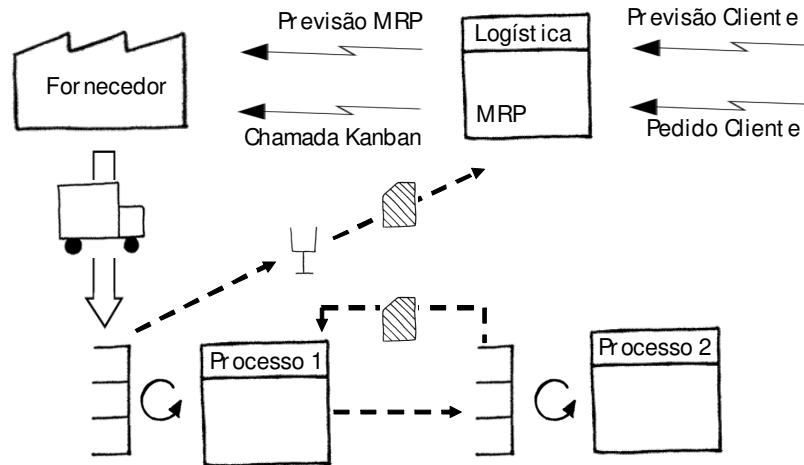


Figura 3.4: Mapa parcial do estado futuro puxado.

O MRP continua sendo necessário, mas como instrumento para gerar previsões, em vez de autorizações de entrega. A previsão servirá para orientar o fornecedor na aquisição de material e no dimensionamento de sua capacidade, seja de equipamento, seja de mão-de-obra. O objetivo aqui deve ser recalculer e enviar as necessidades aos fornecedores com a mesma base em que os clientes as enviam para evitar que haja amplificação na variação da demanda.

Os pedidos no dia-a-dia passam a ser controlados por cartões kanban, que tem como função padronizar e controlar o inventário.

O abastecimento de linha está diretamente ligado à logística externa. Um abastecimento acíclico pode levar a um acúmulo de material na linha e gerar necessidades irreais e aumento de inventário. Desta forma a lógica aqui tem que avaliada com cuidado em cada caso.

Tendo-se em mente o caminho que será seguido através de um plano de ação, é papel do coordenador do projeto treinar o time envolvido. O treinamento deverá incluir tópicos como:

- Definição de manufatura enxuta;
- Conceitos de desperdício e valor;
- Metodologia para realizar o mapeamento de fluxo de valor;

- Programação empurrada e de puxada
- Passos para transformação.

É interessante notar que a implantação nasce como um resultado dos mapas de fluxo de valor atual e do futuro (Rother & Shook, 1998).

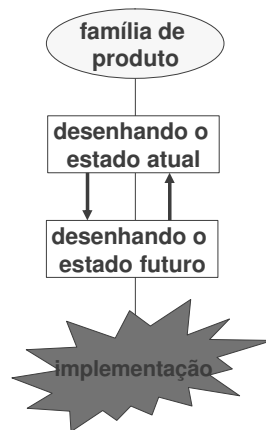


Figura 3.5: Do mapa do estado atual à implementação (Rother & Shook, 1998).

Por fim, antes de se iniciar a avaliação dos itens dos fornecedores selecionados é importante que a equipe estabeleça de comum acordo indicadores para mensurar o andamento do projeto. Alguns indicadores que podem orientar o time ao longo do projeto são:

- Porcentagem do volume de compras abrangido pelo projeto;
- Giro de inventário;
- Área de armazenagem;
- Inventário em processo;
- Despesa com frete excepcional;
- Horas de linha parada por falta de componentes.

Os indicadores sugeridos são fundamentais para que se tenha um acompanhamento do *status* do projeto, apurando-se os resultados obtidos.

Estabelecida uma linguagem e um objetivo comum mensurável, dá-se início a próxima fase do projeto.

3.3. Selecionando os Fornecedores

A decisão sobre quais os fornecedores serão envolvidos no programa é um dos primeiros e mais importantes passos para o sucesso do projeto.

O controle do kanban mostrará resultados mais efetivos no controle de itens com maior valor agregado e de rotatividade mais alta, como salientam Roy & Guin (1999). Uma abordagem inicial do quadro de fornecedores pode ser feita através de um gráfico de volume de compras (capitalizado). Um resultado típico desta análise mostrado abaixo na Figura 3.6.

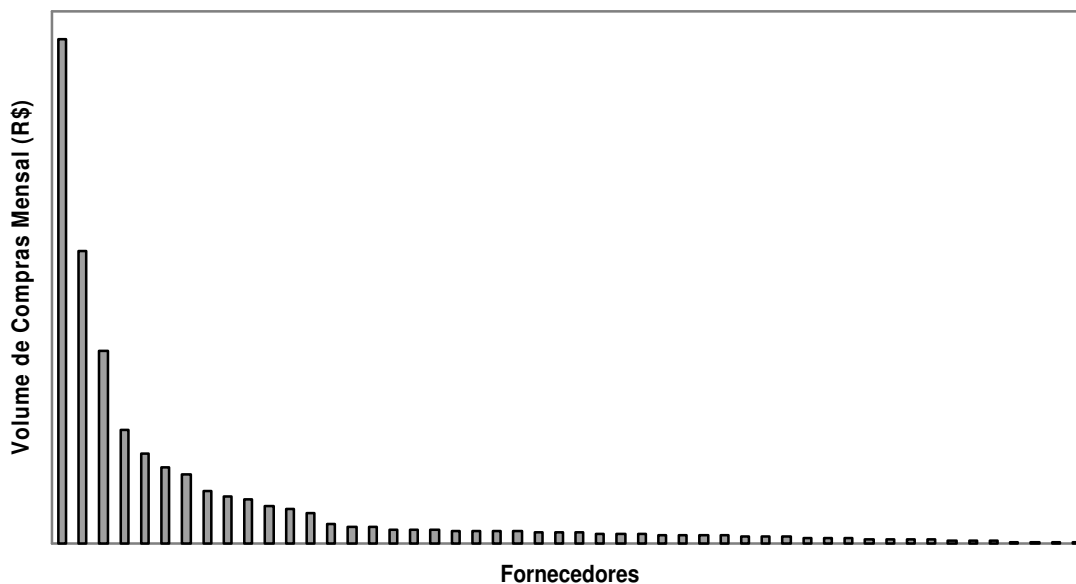


Figura 3.6: Comportamento típico do volume de compras por fornecedor.

Pode-se notar que tipicamente um pequeno número de fornecedores corresponde à maioria dos gastos como compras de materiais produtivos. Desta forma, tem-se que aproximadamente 20% dos fornecedores correspondem a 80% do volume comprado.

Define-se então o grupo de fornecedores abrangidos pelo programa. Além do critério financeiro, outros fatores podem ser considerados conforme a característica de cada fornecedor e tipo de material. Entre estes podem ser citados:

- Alto custo de inventário;
- Área ocupada pelo material;
- Problemas de acuidade de estoque.

Todo o time deve ter em mente que o objetivo fundamental da integração com os fornecedores é eliminar desperdícios ao longo da cadeia de valor. Dentro desta lógica a escolha pelos primeiros fornecedores preferencialmente deve começar pelas empresas que já aplicam os conceitos da manufatura enxuta. A integração de duas empresas aplicando a mesma abordagem para o sistema de produção potencializa o ganho para ambos os lados, criando uma relação de mútuo benefício.

Para os fornecedores selecionados é necessário que se faça um estudo detalhado para que se estabeleça um plano de ação que será abordado no próximo tópico.

3.4. Definição de Itens Kanban e Itens de Disparo

Definidos os fornecedores que serão primeiramente abordados no projeto, faz-se necessário um estudo das características da demanda de cada um dos itens. Como foi salientado anteriormente, na aplicação do kanban necessita-se que o consumo esteja nivelado, não havendo bruscas variações no consumo. Embora Monden (1997) e Aggarwal (1985) coloquem que o

sistema é capaz de absorver variações de até 10%, este valor pode ser maior ou menor conforme a utilização da capacidade dos equipamentos do fornecedor e sua capacidade de nivelamento.

Uma forma prática e segura de se definir o comportamento da demanda de um item é uma análise das notas fiscais de compra. A informação das previsões no sistema tem confiabilidade questionável, ao contrário das notas, que por serem um documento fiscal são controladas com rigidez. A maioria dos sistemas ERP é capaz de gerar arquivos, por meio de consultas (*queries*), contendo as notas recebidas para um determinado período. Devido às instabilidades econômicas e às variações de programa, recomenda-se consultar o departamento de Logística para estabelecer o período em que serão coletados os dados. Os campos que deverão ser obtidos com a consulta são:

- Número da nota fiscal;
- Código do fornecedor
- Descrição do fornecedor
- Data de emissão da nota;
- Data de entrega da nota;
- Código do item;
- Descrição do item;
- Unidade (peças, milheiro, quilograma);
- Quantidade de unidades para o item na nota.
- Valor total do item na nota (unidade monetária).

Estes dados podem facilmente ser importados para uma planilha. Duas variáveis devem ser checadas para o período definido: volume de compras em unidades e frequência de entregas.

É recomendável que a análise seja feita por família de itens comprados para que se tenha uma mesma base de comparação. Para uma família sabe-se por meio do Departamento de Compras qual o lote mínimo exigido pelo fornecedor.

Além da referência de lote mínimo é interessante que se tenha em mente o montante de compras e o custo de frete praticado.

Em um estudo recente do BNDES (2001) algumas informações interessantes sobre frequência de entrega dos fornecedores de segundo nível para os fornecedores de primeiro nível na indústria automobilística brasileira. O resultados são mostrados na tabela seguinte.

Tabela 3.1: Frequência de entrega do principal fornecedor nas de autopeças (BNDES, 2001).

Frequência	% Relativa
Mais de uma vez ao dia	5
Diária	22
Semanal	50
Quinzenal	10
Mensal	7
Irregular	2
Outros	3

Pode-se constatar que a metade dos membros da cadeia automotiva recebe material dos seus fornecedores semanalmente. Será usado como referência este número para a análise.

Um gráfico de volume de compras em unidades pela frequência de entrega ajudará no estudo.

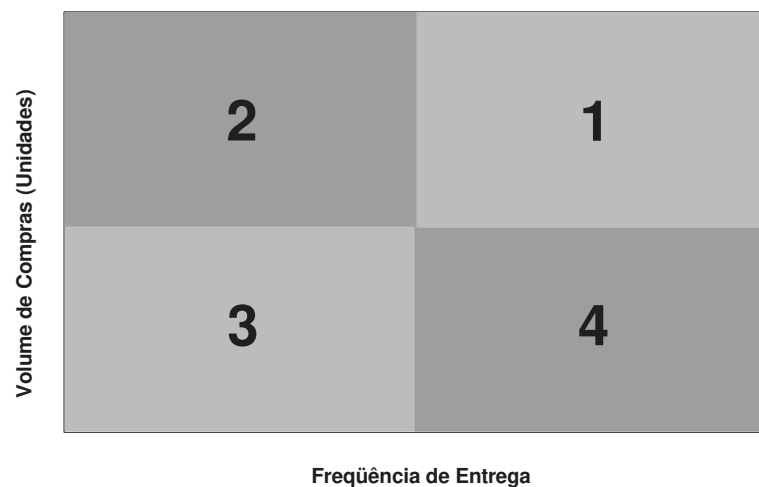


Figura 3.7: Avaliação da demanda dos itens de uma família para um fornecedor.

Para facilitar o entendimento da análise é importante identificar os padrões dos itens nas diversas regiões do gráfico, motivo que levou a se identificar os quatro quadrantes através de dois parâmetros.

No primeiro quadrante (alto volume e alta frequência) encontram-se os itens ideais para aplicação do kanban. Aproximadamente 60% do setor de autopeças realizam entregas ao menos diárias de seus principais produtos (BNDES, 2001). Pode-se afirmar que os itens filho destes produtos são aqueles que se encontram nesta região do gráfico.

No terceiro quadrante (baixo volume e baixa frequência) têm-se os itens que devem ser programados por kanban de disparo. Uma terceira variável precisa ser avaliada, que é a oscilação da demanda.

Para os itens com demanda estável o procedimento recomendável é o uso do MRP, tomando cuidado na parametrização do estoque de segurança e dos *lead times* de produção internos e externos.

Os itens de consumo irregular estão ligados na maioria das vezes ao mercado de reposição (*after-market* ou peças e acessórios) ou exportação. Ambos aceitam maiores *lead times* de entrega e conseqüentemente manter material em estoque é um custo que usualmente pode ser evitado. Desta forma a solução é programar o fornecedor conforme pedidos fechados, respeitando os *lead times* de produção envolvidos na cadeia.

O segundo quadrante (alto volume e baixa frequência) e o quarto (baixo volume e alta frequência) não devem, em condições normais, conter itens. Um item no segundo quadrante significa custo de estoque excessivo, enquanto a presença no quarto quadrante acarreta aumento no custo de frete.

3.5. Procedimento para Padronização de Embalagens

A implantação do kanban exige que o número de peças por contenedor esteja rigorosamente padronizado. Usualmente a questão das embalagens em que o fornecedor envia suas peças é renegada, acarretando uma série de desperdícios ao longo do sistema de produção.

Em termos gerais deve-se dar preferência a embalagens plásticas pequenas e ao defini-las, a logística interna e o posicionamento do material no posto de trabalho devem ser observados.

A opção por embalagens de plástico se justifica pelos seguintes fatores:

- É reutilizável imediatamente, reduzindo custos e *lead time*;
- Pode ser lavada, garantindo seu uso prolongado;
- Está em conformidade com a norma ISO 14000;
- Não precisa de esforços extras para abertura que poderiam danificar o material.

Quanto a opção inicial por embalagens pequenas, pode-se justificar por serem:

- Eliminam necessidade investimentos em empilhadeiras e equipamentos para movimentação de material;
- Reduz as dimensões dos corredores, ganhando-se área;
- Evitam o transbordo de material de uma embalagem para outra para o abastecimento de linha.

Desta forma a opção por embalagens plásticas pequenas pode trazer significativas reduções de desperdício ao longo do processo produtivo. A seguir serão propostos passos básicos para definição da quantidade de peças por caixa a ser adotada.

A primeira etapa para a padronização é a identificação clara da peça que terá a embalagem definida. Informações como dimensões, peso, consumo e um histórico dos problemas ocorridos durante o manuseio são essenciais para o início do trabalho.

Conhecida a peça, a tabela abaixo objetiva classificá-la em uma família, dando uma sugestão inicial de qual embalagem poderá ser usada.

Tabela 3.2: Sugestão de embalagem em função da família da peça (Valeo, 2000).

Família	Exemplo	Embalagem	Método
Peças Pequenas	Parafusos, molas e componentes eletrônicos.		Dispositivos
Peças Comuns	Motor elétrico, chicotes, espumas.	Caixas pequenas	Tamanho máximo da base: 600 X 400mm
Peças Grandes (> 550mm)	Radiador, limpador de vidro.	Caixas alongadas	Largura máx.: 400 mm Compr. máx.: 1200mm
Peças especiais	Barris, bobinas.	Carrinhos (<i>roller</i>)	Garantir largura compatível com corredor
Matéria-prima	Fluidos e grânulos.	Tubulação	---

Definida uma sugestão de embalagem, uma recomendação é que se avaliem as já utilizadas na fábrica para se manter o nível de padronização.

Entender o processo, que consome o item tratado, é a próxima etapa no desenvolvimento da nova embalagem. Entre os fatores que devem ser observados na área cliente estão:

- Garantir que as peças sejam pegas na mesma posição, reduzindo variação no processo;
- Buscar otimizar o espaço a frente do operador para disponibilizar o maior número de peças possível;
- Garantir que a manipulação dos itens respeite a ergonomia;

- Avaliar área disponível para material ao redor da linha;
- Buscar o desacoplamento do trabalho do operador e do abastecimento de linha.

Tendo em mente o impacto que a mudança de embalagem pode trazer ao processo cliente, o número de peças por embalagem há de ser especificado. Os aspectos a serem considerados neste momento são:

- Manterá orientação das peças constantes;
- Avaliar peso total mantendo-o abaixo de 12kg, para que não sejam necessários equipamentos para movimentação;
- Garantir que a autonomia de cada embalagem seja compatível com a área disponível e com a frequência com que se realiza o abastecimento de linha;
- Compatibilizar a multiplicidade da embalagem do componente com do produto do cliente.

Definido o padrão da embalagem é necessário dimensionar a quantidade necessária para garantir que não haja falta de material em função de escassez de embalagens no fornecedor, o que será mostrado nos tópicos seguintes.

3.6. Definição de Transporte e Frequência de Entrega

Realizado um estudo de como se comporta a frequência de entregas para cada um dos itens dos fornecedores envolvidos no projeto, um estudo mais cuidadoso de como será feito o transporte.

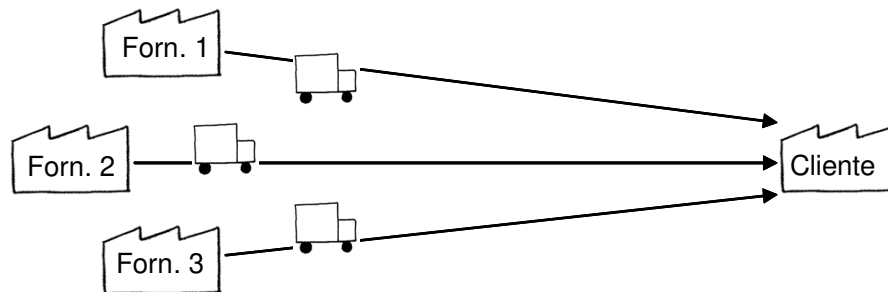
Moura (2000) identifica três possíveis configurações canais de suprimento:

- Direto: o fornecedor entrega o material diretamente na fábrica do cliente;

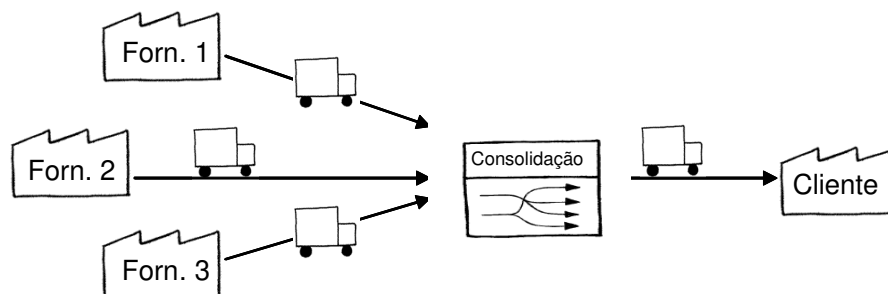
- Consolidação: os fornecedores entregam o material em um centro de consolidação, de onde se faz a entrega ao cliente final;
- *Milk run*: um operador logístico utiliza um veículo, que segue uma rota pré-determinada fazendo a coleta do material em cada fornecedor e depois levando a carga para o cliente final.

Os três canais são ilustrados na figura seguinte.

Direta



Consolidação



Milk run

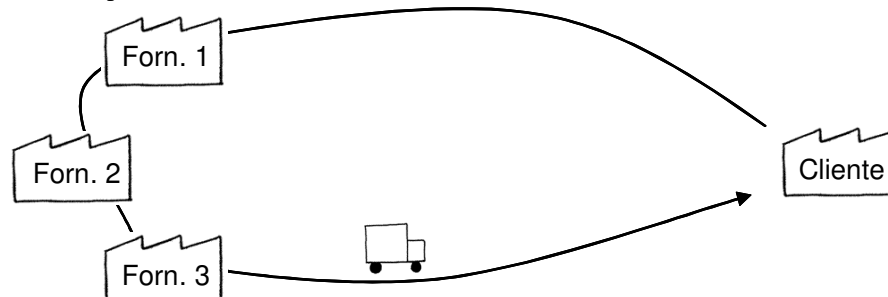


Figura 3.8: Configurações do sistema de transporte (adaptado de Moura, 2000).

Variações das configurações anteriormente apresentadas podem acontecer, mas podem ser representadas a partir das três formas básicas retratadas.

Não se tem como objetivo aqui fazer um estudo para determinação de roteiros e programação de coleta com janelas de entrega, ou ainda um estudo de custos.

Uma análise simples pode ser feita analisando-se os volumes e as distâncias dos fornecedores (Figura 3.8). O transporte direto entre fornecedor e cliente adequa-se as situações onde o volume de material – e conseqüentemente a taxa de ocupação do veículo – é alta. Para volumes menores, deve-se avaliar a distância entre as plantas do cliente e fornecedor. Para pequenas distâncias, o modelo de *milk run* é mais recomendável, ao contrário dos centros de consolidação (montagem), aplicáveis para maiores percursos.

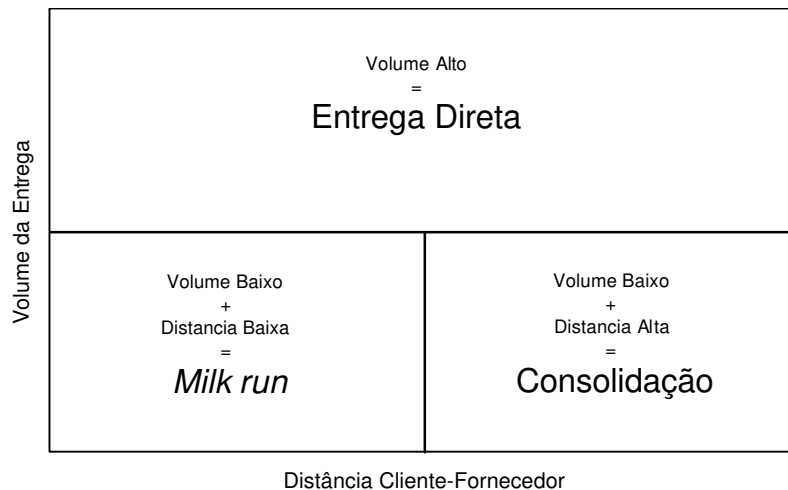


Figura 3.9: Relação volume da entrega e distância do fornecedor.

Como o processo de implantação de kanban requer uma mudança cultural na forma de se programar os fornecedores, num primeiro momento pode-se utilizar a mesma estrutura de transporte disponível. Haverá uma padronização de estoque e uma socialização da informação de necessidades através do kanban, mas se pode garantir que ocorrerá não uma diminuição explícita do inventário.

3.7. Dimensionamento do Kanban Externo

Nos últimos tópicos explicou-se o procedimento para definição de variáveis diretamente relacionadas ao dimensionamento de estoque, ou seja, ao cálculo do kanban externo.

As variáveis utilizadas na determinação do supermercado são:

- Consumo dos itens (peças por mês);
- Frequência de entrega (vezes por mês);
- Padrão de embalagens (peças por embalagem);
- *Lead time* de compras (dias);
- Estoque de segurança (dias).

Dentre os itens listados acima, ainda não se fez referência ao *lead time* e ao estoque de segurança que serão assumidos.

Entende-se por *lead time* de compras o tempo que se deverá aguardar entre o envio do pedido de material ao fornecedor e a disponibilização do mesmo para uso na fábrica do cliente. Inclui o *lead time* do fornecedor, o tempo de trânsito, de recebimento e de inspeção.

Usualmente os tempos de recebimento e de inspeção são muito menores que os de trânsito e do *lead time* do fornecedor. Uma boa estimativa do tempo de trânsito pode ser obtida através das notas fiscais, fazendo-se a diferença entre as datas de emissão e de recebimento. Já *lead time* do fornecedor é função do tempo de resposta e do *lead time* exigido pelo cliente.

O estoque de segurança representa a quantidade de material necessária para se absorver a não-qualidade do processo logístico. Assegurar qualidade logística significa garantir três fatores:

- Material sem defeito (zero defeito);

- Prover a quantidade solicitada (sem desvios de quantidade);
- Prazo de entrega (desvio de *lead time* de compras).

A literatura apresenta diversas metodologias para o dimensionamento do estoque de segurança passando por análises de custo de estoque ou por comportamento da demanda. A maioria destes métodos requer um levantamento de histórico de dados quem nem sempre está disponível ou é confiável. Sua utilização conseqüentemente seria desperdício.

Uma solução para contornar esta restrição é utilizar a experiência dos programadores do departamento de Planejamento e Controle de Produção, que no dia-a-dia enfrentam as variações dos pedidos.

O sistema kanban e todas as outras ferramentas do TPS são apoiadas pelo conceito da melhoria contínua em busca da perfeição. Assim sendo, havendo uma manutenção do sistema kanban, o valor do estoque de segurança se ajustará conforme o cenário real e consenso dos envolvidos.

Entendidos todos os parâmetros, pode-se passar à explicação do cálculo. O primeiro passo é a validação da demanda mensal (em peças por mês) obtida pelas notas fiscais. É interessante que se avalie a previsão de consumo dos itens para os próximos meses, validando o valor. Para facilitar a análise é interessante passar a demanda para base diária, conforme mostrado abaixo, dividindo-se pelo número de dias úteis trabalhados no mês.

$$\text{Demanda Diária} = (\text{Demanda Mensal}) / (\text{Dias Úteis no Mês}) \quad (3.1)$$

Segue-se definido o lote de entrega. O lote corresponde à quantidade de peças que serão supridas pelo fornecedor a cada entrega, caso a demanda esteja nivelada. O lote é dado por:

$$\text{Lote de Entrega} = (\text{Demanda Mensal}) / (\text{Frequência de Entrega no Mês}) \quad (3.2)$$

Deve-se ainda definir a resposta, que equivale à quantidade de peças que o processo cliente consome da peça estudada durante o tempo equivalente ao *lead time* de compras. A resposta fica sendo definida como:

$$\text{Resposta} = (\text{Lead Time de Compras}) \cdot (\text{Demanda Diária}) \quad (3.3)$$

De forma similar a determinação da resposta, ocorre a determinação da quantidade de peças correspondentes à segurança. O estoque de segurança que A equação abaixo mostra o cálculo:

$$\text{Segurança} = (\text{Estoque de Segurança}) \cdot (\text{Demanda Diária}) \quad (3.4)$$

As três faixas do kanban são determinadas a partir da segurança, da resposta e do lote de entrega.

A faixa verde, que corresponde ao pedido de material solicitado a cada entrega, é igual ao lote de entrega. O estoque de segurança corresponde à faixa vermelha. A figura abaixo ilustra a evolução do estoque e identifica as faixas e parâmetros aqui citados.

Estas equações funcionam bem quando a demanda é nivelada e o intervalo de tempo entre duas entregas é maior ou igual ao *lead time* de compras.

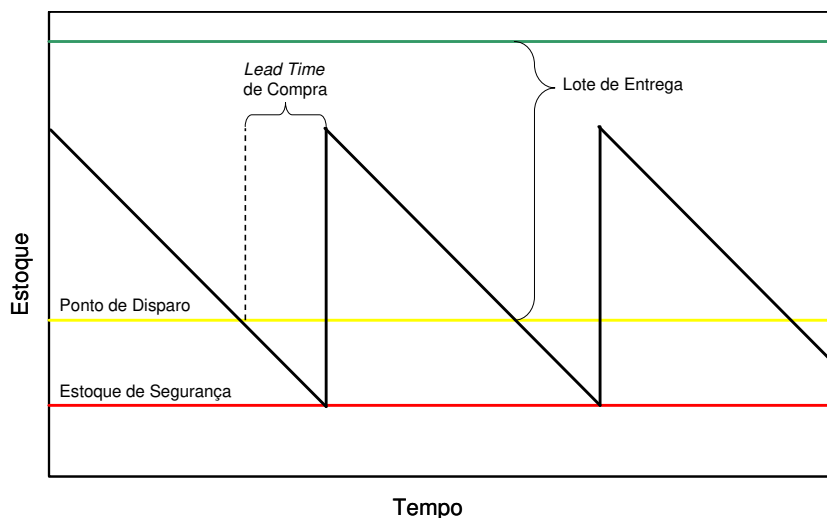


Figura 3.10: Dinâmica e parâmetros do kanban.

O procedimento de cálculo da quantidade de cartões deve continuar transformando as faixas em quantidade de caixas, segundo a embalagem.

$$\text{Faixa Verde} = (\text{Lote de Entrega}) / (\text{Embalagem}) \quad (3.5)$$

$$\text{Faixa Vermelha} = (\text{Segurança})/(\text{Embalagem}) \quad (3.6)$$

$$\text{Estoque Máximo Teórico} = \text{Faixa Verde} + \text{Faixa Amarela} + \text{Faixa Vermelha} \quad (3.7)$$

$$\text{Faixa Amarela} = (\text{Resposta})/(\text{Embalagem}) \quad (3.8)$$

O resultado do cálculo das faixas geralmente não é um número inteiro que possa ser diretamente convertido em número de cartões, fazendo-se necessário um arredondamento. Não é aconselhável que se adote uma regra efetuando sempre os arredondamentos para cima ou para baixo. Um procedimento mais coerente é se avaliar cada faixa e ainda ter em mente o total da parte decimal das três faixas, tentando-se manter o estoque máximo após o arredondamento, próximo do valor teórico. Caso não seja evidente onde um cartão extra deve ser colocado, a preferência deve ser pela faixa vermelha, aumentando o senso de urgência.

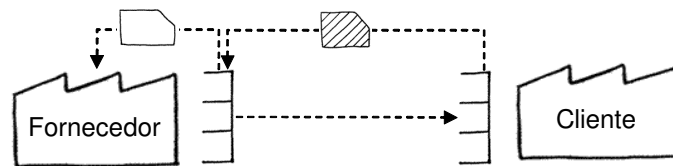
Dois pontos fundamentais a respeito do dimensionamento do kanban externo têm de ser considerados. Primeiramente, as equações apresentadas não atendem à 100% dos casos e o entendimento do conceito por detrás delas é absolutamente fundamental.

Um exemplo onde o significado das faixas pode ser alterado é um caso de um material importado, com *lead time* longo, mas entregas regulares. Supondo um *lead time* de 20 dias e entregas semanais, a quantidade de material na faixa amarela poderia ser o lote de entrega. A faixa verde poderia ser uma quantidade definida para absorver variações. Mesmo com um *lead time* longo, o nível de inventário que deve ser mantido é bem inferior ao que seria obtido pelas equações apresentadas.

O segundo ponto é a respeito da transição do tipo kanban externo (Lima & Favaro, 2003). Em um primeiro momento o modelo que deve ser aplicado é o de kanban de retirada, mas em um segundo momento o método apresentado por Tardin (2001) pode ser aplicado. Neste caso, o supermercado do fornecedor estaria localizado na fábrica do cliente e a programação da produção seria feita a partir de um consumo da linha final, sem necessidade de dois supermercados aumentando o inventário ao longo da cadeia. O faturamento do produto somente é concretizado

quando o material é efetivamente consumido pelo cliente. A figura abaixo diferencia o primeiro estágio deste segundo. Pode-se desta forma, passando para um kanban externo de produção reduzir as principais causas do efeito chicote, como diferença de lotes, variações de parâmetros de programação, atraso no envio da informação ou ainda falta de transparência entre as partes. Usualmente a comodidade que o supermercado em sua fábrica representa ao cliente pode levá-lo a transferir outros negócios para o mesmo fornecedor, deixando assim de ter esforços administrativos, bem como inventário.

Fase 1: Retirada



Fase 2: Produção

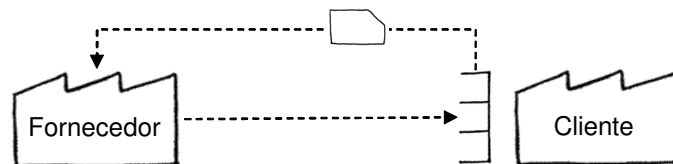


Figura 3.11: Evolução desejada do sistema kanban externo.

Independentemente da fase em que se encontra, faz-se necessário ao implementar o kanban externo adequar o sistema ERP a realidade, assunto que será tratado no tópico seguinte.

3.8. Integrando o ERP ao Kanban Externo

A coexistência de um sistema ERP e do kanban é plenamente possível, mas alguns ajustes, principalmente dos parâmetros, são necessários. Pode-se afirmar que a integração entre os

sistemas integrados e o JIT como uma metodologia de baixa complexidade para combate os desperdícios.

Aqui se proporá um modelo, avaliando os impactos nas transações diárias relacionadas ao fluxo de materiais, bem como no planejamento de necessidades.

3.8.1. Transações Freqüentes

Primeiramente se estudará o fluxo de material ao longo da fábrica e do software ERP. Uma representação simplificada dos processos envolvidos é mostrada na figura seguinte.

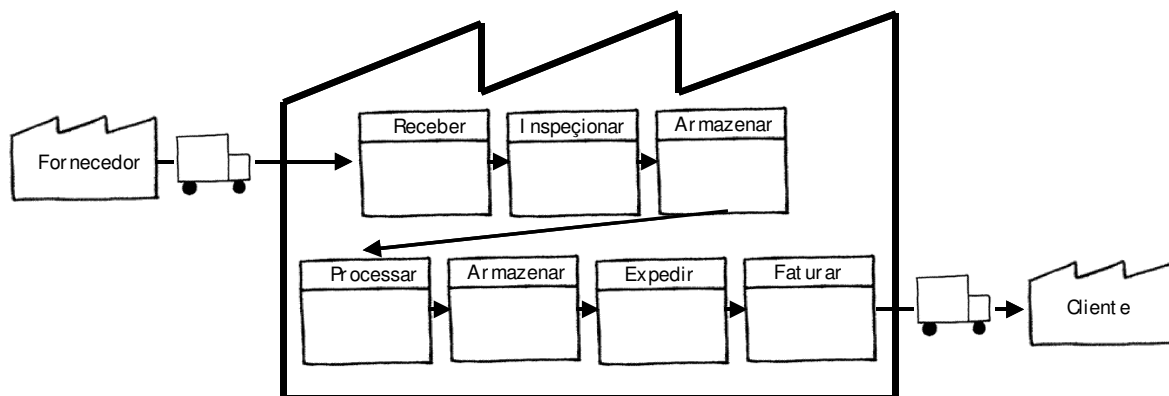


Figura 3.12: Resumo das transações referentes ao fluxo de materiais geridas pelo ERP.

Os dois primeiros processos ocorrem no momento em que o material do fornecedor chega a fábrica. Tratam-se dos recebimentos fiscal e físico, quando se dá entrada da nota fiscal no sistema. O responsável pelo recebimento físico consulta o cronograma de entregas resultante do cálculo de necessidades determinado pelo MRP. A data e quantidade são checadas e a entrada é

realizada se os valores forem compatíveis. Utilizando-se do kanban para solicitar a reposição do estoque, a quantidade solicitada tende a ser diferente da programada pelo MRP.

Usualmente o departamento financeiro verifica com rigor se o volume de compras está adequado e o conceito neste momento é evitar entregas excessivas através do ERP. A solução pode variar de *software* para *software*, mas basicamente uma tolerância é definida através do horizonte de entrega. Define-se que é possível receber as entregas programadas para os próximos dias, conforme parametrizado, aceitando-se uma variação no cronograma.

Criada uma disciplina na operacionalização do kanban, a regulação da entrada de material é feita fisicamente pela quantidade de cartões, eliminando a função do horizonte de entrega. Assim se assume um horizonte mais dilatado para evitar problemas de morosidade no recebimento devido a falta de cronograma de entrega.

Recebido o material, conforme as características de controle de qualidade ele pode sofrer ou não inspeção. Aqui não deve existir interferência causada pela nova metodologia de trabalho. Há sim uma tendência de eliminação da inspeção, na medida em que os fornecedores adeptos da produção enxuta tendem a trabalhar com qualidade assegurada de seus produtos (Peinado, 2000).

Após a inspeção de recebimento o material é transferido para o almoxarifado, passando então a estar disponível para consumo pelos diversos processos produtivos.

Do almoxarifado este material será retirado para abastecer as linhas com frequência alta, de forma a garantir que haja um nível de inventário em processo pequeno e controlado. Procura-se assim garantir que a necessidade de material indicada no quadro kanban tenha maior confiabilidade e que se visualize o consumo de material de forma suave. Para se evitar o aumento do número de transações de transferência de material é recomendável o uso de um procedimento disponível nos sistemas integrados conhecido como baixa automática ou *backflush*.

O *backflush* ocorre ao se reconhecer a entrada de produto acabado, ou de um subconjunto e um determinado almoxarifado. Neste momento o ERP utiliza-se da estrutura do produto e de seu roteiro de fabricação para efetuar a baixa de matéria-prima do almoxarifado, além de contabilizar o custo. Evita-se assim que haja transações para transferência de material para cada um dos

componentes, agilizando assim o fluxo e eliminando-se o excesso de informação, que pode ser considerado como desperdício.

3.8.2. Planejamento de Materiais (MRP)

É importante deixar claro que a implantação do sistema de aquisição de materiais puxada não exclui em momento algum a necessidade de se utilizar um sistema de planejamento de materiais, como o tradicional MRP.

A Figura 3.13 mostra as informações e parâmetros utilizados no cálculo da necessidade de materiais.

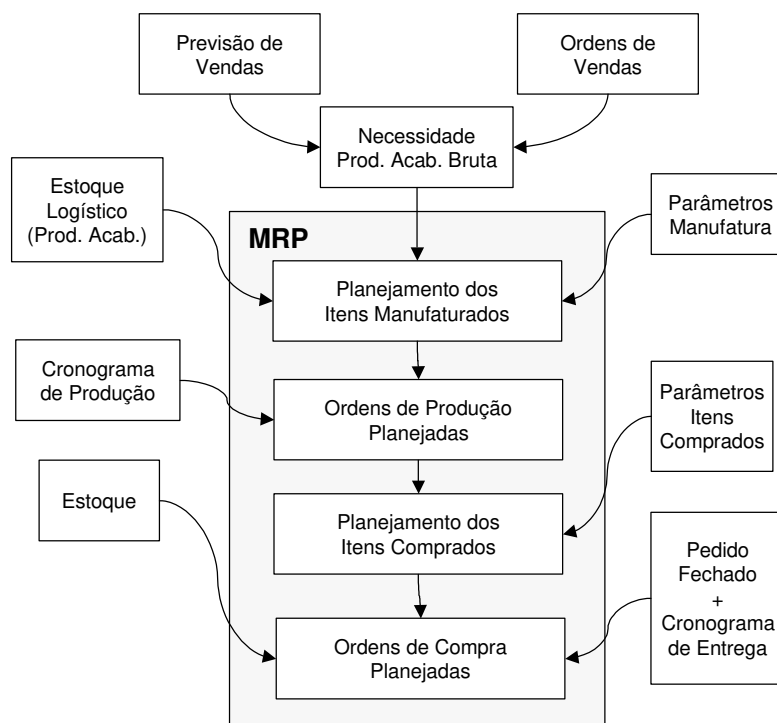


Figura 3.13: Fluxo de informação de um sistema MRP.

Para se efetuar o cálculo das necessidades de itens comprados uma série de parâmetros é utilizada. Tais parâmetros podem estar ligados diretamente ao cadastro do item, ou então ao contrato de compra.

No caso do cadastro de itens, têm-se como parâmetros:

- *Lead Time*;
- Estoque de segurança;
- Tempo de segurança (*safety time*);
- Tamanho do lote ou múltiplos.

O *lead time* deve assumir o mesmo *lead time* de compras mostrado no dimensionamento do kanban. O tamanho do lote deve corresponder a embalagem padronizada durante o mesmo procedimento.

Tanto o estoque de segurança quanto o tempo de segurança devem ser zerados. O tempo de segurança não é considerado no kanban e por isso não precisa ser usado. O estoque de segurança será ditado somente pelo quadro. Como a frequência de entrega é mais alta no sistema *just-in-time*, a previsão bruta para um mês acabará sendo comprada e consumida aproximadamente dentro deste mesmo período. Assim, o estoque de segurança pode ser assumido como nulo.

A vantagem de se deixar o controle da segurança somente no quadro é assegurar uma avaliação e conseqüente atualização mais freqüente deste parâmetro. Manter um valor no sistema significa restringir o controle de estoque de diversos itens a poucas pessoas, o que reduz o dinamismo.

Já para o contrato de compras os parâmetros importantes para programação são:

- Intervalo entre ordens;
- Horizonte firme.

O intervalo entre ordens define o tempo mínimo que deve existir entre duas ordens de compra. Está assim relacionado à frequência de entrega. Também, determinada no dimensionamento do kanban.

Ao se gerar as ordens de compra no MRP pode fixar uma quantidade de dias especificada a partir do dia em que se roda o MRP chamado horizonte firme. Dentro deste período, as ordens geradas na rodada anterior são fixadas. Este conceito objetiva dar estabilidade para os fornecedores, mas na verdade pode gerar amplificação da variação da demanda. Os dados passam a serem menos precisos e prejudicam a qualidade da informação transmitida ao longo da cadeia de suprimentos. Deve-se então zerar o horizonte firme.

Realizando-se as alterações aqui listadas pode-se obter uma integração harmônica entre o sistema MRP tradicional e o sistema kanban.

3.9. Negociação com Fornecedor

Definido como deverá ser o estado futuro do sistema de abastecimento kanban, deve ser iniciada uma negociação interdepartamental entre o cliente e o fornecedor para efetivamente colocar o sistema para operar, bem como para se obter ganhos bilaterais.

Para promover um estreitamento da relação entre cliente e fornecedor, utilizou-se um documento sem fins legais, que objetivava deixar transparente os critérios utilizados na definição do sistema logístico. O Protocolo Logístico é colocado como requisito em algumas auditorias de sistemas logísticos, e tem como objetivo definir e orientar o fluxo físico, bem como de informações, estabelecendo as condições técnicas das entregas entre as partes envolvidas.

O Protocolo não possui caráter jurídico, devendo ser considerado um instrumento que permitirá que cliente e fornecedor possam adotar medidas que aumentem a eficiência do processo logístico.

O Protocolo Logístico abrange os pontos seguintes:

- Dados do Cliente;
- Dados do Fornecedor;
- Previsão de Demanda;
- Chamada Kanban;
- Fluxo de Mercadorias e Embalagens;
- Condições de Programação;
- Desempenho do Fornecedor;
- Protocolo e Auditoria Logística.

Estabelecida uma linguagem comum para definição e melhoria contínua dos padrões logísticos, os departamentos de Compras, Logística e Industrial devem trabalhar juntos durante a negociação com o fornecedor, a fim de serem estabelecidas às condições gerais do projeto.

Após se ter chegado a uma condição final, uma adequação do dimensionamento inicial do kanban deve ser realizada e então se pode preparar a colocação do sistema para operar.

3.10. Organização na Fábrica

A preparação do chão-de-fábrica para iniciar a operação é o último passo na implantação do kanban. É importante neste momento entender qual será o novo fluxo de material e de informação, para que os novos papéis tenham seus responsáveis definidos e treinados.

A Figura 3.14 representa o mapa do fluxo de valor para a configuração proposta.

O abastecimento das linhas clientes deve ser feito de forma sistêmica e estruturado, diversas vezes ao dia. Objetiva-se com isso assegurar o nivelamento das retiradas do supermercado de itens comprados, permitindo uma clara visualização do comportamento da

demanda. O abastecedor, ou almoxarife, ao retirar o material do supermercado tira o cartão kanban da embalagem. O cartão é então encaminhado para o quadro, enquanto a embalagem é colocada em um carrinho ou composição para se efetuar o abastecimento dos clientes internos.

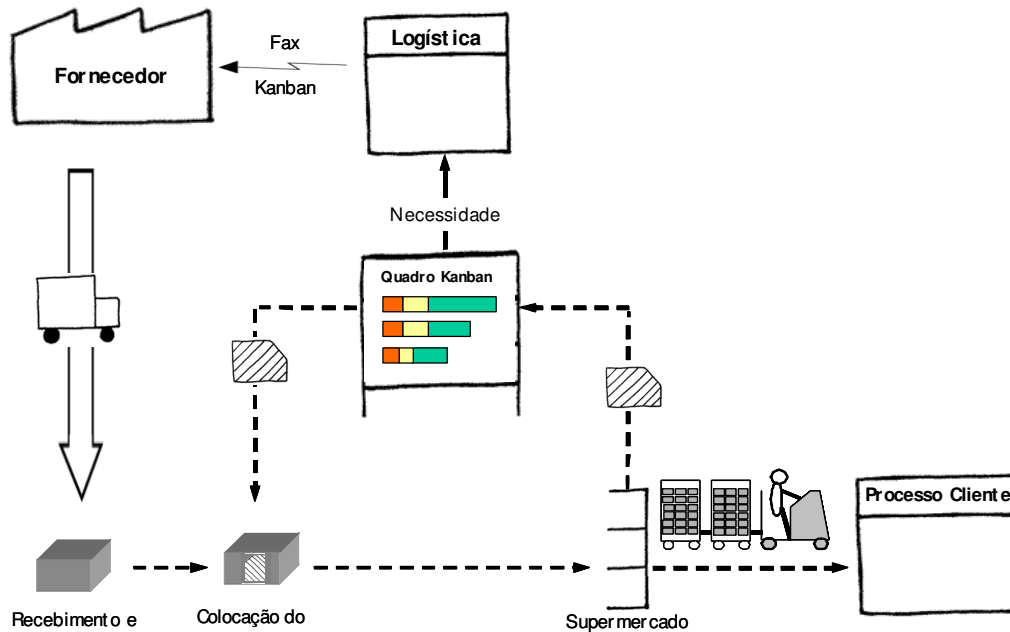


Figura 3.14: Fluxo de materiais comprados com kanban externo.

Outra possibilidade é que o cartão seja retirado da caixa somente no momento em que ela é totalmente consumida na linha. Neste modelo, diferente do mostrado na figura anterior, tem-se um relato mais exato de como o consumo realmente ocorre na linha, porém duas desvantagens podem levar a uma falha do modelo. Uma das características do kanban é a facilidade de auditar o sistema, checando-se o número de cartões e de embalagens no sistema. Na medida em que há cartões tanto no quadro, no supermercado e nas linhas, três locais devem ser checados, tornando mais complexa a verificação da integridade do sistema. Além disso, mais pessoas e maiores trajetos passam a ser percorridos pelo cartão. Adotando esta solução, aumenta-se a possibilidade

de problemas no manuseio. Uma manipulação mais disciplinada é exigida, mesmo por que com mais elementos envolvidos a identificação da causa raiz de uma disfunção é mais lenta.

Estabelecido como será a movimentação do cartão, passa-se a olhar a função do quadro.

O quadro kanban deve ser acompanhado ao longo do dia, a fim de se identificar se existe alguma possibilidade de rompimento no abastecimento devido a variações de qualidade ou de consumo, por exemplo.

O material somente deverá ser solicitado nos momentos estipulados para o disparo, que são determinados fazendo uma contagem para trás a partir do dia definido para entrega, subtraindo-se o *lead time*.

Conhecido o sistema, é interessante que se definam as informações que deverão constar no cartão kanban. A Figura 3.15 mostra um modelo de cartão com as principais informações que podem ser colocadas, devendo-se adaptá-las caso a caso.

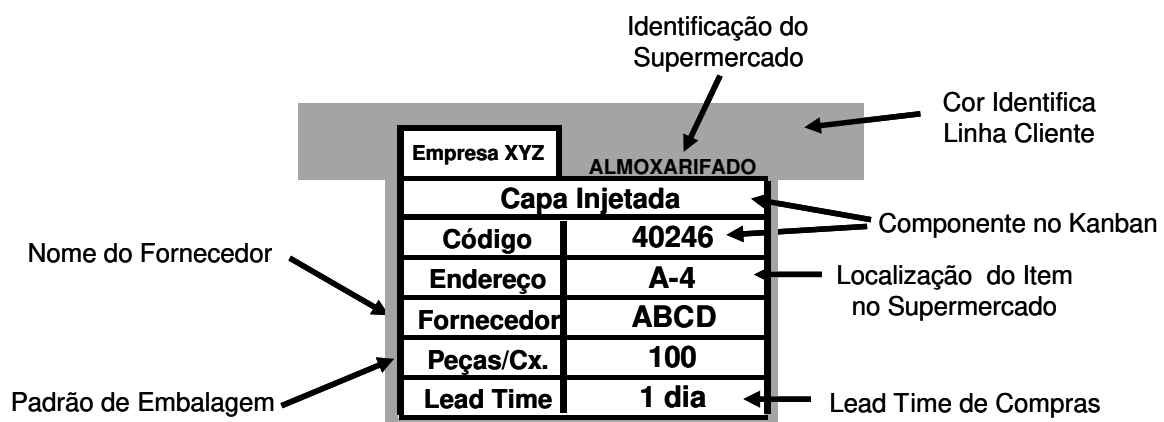


Figura 3.15: Modelo de cartão kanban.

Criada a infra-estrutura para rodar o sistema kanban, faz-se necessário treinar 100% dos operadores, almoxarifes e abastecedores, pois somente assim se poderá ter agentes que identifiquem rapidamente irregularidades e contribuam para a melhoria contínua do sistema.

Devido ao desbalanceamento do inventário típico do sistema empurrado, é bem provável que ao se transferir os cartões para as caixas haja excesso de caixas, que ficarão sem cartões.

Neste caso é necessário organizar o almoxarifado de forma a garantir que as caixas mais antigas fiquem sem cartões e sejam consumidas antes. Ao se consumir o excesso, o supermercado entrará em equilíbrio, passando a operar dentro dos limites estabelecidos.

Estabelecido o sistema é essencial que haja uma revisão regular no tamanho dos lotes praticados. Esta revisão pode ocorrer de forma sistemática mensalmente, ou somente quando há grandes variações, usualmente claras, na programação do cliente. Manter o sistema com uma quantidade de cartões desregulada por significar excesso de inventário, caso a demanda tenha caído, ou fretes extras, caso tenha acontecido um aumento de demanda.

3.11. Considerações Finais

Conforme proposto ao início deste capítulo, propôs-se aqui uma metodologia completa de implantação do kanban externo, mostrando aspectos tanto referentes às questões humanas, bem como instrumentos para análise e dimensionamento do supermercado segundo um roteiro inicialmente proposto.

Capítulo 4:

Caso de Estudo

4.1. Introdução

Conhecida a abordagem da literatura e feita uma proposta para metodologia de implantação do sistema de fornecimento baseado no kanban, este capítulo tem como objetivo fundamental apresentar um caso de estudo de uma empresa onde o método descrito foi aplicado.

Primeiramente será feita uma breve apresentação da empresa onde o projeto foi desenvolvido. Seguir-se-á mostrando o estado do sistema de programação e controle da produção antes e depois da aplicação do método. Por fim, os ganhos atingidos serão relatados, validando-se a proposta.

4.2. Visão Geral da Companhia

A Metagal foi fundada em 1935 e passou por diversas atividades, desde a fabricação de jóias até de componentes para eletrodomésticos. A partir de 1961 a empresa começou a atuar no ramo de autopeças.

A Metagal destaca-se entre os cinco maiores fabricantes de espelhos retrovisores (internos e externos) para uso automotivo no mundo, equipando veículos de passeio, utilitários, ônibus, caminhões e motocicletas, de montadoras instaladas no Brasil e na Argentina, exportando ainda para América do Norte, Europa e Oceania.

A empresa cresceu baseada em uma administração familiar, buscando soluções internas para sistemas de informação e de produção. Até 1999 as plantas estavam estruturadas segundo as características básicas da produção em massa, com organização extremamente funcional e com considerável nível de verticalização.



Diadema, SP



Conceição dos Ouros, MG



Buenos Aires, Argentina



São José dos Pinhais, PR



Santa Rita do Sapucaí, MG



Manaus, AM

Figura 4.1: Vista das plantas da Metagal.

Desde 1999 uma forte reestruturação foi conduzida pela Diretoria Logística e Industrial buscando converter o sistema de produção de massa para enxuto.

Hoje a empresa conta com seis plantas, sendo cinco no Brasil e uma na Argentina e um faturamento anual de aproximadamente R\$ 100 milhões.

A Figura 4.2 mostra a localização das plantas dos principais clientes da Metagal na América do Sul.



Figura 4.2: Localização dos clientes da Metagal.

A seguir, será apresentado o estado inicial da programação e controle da produção na empresa antes e depois da implantação do kanban com os fornecedores.

4.3. Entendo o Estado Inicial

4.3.1. Descrição do Fluxo de Informações

Ao início do projeto havia uma crise estabelecida entre a empresa e a sua base de fornecimento. De um lado encontravam-se os programadores, lidando com o controle de milhares de itens diferentes, num processo extremamente manual e passando com muita frequência por situação de desabastecimento. No outro lado, os fornecedores queixavam-se de uma programação totalmente incoerente, pois o que era planejado dentro do horizonte firme nunca era cumprindo.

Uma crise sucedia a outra e a troca de fornecedores tornou-se algo constante, num sistema que buscava simultaneamente redução de ruptura no fornecimento e cortes de preços.

Dentro deste quadro crítico iniciou-se um trabalho de mapeamento do fluxo de valor, visando o entendimento detalhado da causa raiz dos problemas, seja no fluxo de material, seja no fluxo de informações.

As fábricas de Santa Rita do Sapucaí e de Conceição dos Ouros, ambas em Minas Gerais, foram analisadas e a figura seguinte mostra o mapa do estado atual em novembro de 2000.

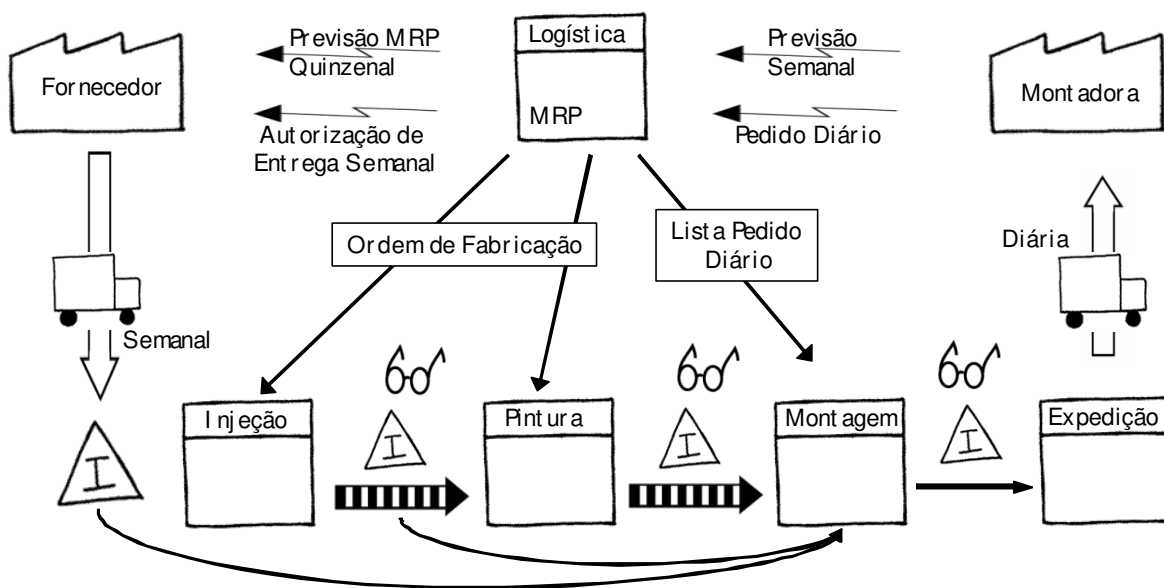


Figura 4.3: Mapa do estado atual em novembro de 2000.

O fluxo de materiais na planta é mostrado na parte inferior do mapa. O processo inicia-se com uma entrega semanal do fornecedor de matéria-prima (ABS ou PP, por exemplo), que é injetada formando a capa do retrovisor. Esta capa passa por um processo de pintura e é mais uma vez armazenada. Em seguida, a capa é montada no retrovisor e enviada ao cliente.

A área de injeção ao início do projeto já se encontrava organizada em células, com um operador sendo responsável por três injetoras. Uma única pintura, localizada em Conceição dos

Ouros, atende a todas as fábricas. Para cada família de produtos têm-se células de montagem de retrovisores dedicadas, fruto da primeira fase de conversão do sistema para manufatura enxuta.

A coordenação do fluxo de informação é feita através de um sistema de MRP, que foi desenvolvido no final da década de 80 pelo Centro de Processamento de Dados (CPD) da própria empresa. A Figura 4.4 mostra o fluxo de informações, que será explicado em detalhes a seguir.

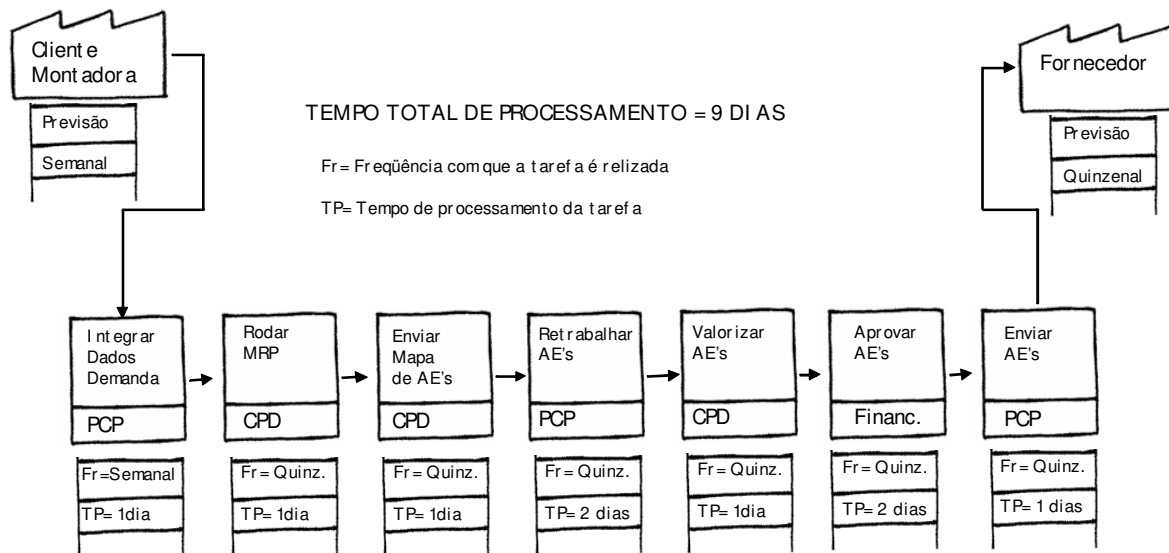


Figura 4.4 Detalhamento do fluxo de informação.

O processo de programação dos fornecedores tem início quando o cliente (Montadora) envia uma previsão de demanda, o que ocorre em uma base semanal. Esta informação é analisada pelo departamento de Programação e Controle da Produção (PCP) e então é integrada no sistema ERP da empresa. Semanalmente este procedimento, que leva aproximadamente um dia, é executado buscando distorções grosseiras na programação, não existindo um acompanhamento formal de variação de volumes previstos e realizados.

Nos dias 1º e 15 de cada mês ocorre a geração das necessidades de material. O CPD tem como função rodar o sistema MRP, que terá como resultado as autorizações de entrega para os fornecedores (AE's). É importante para entender o restante do fluxo que se detalhe o cálculo feito pelo MRP criado pela empresa.

A demanda bruta de produto acabado, verificada pelo PCP, é explodida para os componentes através da estrutura de produtos. Chega-se então a demanda bruta de componentes acabados por mês.

O sistema não permite que o estoque de segurança seja cadastrado item a item. Na verdade, estabelece-se uma política conforme a classificação ABC. Cada categoria tem um estoque de segurança definido que é usada para o cálculo da necessidade líquida de cada componente.

Abate-se o estoque existente no almoxarifado de recebimento (componentes). O estoque que é transferido para o chão-de-fábrica deixa de ser controlado pelo sistema. Um fator de qualidade é cadastrado item a item, gerando uma demanda extra devido a não conformidades no material. Neste momento chega-se à necessidade líquida mensal dos componentes. Por fim, o sistema divide este valor pelo número de semanas no mês, distribuindo-se a demanda mensal de forma igual para cada semana.

A Figura 4.5 seguinte mostra como são geradas as autorizações de entrega para os fornecedores.

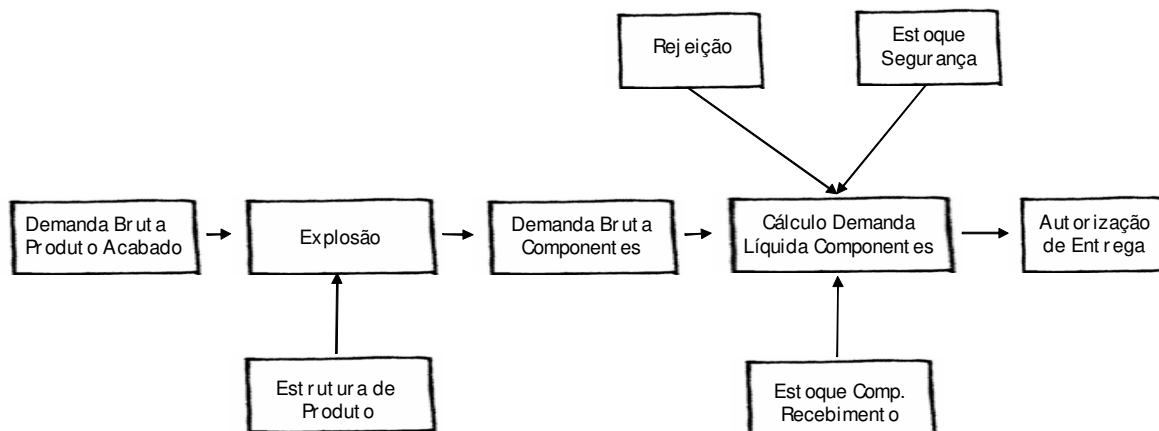


Figura 4.5: Geração das autorizações de entrega.

O cálculo da necessidade de materiais realizado pelo sistema é extremamente grosseiro e entre suas principais características podem ser destacadas:

- Não leva em conta o *lead time* de compras;

- Falta de manutenção na estrutura de produto e roteiro de fabricação;
- Lotes mínimos ou múltiplos não são usados;
- O menor período para programação (*time bucket*) é a semana;
- Não contempla o estoque em processo;
- Divide a demanda de forma igual nas semanas.

A simplicidade do sistema de programação aliada à baixa frequência com que o cálculo de necessidades é efetuado leva a um resultado fortemente distorcido. O resultado é impresso pelo CPD e enviado para cada uma das unidades.

As distorções acabam sendo corrigidas pelo PCP manualmente, que verifica item a item o resultado, realizando as correções essencialmente para lotes e estoque em processo. Como não existe controle do material transferido para o chão-de-fábrica, que pode ser equivalente à horas ou a semanas, cada uma das unidades realiza inventários em cada uma das células de produção. O inventário em uma das fábricas ocorre quinzenalmente, quando é efetuado o cálculo das necessidades. Já na outra, este número também é usado para controlar os pedidos que são feitos no dia-a-dia. Para tanto, procede-se fazendo três contagens semanais do material transferido.

Após corrigir os relatórios impressos, o PCP retorna os dados para o sistema, digitando as novas quantidades para cada semana.

A falta de confiabilidade no processo no fluxo de informação e as constantes falhas no sistema geraram conflito com o departamento Financeiro, que estabeleceu controles para aprovar o resultado do re-trabalho.

Ao finalizar este re-trabalho o PCP informa o CPD, que valoriza as necessidades, chegando a uma previsão de compras em moeda. Há então uma validação do Financeiro, que libera ou não o envio dos dados aos fornecedores.

Conforme sumarizado na Figura 4.4, o tempo total de processamento, ou seja, entre o recebimento da informação do cliente e seu envio ao fornecedor, tem-se um intervalo de nove

dias. A falta de fluxo no progresso da informação ao longo dos departamentos responsáveis era um problema saliente no sistema MRP da Metagal.

Os fornecedores recebem então as quantidades e as datas das entregas através das autorizações geradas pelo sistema. Na prática, as AE's não autorizavam verdadeiramente as entregas. Avaliando cada caso o PCP somava o estoque em processo contado ao estoque de itens comprados no almoxarifado e aos itens aguardando na área de inspeção. Um relatório era então gerado para cada item de cada um dos fornecedores, conforme ilustrado na Figura 4.6.



Componente	Uso	Utiz	segunda			quarta			sexta			fornec.
			Almox.	linha	Insp.	Almox.	linha	Insp.	Almox.	linha	Insp.	
CC20H1362	1	LD/LE										Fania
CC20H1327	1	LD/LE										Fania
CC20H1359	1	LD/LE										Elismol
CC20A3327	2	LD/LE										Lipos

Figura 4.6: Exemplo de relatório de controle de inventário.

Conhecendo-se o inventário a autorização real de entrega era feita via e-mail ou fax para cada um dos fornecedores, buscando-se adequar um nível de estoque para assegurar o atendimento.

Fecha-se assim o ciclo de planejamento e de autorização real de entrega.

4.3.2. Descrição do Fluxo de Materiais

Conforme colocado na metodologia de mapeamento do fluxo de valor, faz-se necessário entender como ocorre a movimentação de material desde o fornecedor até o seu consumo, para que o sistema seja abordado de forma holística.

Efetuada o pedido de entrega, o fornecedor procede com o envio do material às plantas da Metagal. Em média a frequência de entrega inicial estava em torno de uma vez por semana, conforme até mesmo era colocado pelas AE's.

Ao ser entregue na planta o material segue para uma área de recebimento, onde fica aguardando a inspeção. Para a maioria absoluta dos itens este procedimento consome um tempo praticamente desprezível em relação ao fluxo total. Após sua aprovação o material é transferido para o almoxarifado de itens comprados.

A disposição dos componentes no almoxarifado era inicialmente por fornecedor. Todos os itens supridos por um determinado fornecedor ficavam agrupados em um ponto do almoxarifado. Fazendo uma analogia com tipo de organização de máquinas na fábrica, pode-se dizer que o almoxarifado estava estruturado funcionalmente e não por fluxo de valor. A figura seguinte mostra um corredor onde somente há espelhos para retrovisores, item que sempre é armazenado em caixas brancas.



Figura 4.7: Organização por fornecedor.

O processo de abastecimento de linha é feito item a item, célula de montagem a célula de montagem. Conforme o operador monta os retrovisores ele acompanha visualmente o nível de inventário dos componentes envolvidos no produto. Ao notar que o nível de inventário está baixo – ponto de disparo subjetivo – o operador comunica ao abastecedor sobre a necessidade de reposição do material. O abastecedor toma nota dos componentes necessários e caminha até um

terminal instalado na fábrica. Neste terminal, acessando o sistema, ele emite uma requisição para cada um dos códigos nas quantidades informadas pelo operador. A folha de requisição é levada até o almoxarifado.

As requisições podem ter dois níveis de prioridade: normal ou urgente. Segundo a possibilidade de parada de linha, o abastecedor tenta sequenciar o trabalho do almoxarife, indicando o material que deve ser separado primeiramente.

Os envolvidos na separação do material vão até a área do fornecedor no almoxarifado e o separa conforme as quantidades adequadas à embalagem, tentando aproximar ao máximo das quantidades solicitadas pela linha. O almoxarife dirige-se então ao terminal, realizando a baixa do armazém do recebimento e então disponibiliza na entrada do almoxarifado o material requisitado.

O abastecedor vai regularmente até a área de disponibilização do material, transferindo para as linhas as requisições. A transferência é feita em grandes quantidades de material e para tal movimentação é utilizado um carrinho do tipo jacaré. O mau uso deste tipo de carrinho é mostrado na Figura 4.9.



Após ser avisado pelas células sobre a necessidade de um item, o abastecedor se dirige a um terminal e imprime a requisição

Abastecedor leva a folha com as requisições até as caixinhas na entrada do almoxarifado



Funcionário separa material em carrinho, conforme requisição e os descarrega em *pallets* na entrada do almoxarifado



Abastecedor pega o material dos *pallets* e coloca em carro jacaré, indo então para as células.



Abastecedor deixa o material requisitado atrás das células, que o pegarão conforme a necessidade.



Figura 4.8: Estado inicial do abastecimento de linha.

O abastecedor deixa o material atrás das células de montagem e cabe aos operadores deixar a produção e realizarem o abastecimento no ponto de consumo.



Figura 4.9: Carrinho jacaré usado na movimentação de material.

A produção da célula é deixada ao lado da mesma. O abastecedor faz a retirada do mesmo, lançando o material no sistema no almoxarifado de produto acabado. Na medida em que se busca trabalhar para entrega, este material na maioria das vezes é expedido no mesmo dia para o cliente final.

4.3.3. Síntese dos Problemas Encontrados

Conhecidos a forma como informação e material fluem desde o fornecedor até o ponto de uso, pode ser identificada uma série de deficiências que impactam de forma decisiva no processo como um todo. Dentre tais deficiências podem ser destacadas:

- Recálculo das necessidades de material feita em intervalos longos;
- Falta de controle do estoque no chão-de-fábrica;
- Inexistência de trabalho padrão para os almoxarifes e abastecedores de linha;

- Excesso de transações acarreta erros e perda de produtividade;
- Re-trabalho das autorizações de entrega;
- Inventários constantes para apurar estoque totalmente fora de controle;
- Operadores saem constantemente da célula para abastecer a linha perdendo produtividade;
- Processo de aprovação de autorizações de entrega burocrático e extremamente longo;
- Sistema de cálculo de necessidades não possui parâmetros básicos dos itens;
- Desabastecimento das linhas por falta de material;
- Indefinição de quanto material deve ser levado às células de montagem
- Inexistência de padrão de inventário, seja no almoxarifado, seja no chão-de-fábrica;
- Carrinho jacaré pouco ergonômico para movimentar material.

Buscou-se até aqui dar uma visão geral do fluxo de valor, focando essencialmente no que tange ao relacionamento com seus fornecedores. No próximo tópico será abordada a implementação de um sistema de puxar a partir do fornecedor, bem como alterações no chão-de-fábrica.

4.4. Atingindo o Estado Futuro

4.4.1. Do Lançamento do Projeto ao Plano de Ação

O lançamento do projeto aconteceu em fevereiro de 2001 numa iniciativa conjunta entre a Diretoria de Logística e a Diretoria Industrial, permitido que Engenharia de Processos, Qualidade, Compras e PCP fossem envolvidas na totalidade com o projeto e seus objetivos. A coordenação do projeto ficou nas mãos da gerência de PCP e do autor.

O mapeamento do estado das plantas, inicialmente mostrado na Figura 4.3, permitiu realçar e compreender as deficiências apontadas no tópico anterior e envolver todo o time, que passou a ter consciência de seus papéis na melhoria do fluxo de valor.

Após terem obtido indiscutível êxito ao criarem fluxo através da implantação de células de manufatura, o passo seguinte que uniu esforços foi a conversão de um sistema de empurrar para o sistema de puxar, passando pelo chão-de-fábrica e chegando aos fornecedores.

Entre os objetivos que foram colocados no plano de ação para se atingir o mapa do estado futuro, podem ser colocados os seguintes tópicos:

- Estabelecimento do kanban interno entre a montagem e os processos fornecedores;
- Criação de um mecanismo de avaliação de capacidade das injetoras;
- Definição de um inventário padrão;
- Criação de uma sistemática de abastecimento de linha por kits;
- Puxar o material dos fornecedores através de quadros kanban no almoxarifado;
- Deslocar os programadores para o almoxarifado.

Embora houvesse uma clara deficiência do sistema ERP desenvolvido pela empresa, havia um consenso que investir em *software* somente melhoraria o monitoramento sobre variáveis que estavam totalmente fora de controle, não trazendo redução de custos reais. Como objetivo, definiu-se pelas ações citadas, para que fosse possível tornar as variáveis controláveis, operando dentro de limites pré-estabelecidos, conforme anteriormente explicado e realçado na Figura 2.14.

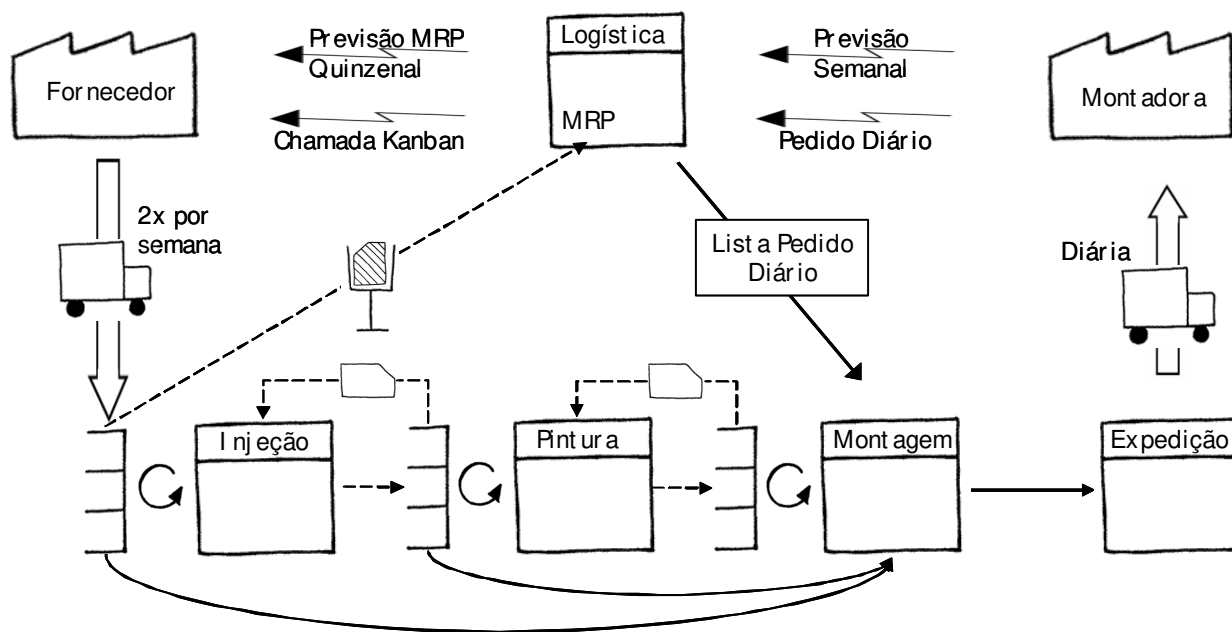


Figura 4.10: Mapa do estado futuro projetado em fevereiro de 2001.

Nos próximos tópicos, a concretização do plano de ação será comentada. Dentre os seis aspectos colocados, os três primeiros estão diretamente relacionados com o kanban interno. Estes pontos serão vistos de forma simplificada, ressaltando-se somente os aspectos que influenciam o kanban interno. A questão do abastecimento de linha e do kanban externos estão fortemente relacionadas e serão explicados com mais detalhes.

4.4.2. Kanban Interno

O kanban interno foi aplicado utilizando-se como base para o dimensionamento o modelo proposto por Tardin (2001), onde uma avaliação de capacidade de cada recurso é realizada, permitindo a definição de um inventário padrão.

A aplicação prática dos métodos de Tardin (2001) e Peinado (2000) mostrou que é aconselhável dimensionar a faixa vermelha de forma que ela fique maior do que a faixa amarela. A maior estabilidade, empiricamente notada, pode ser explicada pelo fato de que o controle

visual aumenta o senso de prioridade, pois o item entra “antes” no vermelho. Como consequência, ao se calcular o inventário correspondente ao tempo de resposta e ao estoque de segurança, sugere-se optar por Tardin (2001) quando o tempo de resposta for menor que a segurança. Caso contrário, Peinado (2000) mostrou ser uma melhor alternativa. No caso da Metagal, o estoque de segurança foi sistematicamente maior que o tempo de resposta da área de injeção (turnos de segurança x horas de resposta). Assim, justifica-se a escolha de Tardin (2001).

Para se entender o impacto do kanban interno no processo de compra de material é importante que se tenha uma idéia dos tipos de materiais comprados pela Metagal. Basicamente metade do volume financeiro encontra-se na compra de matéria-prima (42%) e de tintas (8%), conforme mostrado na Figura 4.11. Por matéria-prima deve ser entendido polímeros ou zamak, usados na área de injeção da planta.

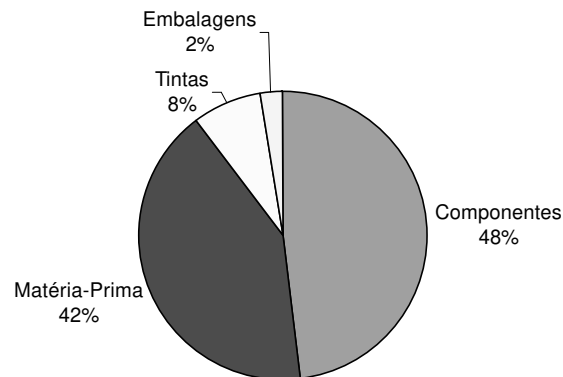


Figura 4.11: Classificação dos fornecedores por tipo de material (março de 2001).

A competitividade dos fornecedores nacionais nas matérias-primas mostrava-se relativamente baixa. Conseguia-se, no momento em que o projeto ocorreu, obter material de países como Japão pela metade do preço. A importação leva ao aumento do inventário de matéria-prima, que é trazido via marítima em grandes lotes.

O mesmo problema do tamanho do lote recai sobre as tintas. Há uma exigência de cada montadora para que os seus fornecedores comprem tintas de fornecedores específicos. Os provedores deste tipo de material passam a ter um poder enorme de negociação. Como os retrovisores são peças pequenas, o consumo de tinta é muito menor do que os lotes mínimos

impostos pelos fornecedores. Fica difícil assim obter ganhos significativos em termos de redução de inventário.

Devido a inflexibilidade da base de fornecimento, pode-se obter maior conforto na programação destes itens com o controle do inventário em processo, através do kanban interno. Pretendeu-se assim assegurar que o material será empregado somente quando realmente se fizer necessário. Ao retirá-lo do almoxarifado para a fábrica no momento de uso, pode-se manter o controle do material, disparando-se a reposição no momento preciso.

Na medida em que a matéria-prima e as tintas são empregadas para repor um consumo real do cliente pode-se afirmar que o kanban interno auxilia na redução dado efeito chicote, ou seja, contribui para reduzir a amplificação da variação da demanda ao longo da cadeia.

A figura seguinte mostra o exemplo de um quadro de kanban para controle da produção de peças injetadas e de seu respectivo supermercado.

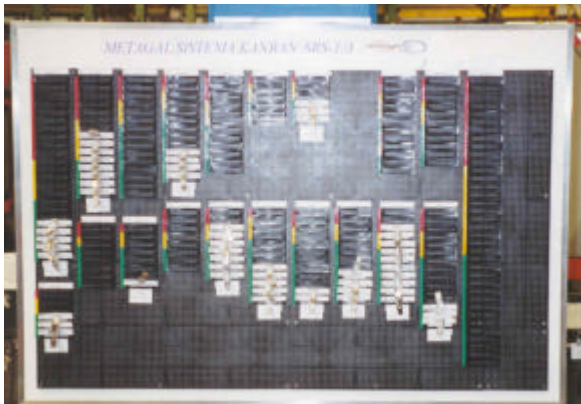


Figura 4.12: Kanban interno e supermercado de injetados.

Além da redução da variação da demanda, pode-se colocar como ganhos obtidos com o processo de implantação do kanban interno aspectos como:

- Cascadeamento das responsabilidades, dando autonomia ao chão-de-fábrica;
- Redução e padronização do inventário em processo;

- Planejamento de capacidade das máquinas em termos de produção e nivelamento.

Nos dois tópicos seguintes serão abordados os aspectos sobre o tratamento dado aos componentes comprados, que representam 48% do volume financeiro de compras e 80% dos códigos comprados.

4.4.3. Abastecimento de Linha

A existência de uma sistemática para abastecimento de linha era essencial para assegurar o bom funcionamento do kanban externo. Ao se estabelecer um procedimento de abastecimento objetivava-se assegurar a redução e padronização do inventário em processo, a redução do número de transações, bem como o aumento da produtividade dos almoxarifes e abastecedores, evitando situações críticas.

O conceito chave para o estado futuro foi que o abastecimento não seria mais de componentes, mas de conjuntos de componentes.

As linhas de montagem operavam com um ritmo e uma diversidade conhecida, consumindo componentes num determinado padrão. Entendendo o padrão de consumo dos componentes é possível estabelecer conjuntos de peças para serem solicitadas. Deixa-se de solicitar componente a componente de um produto, passando então para um *kit*.

Levando em conta que um retrovisor é formado de 20 a 40 diferentes componentes, em vez de se solicitar ao almoxarifado um destes itens, passa-se a solicitar todas as peças a cada ciclo de abastecimento.

Definido o conceito de *kits*, passou-se a trabalhar para viabilizá-lo ao longo do fluxo de valor. Tendo em vista que o sistema não consegue controlar o material nas células de manufatura, buscou-se estabelecer uma quantidade máxima de componentes no chão-de-fábrica que não causasse interferência significativa no processo de suprimento. Por decisão do grupo do projeto, definiu-se que para as linhas de retrovisores de carros, onde o volume é alto, o abastecimento de

linha deveria ocorrer em ciclos de um turno. Já nas linhas de caminhões, onde o volume é expressivamente menor, o abastecimento ocorreria em ciclos diários.

Os abastecedores passariam assim de um estado em que eram procurados pelos operadores das diferentes células de montagem para saberem o que solicitar ao almoxarifado, passando a simplesmente percorrer seqüencialmente as montagens. Como ganho, pode se apontar o desacoplamento dos operadores do processo de abastecimento, podendo permanecer em suas células efetuando a produção sem precisar variar o ritmo para atender ao tempo *takt*, bem como a redução das transações no sistema para uma requisição para cada célula e a implantação de trabalho padrão no abastecimento.

Para resolver o problema de ergonomia dos carrinhos utilizados, do tipo jacaré, bem como fazer uma carga mista para várias células, evitando mistura de materiais, um novo conceito de carrinho foi desenvolvido. A Figura 4.13 mostra a solução desenvolvida, capaz de suportar curvas com raio de curvatura pequeno, múltiplos vagões e abastecer várias células a cada ciclo.



Figura 4.13: Trem para abastecimento.

Alterações foram necessárias para assegurar que o almoxarifado fosse capaz de trabalhar de forma rápida, assegurando a montagem dos diversos *kits*. Conhecidos os itens consumidos por cada uma das linhas e seu consumo, foi necessário montar/reestruturar o arranjo dos materiais no almoxarifado.

A organização do material por fornecedor mostrava-se pouco conveniente, na medida que o almoxarife seria obrigado a andar por diversos corredores para separar o material. Optou-se neste

instante por organizar o material conforme seu fluxo de valor. Cada corredor passou então a armazenar os itens usados por uma célula de montagem.

Como consequência da alteração, houve uma perda na eficiência do processo de transferência do almoxarifado do recebimento para o almoxarifado. Anteriormente um lote chegava de um fornecedor e todos os itens eram acomodados em uma posição próxima, reduzindo a movimentação. Agora, como cada item é colocado no corredor da célula, aumentou-se o desperdício neste processo. Por outro lado, olhando o sistema como um todo, os lotes de recebimento (de cinco até três dias de material) são menores do que os lotes utilizados no abastecimento (de um turno até um dia). Trabalhar com o almoxarifado organizado funcionalmente seria sem dúvida uma opção que implicaria em maior caminhada, que foi alterada como mostrado na Figura 4.14, onde as cores diferentes das caixas indicam a diversidade de itens.



Figura 4.14: Almoxarifado organizado por fluxo de valor.

A questão seguinte que surge após a reorganização do almoxarifado ser definida é como é possível montar os *kits* para abastecimento dentro da quantidade necessária para atender o consumo. As quantidades eram conhecidas, mas a separação dos itens deveria ser feita de uma forma que evitasse contagem. Passou-se a buscar algum instrumento que permitisse separar as peças sem precisar contar item a item, que seria totalmente inviável. Por iniciativa dos próprios

almoxarifados, foi feita uma ação na fábrica para se obter garrafas de refrigerante do tipo PET e latas de cerveja. O conceito era conseguir desenvolver uma solução sem o custo de troca de embalagens, que tornaria o processo mais lento e menos viável.

Como a caixa padrão usada pela Metagal era extremamente grande em relação a maioria dos itens, embalagens menores foram criadas em um primeiro momento com garrafas PET cortadas. Para separar o material na quantidade correta, medidores foram desenvolvidos cortando-se as latinhas de alumínio. Contava-se a quantidade de peças necessárias para cada *kit* e então se ajustou a altura das latinhas. As latas foram etiquetadas e deixadas dentro da caixa dos componentes. A solução é ilustrada na Figura 4.18.



Figura 4.15: Latinhas de alumínio para separação do material.

Com a listagem dos componentes do *kit* em mãos, o almoxarife preenche cada latinha até a borda e despeja o item em embalagens menores, que vão a linha. Inicialmente, conforme se pode ver na Figura 4.16, todas as “embalagens” estão identificadas e dentro de uma caixa maior para facilitar o transporte no trem. Algumas peças maiores são colocadas em saquinhos e neste caso são contadas uma a uma. Após a compra de caixas plásticas pequenas, substituíram-se as garrafas PET, mas a flexibilidade das latinhas como medidores foi aprovada pelos almoxarifados que mantiveram o conceito.



Figura 4.16: Componentes pequenos de um *kit*.

Os carrinhos com os *kits* ficam disponíveis na entrada do almoxarifado (Figura 4.17), de onde são levados pelo abastecedor até o ponto de consumo.



Figura 4.17: Carrinhos com *kits* prontos para abastecimento.

Conseguiu-se assim estabelecer uma metodologia simples de abastecimento de linha, controlando-se e reduzindo o estoque em processo no chão-de-fábrica, reduziu-se o número de transações, bem como se pode através de padronização do trabalho garantir maior produtividade no dia-a-dia dos abastecedores e almoxarifes, que passaram a atender as linhas de forma eficiente, evitando parada de linhas por falta de material.

Uma base sólida para a implantação do kanban com os fornecedores foi estabelecida, reduzindo compra de material desnecessário, eliminando-se atividades que não agregam valor como inventários, bem como se minimizando a influência das deficiências do sistema de informação.

No tópico seguinte será tratado o processo de implantação do kanban externo na Metagal.

4.4.4. Kanban Externo

4.4.4.1. Selecionando os Fornecedores e Iniciando a Negociação

Do lançamento do projeto ao plano de ação, os principais acontecimentos foram relatados até aqui. Parte das ações relacionadas com a operação interna às fábricas como kanban interno e abastecimento de linha foram tópicos cujo resultado foi relatado sinteticamente.

A seleção dos fornecedores que fariam parte do projeto levou em consideração dois pontos básicos:

- Poder de barganha da empresa com o fornecedor;
- Impacto financeiro do fornecedor no volume de compras da Metagal.

O reduzido poder de barganha com os fornecedores de tintas e matéria-prima colocou o foco do trabalho de kanban externo nos fornecedores de componentes. Ainda avaliando na totalidade o volume de compras, uma classificação dos fornecedores em relação ao seu impacto financeiro foi realizada e é mostrada na Figura 4.18

Pode-se observar que para controlar 85% do capital empregado na compra, seria necessário administrar com maior ênfase 34 dos 121 fornecedores, o que corresponde a aproximadamente 25% do total. Destas 34 empresas, tinha-se 10 fornecedores de matéria-prima, 2 fornecedores de tintas, 3 fornecedores de embalagem e 19 de componentes.

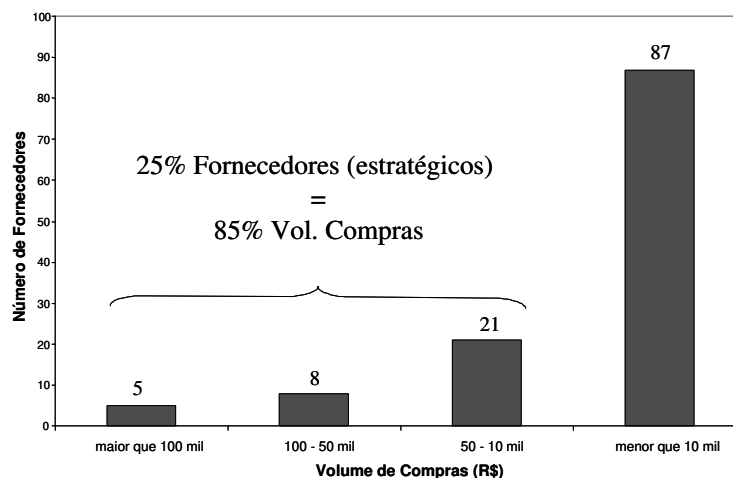


Figura 4.18: Definição dos fornecedores estratégicos (março de 2001).

Estes 19 fornecedores foram então divididos em três grupos para a implantação, levando em consideração sua familiaridade com as práticas da produção enxuta, bem como sua relevância em termos financeiros. A tabela seguinte mostra a quantidade de fornecedores e seu impacto no processo de implantação.

Tabela 4.1: Fases do projeto (fornecedores de componentes).

Fase	Número de Fornecedores	% do Volume Financeiro dos Componentes
I	3	37%
II	6	73%
III	10	80%

Fechada a lista dos fornecedores que seriam envolvidos no processo, iniciou-se a primeira fase chamando os três fornecedores iniciais para uma apresentação sobre as intenções da Metagal para redesenhar sua cadeia de suprimentos.

Neste momento salientou-se que em conjunto desejava-se rever aspectos logísticos definindo e orientando o fluxo físico, bem como de informações, estabelecendo as condições técnicas das entregas entre o fornecedor e a Metagal.

A seguir o processo de definição do kanban externo para um fornecedor será mostrado em detalhe.

4.4.4.2. Definição de Parâmetros e Dimensionamento

Para se ter um dimensionamento com base no estado inicial, foi levantado o histórico do mês anterior através de um arquivo de notas fiscais importado do sistema corporativo. Como colocado no capítulo anterior, a confiabilidade destas informações é alta e facilita a definição dos parâmetros. Mais meses poderiam ter sido usados, mas a experiência do PCP indicava que o mês de março de 2001 seria uma referência sem distorções e como o sistema seria reavaliado com frequência mensal, concordou-se que uma avaliação excessivamente demorada da demanda era desnecessária. Em casos com concentração de demanda em um período maior há de ser analisado para definição de como o sistema deveria operar.

A tabela seguinte reproduz uma parte da planilha importada do sistema.

Tabela 4.2: Arquivo de notas fiscais.

Empresa	Fornecedor	Número da Nota Fiscal	Data Emissão	Data Entrada	Produto	Unid.	Descrição	Quantidade
2	700473	17094	01.03.01	01.03.01	CC20H0363	PC	S.C. MANCAL/CONTROLE	1000
2	700473	17094	01.03.01	01.03.01	CC20M0563	PC	SUB CONJUNTO MANCAL	500
2	700473	17100	02.03.01	02.03.01	CC20M0563	PC	SUB CONJUNTO MANCAL	300
2	700473	17102	02.03.01	02.03.01	CC20M0563	PC	SUB CONJUNTO MANCAL	700
2	700473	17102	02.03.01	02.03.01	CC20G2154	PC	BOTAO	3000
2	700473	17131	02.03.01	05.03.01	CC20H0363	PC	S.C. MANCAL/CONTROLE	1000
2	700473	17131	02.03.01	05.03.01	CC20M0563	PC	SUB CONJUNTO MANCAL	500
2	700473	17135	05.03.01	05.03.01	CP2039308	PC	MANCAL SUPERIOR	1000

A utilização de tabelas dinâmicas no Excel podem gerar resumos rápidos para análise. Para o fornecedor usado neste exemplo do procedimento, organizou-se os dados conforme mostrado na Figura 4.19.

emp	2	Santa Rita do Sapucaí	Seleção da planta cliente e do fornecedor
fornecedor	700473	FANIA FAB.NAC.INSTR.P/VEICULOS	

	Dados	
produto	Soma de qtde	Contar de dt.ent
CC2020947	19000	11
CC2046128	1500	1
CC2046128AM	1500	1
CC2046128PT	1500	1
CC20F1528	17500	10
CC20F1528AM	17500	10
CC20F1528VD	16000	10
CC20G2114	1000	1
CC20G2154	3000	1
CC20G2157	6470	10
CC20G2257	6870	10
CC20H0363	14650	13
CC20M0563	18050	17
CP2039308	15000	12
CP2039310	15000	11
CP2045909	14000	9
Total geral	168540	128

Contagem das datas de entrada =
Frequência de Entrega

Volume total comprado

Figura 4.19: Resumo da demanda dos itens.

Com estes dados chega-se a conclusão de quais itens deverão ser disparados e quais deverão ser colocados em kanban. A Figura 4.20 evidencia em seu primeiro quadrante os itens que deverão ir para um sistema kanban, enquanto o terceiro quadrante mostra os itens tipicamente de disparo, com baixo volume e frequência de entrega.

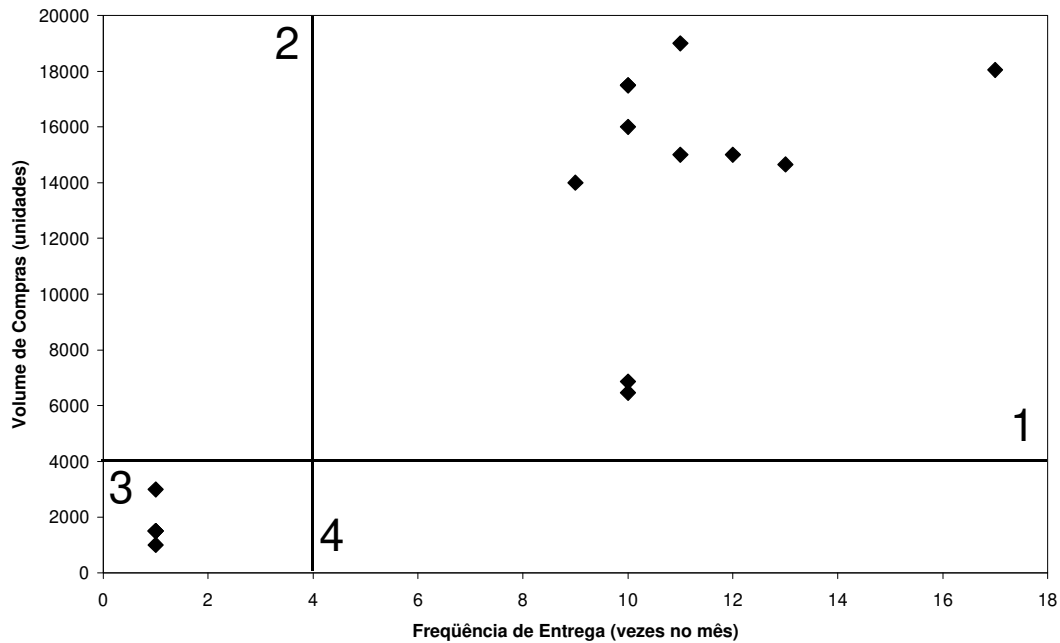


Figura 4.20: Caracterização da frequência de entrega dos itens.

Conhecido o comportamento do consumo de cada um dos itens, pode-se dar início ao dimensionamento do kanban propriamente dito. Como colocado anteriormente, é fundamental garantir que os lotes de consumo interno seja menores do que o lote de entrega. Para tanto a planilha apresentada a seguir mostra a frequência de consumo.

Ainda na mesma planilha (Tabela 4.3), calculou-se o lote de entrega médio, que pode ser obtido dividindo-se a quantidade total consumida pela frequência de entregas no mês.

Outro ponto que também foi verificado inicialmente foi a padronização de embalagem. A Metagal usa como padrão uma caixa plástica de tamanho único, para qual foi criado o carrinho anteriormente mostrado. Esta embalagem é retornável, tendo um circuito já praticado com os fornecedores. A questão resumiu-se então a adequar basicamente o peso, tornando-a ergonomicamente correta.

Tabela 4.3: Dados iniciais para dimensionamento.



Dimensionamento Kanban Externo
Unidade Cliente: Santa Rita do Sapucaí
Fornecedor: Fânia

Dia Úteis/Mês	22
---------------	----

Código	Descrição	Demanda (mensal)	Demanda (diária)	Kanban ou Disparo	Freq. de Consumo	Freq. Entrega (mensal)	Lote Entrega (pç)	Padrão Embalagem (Pç/Cx)
CC2020947	S.C.ALOJAMENTO	19000	864	Kanban	Diária	11	1727	600
CC2046128	CONJ.CAPA/CABO/	1500	68	Disparo	Diária	1	1500	250
CC2046128AM	CONJ.CAPA/CABO/	1500	68	Disparo	Diária	1	1500	250
CC2046128PT	S.C. CABO/CAPA/PC	1500	68	Disparo	Diária	1	1500	250
CC20F1528	S.C. PONTEIRA/PIN	17500	795	Kanban	Diária	10	1750	500
CC20F1528AM	S.C. PONTEIRA/PIN	17500	795	Kanban	Diária	10	1750	500
CC20F1528VD	S.C.CABO/CAPA/PIN	16000	727	Kanban	Diária	10	1600	500
CC20G2114	BAINHA	1000	45	Disparo	Diária	1	1000	100
CC20G2154	BOTAO	3000	136	Disparo	Diária	1	3000	500
CC20G2157	SUB. CONJ. COMAN	6470	294	Kanban	Diária	10	647	60
CC20G2257	SUB. CONJ. COMAN	6870	312	Kanban	Diária	10	687	60
CC20H0363	S.C. MANCAL/CONT	14650	666	Kanban	Diária	13	1127	50
CC20M0563	SUB CONJUNTO MA	18050	820	Kanban	Diária	17	1062	50
CP2039308	MANCAL SUPERIOR	15000	682	Kanban	Diária	12	1250	200
CP2039310	MANCAL INFERIOR	15000	682	Kanban	Diária	11	1364	200
CP2045909	PIVOT	14000	636	Kanban	Diária	9	1556	500

O objetivo após o levantamento de dados é buscar uma frequência de entregas alta para todos os itens, padronizado os lotes. Como se pode observar a frequência de entrega praticada ia de 1 até 17 entregas mensais para diferentes códigos.

Verificou-se com Compras a opção de manter os itens de baixa frequência como disparo, em vez de aumentá-la pode ser explicada pelo menor valor agregado e por lotes econômicos impostos pelo fornecedor. Como o impacto financeiro é praticamente irrelevante, focou-se no restante.

Foram definidos novos lotes padrão para o estado futuro mantendo os itens de disparo com uma entrega mensal e dimensionando-se o restante para 12 doze entregas por mês.

Como tinham sido realizados 17 fretes ao longo do mês anterior, mostrou-se possível obter além da redução de lotes de 5% uma redução de pelo menos 29% no frete.

Para outros fornecedores, cuja distância era maior, buscou-se otimizar o processo logístico realizando consolidações de carga. Os fornecedores deixavam seu material em uma transportadora aproveitando os próprios sistemas de *milk run*. A partir da transportadora, as cargas consolidadas eram caminhadas para as plantas da Metagal localizadas em Minas Gerais. Este circuito existia antes do kanban, mas era pouco utilizado. É essencial lembrar que nestes casos de consolidação o *lead time* aumenta e precisa ser considerado no dimensionamento.

A Tabela 4.4 mostra um comparativo entre os lotes praticados e os sugeridos ao fornecedor.

Tabela 4.4: Redução do tamanho de lote e frete.

Código	Descrição	Demanda (mensal)	Atual		Futuro	
			Freq. Entrega (mensal)	Lote Entrega (pç)	Freq. Entrega (mensal)	Lote Entrega (pç)
CC2020947	S.C.ALOJAMENTO	19000	11	1727	12	1583
CC2046128	CONJ.CAPA/CABO/F	1500	1	1500	1	1500
CC2046128AM	CONJ.CAPA/CABO/F	1500	1	1500	1	1500
CC2046128PT	S.C. CABO/CAPA/PO	1500	1	1500	1	1500
CC20F1528	S.C. PONTEIRA/PIN	17500	10	1750	12	1458
CC20F1528AM	S.C. PONTEIRA/PIN	17500	10	1750	12	1458
CC20F1528VD	S.C.CABO/CAPA/PIN	16000	10	1600	12	1333
CC20G2114	BAINHA	1000	1	1000	1	1000
CC20G2154	BOTAO	3000	1	3000	1	3000
CC20G2157	SUB. CONJ. COMAN	6470	10	647	12	539
CC20G2257	SUB. CONJ. COMAN	6870	10	687	12	573
CC20H0363	S.C. MANCAL/CONT	14650	13	1127	12	1221
CC20M0563	SUB CONJUNTO MA	18050	17	1062	12	1504
CP2039308	MANCAL SUPERIOR	15000	12	1250	12	1250
CP2039310	MANCAL INFERIOR	15000	11	1364	12	1250
CP2045909	PIVOT	14000	9	1556	12	1167
				23019		21837
Redução Tamanho Lote						5,1%
Redução Custo de Frete						29%

Estes dados até aqui mostrados foram enviados ao fornecedor, que ficou responsável por analisar a proposta de frequência de entregas e as embalagens propostas. Ficou a cargo do mesmo definir qual o *lead time* de compra para todos os itens.

Definiu-se que o fluxo de informações seria feito através de um plano de compras e de chamadas kanban.

A programação dos itens seria feita quinzenalmente nos dias 1º e 15, constituindo um plano de compras que identifica as necessidades previstas num horizonte de seis meses. Tais necessidades seriam reportadas em semanas no horizonte do primeiro mês e em meses para os cinco meses seguintes.

Deve-se destacar que este Plano de Compras tem finalidade meramente provisional, não se constituindo em uma autorização de entrega. O fornecedor deve usar tal previsão como base para aquisição de matéria-prima e análise de capacidade de seu parque instalado e de sua mão-de-obra.

Conhecido o Plano de Compras, cabe ao fornecedor aguardar a puxada do cliente chamando a entrega. Na chamada serão acordadas as datas e as quantidades da entrega. Tem-se assim a aplicação do sistema de kanban.

O funcionamento do kanban é descrito nas etapas seguintes e detalhado ao longo do tópico:

- Quando o cliente recebe peças de seus fornecedores, são colocados em cada uma das caixas os cartões kanban;
- As caixas, que se encontram cheias, são colocadas no almoxarifado;
- Ao se deslocar o material para a linha de produção, a caixa vai se esvaziando. Quando a última peça é retirada da caixa, o cartão é transferido desta para um quadro kanban;
- Ao atingir um nível anteriormente estabelecido, chamado ponto de disparo, o analista de programação entra em contato com o fornecedor, chamando a entrega da quantidade de material definida pelo número de cartões;
- Após efetuar o pedido, os cartões têm seu status alterado para trânsito, status em que ficarão até que o material seja recebido e inspecionado, reiniciando o ciclo.

Ao receber as necessidades, é obrigação do fornecedor efetuar a entrega de acordo com as informações transmitidas na chamada kanban. Não é permitido que o fornecedor antecipe uma entrega, a menos que haja uma autorização clara do cliente.

Tendo conhecimento do procedimento, as condições de frete e de embalagem foram aceitas e os *lead times* definidos. Para os itens mais esporádicos ficou definido como sendo de dois dias o tempo de resposta aos pedidos, enquanto para os itens correntes, um dia. Os estoques de segurança foram definidos pelo PCP da Metagal em função do histórico do fornecedor e do conhecimento dos diferentes itens. Foram assim definidos todos os parâmetros necessários para determinação do supermercado kanban. A síntese dos dados é apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Parâmetros para dimensionamento do kanban.

Código	Descrição	Demanda (mensal)	Kanban ou Disparo	Freq. Entrega (mensal)	Lote Entrega (pç)	Padrão Embalagem (Pç/Cx)	Lead Time (dias)	Segur. Min. Real (dias)
CC2020947	S.C.ALOJAMENTO	19000	Kanban	12	1583	600	1	1,5
CC2046128	CONJ.CAPA/CABO/	1500	Disparo	1	1500	250	2	2,0
CC2046128AM	CONJ.CAPA/CABO/	1500	Disparo	1	1500	250	2	2,0
CC2046128PT	S.C. CABO/CAPA/PC	1500	Disparo	1	1500	250	2	2,0
CC20F1528	S.C. PONTEIRA/PIN	17500	Kanban	12	1458	500	1	1,5
CC20F1528AM	S.C. PONTEIRA/PIN	17500	Kanban	12	1458	500	1	1,5
CC20F1528VD	S.C.CABO/CAPA/PIN	16000	Kanban	12	1333	500	1	1,5
CC20G2114	BAINHA	1000	Disparo	1	1000	100	2	2,0
CC20G2154	BOTAO	3000	Disparo	1	3000	500	2	2,0
CC20G2157	SUB. CONJ. COMAN	6470	Kanban	12	539	60	1	1,5
CC20G2257	SUB. CONJ. COMAN	6870	Kanban	12	573	60	1	1,5
CC20H0363	S.C. MANCAL/CONT	14650	Kanban	12	1221	50	1	1,5
CC20M0563	SUB CONJUNTO MA	18050	Kanban	12	1504	50	1	1,5
CP2039308	MANCAL SUPERIOR	15000	Kanban	12	1250	200	1	1,5
CP2039310	MANCAL INFERIOR	15000	Kanban	12	1250	200	1	1,5
CP2045909	PIVOT	14000	Kanban	12	1167	500	1	1,5

Procede-se assim com o dimensionamento das faixas do kanban aplicando as equações mostradas no capítulo 3. Aqui será mostrado o cálculo para o subconjunto ponteira/pino/cabo, cujo código é CC20F1528.

O lote de entrega foi calculado anteriormente, sendo mostrado na Tabela 4.4 com 1458 peças. A resposta e a segurança podem ser calculadas como sendo:

$$\text{Resposta} = (\text{Lead Time de Compras}) \cdot (\text{Demanda Diária}) = 1 \text{ dia} \cdot 795 \text{ peças/dia} = 795 \text{ peças}$$

$$\text{Segurança} = (\text{Estoque de Segurança}) \cdot (\text{Demanda Diária}) = 1,5 \text{ dia} \cdot 795 \text{ peças/dia} = 1192,5 \text{ peças}$$

Embora se saiba que o consumo dos itens seja nivelado, o *lead time* de compras é menor que e o intervalo entre as entregas. Pode-se então prosseguir com o dimensionamento das faixas verde, amarela e vermelha, conforme mostrado a seguir:

$$\text{Faixa Verde} = (\text{Lote de Entrega})/(\text{Embalagem}) = (1458 \text{ peças})/(500 \text{ peças/caixa}) = 2,9 \text{ caixas}$$

$$\text{Faixa Amarela} = (\text{Resposta})/(\text{Embalagem}) = (795 \text{ peças})/(500 \text{ peças/caixa}) = 1,6 \text{ caixa}$$

$$\text{Faixa Vermelha} = (\text{Segurança})/(\text{Embalagem}) = (1193 \text{ peças})/(500 \text{ peças/caixa}) = 2,4 \text{ caixas}$$

O passo seguinte é realizar o arredondamento dos valores de caixas para as faixas do kanban, chegando-se assim ao total de cartões e sua distribuição final. Aplicando o conceito de criar um senso de prioridade, o arredondamento deve ser feito olhando o total calculado e o total arredondado. Estes números devem ser mantidos próximos após o arredondamento. A parte decimal será colocada no vermelho para criar um senso de prioridade. A Tabela 4.6 ilustra a comparação e mostra o resultado final.

Tabela 4.6: Arredondamento final do item CC20F1528.

Número de Cartões	Verde	Amarelo	Vermelho	Total
Calculado	2,9	1,6	2,4	6,9
Final Arredondado	3	1	3	7

Para todos os itens foi desenvolvido o mesmo cálculo, mostrado na Tabela 4.7.

Para se ajustar o sistema ERP, uma classe K foi criada para os itens kanban. Para este caso a demanda que seria enviada ao fornecedor seria a bruta, não se abatendo o estoque existente no supermercado ou em processo.

Tabela 4.7: Dimensionamento final.

Código	Descrição	Verde (cartões)	Verde Arred.	Amarelo (cartões)	Amarelo Arred.	Vermelho (cartões)	Vermelho Arred.	Total Calculado (cartões)	Total Ajustado (cartões)
CC2020947	S.C.ALOJAMENTO	2,6	3	1,4	1	2,2	2	6,2	6
CC2046128	CONJ.CAPA/CABO/	6,0	---	0,5	---	0,5	---	7,1	0
CC2046128AM	CONJ.CAPA/CABO/	6,0	---	0,5	---	0,5	---	7,1	0
CC2046128PT	S.C. CABO/CAPA/PC	6,0	---	0,5	---	0,5	---	7,1	0
CC20F1528	S.C. PONTEIRA/PIN	2,9	3	1,6	1	2,4	3	6,9	7
CC20F1528AM	S.C. PONTEIRA/PIN	2,9	3	1,6	1	2,4	3	6,9	7
CC20F1528VD	S.C.CABO/CAPA/PIN	2,7	3	1,5	1	2,2	2	6,3	6
CC20G2114	BAINHA	10,0	---	0,9	---	0,9	---	11,8	0
CC20G2154	BOTAO	6,0	---	0,5	---	0,5	---	7,1	0
CC20G2157	SUB. CONJ. COMAN	9,0	9	4,9	4	7,4	8	21,2	21
CC20G2257	SUB. CONJ. COMAN	9,5	10	5,2	5	7,8	8	22,6	23
CC20H0363	S.C. MANCAL/CONT	24,4	24	13,3	13	20,0	21	57,7	58
CC20M0563	SUB CONJUNTO MA	30,1	30	16,4	16	24,6	25	71,1	71
CP2039308	MANCAL SUPERIOR	6,3	6	3,4	3	5,1	6	14,8	15
CP2039310	MANCAL INFERIOR	6,3	6	3,4	3	5,1	6	14,8	15
CP2045909	PIVOT	2,3	3	1,3	1	1,9	2	5,5	6

Todos os parâmetros definidos foram formalizados e comunicados através do Protocolo Logístico. Após esta fase de projeto, iniciou-se a implementação física.

O quadro kanban foi montado no almoxarifado de recebimento e os cartões transferidos para as respectivas caixas, como ilustra a Figura 4.21.



Figura 4.21: Supermercado e quadro kanban.

No dia-a-dia, os almoxarifes montam os *kits* de abastecimento de linha, levando os cartões para o quadro quando a caixa do item fica vazia. Especificou-se que as entregas ocorreriam de terça, quinta e sábado. Como o *lead time* é de um dia para os itens kanban, nas segundas, quartas

e sextas, procede-se com o disparo. O almoxarife vai ao quadro com um formulário padrão, e preenche com as quantidades necessárias, enviando-lhe por fax ao fornecedor (Figura 4.22).

FAX DISPARO KANBAN: METAGAL - FANIA						
A/C : ALUINA				DATA : / /		
Código	Planta	Status	Freq.	Pq/Cx	QUANT.SOLIC.	RESPOSTA FANIA
CC2020947	SRS	<u>Kanban</u>	12	600		
CC2046128	SRS	<u>Disparo</u>	1	250		
CC2046128AM	SRS	<u>Disparo</u>	1	250		
CC2046128PT	SRS	<u>Disparo</u>	1	250		
CC20F1528	SRS	<u>Kanban</u>	12	500		
CC20F1528AM	SRS	<u>Kanban</u>	12	500		
CC20F1528VD	SRS	<u>Kanban</u>	12	500		
CC20G2114	SRS	<u>Disparo</u>	1	100		
CC20G2154	SRS	<u>Disparo</u>	1	500		
CC20G2157	SRS	<u>Kanban</u>	12	60		
CC20G2257	SRS	<u>Kanban</u>	12	60		
CC20H0363	SRS	<u>Kanban</u>	12	50		
CC20M0563	SRS	<u>Kanban</u>	12	50		
CP2039308	SRS	<u>Kanban</u>	12	200		
CP2039310	SRS	<u>Kanban</u>	12	200		
CP2045909	SRS	<u>Kanban</u>	12	500		

C/c : Henrique Sérgio

Figura 4.22: Fax de disparo.

Com o dimensionamento acordado com o fornecedor e o envolvimento dos funcionários da Metagal em todo processo, os problemas operacionais foram mínimos, permitindo que a estabilidade fosse alcançada em poucas semanas de operação.

Ao se efetuar o pedido para o fornecedor, o ponto em que o supermercado encontrava-se passou a ser marcado com um “ponto”. Os pinos ficam disponíveis na parte inferior do quadro e quando ocorre o disparo eles são transferidos para cada um dos itens. Desta forma pode-se saber sobre o material que está em trânsito, além de poder se ter uma idéia da qualidade do dimensionamento. A Figura 4.23 mostra o lote que realmente está sendo praticado, que em tese deveria ser a faixa verde. No momento do recebimento, antes dos cartões serem transferidos para as caixas, pode-se ter idéia do *lead time* real praticado. A quantidade entre o ponto de disparo sinalizado e o último cartão colocado no quadro indica tal valor, que deveria equivaler a faixa amarela.

Um segundo meio de controle visual foi estabelecido para dar prioridade no caso de itens que passam por inspeção no recebimento. Um segundo “ponto” é colocado no quadro indicando o momento em que o material chegou na fábrica. Pode-se assim evidenciar problemas no processo de inspeção, bem como priorizar os itens com nível de inventário mais crítico.

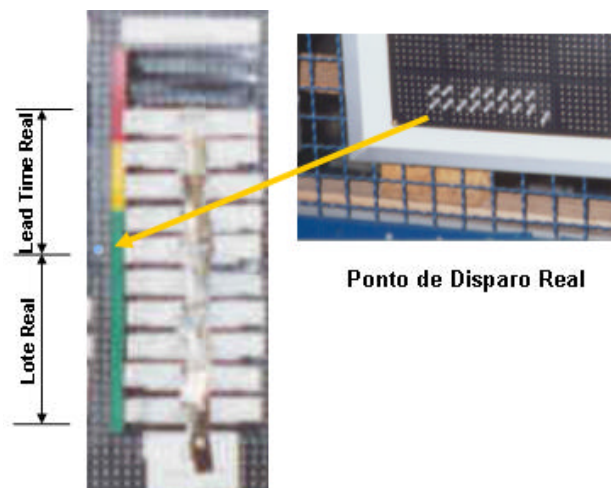


Figura 4.23: Controle visual do dimensionamento.

Além da metodologia de identificação de problemas no dimensionamento, que é realizada a cada chamada ao fornecedor, o dimensionamento de estoque deve ocorrer numa base mensal, verificando maiores variações na demanda do cliente, que resulte em alterações do supermercado do recebimento. Este redimensionamento é fundamental para a garantia da integridade do sistema e deve ser realizado pelo PCP. Um arquivo de demanda por componente era exportado para arquivo e as demandas da planilha montada para o dimensionamento do kanban eram verificadas. A coluna onde ocorre o arredondamento retratará a situação praticada no momento da verificação, enquanto a coluna de cálculo mostra a nova proposta de supermercado. Verificando o total de cartões para cada item chega-se ao novo valor, atuando-se acrescentando ou retirando cartões.

Fecha-se assim o circuito do projeto, deixando o fornecedor em condições de operar e de atualizar os parâmetros de forma simples e sobretudo sistêmica.

4.5. Resultados Obtidos e Considerações Finais

Como foi anteriormente comentado, o ganho obtido com o kanban externo pode ser classificado em direto (inventário e área) ou indiretos (atividades de suporte).

Olhando a empresa como um todo, pode-se afirmar que o processo de conversão de um sistema de produção em massa para enxuto levou a expressivas reduções globais no inventário. Entre 2000 e 2001 o giro mensal de estoque passou de em média 0.5 para 1.14, o que representa uma redução de aproximadamente 56% no inventário.

Como várias atividades de melhoria foram conduzidas de forma paralela, houve uma dificuldade em atribuir de forma precisa os resultados ao kanban interno, kanban externo ou às células de manufatura.

Para os itens comprados, foram feitas duas estimativas de ganho direto. A parte armazenada no almoxarifado de recebimento, por condição de projeto, apresentou uma redução em torno de 10%. Já no caso do material em processo, a metodologia de abastecimento implantada implicou em um estoque de no máximo dois turnos, enquanto anteriormente para a maioria dos itens havia aproximadamente uma semana.

A Figura 4.24 mostra o excesso de inventário para um dos fornecedores abrangidos pelo programa. O material em excesso foi segregado e consumido preferencialmente.



Figura 4.24: Excesso de material evidenciado (caixas brancas).

Para os ganhos indiretos, buscou-se listar as principais atividades que não agregavam valor que foram reduzidas ou eliminadas. As atividades mais evidentes que podem ser citadas e quantificadas estão resumidas na tabela seguinte.

Tabela 4.8: Principais ganhos alcançados.

Ganho	Atividade	Ganho Apurado
Direto	Redução de Inventário	56% (geral) / 10% kanban externo
Indireto	Inventários de material em processo	83% das contagens
	Transações de requisição de material	90% das transações
	Movimentação para abastecimento de linha	40% do deslocamento diário
	Retrabalho das Autorizações de entrega	50% do tempo

De forma geral o projeto foi bem sucedido. O patrocínio das Diretorias Industrial e de Logística possibilitaram o total engajamento dos envolvidos no processo operacional, permitindo que os novos conceitos fossem introduzidos e que as ações de melhoria e identificação e resolução de problemas ocorresse no dia-a-dia. O objetivo de cascadear a responsabilidade pela operação da fábrica aos operadores, almoxarifes e abastecedores de linha foi sem sombra de dúvidas atingido, o que fica evidente pelo comprometimento em viabilizar as idéias o mais rápido possível. O uso de latinhas de cerveja e de garrafas PET é um excelente exemplo deste espírito.

As maiores dificuldades encontradas estiveram na negociação com os fornecedores. Várias empresas mostraram-se alheias aos conceitos de produção enxuta mostrando resistência em aderir ao programa. Internamente o envolvimento do Departamento de Compras também deixou a desejar, preocupando-se essencialmente em negociar preços.

Pode-se afirmar um estudo de caso contemplando o estado inicial e o estado atual de uma empresa após a aplicação da metodologia proposta no Capítulo 3 foi cumprida. O sucesso da transformação é evidenciado de forma qualitativa e quantitativa, permitindo-se assim afirmar que o método foi bem sucedido no caso testado.

Capítulo 5:

Conclusões e Trabalhos Futuros

O presente trabalho objetivou propor uma metodologia de projeto para integração dos fornecedores através de um sistema de reabastecimento baseado no princípio de puxar a aquisição por meio de kanban externo.

A partir do estudo do modelo de cadeia de suprimentos da Toyota, pode-se criar um modelo no qual foram abordados aspectos que incluíram desde a seleção de fornecedores, definição de embalagem e transporte, integração com o MRP e principalmente o dimensionamento do inventário e das faixas do quadro kanban.

A aplicação prática do método mostrou simplicidade, rapidez de implantação e baixo custo, ao contrário da maioria das soluções baseadas em *softwares* de otimização ou simulação. Apesar de algumas limitações, incontestavelmente houve um aumento no envolvimento tanto entre departamentos, como entre empresas da cadeia de suprimentos.

Viu-se que os benefícios da manufatura enxuta podem ser estendidos ao longo da cadeia de suprimentos, buscando-se reduzir desperdícios e agregando-se maior valor do ponto de vista do consumidor final. Grande parte destes desperdícios está dentro da própria fábrica e acabam ficando despercebidos no dia-a-dia.

O kanban externo torna mais evidente através do controle visual o processo de aquisição de materiais, que usualmente está vinculado a poucos programadores do departamento de logística e ao sistema de ERP.

Como consequência da visualização, tem-se um maior envolvimento dos funcionários da fábrica, aumentando o grau de racionalização e a confiabilidade do sistema como um todo. Torna-se então possível reduzir estoque e recursos consumidos, como área e equipamentos, trazendo como consequência, ganhos financeiros à companhia.

Durante o processo de implementação apresentando tornou-se evidente que o kanban externo não é um elemento que possa ser aplicado isoladamente, mas sim uma ferramenta que deve vir acompanhada de outras no projeto de um sistema de produção, como células de manufatura e kanban interno. Dentro desta visão sistêmica, para o caso da Metagal, o caminho sugerido para o projeto seria a aplicação de práticas como pagamento do material somente após o consumo, eliminando-se o supermercado na fábrica dos fornecedores e o transferindo para o cliente. Passaria-se assim do primeiro modelo de dimensionamento sugerido no Capítulo 3, para o segundo, no qual a informação é transmitida com maior confiabilidade possibilitando redução dos níveis de inventário na cadeia de valor estendida.

Uma questão que parece permanecer em aberto é o projeto da cadeia de suprimentos de forma sistêmica. Croom *et al.* (2000) destacam a falta de uma base teórica para a gestão da cadeia de suprimentos e que os trabalhos publicados em sua grande maioria resumem-se à relatos sobre casos de sucesso. Tan (2001) mostra a mesma direção, colocando que tamanha lacuna leva ao uso indiscriminado do termo “gestão da cadeia de suprimentos.” Fine (1999) fala em três dimensões de projeto: processos, produto e cadeia de suprimentos. A metodologia de projeto axiomática foi utilizada para se criar métodos de projeto para as duas primeiras dimensões (Suh *et al.*, 1998; Bocanegra, 2001). Um trabalho futuro poderia se utilizar o projeto axiomático para criar um guia de projeto para a cadeia de suprimentos, buscando a integração com processo e produtos, levando a um mapa para se atingir a engenharia simultânea em três dimensões.

Referências Bibliográficas

Aggarwal, S.C., MRP, JIT, OPT, FMS?. *Harvard Business Review*, September-October, 1985.

Bocanegra, César, *Design and Implementation of Product Development Design Decomposition*. Cambridge: Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2001, 92 p. Tese (Mestrado).

BNDES, *Mapeamento da Nova Configuração da Cadeia Automotiva*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001, 30 p.

Bowen, H.K., Clark, K.B., Holloway, C.A., Leonard-Barton, D., Wheelwright, S.C., Development Projects: The Engine to Renewal, *Harvard Business Review*, September-October, 1994.

Chan, F.T.S., Effect of Kanban Size on Just-in-Time Manufacturing Systems, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 116, pp. 146-160, 2001.

Croom, S., Romano, P., Giannakis, M., Supply Chain Management: An Analytical Framework for Critical Literature Review, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 6, pp. 67-83, 2000.

Dias, Anna Valeria Carneiro, *Consórcio Modular e Condomínio Industrial: Elementos para Análise de Novas Configurações Produtivas na Indústria Automobilística*. São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998, 126 p. Tese (Mestrado).

- Dong, Y., Carter, C.R., Dresner, M.E., JIT Purchasing and Performance: An Exploratory Analysis of Buyer and Supplier Perspectives, *Journal of Operations Management*, vol.19, pp. 471-483, 2001.
- Duggan, K.J., *Creating Mix Model Value Streams: Practical Lean Techniques for Building to Demand*, New York: Productivity Press, 2002, 206p.
- Dyer, J.H., Dedicated Assets: Japan's Manufacturing Edge, *Harvard Business Review*, November-December, 1994.
- Dyer, J.H., Nobeoka, K., Creating and Managing a High Performance Knowledge-Sharing Network: The Toyota Case, *Strategic Management Journal*, vol.21, No. 3, pp. 345-367, 2000.
- Dyer, J.H., Collaborative Advantage: Winning Through Extended Enterprise Supplier Networks. New York: Oxford University Press, 2000, 209 p.
- Favaro, Cleber, Marcondes, Andreza Benatti, *Obtenção de Vantagens Competitivas na Cadeia de Suprimentos: O Modelo da Toyota*. Niterói: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2002.
- Ferro, José Roberto, *Parceria em Lean*, Curitiba: Lean Summit Brasil, 2001.
- Fine, C. H., *Mercados em Evolução Contínua: Conquistando Vantagem Competitiva num Mundo em Constante Mutação*. Rio de Janeiro: Campus, 1999, 262 p.
- Fine, C. H., *eClockspeed-Based Principles for Supply Chain Design*. Cambridge: Lean Aerospace Initiative Workshop, 2001.
- Fujimoto, T., *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. New York: Oxford University Press, 1999, 380 p.
- Fujimoto, Takahiro, Takeishi, Akira, *Automobiles: Strategy-Based Lean Production System*, Tokyo: CIRJE, Tokyo University, 2001.

- Hines, P, Lamming, R, Jones, D., Cousins, P, Rich, N, *Value Stream Management: Strategy and Excellence in the Supply Chain*, London: Financial Times/Prentice Hall, 2000, 474p.
- Hines, P., Taylor, D., *Going Lean*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, 2000, 54 p.
- Jones, D., Womack, J., *Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream*. Brookline: The Lean Enterprise Institute, 2002, 96 p.
- Kaibara, Marly Mizue, *A Evolução do Relacionamento entre Clientes e Fornecedores – Um Estudo de suas Principais Características e Contribuições para a Implantação da Filosofia JIT*. Florianópolis: Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998, 114 p. Tese (Mestrado).
- Krishnan, V., Ulrich, K.T., Product Development Decisions: A Review of the Literature, *Management Science*, vol. 47, pp. 1-21, 2001.
- Lee, H., Padmanabhan, V., Whang, S., The Bullwhip Effect in Supply Chains, *Sloan Management Review*, vol. 38, n. 3, pp. 93-102, 1997002E
- Lima, Paulo Corrêa, Favaro, Cleber, *Integration in the Supply Chain through the Application of an External Kanban System*. São Paulo: artigo submetido ao 17º International Congress of Mechanical Engineering COBEM, 2003.
- Lobo, Carlos, Lima, Paulo Corrêa, Favaro, Cleber, Marcondes, Andreza Benatti, *Designing Performance Measurement Systems Using Tools to Support the Development of Balanced Scorecard*. Guimarães: 1st International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Economy, 2003.
- MacDuffie, J.P., Helper, S., Creating Lean Suppliers: Diffusing Lean Production throughout the Supply Chain, *California Management Review*, vol. 39, n. 4, pp. 118-151, 1997.
- Monden, Y., *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Norcross: Engineering and Management Press, 1997, 479 p.

- Moura, Delmo Alves, *Caracterização e Análise de um Sistema de Coleta Programada de Peças, Milk run, na Indústria Automobilística Nacional*. São Paulo: Departamento de Engenharia Naval, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000, 274 p. Tese (Mestrado).
- Nellore, R., Chanaron, J.J., Soderquist, K.E., Lean Supply and Price-Based Global Sourcing – The Interconnection, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, vol. 7, issue 2, pp. 101-110, 2001.
- Ohno, T., *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997, 149 p.
- Peinado, Jurandir, *Implantação do Sistema Kanban como Base de um Programa Just In Time: uma Proposta de Metodologia para Empresas Industriais*. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000, 103 p. Tese (Mestrado).
- Porter, M. E., What is Strategy?, *Harvard Business Review*, November-December, pp. 61-78, 1996.
- Project Management Institute, *A Guide to Project Management Body of Knowledge*. Newton Square: Project Management Institute, 1996, 184p.
- Rich, N., Hines, P., Purchasing Structures, Roles, Process and Strategy: Is It a Case of the Tail Wagging the Dog?, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 4, issue 1, pp. 51-61, 1998.
- Rother, M., Shook, J., *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Brookline: Lean Enterprise Institute, 1998, 91p.
- Roy, R.N., Guin, K.K., A Proposed Model of JIT Purchasing in an Integrated Steel Plant, *International Journal of Production Economics*, vol.59, pp. 179-187, 1999.
- Salermo, M.S., Dias, A.V.C., Product Design Modularity, Modular Production, Modular Organization: the Evolution of Modular Concepts, *Actes du GERPISA*, n.33, 2002.

- Shahabudeen, P., Gopinath, R., Krishnaiah, K., Design of Bi-criteria Kanban System Using Simulated Annealing Technique, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 41, pp. 355-370, 2002.
- Shingo, S., *A Study of Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*, Portland: Productivity Press, 1989, 257p.
- Shook, John, *Lean Project Management*, Gramado: Lean Summit Brasil, 2002.
- Spear, S.J., Bowen, H. K., Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, September-October, pp. 97-106, 1999.
- Spear, S.J., Just-in-Time in Practice at Toyota: Rules-in-Use for Building Self-diagnostic, Adaptive Work-system. *Harvard Business School Working Paper*, WP 02-043, 2002.
- Suh, Nam P., Cochran, David S., Lima, Paulo C., *Manufacturing System Design*, Greece: CIRP General Assembly, CIRP Annals, vol. 46, n. 2, 1998.
- Suh, N.P., *Axiomatic Design: Advances and Applications*, New York: Oxford University Press 2001, 503p.
- Tan, C.K., A Framework of Supply Chain Management Literature Review, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 7, pp. 39-48, 2001.
- Tapping,D., Luyster, T., Shuker, T., *Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping and Sustaining Lean Improvements*, New York: Productivity Press, 2002, 167p.
- Tardif, V., Maaseidvaag, L., An Adaptive Approach to Controlling Kanban Systems. *European Journal of Operational Research*, vol. 132, pp. 411-424, 2001.
- Tardin, Gustavo Guimarães, *O Kanban e o Nivelamento da Produção*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 91 p. Tese (Mestrado).
- Ulrich, K.T., Ellison, D.J., Beyond Make-Buy: Internalization and Integration of Design and Production. *Working Paper, Department of Operations and Information Management*. The Wharton School of Management, 1998.

- Valeo Bayen, *Organization of Physical Flows – Valeo Production System Implementation Guide*, Paris: Material Interno, 2000.
- Vergara, F.E., Khouja, M., Michalewicz, Z., An Evolutionary Algorithm For Optimizing Material Flow in Supply Chains, *Computers and Industrial Engineering*, vol.43, pp. 407-421, 2002.
- Volpato, G., Stocchetti, A., Managing Information Flows Supplier-Customer Relationships: Issues, Methods and Emerging Problems, *Actes du GERPISA*, n.33, 2002.
- Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D., *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates, 1990, 323 p.
- Womack, J.P., Jones, D.T., From the Lean Production to the Lean Enterprise. *Harvard Business Review*, March-April, pp. 93-103, 1994.
- Womack, J.P., Jones, D.T., *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon and Schuster, 1996, 349 p.
- Zaenglein, Roger Junior. *External Kanban System in Automotive Assembly*. Cambridge: Leaders for Manufacturing, Massachusetts Institute of Technology, 2000, 108 p. Tese (Mestrado).
- Zimmer, K., Supply Chain Coordination with Uncertain Just-in-Time Delivery. *International Journal of Production Economics*, vol. 77, pp. 1-15, 2002.