

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM
MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE
SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA**

RICARDO RENOVATO NAZARENO

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

ORIENTADOR: Prof. Associado Antonio Freitas Rentes

São Carlos

2003

*A minha família, meu maior
patrimônio.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao Prof. Rentes, meu amigo, conselheiro e orientador. Juntos convivemos com as dificuldades de realizar este trabalho. Barreiras que, porém, nos tornaram fortes e motivados para buscar os devidos meios para prosseguir. Foram várias horas de trabalho que nos propiciaram não apenas esta dissertação, mas a troca de experiência e a sensação gratificante de ter contribuído com todos aqueles que de alguma forma estiveram envolvidos com o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção da EESC, que sempre me atenderam quando precisei.

Ao Prof. Associado Luiz César Ribeiro Carpinetti e o Prof. Dr. Fábio Muller Guerrini pelas contribuições no exame de qualificação e pelos auxílios prestados, indispensáveis para a conclusão desta pesquisa.

Aos meus pais e a minha irmã pelo apoio incondicional, pela família que tanto me amparou nos momentos difíceis, pela minha formação...

Ao grande amor da minha vida, Angela, companheira que me traz felicidade, harmonia e paixão, e que me faz sentir em paz e de bem com a vida.

À todos os meus amigos, que me apoiaram e me ajudaram com as várias dúvidas tive que durante do desenvolvimento do trabalho. E pelos momentos de descontração também.

À Deus, meu Pai, que sempre me passou a sensação confortante de que no final tudo vai dar certo.

SUMÁRIO

SUMÁRIO I

LISTA DE FIGURAS V

LISTA DE TABELAS VII

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS VIII

RESUMO IX

ABSTRACTX

1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO 1

1.1. Introdução 1

1.2. Apresentação do problema 2

1.3. Objetivo 4

1.4. Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho 6

1.5. Organização do texto 8

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10

2.1. Produção Enxuta 12

2.1.1 Princípios da Produção Enxuta 12

2.1.2 As sete categorias dos desperdícios na produção 13

2.1.3 Práticas e ferramentas da produção enxuta 15

2.1.4 Puxando o fluxo de produção 23

2.1.5 Sistema de Controle *Kanban* 24

2.1.6 Mapeamento do Fluxo de Valor 37

2.1.7 Células de Manufatura 48

2.1.8	Os sistemas de contabilidade de custos na Produção Enxuta.....	55
2.2.	O gerenciamento da mudança e melhoria organizacional.....	56
2.2.1	O conceito de gerenciamento da mudança e melhoria organizacional	56
2.2.2	TransMeth – Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas.....	57
2.2.3	A Produção Enxuta e a TransMeth.....	59
3.	DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO	62
3.1.	Diagnosticar os desperdícios existentes no sistema produtivo	66
3.2.	Criar infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta.....	68
3.2.1	Formar equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta	68
3.2.2	Treinar as equipes de transformação enxuta	69
3.3.	Análise do atual sistema de produção	70
3.3.1	Diagnosticar e comunicar o escopo do projeto	70
3.3.2	Construir o Mapa do Fluxo de Valor da situação atual.....	73
3.4.	Concepção do novo sistema de produção enxuta.....	77
3.4.1	Construir o MFV da situação futura.....	77
3.4.2	Definir as iniciativas de melhoria para implementação	78
3.4.3	Levantar e alinhar o impacto da mudança junto às demais áreas.....	79
3.5.	Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta.....	82
3.5.1	Definir e detalhar os sistemas de programação e controle	82
3.5.2	Calcular a capacidade e dimensionar o número e o tamanho dos kanbans para os supermercados de peças MTS.....	86
3.5.3	Definir os procedimentos de ajuste periódico do nível dos supermercados.	91
3.5.4	Projetar um layout enxuto	92
3.6.	Implementação do novo sistema de produção enxuta.....	94

3.6.1 Definir os “ <i>loops</i> ” de implementação	94
3.6.2 Elaborar um plano de ação visível	95
3.7. Revisão e monitoramento dos resultados obtidos	98
4. APLICAÇÃO PRÁTICA.....	99
4.1. Aplicação de conceitos de um sistema de produção enxuta em uma empresa produtora de bebedouros.....	99
4.2.1 Entendimento da necessidade de se adotar um Sistema de Produção Enxuta - Diagnosticar os desperdícios	100
4.1.2 Criação da infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta 100	
4.1.3 Análise do atual sistema de produção	101
4.1.4 Concepção do novo sistema de produção enxuta.....	105
4.1.5 Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta.....	106
4.1.6. Implementação do novo sistema de produção enxuta	109
4.1.7 Revisão e monitoramento dos resultados obtidos	111
4.1.8 Conclusões.....	112
4.2. Aplicação de conceitos de um sistema de produção enxuta em empresa do ramo agroindustrial	114
4.2.1 Entendimento da necessidade de se adotar um Sistema de Produção Enxuta - Diagnosticar os desperdícios	114
4.2.2 Criação da infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta 115	
4.2.3 Análise do atual sistema de produção	116
4.2.4 Concepção do novo sistema de produção enxuta.....	120
4.2.5 Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta.....	123
4.2.6. Implementação do novo sistema de produção enxuta.....	130

4.2.7	Revisão e monitoramento dos resultados obtidos	134
4.1.8	Conclusões.....	136
5.	ANÁLISES E CONCLUSÕES FINAIS.....	137
5.1.	Abrangência do método proposto	137
5.2.	Formação de equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta	138
5.3.	Mapeamento do Fluxo de Valor.....	138
5.4.	Definição das iniciativas de melhoria para implementação de produção enxuta	139
5.5.	Impacto da mudança junto às demais áreas	139
5.6.	Desenvolvimentos futuros.....	140
6.	ANEXOS	141
6.1.	Sistemas de controle e forma de armazenamento das peças e componentes MTS para a aplicação 1	141
6.2.	Definição do número máximo de <i>setups</i> possível para peças e componentes da família I	143
6.3.	Definição do tamanho dos kanbans para as peças e componentes classe A da família I	145
6.4.	Medidas de desempenho da aplicação 1	147
7.	BIBLIOGRAFIA.....	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de desenvolvimento de protótipos (adaptado de RENTES, 1995)	7
Figura 2: O JIT encoraja a administração a resolver os problemas, ao invés de encobri-los com estoques (CORRÊA & GIANESI, 1996)	22
Figura 3: Exemplo de controle da produção com Kanban de Sinal (MONDEN, 1984).	28
Figura 4: Alguns ícones definidos para Mapeamento do Fluxo de Valor.....	38
Figura 5: Etapas do MFV (Fonte: ROTHERS & SHOOK, 1998).....	39
Figura 6: Exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER & SHOOK, 1998).....	41
Figura 7: Diferença entre o tempo de fabricação de uma mesma quantidade de peças sendo fabricadas em lote e em fluxo unitário (ANDRADE, 2002)	43
Figura 8: Exemplo da utilização de um supermercado de produção	44
Figura 9: Exemplo de mapa da situação futura (RENTES, 2000).....	47
Figura 10: Forma de organização das máquinas em uma célula (LORINI, 1993)	50
Figura 11: Exemplos de células e mini-fábricas de produção.....	52
Figura 12: Roteiro para reorganização do arranjo físico (SILVA & RENTES, 2002)	54
Figura 13: Passos da Metodologia TransMeth (RENTES, 2000).....	58
Figura 14: Aplicação da TransMeth na transformação de processos de produção enxuta (RENTES, 2000)	59
Figura 15: Esquematização do objetivo do trabalho	63
Figura 16: Passos do método proposto	65
Figura 17: Esquema de uma Árvore da Realidade Atual.....	71
Figura 18: Visão fragmentada do fluxo de valor completo.....	75
Figura 19: Fórmula genérica para definição do prazo de entrega do produto ao cliente	82
Figura 20: Exemplo de um MFV da situação futura com <i>loops</i> de implementação (ROTHER & SHOOK, 1998)	94
Figura 21: Exemplo de um projeto de quadro de programação integrado com quadro de kanban	96
Figura 22: Exemplo de kanban	97

Figura 23: Software para cadastramento e emissão de kanbans	98
Figura 24: Exemplos de produtos da empresa fabricante de bebedouros analisada	100
Figura 25: Mapa da situação atual da empresa fabricante de bebedouros analisada	104
Figura 26: Mapa da situação futura da empresa fabricante de bebedouros analisada	106
Figura 27: Situação final da área de saída de peças de um centro produtor da empresa analisada (Aplicação 2).....	107
Figura 28: MFV da situação futura com os <i>loops</i> de implementação.....	109
Figura 29: Quadro de programação integrado com quadro de espera tipo semáforo	110
Figura 30: Modelo de Kanban desenvolvido para a situação futura.....	111
Figura 31: Racks fabricados para melhoria do controle e organização interna.	111
Figura 32: Organização e controle antes e depois.....	112
Figura 33: Famílias de produtos da empresa analisada.....	118
Figura 34: Mapa da situação atual da Família I.....	119
Figura 35: Mapa da situação futura de uma empresa de tanques de resfriamento de leite.....	121
Figura 36: Desenho do layout atual	128
Figura 37: Alternativa do novo layout escolhida	129
Figura 38: Comparação dos fluxos nos <i>layouts</i> atual e o futuro	129
Figura 39: MFV da situação futura com os <i>loops</i> de implementação.....	130
Figura 40: Quadro de programação integrado com quadro de espera tipo semáforo	131
Figura 41: Posto de recolhimento de kanbans.....	132
Figura 42: Racks fabricados para melhoria do controle e organização interna.	132
Figura 43: Padronização do trabalho.....	133
Figura 44: Quadros mostrando a padronização do trabalho no chão de fábrica	133
Figura 45: Software para cadastramento e emissão de kanbans	134
Figura 46: Organização e controle antes e depois.....	135
Figura 47: Estoque no pátio antes e depois.....	135
Figura 48: Evolução do estoque total antes e depois	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de cálculo de capacidade (RENTES, 2000).....	60
Tabela 2: Relação entre desperdícios e algumas possíveis causas e soluções	67
Tabela 3: Processo para a Construção da Árvore da Realidade Atual (DETTMER, 1997).	72
Tabela 4: Relação entre as práticas e ferramentas <i>lean</i> e os desperdícios da produção	78
Tabela 5: Relação entre os sistemas de controle e a frequência de inspeção.....	84
Tabela 6: Tabela para definição da porcentagem do tempo total disponível utilizado por famílias que compartilham um mesmo recurso gargalo	87
Tabela 7: Tabela para análise de capacidade e determinação do número de troca de ferramentas.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC - *Activity Based Cost*
ARA - *Árvore da Realidade Atual*
ATO - *Assembly-to-Order*
BTO - *Buy-to-Order*
CONWIP - *Constant Work in Process*
EKCS - *Extended Kanban Control System*
FKS - *Flexible Kanban System*
GKS - *Generalized Kanban System*
JIT - *Just in Time*
LT – *Lead Time*
MFV - *Mapa do Fluxo de Valor*
MRP - *Material Requirement Planning*
MTO - *Make-to-Order*
MTS - *Make-to-Stock*
PCP - *Planejamento e Controle da Produção*
POP - *Procedimento Operacional Padrão*
PP - *Processo Puxador*
PVA - *Process Value Analysis*
STP - *Sistema Toyota de Produção*
TPC - *Tambor-Pulmão-Corda*
TPT – *Toda Parte Todo*
TQM - *Total Quality Management*
VA – *Valor Agregado*

RESUMO

NAZARENO, R. R. (2003). *Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta*. São Carlos, 2003. 167p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho apresenta um método que visa auxiliar os agentes de mudança na condução de processos de implementação de sistemas de produção enxuta, cujo conceito tem sido largamente aplicado em diversas indústrias no Brasil, tais como a Ford, a GM, a Visteon, a Eaton, a Delphi, a Meritor, para citar apenas algumas. Entretanto, principalmente nas empresas que possuem produtos com grande variedade de peças e componentes, e com características distintas de demanda, muitos gerentes têm encontrado dificuldades ao tentar implementar um sistema de produção enxuta. O método é desenvolvido a partir de uma ampla revisão bibliográfica em torno do conceito de gerenciamento da mudança e melhoria organizacional, bem como dos princípios e das principais práticas e ferramentas enxutas. Com isso, são estudados com mais profundidade o mapeamento do fluxo de valor, a produção puxada, o sistema de controle kanban e o layout celular. Em seguida, o método é validado empiricamente por meio de duas aplicações, a primeira numa empresa produtora de bebedouros e a segunda numa empresa produtora de tanques para armazenagem e resfriamento de leite.

Palavras-chave: produção enxuta; mapa do fluxo de valor; kanban; gerenciamento da mudança e melhoria organizacional.

ABSTRACT

NAZARENO, R. R. (2003). *Development and Application of a Method for lean production systems implantation*. São Carlos, 2003. 167p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This work presents a method that aims to help the change agents in the Lean Production Systems implantation, whose concept has been applied in several industries in Brazil, such as Ford, GM, Visteon, Eaton, Delphi, Meritor, etc. However, mainly in the companies with great variety of goods and components, many managers have been difficulties to implement a lean production system. The method is developed from a wide bibliographical revision around change and improvement management concept, as well as lean production tools and techniques. It is studied value stream mapping, pull production, kanban control system and cellular layout. The method is empirically validated in two applications, the first application is in a drinking fountain company, and the second one is in a tank of milk storage company.

Keywords: lean production; value stream mapping; kanban; change and improvement management.

1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

1.1. Introdução

As organizações e corporações industriais têm investido consideráveis esforços e recursos com o intuito de promover a melhoria contínua do processo de manufatura, e assim garantir uma sólida posição no seu mercado. Segundo CORRÊA & GIANESI (1996), no mundo Ocidental tem se verificado um movimento crescente de reconhecimento do papel estratégico da manufatura na otimização do processo produtivo e redução de seus custos.

Neste cenário, o avanço das aplicações de técnicas e ferramentas do Sistema de Produção Enxuta (*Lean Production*) tem alavancado a competitividade principalmente da indústria automobilística. Seu conceito vem sendo largamente aplicado em diversas indústrias no Brasil, tais como a Ford, a GM, a Visteon, a Eaton, a Delphi, a Meritor, para citar apenas algumas (LEAN SUMMIT, 1999).

A Produção Enxuta engloba uma série de práticas e técnicas de manufatura, e tem como objetivo principal a eliminação dos desperdícios ao longo do sistema produtivo. Os desperdícios são classicamente (SHINGO, 1996) (WOMACK & JONES, 1996) (HINES & TAYLOR, 2000) classificados como: *superprodução*, *espera*, *transporte excessivo*, *processos inadequados*, *inventário desnecessário*, *movimentação desnecessária* e *produtos defeituosos*. Entre as principais técnicas é possível citar: as células de manufatura, o fluxo contínuo de peças, a utilização de mecanismos de prevenção de falhas, os sistemas de troca rápida de ferramentas, o mapa do fluxo de valor e muitas outras.

Dentro desse contexto, uma ferramenta, particularmente interessante para o desenvolvimento deste trabalho, introduzida pela Produção Enxuta, é o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*), de ROTHER & SHOOK

(1998). Entende-se, aqui, por fluxo de valor o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria prima até a entrega ao consumidor do produto final. Esta ferramenta é um método de modelagem de empresas relativamente simples (utiliza lápis e papel) com um procedimento para construção de cenários de manufatura. Ela utiliza um conjunto de ícones e regras que leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações. Logo, trata-se de uma ferramenta imprescindível para o processo de visualização da situação atual e construção da situação futura.

Por outro lado, segundo WOMACK & JONES (1996), muitos gerentes têm se afogado nas técnicas ao tentar implementar partes isoladas de um sistema enxuto sem entender o todo. Nesse sentido, muitos gerentes têm ficado de mãos atadas, sem saber ao certo como conceber, desenvolver, implementar e avaliar um processo de transformação enxuta de suas empresas.

1.2. Apresentação do problema

No cenário da manufatura no Brasil, o avanço das aplicações de técnicas e ferramentas do Sistema de Produção Enxuta tem alavancado a flexibilidade e qualidade, principalmente nas indústrias automobilísticas de grande porte e suas cadeias de fornecimento. No entanto, WOMACK & JONES (1996) vêm enfatizando a importância de se explorar também outros exemplos de organizações na paisagem industrial. “Pequenas empresas para complementar gigantes famosas, produtores de baixo volume para contrastar com fabricantes de automóveis de alto volume e empresas *high-tech* para comparar com aquelas de tecnologias maduras”.

Porém, dentro desse novo contexto proposto por estes autores, nota-se que muitas empresas ao tentarem implementar projetos de produção enxuta não têm alcançado os resultados desejados. São comuns as interrupções no processo de implementação sem se saber ao certo como prosseguir, bem como sustentar os resultados obtidos. De acordo com FELD (2000), algumas das razões para o fracasso desses projetos são: (1) falta de uma visão clara de como deve ser o novo ambiente enxuto. (2) falta de uma definição da direção a ser tomada e dos próximos passos necessários para tal. (3) conhecimento limitado quanto à forma de conduzir a

implementação. (4) foco direcionado apenas para os mecanismos de funcionamento dos novos processos, mas pouca ou nenhuma atenção é dada à questão do impacto dessas mudanças na organização.

Dessa forma, ao longo destes projetos, muitos gerentes têm deparado com algumas dificuldades oriundas de lacunas e limitações existentes não nos princípios, mas em algumas práticas, métodos e ferramentas.

O MFV, por exemplo, teve que, em algumas circunstâncias, ser adaptado para contemplar produtos que possuíam uma ampla gama de peças, diferentemente dos exemplos de mapas apresentados por ROTHER & SHOOK (1998) para a indústria automobilística. Nestes mapas, praticamente toda a fabricação do produto é representada por um conjunto de processos dispostos em seqüência, não mostrando como mapear situações com várias peças sendo fabricadas em paralelo (estampadas e usinadas, por exemplo) e consumidas ao longo do processo de montagem.

Outra dificuldade que se pode ter é a necessidade de se elaborar um mapa para cada uma dessas peças, comprometendo a principal vantagem dos mapas de processo: a visibilidade e simplificação dos processos como um todo. Isto nos remete ao fato de que, segundo CORRÊA & GIANESI (1996), as principais limitações do Sistema de Produção Enxuta estão ligadas à situações que apresentem alta variedade de peças. Se houver uma variedade muito grande de produtos e de componentes, o fluxo de cada um não será contínuo e sim intermitente, gerando altos estoques em processo para cada item, principalmente considerando-se a demanda de cada um.

Além disso, segundo IRANI (2001), em algumas circunstâncias, o MFV pode apresentar outras limitações, dentre as quais é possível destacar a falta de habilidade em tratar aspectos físicos, como o *layout* industrial.

Outro ponto preocupante é a freqüência com que o mapa da situação futura tem se limitado a um mero “papel de parede corporativo”, não havendo a implementação do estado futuro desenhado (WOMACK, 2002). Nesse sentido, embora muitas equipes *lean* optem, por exemplo, pela utilização de supermercados de produção entre células de fluxo contínuo, na prática, eles simplesmente não sabem como fazê-los funcionar (dimensionamento e ajuste periódico do nível de

supermercados de peças e matérias primas, controle do fluxo de informação, determinação do número de containeres, definição do sistema de controle, número de *kanbans*, etc.).

De acordo com TARDIN (2001), o Sistema *Kanban* é conhecido pela maioria das empresas, e seus benefícios são claros para elas. Entretanto, são poucas as empresas que conseguem aplicar este sistema com sucesso. Muitas empresas colocam o sistema para funcionar e tempos depois voltam a programar sua produção da maneira convencional, isto é, baseada na previsão de demanda.

Além disso, muitos gerentes têm manifestado a sua angústia diante da falta de ferramentas, com métricas e metas estabelecidas, que lhe digam se suas empresas estão ou não se tornando enxutas (WOMACK, 2002).

Portanto, em diversas situações, os esforços de melhoria em muitas indústrias brasileiras têm sido desapontadores, com resultados muito abaixo do esperado, resultando em desperdício de recursos, em perda de confiança nos agentes de mudança, em frustração das pessoas envolvidas e, talvez o pior de tudo, em medo de empreitar novas mudanças (RENTES, 2000).

Segundo PASCALE et al (1997), esses fracassos ocorrem porque as empresas têm uma grande dificuldade em identificar, priorizar e alinhar propriamente os seus recursos para fazer frente aos muitos fatores que produzem transformações organizacionais sustentáveis. Nesse sentido, RENTES (2000) afirma que grande parte das transformações não obtém sucesso por falta de uma metodologia clara a seguir.

Portanto, a questão que orientará este trabalho é *como identificar, agrupar e alinhar fatores como princípios, práticas e ferramentas tendo em vista a concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um processo sustentável de transformação enxuta?*

1.3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um método que auxilie os gerentes na concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um processo de transformação enxuta de suas empresas. A idéia é abordar, de

forma sistemática, particularidades imprescindíveis para o sucesso da implementação, tais como:

- o diagnóstico da existência de desperdícios de produção.
- a utilização do MFV como ferramenta de visualização e análise da situação atual e proposição da situação futura.
- a definição de políticas de atendimento da demanda interna e externa (*make-to-stock*, *make-to-order*, etc.) para os produtos, peças e matérias-primas.
- a definição dos sistemas de controle mais apropriados (kanban de produção, kanban de transporte, kanban de sinal, duas gavetas, reposição visual baseada no estoque máximo, dentre outros) para os produtos, peças e matérias-primas.
- a definição de políticas de dimensionamento e ajuste periódico do nível de supermercados de peças e matérias primas.
- a definição da quantidade de containeres e demais formas de armazenamento.
- a utilização de uma ferramenta computacional para o cadastramento e modificação dos *kanbans*, etc.
- a definição de políticas para a análise de capacidade, com base nos recursos gargalos.
- a definição de políticas para a análise de alguns aspectos físicos (*layouts*).
- o impacto do processo de produção enxuta em outros setores da empresa.

Por fim, é do entendimento do autor deste trabalho que o processo de implementação de produção enxuta é um processo contínuo de busca da perfeição. Portanto, num primeiro momento, nem todos os princípios, práticas e ferramentas poderão ser contemplados em uma primeira aplicação de transformação enxuta. É importante que os agentes de mudança iniciem este processo com os recursos

disponíveis em mãos. “*Mesmo se descobrir que algumas empresas têm problemas estruturais graves, você não vai piorar as coisas tornando-as enxutas, pois o investimento de capital necessário é extremamente pequeno. (Lembre-se: Se um grande investimento for necessário, sua empresa não está se tornando mais enxuta)*” (WOMACK, 1996).

Além disso, o método proposto busca atender a aplicações em outros tipos de indústrias, além das convencionalmente utilizadas para a indústria automobilística e de autopeças. Nesse sentido, o método é desenvolvido para atender àquelas aplicações que apresentam algumas características que complementam o padrão apresentado nos exemplos de ROTHER & SHOOK (1998). Estas características são:

- Produtos complexos com grande variedade de peças.
- Processos de produção em paralelo.
- Peças com diferentes características de demanda (alto e baixo volume; alta e baixa frequência), e que compartilham uma mesma linha de produção.
- Grandes flutuações da demanda ao longo do tempo.

1.4. Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho

A figura 1 apresenta uma visão clássica do ciclo de desenvolvimento de protótipos, adaptado de Rentes (1995). Aqui, um primeiro ciclo de desenvolvimento (A,B,C e D) é seguido de uma série de ciclos complementares (A',B',C' e D' é um deles).

De acordo com este processo, uma vez formulado o problema e definido os objetivos da pesquisa, foram realizadas revisões bibliográficas e visitadas empresas com aplicações bem sucedidas de técnicas e conceitos de produção enxuta (etapa A). Dentro desse contexto, foram visitadas a SACHS de Araraquara, Volkswagen de São Carlos, EATON de Valinhos e EATON de Mogi-Mirim. Nestas visitas foram observados algumas práticas e conceitos adotados, os quais contribuíram para o método proposto neste trabalho.

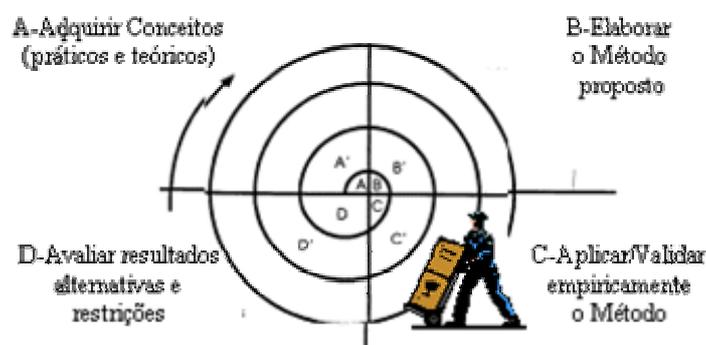


Figura 1: Ciclo de desenvolvimento de protótipos (adaptado de RENTES, 1995)

A partir dessa fase de formalização conceitual e documentação dos dados coletados, desenvolveu-se uma proposta preliminar do método (etapa B). Mais adiante, o mesmo foi validado empiricamente mediante a sua aplicação em duas empresas médio porte (etapa C).

Com isso, os resultados da análise, suas respectivas alternativas (caso haja) e restrições, foram submetidos a uma análise por parte das empresas estudadas e da comunidade acadêmica (etapa D). Buscaram-se, dessa forma, novas especificações de melhoria (correção das hipóteses, teorias ou procedimentos), visando o aperfeiçoamento do método obtido, através da obtenção de novos conceitos e do aprofundamento daqueles já adquiridos, iniciando-se assim um novo ciclo (etapa A').

Nesse sentido, este trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa. Segundo SILVA & MENEZES (2000), essa abordagem considera que o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave, que tende a analisar os dados indutivamente. As principais características são apresentadas a seguir HOPPEN et al. (1996):

- pesquisador observa os fatos sob a ótica de alguém interno a organização.
- a pesquisa busca uma profunda compreensão do contexto da situação.
- a pesquisa enfatiza o processo dos acontecimentos, isto é, a seqüência dos fatos ao longo do tempo.

- enfoque da pesquisa é mais desestruturado, não há hipóteses fortes no início da pesquisa, o que lhe confere bastante flexibilidade.
- a pesquisa utiliza mais de uma fonte de dados e enfatiza a perspectiva do objeto de estudo.

Segundo NAKANO & FLEURY (1996) e HOPPEN et al. (1996), os principais métodos da pesquisa qualitativa são: o estudo de caso, a observação participante e a pesquisa-ação. Com isso, considerando-se que o desenvolvimento deste trabalho fora feito ao longo de aplicações, e suas respectivas validações dentro das empresas, pode-se identificar a metodologia de pesquisa-ação como a mais adequada para enquadrar a pesquisa em questão.

Por fim, a pesquisa-ação pode ser definida como “...um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.” (THIOLLENT, 1986). Apesar dessa definição referir-se à pesquisa-ação como uma pesquisa social, ela é igualmente aplicada em áreas de atuação técnico-organizativa (THIOLLENT, 1986).

1.5. Organização do texto

Este documento apresenta, no capítulo 1, uma breve introdução, situando o projeto de pesquisa no contexto do Sistema de Produção Enxuta. Na seqüência, ele apresentou as justificativas e o detalhamento de seus objetivos, e, em seguida, a metodologia de pesquisa adotada.

No capítulo 2 são apresentados os conceitos necessários para a formulação do método proposto. Nele, são estudados a origem, os princípios e os desperdícios, bem como algumas das principais práticas e ferramentas do Sistema de Produção Enxuta. Além disso, é traçado o contexto para a compreensão das razões que ocasionaram o surgimento da necessidade de integração entre o Sistema de Produção Enxuta e o Gerenciamento da Mudança e Melhoria Organizacional. É quando a TransMeth é introduzida no escopo deste trabalho como a metodologia de

referência para a estruturação do processo de concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um Sistema de Produção Enxuta .

No capítulo 3, são apresentados os passos do método proposto.

No capítulo 4, são apresentadas duas aplicações do método proposto.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais desenvolvidas a partir dos objetivos propostos.

No capítulo 6 apresentam-se os anexos da dissertação.

Por fim, no capítulo 7, são citadas as bibliografias utilizadas para a elaboração do trabalho em questão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo BICHENO *apud* TARDIN (2001), Womack e Jones renovam a mensagem do *Just-in-Time*. O Sistema de Produção Enxuta, apresentado por estes autores, tem também como objetivo permitir respostas rápidas aos clientes, através da flexibilidade do mix e volume, produzindo produtos de qualidade a baixo custo de produção. A maneira de se atingir isto é através da eliminação de desperdícios e da criação de valor ao longo da cadeia produtiva. Nesse sentido, assumiremos no contexto deste trabalho o sistema *Just-in-Time* como um dos principais pilares da Produção Enxuta, adotando técnicas e objetivos ora semelhantes ora complementares.

Segundo CORRÊA & GIANESI (1996), dentre os pré-requisitos necessários para a implementação do JIT pode-se citar:

- **Comprometimento da alta administração:** o sucesso da implementação do JIT não pode ser obtido sem uma clara crença da alta administração no sistema JIT.
- **Medidas de avaliação de desempenho:** a forma de avaliar o desempenho dos diversos setores deve ser modificada para ser clara, objetiva e voltada a incentivar o comportamento de todos os funcionários de forma coerente com os critérios competitivos da empresa e com os princípios da filosofia JIT.
- **Estrutura organizacional:** a estrutura organizacional deve ser modificada para reduzir a quantidade de departamentos especialistas de apoio.
- **Organização do trabalho:** a organização do trabalho deve favorecer e enfatizar a flexibilidade dos trabalhadores, a

comunicação fácil entre os setores produtivos e o trabalho em equipe.

- **Conhecimento dos processos:** a compilação de fluxogramas de materiais e de informação para todas as atividades seja na área de manufatura, seja de projeto, seja de escritório, seguida da eliminação metódica das atividades que geram desperdícios ou apenas não agregam valor, é pré-requisito importante. Em particular, a aplicação desses procedimentos nos processos de preparação de equipamentos é um pré-requisito fundamental.
- **Ênfase nos fluxos:** tanto na administração de escritórios como de manufatura, devem ser criadas estruturas celulares, baseadas nos fluxos naturais de materiais e/ou informações.

Com isso, o objetivo de conceber, desenvolver, implementar e monitorar não será alcançado apenas com conceitos, práticas e ferramentas tratados de forma isolada. RENTES (2000) afirma que grande parte das transformações não obtém sucesso por falta de uma metodologia clara a seguir. Dessa forma, para se implementar um Sistema de Produção Enxuta é necessário algo que sistematize o tratamento dos pré-requisitos descritos acima, como uma metodologia de gerenciamento da mudança. Além disso, para monitorar, existe a necessidade, se não de um sistema, ao menos de um conjunto de medidas devidamente ligadas entre si, e concatenadas com os objetivos estratégicos do processo de transformação enxuta.

A TransMeth (RENTES, 2000) é uma metodologia genérica que ajuda a definir toda a infra-estrutura necessária ao processo de mudança e quais os tipos de ações de integração, ou projetos específicos, a empresa deve adotar.

Nesse sentido, uma vez traçado o contexto para a compreensão das razões que ocasionaram o surgimento da necessidade de integração entre o Sistema de Produção Enxuta e o Gerenciamento da Mudança, a TransMeth também será utilizada, no escopo deste trabalho, como a metodologia de referência para a estruturação do método proposto para a concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um sistema de produção enxuta .

2.1. Produção Enxuta

O paradigma da Produção Enxuta, adotado pelas organizações como resposta às pressões exercidas pelo mercado, ocorreu no Japão a partir do final da década de 40. No entanto, o despertar para esses conceitos, por parte do mundo ocidental, veio a ocorrer apenas no final da década de 80, em especial com o lançamento do livro “*A máquina que mudou o mundo*” de WOMACK & JONES (1992). Neste livro foram publicados os resultados de uma pesquisa realizada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) acerca do desempenho superior das empresas automotivas japonesas, mais especificamente da Toyota Motor Company, frente às empresas automotivas americanas. A pequena demanda por veículos no Japão exigia da empresa um sistema de produção diferente do sistema de produção em massa. Com isso o Sistema Toyota de Produção (STP) de produção foi criado a partir da identificação dos desperdícios pertinentes à produção e da criação de uma série de ferramentas para combatê-los.

Inicialmente, a Toyota procurou remover as ineficiências entre as atividades de processamento, inspeção e transporte. Feito isso, atacou o problema da estocagem a fim de eliminar a geração de estoques intermediários e produtos acabados ao longo do processo de produção.

O tópico a seguir descreve os princípios da Produção Enxuta, estabelecidos por WOMACK & JONES (1992), com base na teoria que sustenta o Sistema Toyota de Produção (STP).

2.1.1 Princípios da Produção Enxuta

Segundo WOMACK & JONES (1996), a produção enxuta possui cinco princípios básicos cujo objetivo é tornar as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes.

1. Determinar precisamente *o valor* por produto específico: é o ponto de partida e deve ser definido segundo as perspectivas dos clientes finais.

2. Identificar *a cadeia de valor* para cada produto: é o conjunto de todas as atividades para se levar um produto específico a passar pelas tarefas de desenvolvimento, de gerenciamento da informação e da transformação física propriamente dita.

3. Fazer *o valor fluir* sem interrupções: é necessário fazer com que as etapas que criam valor fluam. Isso exige uma mudança de mentalidade, o produto e suas necessidades devem ser o foco, e não as máquinas e equipamentos. O objetivo é reduzir as atividades que não agregam valor.

4. Deixar com que o cliente *puxe o valor* do produtor: é fazer o que os clientes (internos ou externos) precisam no momento certo, permitindo que o produto seja puxado quando necessário, isso minimiza os desperdícios comumente encontrados em sistemas “empurrados”.

5. Buscar *a perfeição*: fazer os quatro princípios anteriores interagirem em um processo contínuo na eliminação dos desperdícios.

O tópico a seguir fornece uma descrição mais detalhada destes desperdícios.

2.1.2 As sete categorias dos desperdícios na produção

SHINGO (1996) sustenta que a teoria do Sistema Toyota de Produção (STP) baseia-se na eliminação contínua e sistemática das perdas (desperdícios) nos sistemas produtivos, visando assim a eliminação de custos desnecessários. Segundo ele, o princípio mais significativo e a característica única do STP estão no seguinte fato: visando a eliminação do estoque, vários fatores básicos devem ser exaustivamente explorados e melhorados. A eliminação total do desperdício é o foco principal do STP. Nesse sentido, os desperdícios têm sido classicamente (SHINGO, 1996) (WOMACK & JONES, 1996) (HINES & TAYLOR, 2000) classificados como:

1. *Superprodução*: Produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações ou excesso de inventário.

2. *Espera*: Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead times* longos.

3. *Transporte excessivo*: Movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia.

4. *Processos Inadequados*: Utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma abordagem mais simples pode ser mais efetiva.

5. *Inventário desnecessário*: Armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixa performance do serviço prestado ao cliente.

6. *Movimentação desnecessária*: Desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens.

7. *Produtos Defeituosos*: Problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega.

Dentro desse contexto, HINES & TAYLOR (2000) definem três diferentes tipos de atividades:

(1) *Atividades que agregam valor*: são atividades que, aos olhos do consumidor final, agregam valor ao produto ou serviço. Ou seja, atividades pelas quais o consumidor ficaria feliz em pagar por elas.

(2) *Atividades desnecessárias e que não agregam valor*: são atividades que, aos olhos do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço e que são desnecessárias em qualquer circunstância. Estas atividades são nitidamente desperdícios e devem ser eliminadas a curto e médio prazo.

(3) *Atividades necessárias mas que não agregam valor*: são atividades que, aos olhos do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço, mas que são necessárias. Trata-se de desperdícios difíceis de serem eliminados em curto prazo, e que, portanto, necessitam de um tratamento a longo prazo, a menos que sejam submetidos a um processo de transformação radical.

Por fim, os autores acrescentam que em muitas empresas de manufatura estes três tipos de atividades podem ser encontrados, em média, na seguinte proporção:

- 5% de atividades que agregam valor.
- 60% de atividades que não agregam valor.
- 35% de atividades que não agregam valor, porém necessárias.

O que sugere a existência de um ambiente propício para a realização de esforços voltados para a redução do desperdício.

Para tanto, a produção enxuta engloba uma série de conceitos, práticas e ferramentas. A seguir, são apresentadas algumas delas.

2.1.3 Práticas e ferramentas da produção enxuta

Este tópico fornece uma visão geral de algumas das práticas comumente encontradas nos ambientes de produção enxuta. Algumas dessas práticas necessitam de condições específicas para que sejam implementadas, enquanto que outras se aplicam facilmente a qualquer ambiente de manufatura. ALVES (2001) e NICHOLAS (1998)¹, BICHENO (2000)² e KELLER & KAZAZI (1993)³ *apud* TARDIN (2001) descrevem algumas delas:

Células de manufatura: refere-se ao arranjo físico das máquinas, que deve ser definido segundo o fluxo de operações necessário para a fabricação do produto. Visa a otimização do transporte entre os equipamentos e a maximização da utilização da mão de obra (operador flexível). Dessa forma, a quantidade de mão-de-obra pode ser adequada ao volume, o abastecimento de material é facilitado e a comunicação entre os operários é aumentada, tornando mais rápida a detecção de defeitos.

Operários multifuncionais: num ambiente enxuto, os operários têm responsabilidade pela qualidade do produto, e devem estar sempre buscando eliminar desperdícios. Com o arranjo físico organizado de maneira celular, os operários devem ser treinados para operar vários equipamentos diferentes.

¹ Nicholas, John *Competitive Manufacturing Management*. Chicago: Irwin/McGraw-Hill, 1998, 840 p

² Bicheno, John *The Lean Toolbox*. Buckingham: PICSIE Books, 2000, 201p.

Produção Puxada: A produção deve ser feita o máximo possível de acordo com o pedido real do cliente, e não de acordo com a previsão de consumo dele. Isto porque, na maioria das vezes, estes dois não são iguais, o que acarreta em inventários e excesso de produção.

Sistema de controle *kanban*: *Kanban* é um termo japonês que significa cartão. Este é um sistema em que cartão age como disparador da produção (ou movimentação) por parte de centros produtivos presentes no processo, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais.

Balanceamento da produção: refere-se à sincronização dos tempos de operação e visa equalizar as cargas de trabalho, bem como reduzir os tempos que não agregam valor, como os tempos de espera.

Nivelamento da produção: Quando os tempos de preparação de equipamentos são reduzidos, os lotes ficam menores. Neste instante, pode-se buscar produzir conforme a demanda do cliente. Nivelando a produção, têm-se reduções significativas de inventários, tanto de matéria-prima, como de produtos acabados. A produção nivelada é uma das condições fundamentais para o melhor funcionamento da produção puxada. Enfim, refere-se à programação das atividades do chão de fábrica. Esta prática visa alcançar um mix de produção que reduza estoques de determinados itens, dando, ao mesmo tempo, uma certa flexibilidade ao sistema.

Mecanismo de prevenção de falhas ou “*poka-yoke*”: é um mecanismo para prevenir materiais defeituosos pela colocação de diversos dispositivos de parada nas ferramentas e instrumentos. A idéia é também expandi-las para as linhas de trabalho manual. Se alguma coisa irregular ocorre numa linha de produção, o operário pressiona seu botão de parada, sustando toda a linha. Visa melhorar as atividades de inspeção e garantir que os defeitos sejam identificados e

³ Keller, A. Z., Kazazi, A. *Just-in-Time Manufacturing Systems: A literature review*, *Industrial*

eliminados o mais rapidamente possível. Contribui significativamente para a eliminação de um tipo de desperdício, a fabricação de produtos com defeitos.

Manutenção preventiva: tem como objetivo diminuir os desperdícios associados à baixa disponibilidade dos equipamentos por motivo de quebra. A confiabilidade dos equipamentos tem de ser aumentada e os tempos de quebra reduzidos. Quando estas ocorrem, os operadores ficam esperando os equipamentos serem consertados. Depois, este tempo tem de ser compensado, normalmente em hora-extra.

Simplificação: simplificar produtos, processos e padronizar componentes reduzem os desperdícios no processo, tais como testes. Além disso, esta prática diminui desperdícios de mão-de-obra com posicionamento da peça e ajuste das ferramentas. Por fim, diminuem os desperdícios relativos à produção de defeitos.

Limpeza e Organização: num ambiente limpo e organizado os operadores não perdem tempo com atividades que não agregam valor ao produto, tais como como: procurar peças e ferramentas, e movimentar-se por caminhos mais longos.

Qualidade no processo: as operações devem ser feitas corretamente para que a qualidade do produto esteja assegurada, diminuindo os custos relacionados à inspeção e retrabalho. Esta prática, assim como outras da Produção Enxuta, se insere no contexto da TQM (*Total Quality Management*), cujos princípios e ferramentas, tais como os Sistemas de Qualidade (Normas ISO e *Baldrige Award*), o controle estatístico dos processos, e o *Kaizen*, são tão amplos como o da própria Produção Enxuta.

Controle visual: quando as informações são imediatamente vistas por aqueles que precisam delas tem-se uma série de benefícios. Permite-se que os operadores façam seu trabalho com mais facilidade, mais motivados, e ainda eliminasse uma série de controles e planejamentos ineficazes.

Quadros de informação: geralmente contêm métodos de trabalho padrão, objetivos e indicadores de performance, em conjunto com quadros de comunicação. São ferramentas que facilitam o trabalho no chão de fábrica e aumentam a motivação dos operários.

Compras JIT: comprar pequenas quantidades, só quando necessário, elimina desperdícios de inventários, como operações de controle, espaço para armazenagem, capital imobilizado, juros, etc.

Definição das políticas de atendimento da demanda interna e externa: é uma característica baseada em como a empresa atende aos seus pedidos. O *lead time* de atendimento ao cliente (interno e externo) é determinado em função da política escolhida, assim como os níveis de estoque de produtos acabados e matéria-prima. Para efeitos de análise são consideradas quatro políticas (LIN&SHAW, 1998):

- MTS (*Make-to-stock*): os pedidos são atendidos por itens previamente estocados.
- ATO (*Assembly-to-order*): componentes acabados são montados conforme a solicitação dos clientes.
- MTO (*Make-to-order*): os pedidos dos clientes disparam a produção dos itens que deverão ser entregues. Não há estoque de produtos acabados.
- BTO (*Buy-to-order*): a compra da matéria-prima é efetuada após o recebimento do pedido.
- ETO (*Engineering-to-order*): os pedidos dos clientes disparam o desenvolvimento ou alterações no projeto dos produtos.

Classificação ABC dos componentes de cada família: a classificação ABC dos componentes deve estar baseada num procedimento para priorização de estoque. Isto porque em qualquer estoque que contenha mais de um item, alguns serão mais importantes para a organização do que outros.

Nesse contexto, uma política de priorização de estoque bastante utilizada é a Lei de Pareto (regra 80/20) (SLACK, 1999), segundo a qual cerca de 20% de todos os itens estocados são responsáveis por aproximadamente 80% do valor dos estoques. Tais itens devem então ser classificados conforme o seguinte critério de priorização:

- Itens classe A: são aqueles 20% de itens de alto valor, que representam cerca de 80% do valor total do estoque.
- Itens classe B: são aqueles de valor médio, usualmente, os seguintes 30% dos itens que representam cerca de 10%\$ do valor total.
- Itens classe C: são aqueles de baixo valor, que apesar de compreender cerca de 50% do total de tipos de itens estocados, representam somente 10% do valor total dos itens em estoque.

Portanto, os componentes de cada produto deverão ser classificados conforme o custo do material utilizado, bem como da complexidade do processo de fabricação dos mesmos, isto é, do seu custo de agregação de valor (mão de obra).

Redução de tempos envolvidos no processo: Segundo CORRÊA & GIANESI (1996), a redução de tempos envolvidos no processo é uma prática muito importante para o aumento da flexibilidade de resposta. Para a redução do *lead time* de produção, os produtos, o sistema de manufatura e o processo de produção devem ser projetados de forma a facilitar o rápido fluxo das ordens de produção.

Em geral, o *lead time* de produção é o tempo que decorre desde o momento em que uma ordem de produção é colocada até que o material esteja disponível para uso. Ele é composto pelos seguintes elementos:

Tempo de tramitação da ordem de produção: no JIT, o sistema de liberação de ordens está no nível da fábrica, sendo extremamente ágil, podendo utilizar cartões (*kanban*) ou outro meio de fácil comunicação. Dessa forma, este tempo é praticamente reduzido a zero.

Tempo de espera em fila: uma forma de reduzir o tempo de fila é reduzir os lotes de produção de todas as ordens na fábrica, assim como reduzir os tempos de preparação das máquinas. Outra providência é executar o fluxo contínuo das linhas (lote unitário), não permitindo a formação de estoques entre os postos de trabalho. Finalmente, a coordenação dos diversos estágios da produção, para que produzam somente o que e quando os estágios posteriores requererem, também contribui para a redução do estoque em processo, reduzindo o tempo de fila. Esta última providência é garantida pelo sistema kanban.

Tempo de preparação de máquinas (setup): A redução do tempo de preparação na troca de modelos permite a diminuição dos lotes de produção. Assim, diminui-se o estoque intermediário e final. Além disso, se ganha flexibilidade de entrega para o cliente, porque se diminui o tempo de passagem. Por fim, ainda traz a vantagem de que, caso o lote tenha algum problema de qualidade que não pôde ser detectado durante a produção, o lote a ser retrabalhado, ou descartado, é menor.

A redução dos tempos de preparação de máquina pode ser obtida com a ajuda das seguintes prescrições práticas (CORRÊA & GIANESI, 1996), (SHINGO, 1996):

- Documentar como o *setup* é feito atualmente (o uso de videoteipe é recomendado), e procurar eliminar passos e reduzir os tempos dos passos remanescentes.
- Separar criteriosamente o *setup* interno do *setup* externo. Vale ressaltar que apenas o primeiro se refere a atividades que requeiram que a máquina esteja totalmente parada para que sejam realizadas.
- Converter, na medida do possível, o *setup* interno em *setup* externo.
- Preparar o próximo processo de *setup* cuidadosamente e bem antes do momento em que este será necessário.

- Modificar o equipamento para permitir uma preparação fácil e uma pequena necessidade de ajustes.
- Desenvolver métodos de modo a possibilitar a uma só pessoa executar a maior parte do *setup*.
- Programar para uma máquina produtos e componentes que utilizem a mesma preparação ou exijam preparação simples na troca de um produto para outro.
- Praticar o processo de preparação da máquina.

Tempo de processamento: segundo a filosofia JIT, o tempo de processamento é o único que vale a sua duração, pois nele se agrega valor ao produto.

Tempo de movimentação: o tempo de movimentação é reduzido pela utilização do layout celular. Outra providência no sentido de reduzir este tempo é trabalhar com lotes pequenos e eventualmente menores que o lote de produção, que podem ser movimentados rapidamente.

A Produção Enxuta, assim como o JIT, também encoraja a administração a resolver os problemas, ao invés de encobri-los com estoques em excesso, estoques de segurança e longos tempos de passagem (*veja figura 2*).

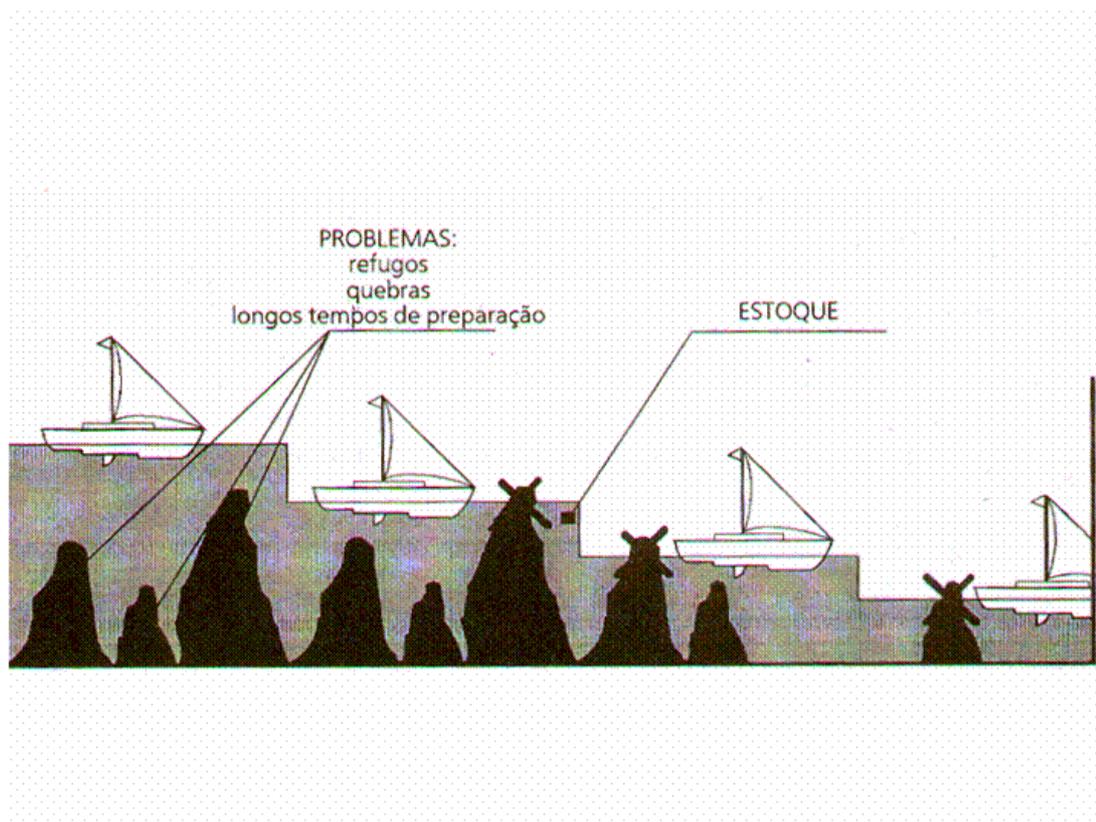


Figura 2: O JIT encoraja a administração a resolver os problemas, ao invés de encobri-los com estoques (CORRÊA & GIANESI, 1996)

A fim de alcançar a meta estabelecida, os gerentes devem eliminar refugos e as avarias nas máquinas, reduzir o tamanho dos lotes e os tempos de preparação. O trabalho em equipe, tanto dentro da fábrica quanto com os fornecedores externos, deve ser feito com o mesmo afinco. A negociação com os fornecedores externos deve levar em conta a qualidade dos materiais e produtos que eles fornecem, as quantidades e frequência de entrega, bem como o tamanho das caixas em que vêm os produtos (SLACK, 1999).

Algumas das técnicas descritas trazem aumento imediato de produtividade, como a introdução de manutenção preventiva, limpeza e organização. Outras técnicas requerem um esforço maior para que os resultados tenham impacto

na produtividade. LI & BARNES (2000)⁴ *apud* TARDIN (2001), investigam, através de simulação, a performance de um sistema que aplica produção puxada e o arranjo físico celular. Os autores mostram que quando o tempo de preparação é baixo, estas duas estratégias juntas trazem redução de estoques.

Além disso, conforme foi dito anteriormente, a compilação de fluxogramas de materiais e de informação, seguida da eliminação metódica das atividades que geram desperdícios ou que simplesmente não agregam valor, é pré-requisito importante para implementar um sistema de produção enxuta (CORRÊA & GIANESI, 1996).

Logo, este trabalho focalizará quatro importantes pontos para o processo de transformação enxuta: a produção puxada, o sistema de controle *kanban*, o mapeamento do fluxo de valor e o arranjo físico celular. Para tanto, eles serão estudados a seguir com mais profundidade.

2.1.4 Puxando o fluxo de produção

Em um sistema de produção puxada, o passo e as especificações do que é feito são estabelecidos pela estação de trabalho do “consumidor”, que puxa o trabalho da estação antecedente (fornecedor) (SLACK, 1999).

O sistema de puxar elimina a necessidade de se programar todas as operações por onde passará um pedido, como em um sistema MRP (*Material Requirement Planning*). Decisões do que fazer e quanto fazer são tomadas pelos operadores, usando um simples sistema de sinalização que conecta as operações através do processo (FUJIWARA ET AL., 1998).

Este é um dos benefícios da produção puxada, ou seja, a transferência da responsabilidade da programação diária do chão de fábrica para os operadores, eliminando-se, assim, a necessidade de se ter um programador fazendo isto.

⁴ Li, JW., Barnes D. J. Investigating the factors influencing the shop performance in a job shop environment with kanban-based production control, *International Journal of Production Research*, 2000, v. 38, n. 18. P. 4683-4699

Quando se controla a produção desta maneira, somente uma etapa recebe o pedido do cliente. Para realizá-lo, ela busca no supermercado de peças da etapa anterior as peças que ela precisa para realizar o pedido. Esta etapa, por sua vez, busca, no supermercado de sua etapa anterior, as peças necessárias para repor o seu próprio estoque, e assim sucessivamente (TAKAHASHI E NAKAMURA, 2000).

A maneira mais convencional de se puxar a produção é o Sistema *Kanban*.

2.1.5 Sistema de Controle *Kanban*

O Sistema *Kanban* um sistema de informações, criado pela Toyota, que controla a produção de toda a fábrica, isto é, dá autorizações de produção, de transporte e informa a localização de componentes através de cartões. O princípio do *kanban* é limitar a quantidade de estoque em processo através de um número determinado de cartões (GAURY ET AL., 2000). Só se produzem ou se retiram peças de um processo, ou estoque, caso tenham-se cartões correspondentes a elas, e na quantidade fixada nos cartões.

As principais vantagens associadas a sua utilização são (GAURY ET AL., 2000):

- Eliminação do estoque de material em processo.
- Os setores produtivos são melhores aproveitados, resultando numa maior capacidade total das linhas produtivas, ou seja, num aumento da produtividade.
- Os tempos de obtenção (*lead time*) são reduzidos, quer em nível de itens individuais quer em termos de produto final. Portanto, é possível antecipar os prazos de entrega.
- Como trabalha em um sistema de produção "puxada" o nível de existência de produtos finais poderá ser reduzido, ou até mesmo deixar de existir. Melhor administração dos estoques intermediários, ou em processo, e finais.
- Menor ocupação de espaço, até a extinção, para estoques intermediários e diminuição das áreas de almoxarifado e armazenagem na expedição.

Nesse sentido, o sistema permite uma identificação rápida das flutuações da demanda e proporciona uma resposta imediata, graças à sua adaptabilidade.

Outro método de se puxar a produção é chamada de *CONWIP* (*Constant Work in Process – Estoque em Processo Constante*). O *CONWIP* pode ser visto como um sistema de empurrar a produção com um número limitado e constante de inventário em processo. Só entra matéria-prima no processo quando sai produto acabado (GAURY ET AL., 2000). Esta limitação de material pode ser feita através de um número fixo de cartões ou de containeres. Este sistema difere do Sistema *Kanban* porque nele as informações da quantidade e momento de produzir não estão no mesmo cartão. Sabe-se que uma caixa foi consumida e, portanto, outra pode ser produzida, entretanto, o que será produzido é programado a partir da programação de produção.

Além disso, com o passar dos anos, surgiram algumas variações do Sistema *Kanban*:

- FKS – *Flexible Kanban System*: Difere do sistema tradicional porque a quantidade de *kanbans* de produção pode variar. A finalidade desta variação é de compensar as perdas de produção decorrentes de interrupções quaisquer do processo (GUPTA E ALTURKY, 1998).
- Sistema de Duas Gavetas - é um tipo de sistema de estoque com requisição de dois lotes com quantidades constantes e iguais (MONDEN, 1998).

Logo, baseado nestas definições, pode-se afirmar que o objetivo do *Kanban* é viabilizar a produção puxada e eliminar os desperdícios associados a se tentar adivinhar o que o cliente quer.

2.1.5.1 Regras do kanban

Segundo MONDEN (1998), existem cinco regras que devem ser cumpridas para que o Sistema *Kanban* funcione:

Regra 1: O processo seguinte deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento correto.

Para que esta regra funcione, é obrigatório que a retirada de material de um processo anterior seja feita com a apresentação de um *kanban*. A quantidade retirada deve ser igual àquela determinada no cartão, e não podem haver peças desacompanhadas de um *kanban*.

Regra 2: O processo anterior deve produzir produtos para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este.

Esta regra complementa a primeira para que não ocorra excesso de produção. O processo anterior só pode produzir itens dos quais tem cartão, e só pode produzir a quantidade definida neste.

Regra 3: Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes.

Uma vez que os estoques em processo são limitados a uma quantidade mínima, deve-se ter certeza que estas poucas peças estejam em perfeitas condições para serem utilizadas pelo processo seguinte. Caso contrário, as peças serão devolvidas ao processo fornecedor e o processo cliente terá de esperar até ter as peças em condições de produzir. Portanto, é importante que se coloque o supermercado de peças em um local onde se garanta a qualidade daquelas peças.

Regra 4: O número de *kanbans* deve ser minimizado.

O número de *kanbans* expressa o inventário máximo de cada item. Este número deve ser mantido o menor possível. Na Toyota, é responsabilidade do supervisor de cada processo trabalhar para diminuir esta quantidade. Ele deve estar sempre buscando melhorias de processo que lhe permitam diminuir o tamanho dos lotes e diminuir o tempo de processo, para poder diminuir o número de *kanbans*.

Regra 5: O *kanban* deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda.

A mais impressionante característica deste sistema é a adaptabilidade para variações repentinas de demanda. Empresas que se utilizam deste sistema não distribuem pela fábrica programas de produção detalhados. Somente o processo puxador* recebe a programação do dia. As demais áreas só sabem o que produzirão com a chegada dos cartões. Sendo assim, mudanças no programa do dia ocorrem natural e imediatamente.

2.1.5.2 Os tipos de kanban

Classicamente, pode-se dividir os cartões em dois tipos: o Kanban de Retirada /Transporte e o Kanban de Produção.

Os Kanbans de Retirada funcionam como dinheiro. Eles são utilizados para comprar, ou melhor, retirar peças do almoxarifado ou de processos anteriores. O número destes cartões é calculado com base no consumo de cada item pela linha e pelos seus intervalos entre abastecimentos. Assim, impede-se que um processo compre uma quantidade maior do que precisa, resultando em excesso de material na área.

Os Kanbans de Produção também existem numa quantidade fixa, calculada com base na demanda do cliente (interno ou externo), e mais uma série de fatores que serão detalhados mais para frente. A intenção é impedir o excesso de produção, afinal, como está claro na Regra 2 do item anterior, quando todos os cartões estiverem com produtos, não há como produzi-lo Além destes, MONDEN (1998) outros tipos de kanbans:

Kanban de Sinal - Um Kanban de Sinal é uma variação do kanban de produção para o caso de um processo que produza em lotes. Ao invés de se ter um cartão para cada embalagem que o compõe, pode-se usar um só cartão para pedir todo o lote. Neste caso, escreve-se nele a quantidade que o processo anterior deve produzir. Também se escreve o instante em que o processo cliente deve entregar o cartão para o processo anterior, conhecido como ponto de reposição. Esta variação do Kanban de Produção é chamada também de Triângulo Kanban, Kanban de Nível de Reposição ou Kanban de Estoque Mínimo (figura 3).

* O processo puxador é definido mais detalhadamente no item 2.1.5.5.

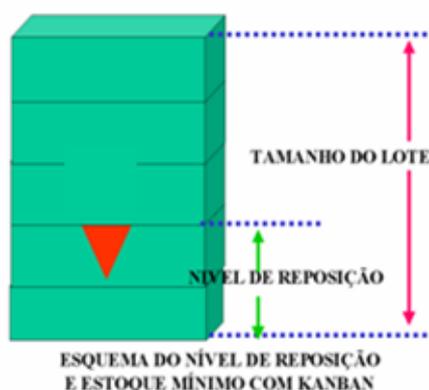


Figura 3: Exemplo de controle da produção com Kanban de Sinal (MONDEN, 1984).

Kanban Expresso - Um Kanban Expresso é emitido quando existe falta de peças. Apesar de existir tanto o Kanban de Retirada quanto o de Produção para este tipo de problema, o Kanban Expresso é emitido em situações extraordinárias e deve ser retido após o seu uso. Por exemplo, numa situação em que o transportador verifica que uma determinada peça não foi reabastecida em quantidade suficiente e está em falta. Neste caso, ele emite o Kanban Expresso para a peça e coloca-o no seu posto (frequentemente denominado como posto vermelho), além do posto de Kanban de produção. Esta ação pode inclusive ser ligada a um painel eletrônico, chamado *Andon*, no qual uma lâmpada correspondente à peça seria ativada, indicando, através de impulso, a necessidade de produção da mesma.

Kanban de Emergência - Um Kanban de Emergência é emitido temporariamente quando o inventário requerer a reposição de unidades defeituosas e houver problemas de máquinas, inserções extras ou operações de emergência em um fim de semana. Este Kanban tem o mesmo formato do Kanban de Retirada ou de Produção e deve ser retido logo após o seu uso.

Kanban de Ordem de Serviço - Enquanto que os Kanbans já mencionados são aplicados às linhas para reatualizar a produção, este Kanban é preparado para a linha de produção por ordem de serviço e emitido para cada serviço.

Kanban Integrado - Se dois ou mais processos são estritamente conectados entre si, tornando um processo simples e não havendo necessidade de

trocas de cartões entre os mesmos, por serem adjacentes, um cartão comum é utilizado. Tal Kanban é similar às passagens utilizadas na integração de metrô-ônibus. É utilizável, por exemplo, nas linhas de usinagem, onde a peça pode ser transportada após a linha seguinte, através de calhas, nos processos de fábricas, tais como tratamento térmico, cromagem, galvanoplastia ou pintura.

Kanban de Produção - Um Kanban de Retirada pode também ser usado como um Kanban de Produção, se a distância entre os dois processos é muito pequena, e são supervisionados por um único operário.

Kanban de Fornecedor: É um kanban de retirada utilizado para transferência entre empresas. Funciona como um cartão de retirada entre processos. Como em uma empresa que adota o sistema de controle da produção através de kanban, o sistema de produção adotado é o *JIT*, não deverá existir armazéns especiais ou depósitos para os produtos ou componentes, portanto, neste cartão deve constar a informação adicional do local exato, prateleira, área da fábrica, centro produtivo, etc, no qual o material deve ser entregue. Se o sistema *JIT* funciona perfeitamente ajustado, consta ainda deste cartão a hora em que o material deve ser entregue, as quantidades de entregas diárias e o tempo máximo no qual deverá ser feita a entrega.

Carreta ou Carrinho como um kanban - O Sistema Kanban é muito eficiente quando são utilizadas carretas com capacidade limitada de carga e que funcionariam como o próprio kanban.

Kanban Eletrônico - É utilizado entre duas operações adjacentes, totalmente automatizadas. Por exemplo, uma determinada peça sofre uma usinagem na máquina P, a qual por um sistema automático executa a descarga da peça em uma calha que a transporta para a máquina Q, onde sofrerá uma nova operação. Entre estas operações não há trabalhador envolvido. Como entre as máquinas existem diferenças de velocidade de trabalho, o tempo de operações da máquina P é maior que o tempo de operação da máquina Q, aquela não deve continuar trabalhando, gerando estoques entre as duas estações, e nem deixar de atender as necessidades da

operação Q. Neste caso, determina-se um nível máximo de inventário “N” entre as duas operações. Em seguida, monta-se um sistema de identificação na calha de transporte, tais como chave de fim de curso, fotocélula, ou qualquer outro dispositivo do gênero, que "identifique" que há uma "fila de espera" para sofrer a operação Q com “N” peças, momento em que o dispositivo interrompe a operação da máquina P.

Geralmente os demais tipos de kanbans são praticamente idênticos aos cartões de retirada e de produção, o que os diferencia são basicamente as tarjas ou bordas coloridas, de modo a possibilitar uma rápida identificação visual.

2.1.5.3 A dinâmica do sistema

Uma fábrica que opera com kanban tem basicamente dois tipos de procedimento, com um ou com dois cartões:

Sistema Kanban de um cartão: Este sistema se caracteriza por possuir apenas um local de estoque, isto é, supermercado, entre um processo fornecedor e seu cliente (pode ser um processo produtivo ou não). O único cartão existente neste caso é o kanban de produção.

O supermercado de produtos do processo fornecedor fica concentrado junto ao cliente. À medida que o cliente consome estas peças, os cartões que estavam juntos às embalagens são colocados em uma caixa de coleta, próxima dele. A cada período definido de tempo, ou quando a quantidade de peças atingir um certo nível, os cartões são retirados da caixa de coleta e levados para um quadro, junto ao processo fornecedor.

A existência de cartões no quadro dá permissão para a linha produzir aqueles itens, na quantidade definida no cartão. Quando o processo fornecedor termina de produzir uma embalagem, o cartão é retirado do quadro e colocado junto a ela. Quando for hora, estas embalagens serão levadas de volta para o supermercado, junto ao cliente, e os cartões que estiverem na caixa de coleta serão levados de volta para o quadro.

Sistema Kanban de dois cartões: Este sistema se caracteriza pela existência de dois supermercados. Um fica no fornecedor e outro fica no cliente. Neste caso, tanto o Kanban de Produção quanto o de Retirada estão presentes. As embalagens que ficam no supermercado do fornecedor têm, fixadas nelas, os kanbans de produção. as que ficam junto ao cliente têm os de retirada.

À medida que o cliente consome a matéria-prima do supermercado próximo, os cartões que estavam juntos às embalagens são colocados em uma caixa de coleta. A cada período de tempo definido, estes kanbans de retirada são coletados e levados até o supermercado do processo fornecedor.

Chegando lá, os kanbans de retirada funcionarão como uma lista de compras. Para cada kanban de retirada será comprada uma embalagem daquele item. As embalagens compradas receberão os kanbans de retirada e serão levadas para o estoque junto ao cliente. Os kanbans de produção que acompanhavam as embalagens no estoque fornecedor serão colocados novamente no quadro.

Da mesma forma que no sistema de um cartão, a existência de kanbans de produção no quadro dá ao processo fornecedor permissão de produzir aqueles itens, nas quantidades determinadas nos cartões. Depois de produzidas, as embalagens recebem os kanbans de produção e são colocados novamente no supermercado do fornecedor.

Nesse caso, o supermercado pertence ao processo fornecedor. Ele é responsável por manter as quantidades de peças para que o cliente sempre seja atendido. Por isto, o sistema de dois cartões é considerado melhor do que o de um cartão. Neste sistema, o processo fornecedor é claramente o “dono” do supermercado. O processo cliente vem comprar aquilo de que precisa.

Entretanto, o sistema de um cartão é mais simples de ser implementado. É comum implementar-se o sistema com um cartão e depois evoluir para o de dois cartões. Entretanto, quando as distâncias entre os processos são bastante pequenas e o supermercado pode ficar próximo do cliente, não há a necessidade de se introduzir o cartão de retirada.

2.1.5.4 Sequenciamento da produção dos kanbans

Os kanbans de produção, que entram nos quadros de kanban junto às linhas de produção, podem ser produzidos em diferentes ordens (AKTURK & ERHUN, 1999). Quando um processo fornecedor tem vários clientes consumindo diferentes, ou os mesmos produtos, a seqüência de produção se torna um problema complexo. Pode-se optar por produzir os itens na ordem de chegada ao quadro. Outras opções são atender o menor ou o maior pedido primeiro. Existem, também, as opções de se fazer o mais rápido ou o mais demorado primeiro. A melhor política de produção depende de cada caso, porém, cabe às empresas definirem-na.

Os quadros de kanban, a que nos referimos, são ferramentas complementares do Sistema Kanban. Os kanbans de produção, depois de destacados de alguma embalagem consumida pelo cliente, são fixados em quadros junto ao processo fornecedor. Estes quadros devem ser organizados de tal forma, que os operadores saibam a quantidade de peças de cada item no estoque intermediário, e o que deve ser produzido primeiramente.

Para auxiliar os operadores a montarem a seqüência de produção, os quadros de kanban são organizados em faixas coloridas, que indicam a situação de cada item em estoque, e o momento em que deve ser iniciada a produção de cada um. Os quadros também devem indicar até quando os itens devem ser produzidos.

2.1.5.5 Definição do ponto de puxar

Outro ponto importante na implementação do Sistema Kanban é a escolha dos pontos onde ficarão os supermercados.

Em uma cadeia produtiva de muitos estágios, existem pontos onde não é possível manter o fluxo contínuo de material, ou onde forçar este fluxo pode ser prejudicial. De acordo com ROTHER & SHOOK (1998), fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma parada entre eles. Estes autores citam algumas razões para que não seja utilizado o fluxo contínuo, mas sim a produção por lotes:

- Processos com tempo de ciclo muito lento ou muito rápido, e que são compartilhados por outras linhas.
- Processos localizados em fornecedores, ou distantes por razões diversas (segurança, por exemplo).
- Processos pouco confiáveis para serem ligados diretamente a outros processos em fluxo contínuo.
- Processos com tempo de preparação muito alto, prejudicando a flexibilidade de resposta da linha.
- Processos muito longos, que tornam o tempo de resposta para o cliente muito demorado.

Uma vez definidos os processos que não estarão em fluxo, ou seja, que produzirão para um estoque intermediário, é hora de escolher onde entrará a programação de produção, ou seja, o pedido dos clientes. ROTHER & SHOOK (1998) afirmam que ela só precisará ser feita em um ponto do processo, porque os demais serão programados via kanban. Isto significa que conforme o processo programado consuma os itens destes inventários intermediários, os respectivos processos anteriores produzirão para supri-los, sem a necessidade de saber qual o pedido do cliente, ou se este está sendo alterado.

O processo onde entra a programação é chamado de processo puxador. Este ponto da cadeia deve ser bem escolhido porque esta escolha define o tempo de resposta da empresa, da colocação de um pedido, até a entrega para os clientes. O ponto de entrada deve ser escolhido de tal forma que não exista necessidade de programar nenhum estágio subsequente do processo. O que este processo produzir chegará às mãos do cliente. Em outras palavras, a partir do processo escolhido tem-se fluxo contínuo.

2.1.5.6 Determinação do número de kanbans pertinente aos sistemas alternativos de retiradas

MONDEN (1998) apresenta, no seu livro *Sistema Toyota de Produção*, uma série de equações para o cálculo da quantidade de cartões. Estas fórmulas são colocadas, por ele, como aquelas usadas pela Toyota para dimensionar

seus supermercados. Inúmeros artigos e livros apresentam estas mesmas equações, e as referenciam como as fórmulas da Toyota.

O autor atribui à Toyota dois tipos de controle de inventário: o de *pedidos com quantidades constantes* e o de *ciclo de pedidos constante*. De acordo com o primeiro, uma quantidade fixa será pedida para o processo anterior toda vez que o estoque deste item atingir um determinado nível. Neste caso, a quantidade pedida é fixa, mas a data do pedido é variável. De acordo com o segundo, acontece o contrário. Os pedidos acontecem em horários fixos, mas a quantidade pedida varia.

Pedidos com quantidades constantes: É o método utilizado pelas empresas, normalmente dentro das fábricas, em razão da pequena distância entre processos, tempos de preparação, tamanho de lotes e tempos de passagem de peças baixos, se comparados com peças oriundas de fornecedores ou processos terceirizados. Além disso, é importante deixar claro que este método necessita de pessoas que possam, a qualquer momento, fazer o transporte de cartões para o fornecedor e peças para o cliente.

Existem três aplicações do sistema de retirada com quantidade constante. No caso do tamanho do lote ser muito grande ou a ação de troca de ferramentas não ser suficientemente aperfeiçoada, a seguinte fórmula é aplicada:

$$\text{Número total de kanbans} = \frac{\left[\frac{\text{demanda mensal}}{\text{número mensal de troca de ferramentas}} \right] + \left[\text{demanda diária} \times \text{coeficiente de segurança} \right]}{\text{Capacidade do contenedor}}$$

Fórmula 1: Definição do número de kanbans para operações com troca demorada de ferramentas MONDEN (1998)

No caso dos Kanbans de Sinal, o ponto de reposição é determinado pela fórmula:

$$\text{Ponto de reposição} = \frac{\text{Demanda média diária} \times \text{Tempo de reabastecimento} \times \left[1 + \text{coeficiente de segurança} \right]}{\text{Capacidade do contenedor}}$$

Fórmula 2: Definição do ponto de reposição (MONDEN, 1998)

Onde, o tempo de reabastecimento é igual à somatória dos tempos de coleta do *kanban*, de fila, de processamento e de transporte.

Nos casos em que os métodos de troca de ferramentas são aperfeiçoados e a distância entre os processos subseqüentes e precedentes é curta, o inventário máximo é obtido da mesma forma que usamos para calcular o ponto de reposição para os Kanbans de Sinal, conforme já mencionado anteriormente.

O coeficiente de segurança, nas fórmulas acima, corresponde a variações na demanda de até 10%. Quanto maior este fator, maior são as chances de se atender a demanda, por outro lado, maiores também são os custos para a empresa. CO & SHARAFALI (1997) apresentam um algoritmo para otimizar este fator.

No mais, vale ressaltar que a condição ideal para a produção no momento exato é que cada processo possa produzir somente uma peça, transportá-la no mesmo tempo e também ter somente uma peça em estoque entre o equipamento e o processo.

Ciclo de pedidos constante: É o método utilizado, normalmente, entre as empresas e seus fornecedores externos. Isto se justifica pela distância entre estes, que deixaria inviável as entregas a qualquer momento do dia, exigidas pelo método anterior. Quando se usa o compartilhamento de cargas entre os diversos fornecedores, conhecido por *Milk Run*, cria-se a situação ideal para esta estratégia.

Dentro das fábricas, este método é usado em situações onde a distância entre os processos é relativamente longa, e não se pode disponibilizar pessoas para fazerem este transporte de peças e cartões.

Neste caso, são fornecidas as seguintes fórmulas para calcular a quantidade de kanbans de produção:

$$\text{Inventário máximo} = \left[\text{Demanda diária} \times \left[\text{Ciclo do pedido} + \text{Tempo de espera} \right] \right] + \text{Estoque de Segurança}$$

Fórmula 3: Definição do inventário máximo em controles com ciclos de pedidos constante (MONDEN, 1998)

Onde:

- o ciclo do pedido é o intervalo entre um tempo de pedir e o próximo tempo de pedir.
- o tempo de espera é o intervalo entre entregar o pedido e receber o material.
- o ciclo do pedido mais o tempo de espera é freqüentemente chamado de tempo de espera para reabastecimento.

Vale ressaltar que o ciclo do pedido é freqüentemente determinado por uma restrição externa por etapas na programação da produção mensal ou um contrato entre os fornecedores e o fabricante principal.

Uma vez determinado o ciclo do pedido e o inventário máximo, é necessário calcular a quantidade do pedido. A quantidade do pedido neste sistema é medida pela fórmula:

$$\text{Quantidade do pedido} = \left[\text{Inventário máximo} - \text{Inventário existente} \right] - \text{Pedidos emitidos porém ainda não recebidos}$$

Fórmula 4: Definição da quantidade do pedido em controles com ciclo do pedido constante (MONDEN, 1998)

Onde:

- o termo pedidos entregues porém ainda não recebidos é normalmente igual a zero.

Por outro lado, o autor acrescenta que a quantidade do pedido é automaticamente especificada pelo número de Kanbans destacados no tempo regular

de coleta a partir da última coleta. Dessa forma, a quantidade a ser requisitada neste Sistema Kanban pode ser dada por:

$$\text{Quantidade do pedido} = \left[\text{Número de Kanbans consumidos} \right] \times \text{Capacidade do contenedor}$$

Fórmula 5: Definição da quantidade do pedido em controles com ciclo do pedido constante (MONDEN, 1998)

Por fim, o kanban sozinho é meramente um meio de despacho para as ações de produção, durante cada dia em cada processo. Antes de se adentrar a fase de despachar as tarefas pelo kanban, um planejamento geral deve ser feito através da fábrica (MONDEN, 1998).

Nesse sentido, o Mapa do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta particularmente interessante para o desenvolvimento do trabalho em questão, uma vez que ela possibilita, segundo sua metodologia de aplicação, visualizar de maneira clara os eventuais desperdícios dos processos, bem como promover diretrizes eficazes de análise que auxiliem no projeto de otimização do fluxo e eliminação destes desperdícios. Vale ressaltar, inclusive, que ela vem sendo a ferramenta mais utilizada no universo de aplicações da Produção Enxuta (LEAN SUMMIT, 1999).

2.1.6 Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) (*Value Stream Mapping*) é uma técnica de modelagem proveniente da metodologia Análise da Linha de Valor (*Value Stream Analysis*), proposta por ROTHER & SHOOK (1998).

Segundo os autores, ela é uma ferramenta essencial, pois:

- ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Ajuda a enxergar o fluxo.
- ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Mapear ajuda a identificar as fontes do desperdício.
- fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura.

- torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que você possa discuti-las.
- integra conceitos e técnicas enxutas, evitando a implementação de algumas técnicas isoladamente.
- forma a base para um plano de implementação, identificando a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

O MFV apresenta um conjunto de ícones a serem utilizados na modelagem. Outros ícones podem ser ainda criados e incluídos ao longo do processo de modelagem, para representar detalhes de situações peculiares ao processo. A figura 4 mostra alguns destes ícones pré-definidos para a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor.

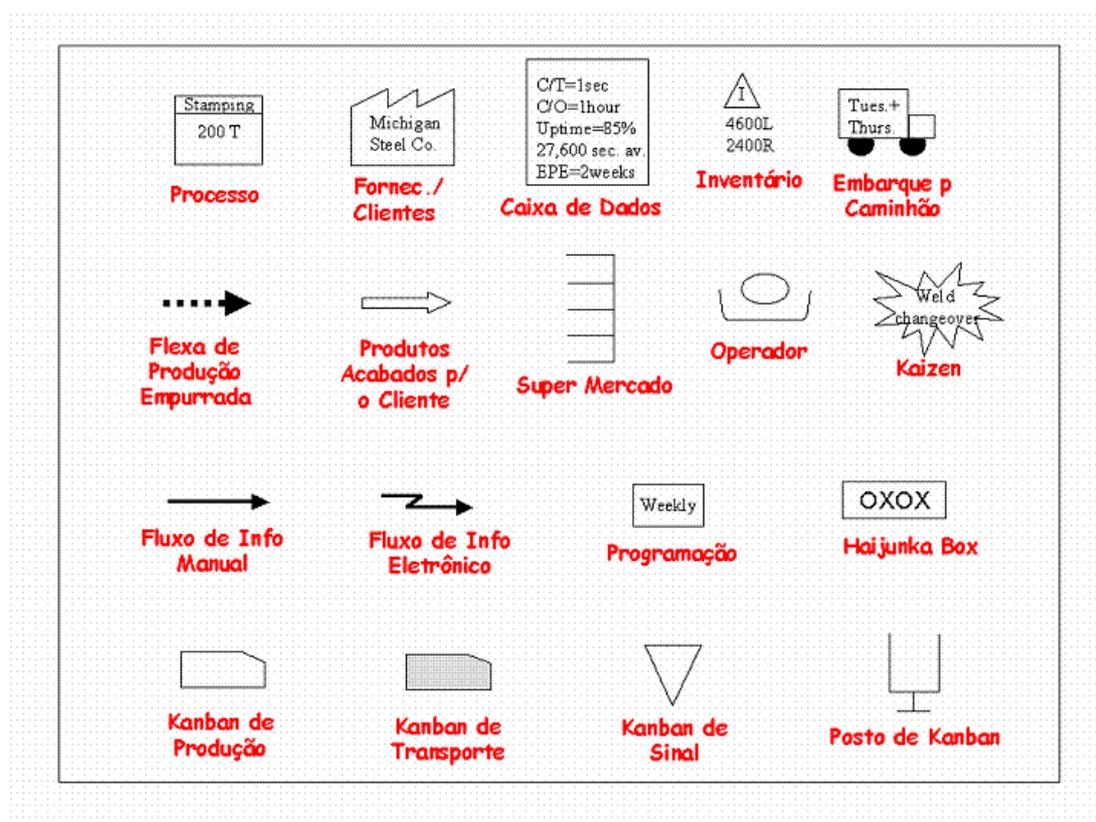


Figura 4: Alguns ícones definidos para Mapeamento do Fluxo de Valor

(RENTES, 2000)

Seus princípios baseiam-se na identificação e eliminação dos desperdícios encontrados ao longo do fluxo produtivo, como por exemplo, excesso

de inventário entre as estações de trabalho e tempos de espera elevados. As etapas básicas que constituem a técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor estão representadas na figura 5.

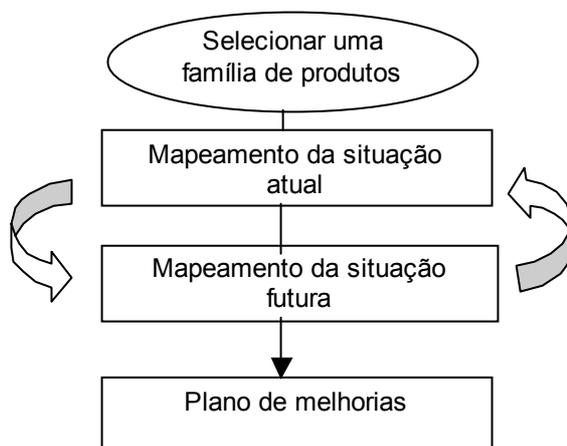


Figura 5: Etapas do MFV (Fonte: ROTHERS & SHOOK, 1998)

2.1.6.1 Selecionar uma família de produtos

O primeiro passo consiste em selecionar uma família de produtos. Após isso, uma série de instruções é fornecida para a obtenção do mapa da situação atual. Em seguida, uma série de diretrizes serve de base para a análise da situação representada e a construção dos mapas de uma situação futura. As alterações e planos são então propostos com base nestes mapas. ROTHER & SHOOK (1998)⁵ apud ANDRADE (2002) faz uma descrição acerca de cada uma dessas etapas.

⁵ ROTHER, M.. SHOOK, J. *Learning to See - Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The Lean Enterprise Institute, MA, USA, 1998.

2.1.6.2 Mapeamento da situação atual

Para obter o mapa da situação atual é necessário inicialmente coletar informações sobre as demandas dos consumidores. Após isso são mapeados os processos produtivos que fazem parte da família de produtos selecionada ou do fluxo de valor em análise.

Todos os processos são identificados e algumas informações básicas sobre eles são coletadas a partir de uma caixa de dados padrão. As informações que podem estar contidas nesta caixa de dados são:

- Tempo de ciclo (T/C): tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, em segundos.
- Tempo de trocas (T/TR): tempo que leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro. Envolve por exemplo, o tempo de troca de ferramentas ou set-up.
- Disponibilidade: tempo disponível por turno no processo descontando-se os tempos de parada e manutenção.
- Índice de rejeição: índice que determina a quantidade de produtos defeituosos gerados pelo processo.
- Número de pessoas necessárias para operar o processo.

O próximo passo é identificar onde se localizam os estoques e qual a quantidade média em número de peças e em dias, tendo como base a média de consumo. O fluxo de material é mapeado conforme o sistema de controle que determina a sua movimentação, basicamente os fluxos podem ser puxados, empurrados ou contínuos. Um fluxo puxado acontece quando o processo posterior determina a produção nos processos anteriores. Um fluxo empurrado acontece quando os processos são controlados com base em uma programação, sem levar em conta as solicitações dos processos posteriores. Um fluxo contínuo ocorre quando uma peça vai diretamente de um processo ao outro sem que haja uma interrupção, é o chamado fluxo unitário de peças. Vale ressaltar que existem ícones específicos para cada tipo de fluxo de materiais (veja figura 4).

O fluxo de informações também é mapeado e inclui a programação dos processos, a frequência com que são realizados os pedidos, as previsões, e as solicitações de material.

A figura 6 ilustra um exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor.

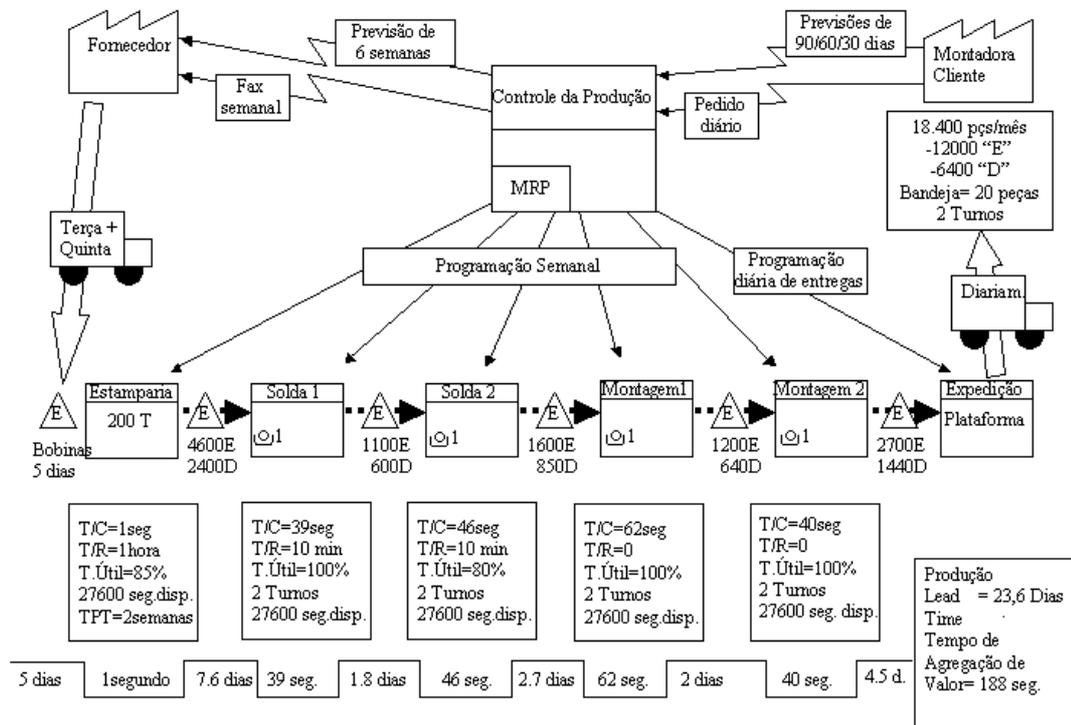


Figura 6: Exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER & SHOOK, 1998)

A seguir será dada uma explicação de como é obtido o mapa da situação futura.

2.1.7.3 Mapeamento da situação futura

O mapa da situação futura, obtido a partir do mapa da situação atual, é elaborado de acordo com algumas diretrizes que incluem conceitos e técnicas da produção enxuta. Essas diretrizes são as seguintes (ROTHERS & SHOOK, 1998):

DIRETRIZ 1: Produzir de acordo com o *takt-time*.

Takt-time é o tempo usado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de demanda. É um número de referência que dá a noção do ritmo em que cada processo precisa estar produzindo. Ele é calculado dividindo-se o volume da demanda dos clientes pelo tempo disponível de trabalho.

A produção enxuta visa sincronizar os processos para que os estoques e tempos de espera sejam eliminados. Produzir dentro de um mesmo ritmo, ou *takt-time*, visa alcançar este objetivo.

DIRETRIZ 2: Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível.

Produzir em fluxo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma interrupção entre eles. Isto é chamado de fluxo unitário de peças, e constitui uma das maneiras mais eficientes de se produzir, pois se reduz a formação dos estoques intermediários.

A figura 7 representa graficamente a diferença entre o tempo de fabricação de uma mesma quantidade de peças sendo fabricadas em lote e em fluxo unitário. No caso exemplificado pela figura, a produção de 5 peças segundo um roteiro de fabricação que envolve o processamento em 4 máquinas distintas (A, B, C e D), é realizado primeiramente com a abordagem de lotes de produção, e em uma outra situação, em fluxo unitário. Ocorre uma diferença significativa em termos dos tempos totais de fabricação pois quando se produz em lote, as peças permanecem em espera até que todo o lote seja completado para que haja a transferência para o próximo processo.

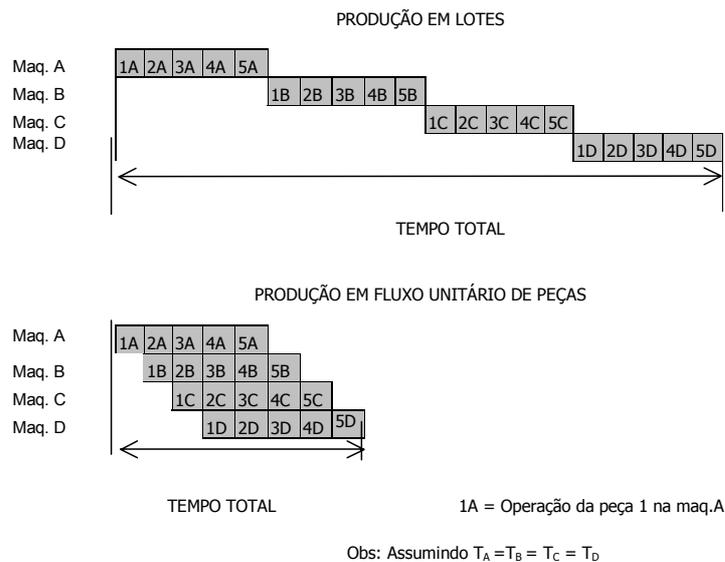


Figura 7: Diferença entre o tempo de fabricação de uma mesma quantidade de peças sendo fabricadas em lote e em fluxo unitário (ANDRADE, 2002)

No entanto, nem sempre é possível obter um fluxo contínuo de produção, pois isso depende de diversos fatores tais como os padrões de compra dos clientes, a confiabilidade e tempos dos processos e as características dos produtos e equipamentos. Nestes casos, a opção deve ser feita por um mecanismo de controle que inter-relacione a demanda e a produção entre os processos. A diretriz seguinte propõe uma forma de se fazer isso.

DIRETRIZ 3: Utilizar supermercados para controlar a produção onde produzir em fluxo não é possível.

Como dito anteriormente, com frequência há pontos onde não é possível produzir em fluxo, logo se torna necessário a produção em lotes. Entre as razões principais, pode-se destacar que alguns processos:

- operam em ciclos de tempo distintos, o que dificulta a integração entre os mesmos.
- são compartilhados por múltiplos fluxos de valor.
- estão localizados a uma certa distância dos processos adjacentes, o que impede o transporte unitário de peças.

- apresentam lead-time muito elevado ou baixa confiabilidade para operarem em conjunto com outros processos.

A programação destes processos deve de alguma forma estar associada a demanda dos processos posteriores, e uma forma de se fazer isso é através da utilização de supermercados de produção. Um supermercado de produção equivale a um pequeno estoque controlado via *kanban* que determina um fluxo puxado de materiais. Essa é uma forma de coordenar a produção entre dois fluxos que não podem ser sincronizados. A figura 8 exemplifica a utilização de um supermercado de produção.

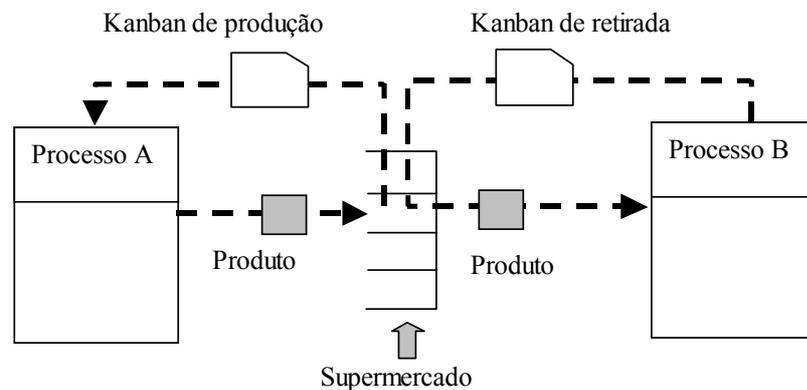


Figura 8: Exemplo da utilização de um supermercado de produção

O supermercado representa um ponto de estoque intermediário que é controlado de acordo com as demandas do processo posterior. Isso faz com que o processo anterior produza de acordo com o que vem sendo consumido. O nome supermercado é utilizado porque este sistema é semelhante a operação de abastecimento das gôndolas de um supermercado.

DIRETRIZ 4: A programação da produção deve ser feita em um único processo

Através da utilização de sistemas de “puxar”, é possível programar apenas um ponto ao longo do fluxo de valor. Isto ocorre pois todos os processos

estarão de alguma forma interligados. Este ponto é chamado de “processo puxador” (PP), porque é ele que define o ritmo de produção a todos os processos. A escolha deste ponto de programação determina quais os elementos do fluxo de valor tornam-se parte do *leadtime* que vai do pedido do cliente à entrega do produto final. Este ponto também pode ser localizado na expedição, e neste caso o sistema produtivo será do tipo *make-to-stock (MTS)*, o *leadtime* de atendimento corresponderá apenas ao tempo de entrega do produto ao cliente.

DIRETRIZ 5: A produção de diferentes produtos deve ser uniformemente dividida ao longo do tempo.

Essa questão é relevante quando se possui diferentes produtos utilizando os mesmos recursos. Distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo significa nivelar o mix de produção. Deve-se considerar o esforço de trocas de ferramenta para manter as variações de produtos.

O objetivo desta diretriz é permitir a redução dos estoques na medida em que são produzidos lotes menores e em maior frequência.

DIRETRIZ 6: Criar uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no PP.

Esta diretriz tem por objetivo o estabelecimento de um ritmo de produção consistente e nivelado que, por sua natureza, elimina os desperdícios, alerta para eventuais problemas e possibilita que ações corretivas sejam tomadas de maneira mais rápida.

A liberação de grandes lotes de produção para o chão de fábrica geralmente acarreta na falta de uma noção de *takt-time*, em uma distribuição irregular da carga de trabalho, em uma dificuldade para se monitorar as ordens e em uma conseqüente dificuldade para se alterar os pedidos. Estabelecer um ritmo de produção consistente ou nivelado cria um fluxo de produção previsível que alerta para os problemas de tal modo que se possa tomar rápidas ações corretivas. A liberação regular de pequenos e consistentes incrementos de trabalho ao chão de fábrica gera uma programação mais eficaz e consistente. Estes incrementos de

trabalho são chamados de *pitch*. Um *pitch* é frequentemente calculado multiplicando-se o tempo *takt* pelo número de peças na embalagem que um container suporta (ROTHER & SHOOK, 1998).

DIRETRIZ 7: Desenvolva a habilidade de fazer o TPT nos processo anteriores ao PP.

TPT significa “Toda Parte Todo...” (turno, dia, semana, *pitch*, *takt*, etc). Trata-se da freqüência com que o processo deve se modificar para fazer todas as peças novamente.

Como a diretriz 5, esta diretriz também visa o nivelamento da produção. Só que o foco são os processos anteriores ao processo puxador e que obviamente são controlados por algum supermercado. Diz respeito à programação dos cartões *kanban* e geralmente se utiliza um quadro denominado *heijunka box*.

Este quadro dispõe de forma gráfica a necessidade dos processos posteriores permitindo que os próprios operadores decidam de forma simples quais serão as ordens de produção que deverão ser efetivadas prioritariamente.

Todas as diretrizes expostas acima são traduzidas na forma de um conjunto de questões chaves que auxiliam no desenvolvimento conceitual da “situação futura” do sistema de produção enxuta. Estas questões, propostas por ROTHER & SHOOK (1998), são:

1. Qual é o *takt-time*?
2. A produção será realizada para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para expedição?
3. Onde é possível implementar o fluxo unitário de peças?
4. Onde será necessária a utilização de supermercados de produção para o controle dos processos anteriores?
5. Em que ponto da cadeia produtiva será programada a produção?
6. Como o mix de produção será nivelado?
7. Quais quantidades de incremento de trabalho serão liberados e com qual freqüência no processo puxador?

E a última pergunta, cuja resposta corresponde a base do plano de ações:

8. Quais melhorias serão necessárias para que os processos comportem-se como o projeto do estado futuro?

Os pontos de melhoria e as ações que devem ser tomadas em relação a situação atual correspondem portanto ao plano de implementação de melhorias.

Um exemplo de mapa de fluxo de valor para a situação futura é mostrado na figura 9, em que é possível observar um fluxo de produtos físicos da esquerda para a direita, na parte inferior do mapa, e um fluxo de informações sobre a programação deste produto, da direita para a esquerda, na parte superior.

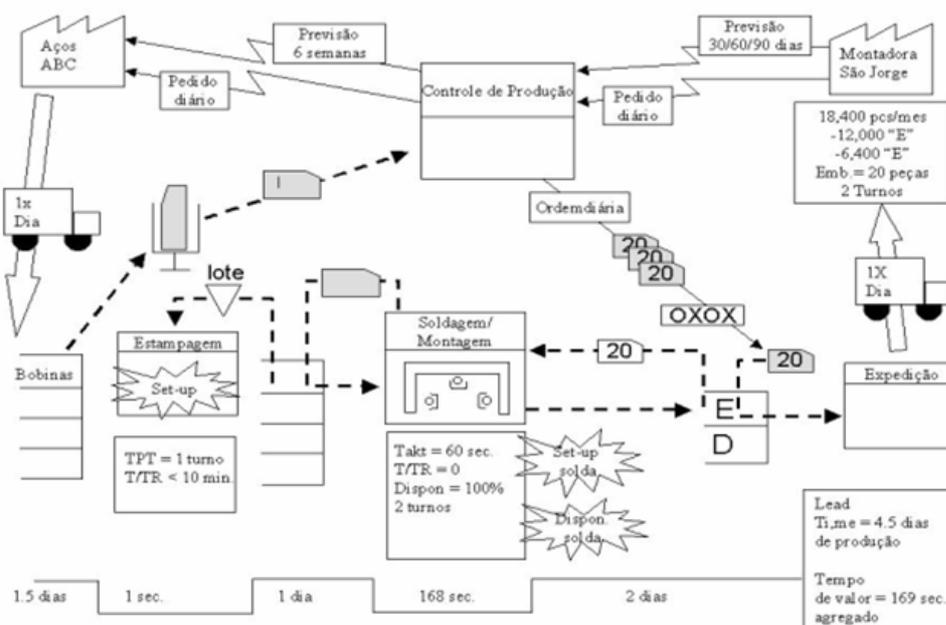


Figura 9: Exemplo de mapa da situação futura (RENTES, 2000)

A linha de baixo corresponde a uma representação dos tempos que agregam valor e do *lead-time* total do fluxo. Esta é uma informação importante no que tange a identificação de desperdícios e monitoramento das ações planejadas e implementadas.

As alternativas propostas neste novo cenário são então avaliadas quanto a sua viabilidade e relação custo-benefício.

No mais, vale ressaltar que os princípios que fundamentam a técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) não são novos, pelo contrário, vários formalismos de mapeamento de processos são, há muito tempo, conhecidos e utilizados pelas empresas de manufatura. O grande diferencial do MFV é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias (ANDRADE, 2002). É nesse sentido que a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor auxilia no desenvolvimento conceitual da “situação futura” do sistema de produção enxuta.

Por fim, é verdade que o MFV proporciona, com recursos simples, a obtenção de resultados significativos. Entretanto, segundo IRANI (2001), em algumas circunstâncias, ele pode apresentar uma série de limitações. Entre estas limitações é possível destacar, a falta de habilidade em tratar aspectos físicos, como dimensões e *layouts*, e a proposição de alternativas sem a consideração de fatores essenciais à implementação, tais como cronograma, capacitação e treinamento dos agentes de mudança, atividades estas que acabam ficando sob responsabilidade dos usuários.

Logo, conclui-se que o MFV não corresponde a uma técnica que pode vir a resolver sozinho todos os problemas de uma empresa de manufatura. E, embora ela represente um grande avanço no que diz respeito às ferramentas para proposição e implementação de melhorias nos ambientes de manufatura, é importante nos atentarmos também para algumas questões associadas ao tratamento de aspectos físicos. Para tanto, estudaremos, a seguir, as células de manufatura.

2.1.7 Células de Manufatura

A célula de manufatura é um *layout* de diferentes tipos de equipamentos, que executam operações diferentes em uma seqüência rígida (LIB, 2002). Ou seja, trata-se de um conjunto de máquinas diferentes, dispostas em um só local para desenvolver o processo produtivo de forma inteira e por completo.

A principal vantagem da célula de manufatura é permitir o fluxo contínuo e o emprego flexível da mão de obra por meio do trabalho multifuncional.

THORN (1996) apresenta ainda como outras vantagens, obtidas pela focalização da produção com células de manufatura, a ampliação da flexibilidade nos processos, a facilidade para se isolar e resolver problemas, a redução e controle de custos, a redução de prazos ou aumento da produção, a melhoria da qualidade, controle de estoques e distribuição, o controle das perdas, a eliminação de refugos, a facilidade para se perceber a falta de habilidades, a facilidade para obtenção de soluções em engenharia de processo, a focalização de novos critérios de projeto, a introdução de novas tecnologias, processos ou equipamentos e a mudança de práticas dos trabalhadores.

Segundo LOPES (1998), o modo de formação das células de manufatura mais utilizado é a utilização da tecnologia de grupo, nas suas diferentes formas de aplicação.

A tecnologia de grupo é uma ferramenta utilizada para a formação de células de manufatura através da exploração de características comuns nas peças fabricadas por uma determinada empresa. Estas características podem ser de projeto ou de processo. Segundo LORINI (1993), a tecnologia de grupo é conceituada como uma filosofia que define a solução de problemas explorando semelhanças, para se obter vantagens operacionais e econômicas mediante um tratamento de grupo. Na fabricação, busca-se a vantagem econômica da produção em massa para a produção de pequenos lotes.

A forma de organização das máquinas em uma célula depende dos tipos de processos utilizados na empresa. Além disso, das restrições de tamanho, emissão de poluentes, mobilidade das máquinas que compõem o *layout*, etc. A seguir, estão descritos quatro tipos diferentes de arranjos das células, conforme indicado na Figura 10.

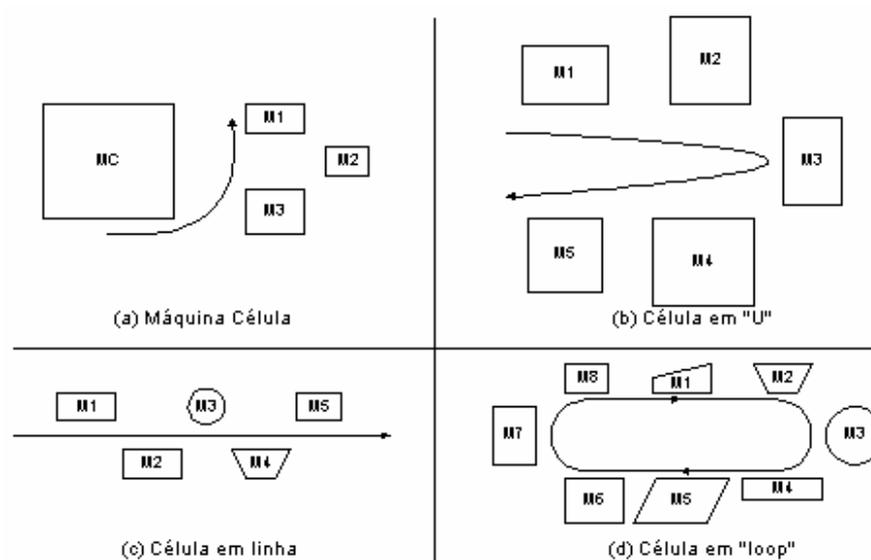


Figura 10: Forma de organização das máquinas em uma célula (LORINI, 1993)

A) Máquina Célula: é composta por uma única máquina com capacidade de produção elevada para ser colocada em um arranjo com outras máquinas, ou que foi dedicada para a produção de peças com fabricação simples, as quais se encontram completamente processadas após passarem por somente esta máquina.

B) Célula em "U": arranjo compreendido por diversas máquinas agrupadas de acordo com a seqüência de um determinado processo, posicionadas em formato de "U" a fim de permitir que os trabalhadores possam se deslocar dentro da área de trabalho para operar mais de uma máquina durante o ciclo de fabricação de uma dada peça, ou família de peças.

C) Célula em linha: disposição para arranjo de máquinas interligadas por transporte automático de peças, onde as peças, todas com processamento semelhante passam por todas as máquinas do agrupamento.

D) Célula em "loop": disposição para arranjo de máquinas interligadas por transporte automático de peças, onde as peças, com algumas etapas de processo diferentes, não passam por todas as máquinas do agrupamento.

2.1.7.1 Comparação entre o layout celular e o layout funcional

O Layout por Processo ou Funcional é o tipo pelo qual todos os processos e os equipamentos do mesmo tipo são alocados em uma mesma área.

BOUCHER e MUCKSTADT (1984), apresentaram um estudo sobre as reduções nos custos de manufatura obtidas com a conversão do layout funcional para o layout celular. Segundo os autores, três fatores são os responsáveis principais pela redução dos custos de manufatura. Estes fatores são: (1) tempos de "setup" reduzidos em função da produção de famílias de peças. (2) tempos de atravessamento ("lead times") reduzidos pela aproximação das máquinas no *layout* celular e redução dos tamanhos de lote viabilizada pela diminuição ou eliminação dos tempos de "setup" e. (3) redução das funções de suporte e de outros custos alocados, em função da eliminação de alguns controles ou da passagem de muitas funções de suporte para os trabalhadores nas células. Para medir estas vantagens em termos de redução de custos, foram analisados os seguintes itens: (1) ciclo de estoque do inventário. (2) estoque de segurança. (3) estoques em processo. (4) custos alocados. Através de exemplos numéricos, os autores demonstraram que a passagem do layout funcional para o layout celular possibilitou a reduções dos custos avaliados em até 66%.

Além disso, através do relato sobre a implementação de células de manufatura na empresa Steward Inc., LAVASSEUR ET. AL (1995) apresenta as seguintes vantagens proporcionadas por esta transformação: redução nos estoques em processo. redução nos estoques de produtos acabados. eliminação das bandejas para estoque de material no chão-de-fábrica. redução no "lead time" dos produtos. redução do atraso nas ordens. redução dos refugos. redução do trabalho direto e redução no espaço ocupado pela manufatura.

2.7.1.3 A Produção Enxuta e a reorganização do layout: Células e Mini-Fábricas de Produção

Um ponto particularmente preocupante é que num ambiente com um número muito grande e variado de peças (*job shop*) a aplicação dos conceitos de células de produção torna-se praticamente inviáveis. As células de produção são indicadas para ambientes *flow shop*, ou seja, ambientes com um fluxo de peças bem

definido. Outro fator que inviabiliza a utilização dos conceitos de célula de produção num ambiente *job shop* é a necessidade de duplicação de máquinas. Muitas vezes, esta necessidade pode representar custos muito elevados para a organização.

Por outro lado, quando trabalhamos com o conceito de mini-fábricas de produção problemas como duplicação de máquinas são minimizados, visto que não existe uma dedicação tão exclusiva para uma linha de produtos como no ambiente celular (SILVA & RENTES, 2002).

A figura 11 mostra um exemplo de mini-fábrica e layout celular.

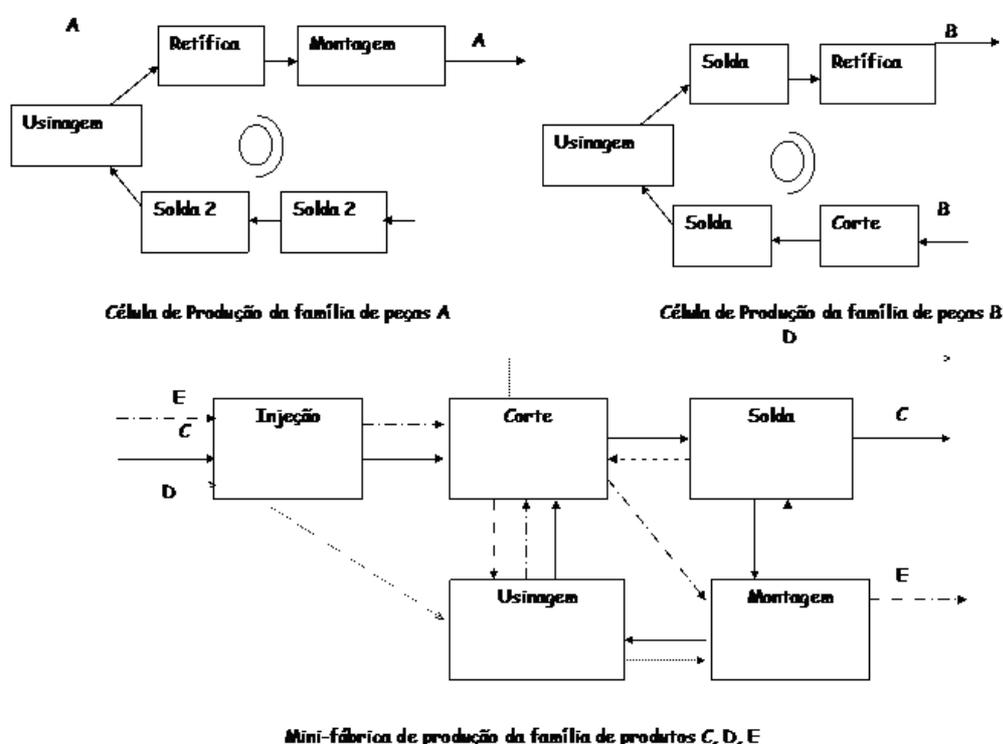


Figura 11: Exemplos de células e mini-fábricas de produção

De acordo com SILVA & RENTES (2002), as vantagens conseguidas com esse novo *layout* são:

- Menor movimentação de material
- Facilidade para movimentação de empilhadeiras e carrinhos
- Melhor controle de horas (por família de peças)
- Melhor controle de produção (por família de peças)

- Melhor fluxo de produção
- Facilidade para identificar “gargalos” nos fluxos e mão-de-obra
- Facilidade de alocação de custos por grupo
- Melhor gerenciamento de gastos por grupo, incluindo: material de apoio, ferramental e mão de obra
- Proximidade do ferramental (ganhos na preparação)
- Maior possibilidade de implantação de manutenção preventiva
- Maior capacidade de coordenar e gerenciar a produção (identificação de ocupação de máquinas)
- Melhoria no projeto de ferramental, identificando as máquinas
- Maior segurança para os operários
- Melhor aproveitamento da mão-de-obra (movimentação)

A figura 12 apresenta uma visão geral de um roteiro para implementação do conceito de mini-fábricas de produção.

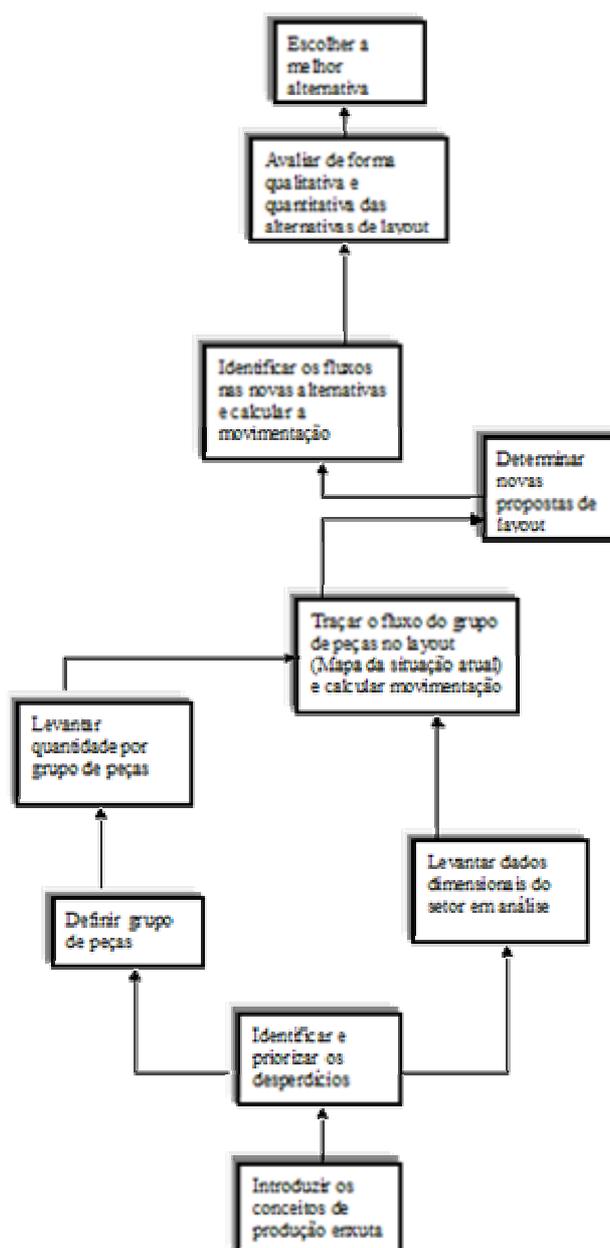


Figura 12: Roteiro para reorganização do arranjo físico (SILVA & RENTES, 2002)

Por fim, muito tem sido escrito sobre o por que das fábricas japonesas terem uma performance em custo, qualidade e pontualidade de entrega superior aos concorrentes norte-americanos. A maioria dos autores aponta para práticas como o *Just in Time*, o *Total Quality Control* e o uso agressivo de tecnologias flexíveis de manufatura. Todavia, uma prática que tem recebido menos atenção, mas que também contribui significativamente para a competitividade japonesa, é a utilização do sistema de contabilidade de custo (HIROMOTO, 1988).

2.1.8 Os sistemas de contabilidade de custos na Produção Enxuta

De acordo com HIROMOTO (1988), assim como as empresas americanas, as japonesas também devem calcular o valor dos seus estoques para atender as finalidades financeiras e legais. Mas, por outro lado, os japoneses não deixam os procedimentos contábeis determinar como devem ser medidas e controladas as suas atividades. Desta forma, as empresas japonesas normalmente utilizam os seus sistemas de contabilidade para suportar e reforçar suas estratégias de produção, através de uma forte ligação entre as práticas gerenciais de contabilidade e as metas da empresa.

Logo, os gerentes japoneses não estão preocupados se o sistema de custo está alocando de forma precisa os custos fixos aos produtos. Eles estão mais preocupados em como o sistema afeta a redução dos custos e o atingimento das metas da empresa. Desta forma, os japoneses utilizam técnicas de alocação que os americanos poderiam até considerar simplistas e sem precisão. Contudo, para eles, o direcionamento dos custos fixos deve incentivar a melhoria contínua de forma integrada com a estratégia da empresa.

Nesse sentido, um sistema de contabilidade gerencial que não esteja estruturado para a adoção de uma complexa estratégia de produção como a manufatura enxuta, pode se tornar numa barreira ao processo de mudança. Com isso, o projeto do sistema de contabilidade custo deve ser ajustado de modo a se tornar compatível com a nova estratégia de produção da empresa, suportando as mudanças para o sistema de produção enxuta (AHLSTRÖM, 1995).

2.2. O gerenciamento da mudança e melhoria organizacional

Segundo BERGER & SIKORA (1994), o gerenciamento da mudança e melhoria organizacional pode ser definido como o processo contínuo de alinhamento de uma organização com o seu mercado, tornando-se mais ágil e eficiente que as suas competidoras. Este alinhamento é o processo de sincronização de quatro elementos chaves: estratégia, operação, cultura e recompensa”.

A Produção Enxuta focaliza bem a questão operacional, mas deixa implícita a necessidade de se atuar nos demais elementos. Nesse sentido, é importante tratar a sua implementação de uma forma mais global, visto que existe uma série de outros aspectos, não menos importantes, ligados aos demais elementos que não são claramente considerados pela ferramenta de análise do fluxo de valor, proposta por ROTHER & SHOOK (1998).

2.2.1 O conceito de gerenciamento da mudança e melhoria organizacional

O gerenciamento da mudança e melhoria consiste no esforço abrangente de planejamento, de visualização da empresa, de comunicação em todos os níveis, de gerenciamento de recursos e de desenvolvimento do processo de mudança (RENTES, 2000).

Toda mudança organizacional ocorre motivada pelo surgimento de um ou mais fatores de mudança. Estes fatores de mudança, que podem ser externos ou internos à empresa, são chamados por BERGER & SIKORA (1994) de disparadores de mudanças, ou *change triggers*. Deve existir, portanto, um certo ponto onde, motivada por um disparador de mudanças suficientemente poderoso ou por um conjunto de disparadores de mudanças, a situação atual da empresa se torna “saturada”, criando-se a necessidade real de se iniciar um novo processo de mudanças.

De acordo com FELD (2000), muitas empresas, ao tentarem implementar projetos de produção enxuta, não têm alcançado os resultados desejados. Isto ocorre devido aos seguintes fatores: (1) falta de uma visão clara de como deve ser o novo ambiente enxuto. (2) falta de uma definição da direção a ser tomada e dos próximos passos necessários para tal. (3) falta de conhecimento sobre a

forma de conduzir a implementação. (4) foco direcionado apenas para os mecanismos de funcionamento dos novos processos, mas pouca ou nenhuma atenção é dada à questão do impacto dessas mudanças na organização.

Enfim, muitos gerentes têm se afogado nas técnicas ao tentar implementar partes isoladas de um sistema enxuto sem entender o todo (WOMACK & JONES, 1996). Nesse sentido, é extremamente importante evitar a ocorrência de falhas na condução do processo de mudança, pelo menos nos fatores que estão na esfera de influência dos líderes deste processo.

As barreiras apresentadas são problemas que devem ser evitados ao longo do processo. Logo, é importante que uma metodologia proposta tenha mecanismos de “desativação” destas barreiras.

Dentro desse contexto, RENTES (2000) apresenta a TransMeth como uma metodologia genérica de transformação organizacional que ajuda a definir toda a infra-estrutura necessária ao processo de mudança e as ações de integração, ou projetos específicos, que a empresa deve adotar. Além disso, a TransMeth possui uma linha de ação específica para a transformação dos processos de produção enxuta. O tópico a seguir apresenta uma descrição desta metodologia, expondo seus propósitos e condições.

2.2.2 TransMeth – Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas

A metodologia TransMeth é uma proposta de abordagem estratégica, abrangente e integrada para gerenciar o processo de melhoria organizacional.

Ela tem como principais objetivos:

- Criar alinhamento horizontal entre a organização e o seu ambiente externo, assim como criar alinhamento vertical dos elementos internos, procurando maximizar a probabilidade de sucesso do processo de transformação.
- Auxiliar na condução do processo de mudança de forma aberta e honesta, estimulando a participação de elementos chaves da empresa de todos os níveis organizacionais na identificação dos

problemas raízes, remoção de obstáculos e criação das idéias de melhoria.

- Oferecer subsídios para um detalhamento eficaz das iniciativas de melhorias organizacionais, criando *milestones* de curto prazo com comunicação clara dos ganhos a serem alcançados.
- Auxiliar o alinhamento das estratégias organizacionais e iniciativas com ações e medidas de desempenho, com mecanismos de revisão periódica de progresso do processo de melhoria.
- Auxiliar na comunicação eficaz de todo o processo de mudança, tornando transparente a necessidade de mudar, a visão da empresa, os obstáculos existentes, os problemas raízes, os objetivos de curto prazo e as melhorias alcançadas.

Os estágios propostos para a metodologia TransMeth são apresentados na Figura 13.

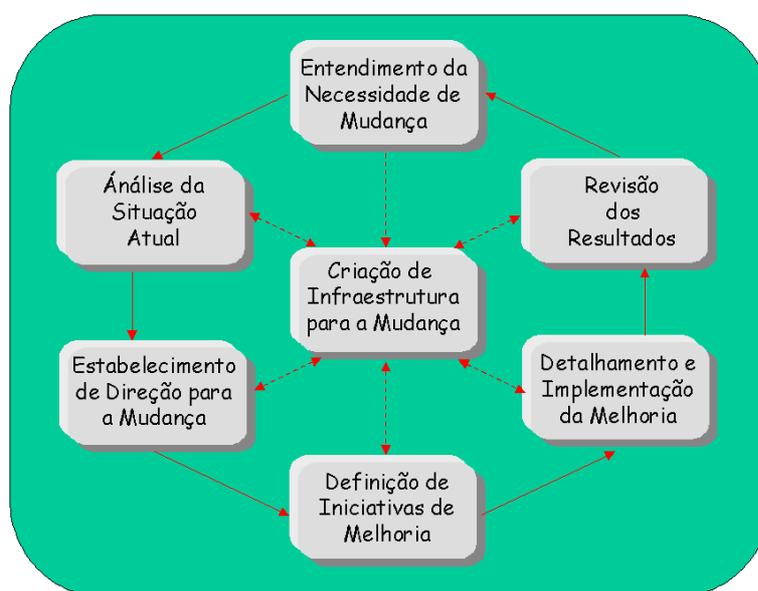


Figura 13: Passos da Metodologia TransMeth (RENTES, 2000)

Apesar dos estágios serem apresentados como passos discretos e seqüenciais, em determinadas aplicações uma organização pode desenvolver atividades paralelas pertencentes a passos diferentes.

Portanto, a TransMeth auxilia a conduzir todo o processo de mudança, complementando a ferramenta de análise do fluxo de valor (ROTHER & SHOOK, 1998). Nesse sentido, ela contempla aspectos particularmente interessantes tais como o entendimento da necessidade de mudança, os disparadores e expectativas dessa mudança, a importância de se estabelecer um senso de urgência entre as pessoas, o diagnóstico de problemas e causas raízes e a definição de um sistema de medição de desempenho.

2.2.3 A Produção Enxuta e a TransMeth

RENTES (2000) apresenta uma versão mais específica da TransMeth para aplicação de Produção Enxuta. Esta versão é apresentada na figura 14.

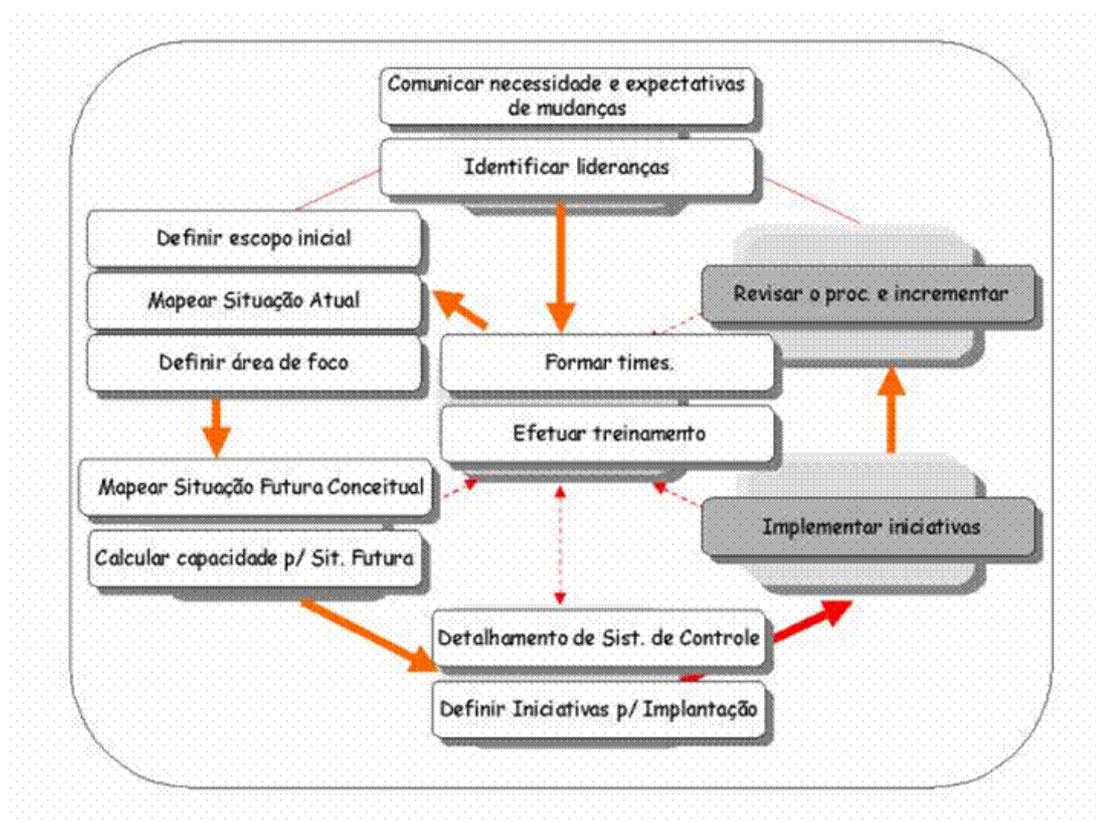


Figura 14: Aplicação da TransMeth na transformação de processos de produção enxuta (RENTES, 2000)

Um ponto complementar abordado por RENTES (2000), particularmente interessante para o desenvolvimento desse trabalho, é o cálculo da capacidade para a situação futura. Isto porque, para a determinação do número

necessário de kanbans, MONDEN (1998) menciona, como uma variável de sua fórmula, o número de troca de ferramentas necessárias por mês (fórmula 1). Todavia, ele não contempla explicitamente a forma como deve ser definido o número mensal de troca de ferramentas.

Nesse sentido, o diferencial desta abordagem é que o autor faz uma análise do TPT, visando a comprovação da capacidade de produção para uma determinada quantidade de produtos, com base no tempo de processamento do *gargalo* do processo.

Dessa forma, RENTES (2000) apresenta uma tabela (tabela 1) com um exemplo de cálculo do número máximo de troca de ferramentas e, conseqüentemente, do tamanho mínimo do lote.

Operações	Demanda média diária	Qde. de tipos de motores	No. de turnos por dia	T de processamento gargalo	T. de processamento total	T. total disponível	T. disponível para setup	T. de setup no gargalo	No. de setups possíveis/dia	Frequência máxima de setup
Montagem motor	80	8	2	8.7min	696 min	960 min	264 min	2 min	132	8
Montagem estator	80	8	3	12.0min	960 min	1440 min	480 min	66 min	8	8
Montagem rotor	80	8	2	6.6min	528 min	960 min	432 min	7 min	61	8
Máq. de Housing	80	8	2	5.0min	400 min	960 min	560 min	26 min	21	8
Máq. de Shaft	80	8	2	7.0min	560 min	960 min	480 min	35 min	11	8
Máq. de End Bell	80	8	2	2.1 min	168 min	960 min	792 min	30 min	26	8

Tabela 1: Exemplo de cálculo de capacidade (RENTES, 2000)

Note que o tempo total de processamento é obtido a partir da somatória dos tempos de processamento no recurso gargalo. Descontando-se este tempo do tempo total disponível chega-se ao tempo disponível para realização de

setup's. Dividindo-se o tempo disponível para realização de setup's pelo tempo de setup no gargalo chega-se ao número máximo de setup's possíveis.

Portanto, baseado na análise de capacidade, foi possível determinar a frequência máxima de *setups* (neste caso, 8), ou seja, um número “*enxuto*” para a quantidade de trocas de ferramentas por unidade de tempo.

A idéia inicial deste trabalho era utilizar esta versão específica da TransMeth em algumas aplicações. No entanto, ao longo dos desenvolvimentos observou-se a importância de se acrescentar alguns outros elementos que também auxiliam o processo de conceber, desenvolver, implementar e monitorar um sistema de produção enxuta. Para isso, foi desenvolvido o método proposto.

3. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO

O método proposto visa auxiliar os gerentes na concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um processo de transformação enxuta de suas empresas. A idéia é abordar, de forma sistemática, particularidades imprescindíveis para o sucesso da implementação, tais como:

- o diagnóstico da existência de desperdícios de produção.
- a utilização do MFV como ferramenta de visualização e análise da situação atual e proposição da situação futura.
- a definição de políticas de atendimento da demanda interna e externa (*make-to-stock*, *make-to-order*, etc.) para os produtos, peças e matérias-primas.
- a definição dos sistemas de controle mais apropriados (kanban de produção, kanban de transporte, kanban de sinal, duas gavetas, reposição visual baseada no estoque máximo, dentre outros) para os produtos, peças e matérias-primas.
- a definição de políticas de dimensionamento e ajuste periódico do nível de supermercados de peças e matérias primas.
- a definição da quantidade de containeres e demais formas de armazenamento.
- a utilização de uma ferramenta computacional para o cadastramento e modificação dos *kanbans*, etc.
- a definição de políticas para a análise de capacidade, com base nos recursos gargalos.
- a definição de políticas para a análise de alguns aspectos físicos (*layouts*).

- o impacto do processo de produção enxuta em outros setores da empresa.

Para tanto, a TransMeth (RENTES 2000), que é uma metodologia genérica que ajuda a definir todas as ações e infra-estrutura necessárias ao processo de mudança, será utilizada, no escopo deste trabalho, como a metodologia de referência para a estruturação do processo de concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um sistema de produção enxuta (Figura 15).

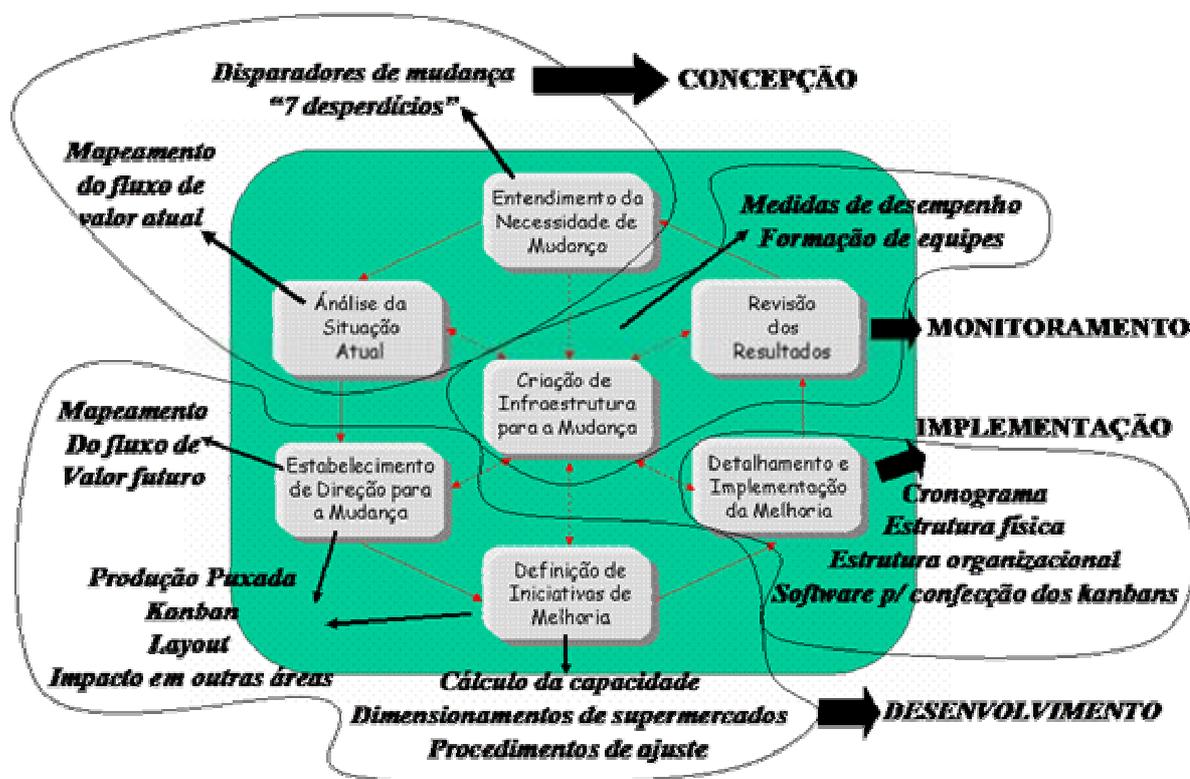


Figura 15: Esquematização do objetivo do trabalho

Vale reforçar que este trabalho não tem a pretensão de abordar todas as práticas e ferramentas de Produção Enxuta. Logo, conforme já foi dito anteriormente, ele focalizará em alguns pontos importantes para o processo de transformação enxuta, tais como a produção puxada, o sistema de controle *kanban*, o mapeamento do fluxo de valor e o arranjo físico celular.

Além disso, o método aqui apresentado é desenvolvido buscando atender a aplicações em outros tipos de indústrias, além das convencionalmente utilizadas para a indústria automobilística e de autopeças. Nesse sentido, o método é desenvolvido para atender àquelas aplicações que apresentam algumas características que complementam o padrão apresentado nos exemplos de ROTHER & SHOOK (1998). Estas características são:

- Produtos complexos com grande variedade de peças.
- Processos de produção em paralelo.
- Peças com diferentes características de demanda (alto e baixo volume; alta e baixa frequência), e que compartilham uma mesma linha de produção.
- Grandes flutuações da demanda ao longo do tempo.

Por fim, método desenvolvido poderá estar sujeito à introdução contínua de novos conceitos, técnicas e ferramentas, e, em alguns casos, de novos passos. Deve-se, portanto, considerar a seqüência proposta como um modelo de referência, um guia para as ações, e não como uma regra rígida de condução.

A figura 16 apresenta uma visão macro dos passos do método.

3.1. Diagnosticar os desperdícios existentes no sistema produtivo

O primeiro passo representa a necessidade de membros da organização em diagnosticar os *disparadores de mudança* para a produção enxuta.

Conforme dito anteriormente, SHINGO (1996) sustenta que a teoria do Sistema Toyota de Produção (STP) baseia-se na eliminação contínua e sistemática das perdas nos sistemas produtivos, tendo em vista a eliminação de custos desnecessários. Segundo ele, o princípio mais significativo e a característica única do STP estão no seguinte fato: objetivando a eliminação do estoque, vários fatores básicos devem ser exaustivamente explorados e melhorados. Portanto, a eliminação total do desperdício é o princípio básico do STP.

Dessa forma, é proposta a utilização da lista de desperdícios como um modelo de referência para a identificação e formulação dos disparadores de mudança para a produção. Todavia, vale lembrar que, embora estes disparadores sejam internos à organização, os disparadores de mudança também podem ser externos à organização, e pode representar tanto uma ameaça quanto uma oportunidade.

Nesse sentido, segue abaixo uma tabela com os desperdícios (considerados perdas), e algumas de suas possíveis causas e soluções ^{*}(SHINGO, 1996) (WOMACK & JONES, 1996) (HINES & TAYLOR, 2000):

^{*} As possíveis causas não estão necessariamente relacionadas com as soluções citadas.

Desperdícios	Possíveis causas:	Possíveis soluções:
1. Perda por superprodução	áreas grandes de depósito	reduzir o <i>set-up</i>
	custos elevados de transporte	fazer só o necessário
	falhas no PCP	"puxar" a produção
2. Perda por transporte	<i>layout</i> inadequado	projetar lay-out para minimização de transporte
	lotes grandes	reduzir a movimentação de material
	produção com grande antecedência	
3. Perda por estoques	aceitar superprodução	sincronizar o fluxo
		reduzir <i>set-ups</i>
	produto obsoleto	reduzir lead-times
		realizar produção acompanhando a demanda
	grande flutuação da demanda	promover a utilização de projeto modular dos produtos
	reduzir os demais tipos de desperdícios	
4. Perda por espera	espera por materiais	sincronizar o fluxo de material
	espera por informações	balancear a linha com trabalhadores flexíveis
	<i>layout</i> inadequado	realizar manutenção preventiva
	imprevistos de produção	
5. Perda por produzir produtos com defeito	processos de fabricação inadequados	utilizar mecanismos de prevenção de falhas
	falta de treinamento	não aceitar defeitos
	matéria-prima defeituosa	
6. Perda no processamento	ferramentas e dispositivos inadequados	analisar e padronizar processos
	falta de padronização	
	material inadequado	garantir a qualidade do material, ferramentas e dispositivos
	erros ao longo do processo	
7. Perda por movimentos desnecessários	<i>lay-out</i> inadequado	realizar estudo de movimentos
	padrões inadequados de ergonomia	reduzir deslocamentos
	disposição e/ou controle inadequado de peças, matéria-prima, material de consumo, ferramentas e dispositivos	adotar sistemas de controle pertinentes
	itens perdidos	

Tabela 2: Relação entre desperdícios e algumas possíveis causas e soluções

Um primeiro diagnóstico básico deve ser feito com a equipe de liderança de forma a se definir os pontos fracos a serem atacados e os principais objetivos (expectativas de mudança) para a manufatura.

A seguir, será discutida a necessidade de se criar uma infra-estrutura básica de suporte ao processo de transformação enxuta.

3.2. Criar infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta

Este passo deve ser executado em paralelo com as demais etapas ao longo do processo de transformação enxuta. Para tanto, será necessária a realização dos passos descritos a seguir.

3.2.1 Formar equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta

Ao longo do projeto, é necessária a criação de equipes para a condução da aplicação. Para tanto, é preciso definir alguns papéis. Um papel importante é o do *patrocinador*. O presidente, diretor, gerente, ou "primeiro homem" encabeçando esta organização no processo de mudança, deve ser o patrocinador do processo. O patrocinador deve ser alguém que tem a autoridade para definir e legitimar o processo de mudança. Deve ser o "dono do processo" na organização e fazer da mudança um objetivo, garantindo os recursos necessários para atingi-lo. Não existe mudança efetiva sem o envolvimento e comprometimento do patrocinador, HUTTON (1994).

Outro papel a ser definido no processo é o do coordenador ou líder do projeto. Durante o processo de mudança, o coordenador é responsável por gerenciar operacionalmente e orquestrar o plano de transformação. Ele deve ser oficialmente designado e devem ser dados a ele "poderes oficiais" para a condução do processo. O coordenador deve ser necessariamente um membro interno da empresa (HUTTON, 1994).

Além disso, pode ser necessária também a figura do assessor ou orientador do processo, que é um terceiro neutro, normalmente um consultor independente, que auxilia na condução do processo, fornecendo o treinamento necessário e auxiliando no processo de planejamento junto com o agente de mudança. É um especialista com experiência na condução organizada e planejada de processos de transformação enxuta. Trata-se da figura do "Sensei", definida por WOMACK & JONES (1996).

Para que o processo de transformação possa vencer a inércia inicial e ter sucesso, é absolutamente necessário que as pessoas adequadas sejam alocadas à equipe, e que seja dada uma alta prioridade a ele. Esta prioridade deve ser pelo

menos igual à dos processos operacionais. Sendo assim, a seleção dos participantes deve ser feita entre os associados que apresentam as melhores características e melhor desempenho operacional. Estes não costumam ser os funcionários com "tempo livre". Portanto, para tornar essa seleção possível, a carga de trabalho operacional destes associados deve ser redimensionada de forma a disponibilizar tempo para estes atuarem no processo (RENTES, 2000).

3.2.2 Treinar as equipes de transformação enxuta

No início de cada etapa, para cada equipe formada no processo de transformação, deve ser providenciado o treinamento adequado. Nesse sentido, os seguintes tópicos devem ser abordados:

Informações tecnológicas: treinamento sobre o sistema de produção enxuta (princípios, as categorias de desperdícios, técnicas e ferramentas associadas, etc.), a ferramenta a ser utilizada para modelagem e análise dos processos de produção (no caso, o Mapa do Fluxo de Valor), bem como outros sistemas correlatos tais como o conceito de TPC (Tambor-Pulmão-Corda) da Teoria das Restrições (DETTMER, 1997) e MRP (*Material Resource Planning*) (CORREIA & GIANESI, 1996), que podem complementar e funcionar hibridamente com o Sistema de Produção Enxuta.

Informações do negócio: consiste basicamente em estender para toda a equipe as disfunções e desperdícios diagnosticados, bem como as respectivas expectativas de mudança. A idéia é criar um entendimento homogêneo da importância e necessidade do trabalho que será realizado, alavancando assim o comprometimento de toda a equipe.

Informações da metodologia de condução do processo de mudança: consiste em apresentar a estrutura do método. Dessa forma os participantes terão condições de visualizar em que ponto estão e focar nas ações mais apropriadas para cada etapa do projeto.

O próximo passo consiste em diagnosticar a situação da atual da empresa. A descrição dos passos e das ferramentas necessárias para a sua realização estão dispostas a seguir.

3.3. Análise do atual sistema de produção

Este passo consiste na análise da situação atual do ambiente de produção. É proposta a utilização de algumas técnicas e ferramentas que possibilitem a percepção dos pontos fortes e fracos da organização. Isto pode ser feito utilizando-se ferramentas para diagnóstico de problemas ou efeitos indesejáveis, bem como ferramentas de mapeamento e análise dos processos do negócio.

3.3.1 Diagnosticar e comunicar o escopo do projeto

Nesta etapa, a idéia é que sejam levantadas algumas disfunções da empresa, que estão diretas ou indiretamente relacionadas com o ambiente de produção. Além disso, deve-se descartar aquelas em que não há um consenso geral e comunicar quais disfunções estariam na esfera de influência do projeto em questão.

A idéia é deixar claro para a organização quais os objetivos e resultados possíveis de serem alcançados. Essa iniciativa é particularmente interessante pois tende a evitar expectativas frustradas, além de proporcionar um ambiente de motivação à medida que os objetivos previamente definidos vão sendo atingidos.

Uma metodologia relativamente simples para a coleta de dados e condução dessa etapa é a realização de um “*brainstorming*” de problemas. A idéia é promover inicialmente uma tempestade de problemas por meio de entrevista ou questionário para, em seguida, discuti-los cuidadosamente. De acordo com RENTES (2000), esta é uma ferramenta que explora mais o lado da percepção que cada indivíduo tem da organização e de seus problemas. Pode tanto ser um formulário a ser aplicado individualmente, entrevistas individuais, entrevistas de grupos ou ferramentas gráficas, como o diagrama de causa e efeito de Ishikawa.

Todavia, vale ressaltar que ao invés de fazer uso apenas do bom senso, os gerentes podem valer-se de ferramentas mais sofisticadas de diagnóstico organizacional. Pode-se, por exemplo, utilizar como alternativa e/ou complemento para a “análise do atual sistema de produção” a Árvore da Realidade Atual (ARA).

A ARA é uma ferramenta lógica de diagnóstico organizacional desenvolvida por Elyiahu Goldratt que utiliza os princípios da Teoria das Restrições

a) Criação de uma lista de Efeitos Indesejáveis.
<ul style="list-style-type: none"> • Colete os Efeitos Indesejáveis (EI) levantados.
<ul style="list-style-type: none"> • Individualize estes efeitos em uma lista de EI na forma de afirmações claras. Utilize um post-it para cada afirmação.
<ul style="list-style-type: none"> • Disponha os EI em um quadro.
b) inter-relação (um a um) entre os EI.
<ul style="list-style-type: none"> • inter-relacione os EI, criando relações de causa e efeito.
<ul style="list-style-type: none"> • Construa pequenos fragmentos de árvore.
c) Construção da primeira tentativa de Árvore da Realidade Atual (ARA).
<ul style="list-style-type: none"> • Construa ligações entre os fragmentos (use papel de <i>flip chart</i>).
<ul style="list-style-type: none"> • Pense na existência de causas mais profundas, que possam fazer conexões entre os fragmentos.
<ul style="list-style-type: none"> • Leia a ARA resultante, considerando as Categorias de Reservas Legítimas.
<ul style="list-style-type: none"> • Adicione mais informações se necessário.
d) Escrutínio da ARA.
<ul style="list-style-type: none"> • Apresente a árvore para o grupo de projeto que foi entrevistado durante o Levantamento de Situação.
<ul style="list-style-type: none"> • Identifique e registre as críticas e observações complementares à realidade apresentada na ARA.
e) Reconstrução da ARA, caso necessário
<ul style="list-style-type: none"> • Individualize as novas entidades ou EI em afirmações, incluindo-as na ARA.
<ul style="list-style-type: none"> • Modifique as relações entre as entidades, caso necessário.
<ul style="list-style-type: none"> • Questione se a ARA resultante reflete a sua intuição sobre a área.
<ul style="list-style-type: none"> • Adicione novas entidades se necessário.
<ul style="list-style-type: none"> • Apresente a ARA novamente para o grupo de projeto.
f) Identificação das Causas Raízes
<ul style="list-style-type: none"> • Examine as "entradas da ARA", isto é, entidades que não têm seta "entrando", só saindo.
<ul style="list-style-type: none"> • Identifique as causas raízes que apresentam mais contribuições em termos de efeitos indesejáveis.

Tabela 3: Processo para a Construção da Árvore da Realidade Atual (DETTMER, 1997).

Algumas ARA's acabam apresentando apenas uma única causa raiz. Esta é a situação ideal. No entanto, na maioria dos casos, isto não ocorrerá, e a árvore irá apresentar um pequeno conjunto de causas raízes independentes. Um subconjunto ainda menor dessas causas raízes independentes deverá ser o responsável pela grande maioria dos efeitos indesejáveis (pode-se falar em 90%). Este subconjunto representa os chamados *problemas raízes*.

Uma outra ferramenta de diagnóstico é a modelagem ou mapeamento do processo atual em si. Esta pode servir como um catalisador para uma análise deste

processo por um grupo de trabalho. É uma ferramenta que possibilita um compartilhamento do conhecimento sobre o processo, inicialmente fragmentado e distribuído entre os elementos participantes do processo de análise. Ela permite a localização de pontos a serem melhorados no processo, auxiliando também na obtenção de consenso entre os elementos participantes sobre quais os pontos específicos a serem melhorados.

Dessa forma, é proposta a utilização da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor, e que, inclusive, pode ser utilizada num contexto mais amplo, chamado de Análise do Fluxo de Valor, em que é estabelecido um procedimento de análise e diagnóstico da situação atual do processo mapeado (ROTHER & SHOOK, 1998).

3.3.2 Construir o Mapa do Fluxo de Valor da situação atual

3.3.2.1. Definir as famílias de produtos

O primeiro passo consiste em definir as famílias de produtos e selecionar aquelas que deverão ser mapeadas. Para tanto, pode-se incluir diferentes produtos dentro de uma mesma família com base nos seguintes critérios:

- Similaridade de processos: trata-se do principal critério, e se aplica a produtos que geralmente compartilham uma mesma linha de produção.
- Freqüência e volume da demanda: importante para a definição da política de atendimento da demanda (ATO - *Assembly-to-order*, MTS - *Make-to-stock*, MTO - *Make-to-order*, etc.), esse critério pode ser decisivo para a inserção ou retirada do produto de uma mesma família.
- Tempo de ciclo do produto: representa o tempo que o produto leva para ser processado, desde o pedido até a entrega ao cliente. É aconselhável que, para efeito de mapeamento, produtos que compartilhem uma mesma linha mas que possuem tempos de ciclo muito diferentes sejam incluídos em famílias diferentes. Isto porque políticas para definição e dimensionamento de

supermercados (peças e matéria-prima) e escolha dos sistemas de controle mais apropriados geralmente também tendem a variar em função desse critério.

Como uma família pode ser composta por muitos produtos distintos, é aconselhável que se levante a estrutura do produto mais representativo. Este produto pode ser aquele que contenha o maior número de componentes, que possua a maior frequência e/ou volume de demanda ou que seja responsável pela maior parte do faturamento da empresa. Nesse sentido, cabe à equipe de mapeamento a escolha do critério mais conveniente para a definição das famílias e dos respectivos produtos que serão mapeados num primeiro momento.

Em seguida, é preciso mapear os fluxos de valor de cada família.

3.3.2.2. Mapear os fluxos de valor

No mapeamento do cenário atual, a situação geralmente contemplada nos exemplos de mapas abordados por ROTHER & SHOOK (1998) envolve um conjunto de processos de poucas peças e que estão dispostos em seqüência. No entanto, outras situações podem ser encontradas:

- Grande variedade de produtos.
- Grande variedade de peças e componentes.
- Diferentes fluxos de valor compartilhando uma mesma linha de produção.
- Fluxos de valor de uma mesma família ocorrendo em paralelo.

De acordo com ROTHER & SHOOK (1998), o fluxo de valor mais completo é o fluxo que representa a cadeia inteira, do fornecimento da matéria prima básica até o cliente final do produto.

Sendo assim, pode-se na verdade definir diversos níveis de fluxos de valor. A figura 18 apresenta uma visão mais fragmentada do fluxo de valor completo.

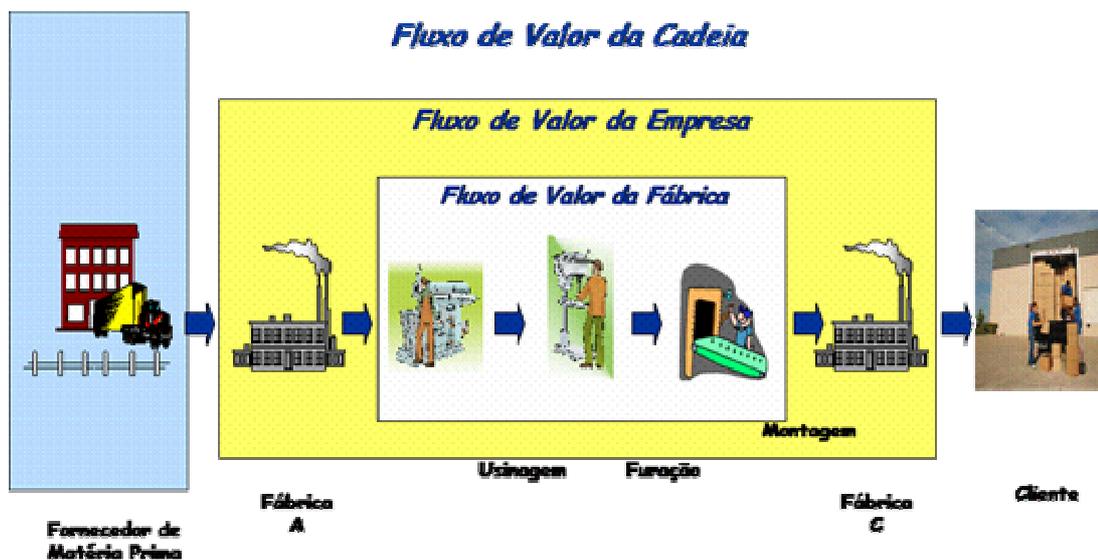


Figura 18: Visão fragmentada do fluxo de valor completo

Seguindo esta lógica, pode-se considerar a situação a ser mapeada como um conjunto de diversos fluxos de valor inter-relacionados. Com isso, passa a fazer sentido a adoção de algumas particularidades para o mapeamento do fluxo de valor:

- Num primeiro momento, recomenda-se a construção de um mapa que contemple o fluxo de valor “macro” das peças mapeadas. A idéia é evitar entrar em maiores detalhes sobre as operações internas de determinados macro-processos, mesmo que os seus fluxos não sejam contínuos. Dessa forma, as características de visibilidade e simplificação do mapa são preservadas. Por outro lado, o detalhamento destas operações até poderá (e talvez deverá) ser realizado em estágios futuros do projeto, caso a equipe de transformação considere as informações coletadas insuficientes para a identificação de desperdícios e planejamento das ações a serem implementadas.
- Quando não for possível mapear todas as peças do produto, é aconselhável mapear aquelas mais representativas (itens classe A, por exemplo).

- As peças de produtos de uma mesma família podem formar subconjuntos do produto final. Neste caso, recomenda-se a construção de um mapa macro até o nível das submontagens. A seguir, detalha-se os mapas, especificando o fluxo de valor de cada subconjunto separadamente. A escolha ou priorização dos subconjuntos a serem mapeados pode ser feita por classificação ABC, ou ainda podem ser aqueles que contenham o maior número de componentes, o maior lead time de fabricação e submontagem, a maior incidência de paradas de linha por falta do mesmo, dentre outros fatores cuja importância relativa irá depender de cada empresa.
- Pode-se ainda agrupar e tratar as diversas peças dos produtos em famílias de peças, com base na similaridade dos seus fluxos de produção. Nesse sentido, peças que, por exemplo, possuem os mesmos processos inicial e final mas diferentes processos intermediários poderiam, para efeito de mapeamento, serem agrupadas em uma mesma família.
- Em situações que apresentem fluxos de valor tratados em paralelo num mesmo mapa, deve-se considerar, para efeito de levantamento dos lead times, o fluxo (e não o processo) que apresente o maior caminho crítico ou tempo de passagem.

O próximo passo é identificar onde se localizam os estoques e qual a quantidade média em número de peças e em dias, tendo como base a média de consumo. O fluxo de material é mapeado conforme o sistema de controle que determina a sua movimentação, basicamente os fluxos podem ser puxados, empurrados ou contínuos.

Uma vez identificados todos os processos, algumas informações básicas sobre eles devem ser coletadas, a partir de uma caixa de dados padrão. As informações que podem estar contidas nesta caixa de dados são o tempo de ciclo (T/C), lead time do processo, tempo de trocas (T/TR), tempo disponível por turno e o número de pessoas necessárias para operar o processo.

O fluxo de informações também é mapeado, e inclui a programação dos processos, a frequência com que são realizados os pedidos, as previsões, e as solicitações de material. Todavia, apesar dos exemplos de mapas mostrados incluírem um fornecedor e um cliente, o foco principal é o comportamento do fluxo interno da empresa que está sendo analisada. As informações indicam como a produção é disparada em cada processo.

Por fim, note que, ter-se-á um fluxo de produtos físicos da esquerda para a direita, na parte inferior do mapa, e um fluxo de informações sobre a programação deste produto, da direita para a esquerda, na parte superior.

A linha de baixo deverá corresponder à uma representação dos tempos que agregam valor e do *lead-time* total do fluxo.

3.4. Concepção do novo sistema de produção enxuta

3.4.1 Construir o MFV da situação futura

O mapa da situação futura, obtido a partir do mapa da situação atual, é elaborado de acordo com algumas diretrizes que incluem conceitos e técnicas da produção enxuta. Essas diretrizes são traduzidas na forma de um conjunto de questões chaves que auxiliam no desenvolvimento conceitual da “situação futura” do sistema de produção enxuta. Estas questões, propostas por ROTHER & SHOOK (1998), são apresentadas na página 48 deste trabalho.

As alterações obtidas com base nas perguntas realizadas sobre o mapa da situação atual contribuem para a definição de um novo cenário. As alternativas propostas neste novo cenário são então avaliadas quanto a sua viabilidade e relação custo-benefício.

Portanto, os pontos de melhoria e as ações que devem ser tomadas em relação à situação atual correspondem ao plano de implementação de melhorias.

3.4.2 Definir as iniciativas de melhoria para implementação

Nesta etapa do trabalho, devem-se definir quais iniciativas de melhoria deverão ser adotadas. Além das recomendações propostas pela Análise do Fluxo de Valor de ROTHER & SHOOK (1998), é importante também confrontar as práticas e ferramentas da produção enxuta com os desperdícios e problemas raízes diagnosticados.

Com base na revisão bibliográfica deste trabalho, a tabela 4 apresenta uma relação entre três importantes práticas com os desperdícios de produção.

Prática X Desperdício	Superprodução	Espera	Transporte excessivo	Processos inadequados	Inventário desnecessário	Movimentação desnecessária	Produtos defeituosos
Células de manufatura	Não encontrado	Sim THORN (1996); SILVA & RENTES (2002);	Sim ALVES (2001); LAVASSEUR (1995);	Sim THORN (1996); SILVA & RENTES (2002);	Sim LAVASSEUR (1995);	Sim ALVES (2001); LAVASSEUR (1995); SILVA & RENTES (2002);	Sim THORN (1996);
Produção Puxada	Sim COK (2002); MONDEN (1998);	Não encontrado	Não encontrado	Não encontrado	Sim COK (2002); GAURY ET AL (2000);	Sim COK (2002);	Sim MONDEN (1998);
<i>Kanban</i>	Sim COK (2002); MONDEN (1998);	Não encontrado	Não encontrado	Não encontrado	Sim COK (2002); GAURY ET AL (2000);	Sim COK (2002);	Sim MONDEN (1998);

Tabela 4: Relação entre as práticas e ferramentas *lean* e os desperdícios da produção

A idéia é que a tabela acima seja uma ferramenta de suporte à definição das iniciativas de melhoria. Além disso, o ideal é a sua extensão para as demais práticas e ferramentas. No mais, conforme dito anteriormente, num primeiro momento, nem todos os princípios, práticas e ferramentas poderão ser contemplados em apenas um projeto de implementação de produção enxuta. Nesse sentido, vale

reforçar que este trabalho tem focado quatro importantes pontos: a produção puxada, o sistema de controle *kanban*, o mapeamento do fluxo de valor e o arranjo físico.

A adoção dessas melhorias tende a impactar em outras áreas da empresa, tais como o Financeiro, Vendas, Compra, Qualidade e Expedição. Logo, é imprescindível prever e buscar, o quanto antes, os respectivos ajustes e alinhamentos de procedimentos. O passo a seguir aborda melhor esta questão.

3.4.3 Levantar e alinhar o impacto da mudança junto às demais áreas

Este passo trata resumidamente do impacto que o processo de transformação enxuta pode ocasionar em alguns outros processos primários da empresa. Por outro lado, vale ressaltar que muitos impactos são imprevisíveis e específicos para cada situação. Contudo, vale alertar o agente de mudança para alguns efeitos colaterais com os quais ele pode se deparar nos processos a seguir.

Processo de Apuração e Contabilidade de Custos. Um sistema de contabilidade gerencial que não esteja estruturado para a adoção de uma complexa estratégia de produção como a manufatura enxuta, pode se tornar numa barreira ao processo de mudança. Com isso, o projeto do sistema de contabilidade de custo deve ser ajustado de modo a se tornar compatível com a nova estratégia de produção da empresa, suportando as mudanças para o sistema de produção enxuta (AHLSTRÖM, 1995).

Nesse sentido, a adoção de um fluxo de produção puxado, através, por exemplo, da implementação de um Sistema de Controle *Kanban*, pode requerer algumas modificações na política de apuração de custos da empresa. Principalmente naquelas que trabalhavam com um fluxo de produção empurrada, em que, normalmente, o nível e valor do estoque de produtos acabados é maior que o de estoque em processo. Com a adoção de um Sistema de Controle *Kanban*, esta relação tende a se inverter, e o nível de estoque em processo a aumentar. Este fato acaba por gerar a necessidade de um controle mais acurado do estoque em processo. Isto ocorre porque a peça passa a ser fabricada para um estoque intermediário, que gira periodicamente.

Processo de Atendimento ao Cliente. A adoção de um Sistema de Produção Enxuta pode requerer também alguns ajustes na política de fornecimento de prazos de entrega para os clientes. Trabalhar com compras JIT e estoques mais enxutos tende a ocasionar no surgimento de problemas que estavam “camuflados” por estoques desnecessários. Nesse sentido, é muito importante avaliar o grau de sinergia entre as equipes de venda, financeiro, expedição, PCP, produção, compras e até engenharia. Isto porque, a classificação das famílias de produtos em função das diferentes políticas de atendimento da demanda (MTS, MTO, etc.) refletirá em diferentes prazos de entrega. Dessa forma, é importante identificar alguns aspectos que normalmente não são apresentados de forma apropriada no Mapa do Fluxo de Valor:

- Tempo de Liberação e Aprovação do Pedido: trata-se das operações e do respectivo lead time para que o setor Financeiro aprove o pedido do cliente. Geralmente, este tempo está condicionado à consulta e aprovação do cadastro do cliente. Com isso, embora ele possa variar conforme o histórico do cliente, é importante determinar um tempo médio. A contemplação desse fator no procedimento de fornecimento de prazo ao cliente, embora pareça óbvio, nem sempre é formalmente considerado. Dessa forma, a fim de se proteger e cumprir o prazo exigido pelo mercado, muitos pedidos acabam sendo processados pela produção sem que a ordem de fabricação tenha sido liberada, sob o risco da mesma ser cancelada e a produção ter que arcar com este estoque desnecessário. Logo, a não observância e regularização desse fator pode acabar sobrecarregando a produção com prazos não condizentes com a sua capacidade de cumprimento, em consequência de possíveis desperdícios de tempo que possam estar ocorrendo no processo de liberação e aprovação do pedido.
- Tempo de Desenvolvimento de Projeto: Para produtos MTS e MTO, esse tempo normalmente é igual a zero. Contudo, para produtos ETO, que requerem o desenvolvimento de um projeto

específico a Engenharia deverá ser envolvida e esse fator deverá ser considerado no prazo de entrega.

- Tempo de Ajuste de Projeto: Alguns clientes podem solicitar customizações específicas para um produto padrão. Fornecer o prazo de entrega histórico deste produto pode ser perigoso. Nesse sentido, a Engenharia deverá ser consultada e o tempo contemplado no prazo de entrega total.
- Tempo de ressuprimento: A compra sob encomenda de insumos de alto valor para aquelas famílias de produtos cuja demanda seja irregular, que não são comercialmente estratégicos dentre o portfólio de produtos da empresa e/ou que possuem um mercado mais tolerante no que diz respeito ao prazo de entrega é uma boa opção para a saúde do fluxo de caixa da empresa. Além disso, é natural que uma previsão falhe e insumos tenham que ser adquiridos de última hora. Dessa forma, é imprescindível que Compras seja envolvida no processo, considerando o tempo de ressuprimento de determinados insumos.
- Tempo de Fila para Programação: Não basta fornecer o tempo padrão de produção de um produto. É preciso levar em conta também que outros produtos já podem estar programados. Nesse sentido, é preciso verificar junto ao PCP a data em que será possível encaixar determinado pedido. Obviamente esse prazo poderá ser negociado conforme critérios específicos da política de atendimento ao cliente da empresa. (urgência do pedido, importância do cliente, assistência técnica, etc.).
- Tempo de Manufatura: Em muitas empresas, esse fator costuma ser o único considerado oficialmente pelo vendedor. Consiste no tempo entre o disparo da ordem de fabricação e o despacho do produto para a Expedição.
- Tempo de Expedição: Normalmente, a expedição de um produto está condicionada a dois fatores predominantes: a obtenção e melhor aproveitamento do transporte e a localização geográfica do

cliente. Nesse sentido, um mesmo produto poderá possuir diferentes tempos de expedição. Logo, é imprescindível que Vendas, PCP e Expedição prevejam juntos esse tempo para cada pedido.

Com isso, a fórmula genérica a seguir ilustra bem a amplitude da atividade de fornecimento do prazo de entrega de produto ao cliente.

$$\begin{array}{r}
 \text{Prazo de Entrega} \\
 \text{ao cliente}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{r}
 \text{Tempo de} \\
 \text{liberação e} \\
 \text{aprovação} \\
 \text{do pedido}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 \text{Tempo de} \\
 \text{desenvolvimento} \\
 \text{de projeto}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 \text{Tempo de} \\
 \text{ressuprimento}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 \text{Tempo de} \\
 \text{de fila}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 \text{Tempo de} \\
 \text{manufatura}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 \text{Tempo de} \\
 \text{expedição}
 \end{array}$$

Figura 19: Fórmula genérica para definição do prazo de entrega do produto ao cliente

3.5. Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta

3.5.1 Definir e detalhar os sistemas de programação e controle

O fluxo de material irá variar conforme o sistema de controle que determina a sua movimentação. Nesse sentido, os fluxos podem ser basicamente puxados, empurrados ou contínuos.

3.5.1.1 Definir e detalhar os sistemas de programação e controle dos fluxos puxados

Um fluxo puxado acontece quando o processo posterior determina a produção nos processos anteriores.

A definição dos sistemas de programação e controle para os fluxos puxados deve ser feita com base em dois tipos de controle de inventário: o de *pedidos com quantidades constantes* e o de *ciclo de pedidos constante*. De acordo com o primeiro, uma quantidade fixa será pedida para o processo anterior toda vez

que o estoque deste item atingir um determinado nível. Neste caso, a quantidade pedida é fixa, mas a data do pedido é variável. De acordo com o segundo, acontece o contrário. Os pedidos acontecem em horários fixos, mas a quantidade pedida varia.

O controle através de pedidos com quantidades constantes é o método normalmente utilizado dentro das fábricas, em razão da pequena distância entre processos, de tempos de preparação, tamanho de lotes e tempo de ressuprimento pequenos, se comparados com peças oriundas de fornecedores ou processos terceirizados. Outro fator importante para a adoção deste tipo de controle é que a variedade de peças e componentes seja relativamente pequena. Este método necessita de pessoas que possam, a qualquer momento, fazer o transporte de cartões para o fornecedor e peças para o cliente.

O controle através de ciclos de pedidos constante é o método normalmente utilizado entre as empresas e seus fornecedores externos. Isto se justifica pela distância entre estes, que deixaria inviável as entregas a qualquer momento do dia, exigidas pelo método anterior. Porém, dentro das fábricas, este método também pode ser usado, principalmente em situações onde a distância entre os processos é relativamente longa, a variedade de peças e componentes em supermercados é relativamente grande e não se pode disponibilizar pessoas para fazerem este transporte de peças e cartões.

A tabela 5 relaciona os sistemas de controle convencionalmente utilizados com estes dois tipos de controle, aos quais nos referimos como frequência de inspeção.

Sistema de Controle	Frequência de Inspeção
Kanban	Indefinida (Qde. Constante)
Kanban	Definida (Tempo de ciclo constante)
Kanban de Sinal	Indefinida (Qde. Constante)
Controle visual para reposição de estoque máximo	Definida (Tempo de ciclo constante)
Controle visual para reposição a partir do estoque mínimo	Indefinida (Qde. Constante)
Sistema de 2 ou 3 Gavetas	Indefinida (Qde. Constante)

Tabela 5: Relação entre os sistemas de controle e a frequência de inspeção

Vale ressaltar que o Sistema de Controle *Kanban*, com frequência definida ou indefinida, é utilizado normalmente para peças tidas como itens classe A. Estes itens requerem um controle mais apurado, com políticas de dimensionamento e ajuste periódico mais refinadas. Já os demais Sistemas de Controle (Duas Gavetas, *Kanban* de Sinal) são geralmente utilizados para itens classe B e C. Nestes casos, o controle tende a ser menos rigoroso, resultando em um nível de estoque relativamente maior. Já a escolha específica de qual destes Sistemas adotar irá depender de fatores como a forma geométrica da peça, o armazenamento, bem como o local em que a mesma será consumida.

Em centros produtores com grande variedade de peças (estamparias, por exemplo) a política para a priorização e sequenciamento da ordem de reposição dos *kanbans* tende a ser problemática, mesmo com o auxílio do sistema de cores do quadro semáforo. Dessa forma, para estas situações é aconselhável trabalhar com a reposição por ciclo de pedidos constante. Nesse contexto, deve-se trabalhar com o conceito de TPT, que significa “Toda Parte Todo...” (turno, dia, semana, *pitch*, *takt*, etc). Trata-se da frequência com que o processo deve se modificar para fazer todas as peças novamente, tendo em vista o nivelamento da produção. A idéia é programar a ordem de reposição dos *kanbans*. Nesse sentido, os cartões podem, por exemplo, ser programados em *pitch*'s diários ou por período. Uma ferramenta utilizada para ajudar

a nivelar o mix e o volume de produção é a caixa de nivelamento da carga ou “*heijunka box*”.

Aqui, a troca e o aproveitamento de ferramental podem e devem ser tratados como um fator estratégico (peças com dispositivos e ferramentais semelhantes podem ser encaixadas num mesmo período de reposição).

Naturalmente, deve continuar prevalecendo o aviso de urgência do quadro semáforo, ou seja, componentes que não estejam programados para um determinado período, mas que estão no vermelho e/ou com perspectiva de consumo pelo processo puxador, deverão ser produzidos imediatamente.

3.5.1.2 Definir e detalhar os sistemas de programação e controle dos fluxos contínuos

Um fluxo contínuo ocorre quando uma peça vai diretamente de um processo ao outro sem que haja uma interrupção, é o chamado fluxo unitário de peças. Geralmente, esse fluxo ocorre a partir do processo puxador. Com isso, de acordo com o conceito de *takt time* é necessário sincronizar o ritmo de produção com o ritmo da demanda, seja ela interna ou externa. O *takt time* é calculado dividindo-se o volume da demanda do cliente (em unidades) pelo tempo disponível de trabalho (em segundos) por turno.

Por fim, em indústrias que trabalham com uma política de atendimento da demanda MTS (*Make-to-Stock*) deve-se buscar ao máximo distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo (nivelamento da produção). Para isso, deve-se liberar regularmente apenas uma pequena quantidade de trabalho (*pitch*), utilizando para isso um *heijunka box*.

3.5.1.3 Definir e detalhar os sistemas de programação e controle dos fluxos empurrados

Um fluxo empurrado acontece quando os processos são controlados com base em uma programação, sem levar em conta as solicitações dos processos posteriores.

ROTHER & SHOOK (1998) afirmam que os sistemas puxados são um ótimo caminho para controlar a produção entre processos que não podem estar diretamente ligados em um fluxo contínuo. Mas, às vezes, não é prático manter um supermercado para todas as possíveis variações de peças. Exemplos incluem peças sob encomenda (em que cada peça produzida é única), peças que têm uma curta vida de armazenamento e peças dispendiosas que são usadas com pouca frequência.

Nesse sentido, trataremos aqui de algumas peças que possam ter uma política de atendimento MTO (*Make-to-Order*). Nestes casos, os pedidos dos clientes disparam a produção dos itens que deverão ser entregues. Não há estoque de componentes (fabricação) e de produtos acabados (montagem).

A fim de padronizar o sistema de cartões, pode-se até elaborar ordens de fabricação no formato dos cartões *kanbans*, que é o *kanban* de ordem de serviço definido na página 30 deste trabalho.

Vale ressaltar que a programação dos pedidos MTO deve estar em sinergia com a programação dos fluxos puxados, principalmente nos processos em que os componentes de um produto sob encomenda “competem” pelos mesmos recursos (homens e máquinas) que são consumidos pelas peças controladas por *kanbans*. Uma das formas do programador flexibilizar a capacidade produtiva destes setores é através da inserção antecipada e provisória de mais cartões para as peças MTS, tendo em vista a liberação futura de recursos para a fabricação das peças e produtos MTO.

3.5.2 Calcular a capacidade e dimensionar o número e o tamanho dos *kanbans* para os supermercados de peças MTS

O cálculo da capacidade visa a comprovação da capacidade de produção para um determinado número e tamanho de lote para as peças MTS. Isto será feito a partir da definição da frequência máxima possível de troca de ferramentas (*set up*), considerando o tempo necessário para o processamento e o tempo total disponível no recurso gargalo.

Nas situações em que o centro produtor analisado é compartilhado por peças de diferentes famílias, devem-se levantar quais são os seus recursos gargalos. Para cada gargalo, é necessário definir a porcentagem do tempo total disponível que

é utilizado por cada família. Para isso, deverá ser criada uma tabela, conforme abaixo.

Família	Operações	Qde. Média/ período	Tempo de proc.	Tempo de <i>setup</i>	Tempo total utilizado	Tempo total utilizado/família	% do tempo total utilizado
Família1							
Família2							
Família3							

Tabela 6: Tabela para definição da porcentagem do tempo total disponível utilizado por famílias que compartilham um mesmo recurso gargalo

Onde:

- *Família*. Consiste no campo em que se deve colocar todas as famílias que “compartilham” o recurso gargalo analisado.
- *Operações*. Consiste no campo em que se deve listar todas as operações do produto mais representativo da respectiva família no recurso gargalo analisado. Entende-se como produto mais representativo aquele que reúne simultaneamente os aspectos mais significativos em relação à demanda, quantidade de peças e complexidade das operações.
- *Qde. média/período*. Consiste na quantidade média estimada de produtos que se pretende produzir no período analisado.
- *Tempo de proc.* Consiste no tempo estimado necessário para realizar cada operação no recurso gargalo analisado.
- *Tempo de setup*. Consiste no tempo estimado necessário para troca de ferramental no recurso gargalo analisado.
- *Tempo total utilizado*. Consiste na somatória dos tempos de processamento e do tempo de *setup* unitário.
- *Tempo total utilizado/família*. Consiste na somatória dos tempos total utilizado pelos produtos de uma mesma família.

- *% do tempo total utilizado*. Consiste na fração do tempo que cada família consome em relação ao tempo total utilizado por todas as famílias que compartilham o recurso gargalo analisado.

Em seguida, a porcentagem do tempo utilizado para cada família deverá ser usada como a fração correspondente do tempo total disponível para aquela família, conforme segue abaixo.

Família	Operações	Qde. Média/ período	Tempo total disponível p/ família	Tempo de processamento total utilizado	Tempo disponível para <i>setup</i>	Tempo total utilizado p/ <i>setup</i>	Nº de <i>setups</i> possíveis
Família1							
Família2							
Família3							

Tabela 7: Tabela para análise de capacidade e determinação do número de troca de ferramentas

Da tabela 7 é possível levantar o número máximo de *setups* possível por família. Com esta informação é possível definir o TPT, o tamanho e o número dos kanbans para os dois tipos de controle de reposição.

A) Supermercados com reposição por pedidos de ciclo constante

Quando se controla os fluxos puxados com pedidos de ciclo constante é necessário definir o ciclo do pedido (TPT), o tamanho do supermercado, o número de kanbans e a quantidade a ser pedida em cada ciclo. As respectivas fórmulas de cálculo são apresentadas abaixo:

$$\text{Ciclo do Pedido (TPT)} = \frac{\text{Período analisado (horas,dias, semana)}}{\text{Numero máximo de setup possível por período (horas, dias, semanas)}}$$

Fórmula 6: Definição do TPT

$$\text{Tamanho do kanban (supermercado)} = \left[\text{Demanda (horas,dias, semana)} \times \text{Ciclo do Pedido (TPT) (horas,dias, semana)} \right] + \text{Estoque de Segurança}$$

Fórmula 7: Definição do tamanho do supermercado para reposição por pedidos de ciclo constante

$$\text{Número de kanbans} = \frac{\text{Tamanho do kanban}}{\text{Capacidade do container}}$$

Fórmula 8: Definição do número de kanbans

$$\text{Quantidade do pedido} = \left[\text{Número de Kanbans consumidos} \right] \times \text{Capacidade do contenedor}$$

Fórmula 9: Definição da quantidade a ser pedida

B) Supermercados com reposição por quantidade constante

Quando se controla os fluxos puxados com quantidade constante é necessário definir o tamanho do supermercado, o número de kanbans e a quantidade a ser pedida em cada ciclo. As respectivas fórmulas de cálculo são apresentadas abaixo:

$$\text{Tamanho do kanban (supermercado)} = \frac{\text{Demanda (horas, dias, semana)}}{\text{Número máximo de setup possível por período (horas, dias, semanas)}} + \text{Estoque de segurança}$$

Fórmula 10: Definição do supermercado para reposição por quantidade fixa

$$\text{Número de kanbans} = \frac{\text{Tamanho do kanban}}{\text{Capacidade do container}}$$

Fórmula 11: Definição do número de kanbans

$$\text{Quantidade do pedido} = \left[\text{Número de Kanbans consumidos} \right] \times \text{Capacidade do contenedor}$$

Fórmula 12: Definição da quantidade a ser pedida

No caso dos itens classe B e C pode-se fazer uma análise mais simples, em que o tamanho do lote dos supermercados pode ser determinado com base em três fatores:

- (1) Média de consumo por período.
- (2) Tamanho do lote relativamente econômico para o centro produtor.
- (3) Estimativa de valor agregado do respectivo componente.

Para isto, embora não seja necessária uma análise tão detalhada quanto para os itens classe A, é aconselhável que a definição do tamanho destes supermercados seja feita de forma cuidadosa, envolvendo a participação de alguns encarregados do respectivo centro produtor.

Por fim, como a demanda varia constantemente, não basta dimensionar os supermercados uma única vez. É preciso reavaliar periodicamente os valores calculados. Para isso, deve-se criar um procedimento de ajuste periódico do nível de cada supermercado.

3.5.3 Definir os procedimentos de ajuste periódico do nível dos supermercados

Geralmente, o nível máximo (tamanho dos lotes) dos supermercados ($Q_{\text{máx}}$) é determinado com base no histórico de vendas ou numa carteira de pedidos relativamente bem definida, como é o caso da relação entre as grandes montadoras e seus fornecedores. Todavia, é possível que a demanda, deste ponto em diante, assuma comportamentos que não sejam condizentes com a referência histórica adotada.

Com isso, é necessário que o $Q_{\text{máx}}$ seja ajustado periodicamente ou sempre que a empresa julgar que ele não esteja condizente (faltas e/ou sobras em excesso) com o comportamento recente e/ou perspectivas futuras do mercado.

Nesse sentido, sugere-se que o $Q_{\text{máx}}$ seja ajustado com base no desempenho da demanda do mesmo período do ano anterior para o qual o estoque estará sendo ajustado (Q_1), e/ou no desempenho da demanda dos últimos N meses (Q_2). Além disso, o valor definido para o $Q_{\text{máx}}$ poderá ser ajustado com base na previsão de vendas para o período considerado (Q_3):

$$Q_{\text{máx}} = Q_1 \cdot P_1 + Q_2 \cdot P_2 + Q_3 \cdot P_3$$

onde:

- $Q_{\text{máx}}$: nível do estoque máximo a ser adotado.
- Q_1 : demanda do mesmo período do ano anterior para o qual o estoque estará sendo ajustado.
- Q_2 : demanda dos últimos N meses.
- Q_3 : previsão de vendas para o período considerado.
- P_1 (Peso1): grau de representatividade dos dados levantados baseados em Q_1 .
- P_2 (Peso2): grau de representatividade dos dados levantados baseados em Q_2 .
- P_3 (Peso3): grau de representatividade dos dados levantados baseados em Q_3 .
- $P_1 + P_2 + P_3 = 1$.

Por fim, é desejável que a organização informatize este procedimento, tendo em vista a melhoria na tomada de decisões, por meio de informações mais rápidas e precisas. Dependendo da variedade de componentes dimensionados, a utilização de planilhas de cálculo excel pode ser um bom começo.

3.5.4 Projetar um layout enxuto

Conforme mencionado ao longo desse trabalho, uma das principais limitações do MFV está na falta de habilidade em tratar aspectos físicos, como dimensões e *layouts*.

Além disso, um ponto, particularmente preocupante, é que num ambiente com um número muito grande e variado de peças a aplicação dos conceitos de células de produção torna-se praticamente inviável. As células de produção são indicadas para ambientes *flow shop*, ou seja, ambientes com um fluxo de peças bem definido. Outro fator que inviabiliza a utilização dos conceitos de célula de produção num ambiente *job shop* (grande variedade de peças) é a necessidade de duplicação de máquinas. Muitas vezes, esta necessidade pode representar custos muito elevados para a organização.

Por outro lado, quando trabalhamos com o conceito de mini-fábricas de produção problemas como duplicação de máquinas são minimizados, visto que não existe uma dedicação tão exclusiva para uma linha de produtos como no ambiente celular.

Nesse sentido, segue um breve roteiro para o desenvolvimento de um *layout* enxuto com base no conceito de mini-fábricas para um ambiente de multi-produtos.

Passo 1: Levantamentos dimensionais e definição dos grupos de peças - nesta etapa do trabalho, é necessário realizar um levantamento dimensional do setor analisado. Paralelamente a esta atividade, deve-se levantar também quais são os grupos de peças que compõe toda a produção desse setor.

Passo 2: Definição da quantidade movimentada por grupo de peças - com os dados dimensionais em mãos, deve-se gerar uma planta do layout. Com isso, pode-se

obter uma visão geral do atual estado de disposição das máquinas e dos estoques no setor.

Simultaneamente, deve-se definir a quantidade movimentada para cada grupo. O objetivo é identificar a quantidade de vezes que a movimentação é feita. Esta quantidade movimentada pode ser definida para três situações:

1. Volume produzido / lote de fabricação: esta definição é utilizada quando o lote de fabricação é muito grande.

2. Número de ordens de fabricação: é utilizado quando não há lotes de fabricação. Nestes casos, a movimentação deve ser calculada com base no número de Ofs.

3. Volume produzido / tamanho da caçamba: esta definição é utilizada quando o lote de fabricação é pequeno.

Passo 3: Levantar os fluxos e calcular a movimentação no *layout* atual - com o *layout* inicial, deve-se esboçar o fluxo de cada grupo de peça. Através desse esboço pode-se calcular a movimentação para cada grupo. O cálculo da movimentação pode ser feito com base na seguinte equação:

$$\text{Distância percorrida pela peça} \times \text{quantidade de vezes movimentada} \\ \text{no mês}$$

Passo 4: Determinação das alternativas de layout - com todas essas informações, deve-se iniciar o processo de confecção de alternativas de layout.

Passo 5: Identificação dos fluxos nas alternativas e cálculo das movimentações - Para cada alternativa gerada deve-se traçar os fluxos de materiais de cada grupo. E, calcular a movimentação total de cada grupo para cada alternativa.

Passo 6: Comparação entre as alternativas - Por fim, inicia-se a tarefa de comparação de cada alternativa. Neste sentido, deve-se fazer uma análise tanto quantitativa quanto qualitativa para cada proposta de layout gerada.

3.6. Implementação do novo sistema de produção enxuta

3.6.1 Definir os “loops” de implementação

Nesta etapa, é necessário definir os “loops do fluxo de valor” (ROTHER & SHOOK, 1998). Para isso, deve-se dividir o mapa do estado futuro em “loops” de implementação, ou o “Loop Puxador” e os “Loops Adicionais”. O loop puxador inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o seu processo puxador. Este é o loop mais próximo do final, e a maneira como você administra esse loop impacta todos os processos anteriores.

Os loops adicionais são aqueles existentes antes do loop puxador. Isto é, cada supermercado do sistema puxado no seu fluxo de valor normalmente corresponde ao final de outro loop. É aconselhável fazer um círculo nesses loops no mapa do estado futuro (figura 20).

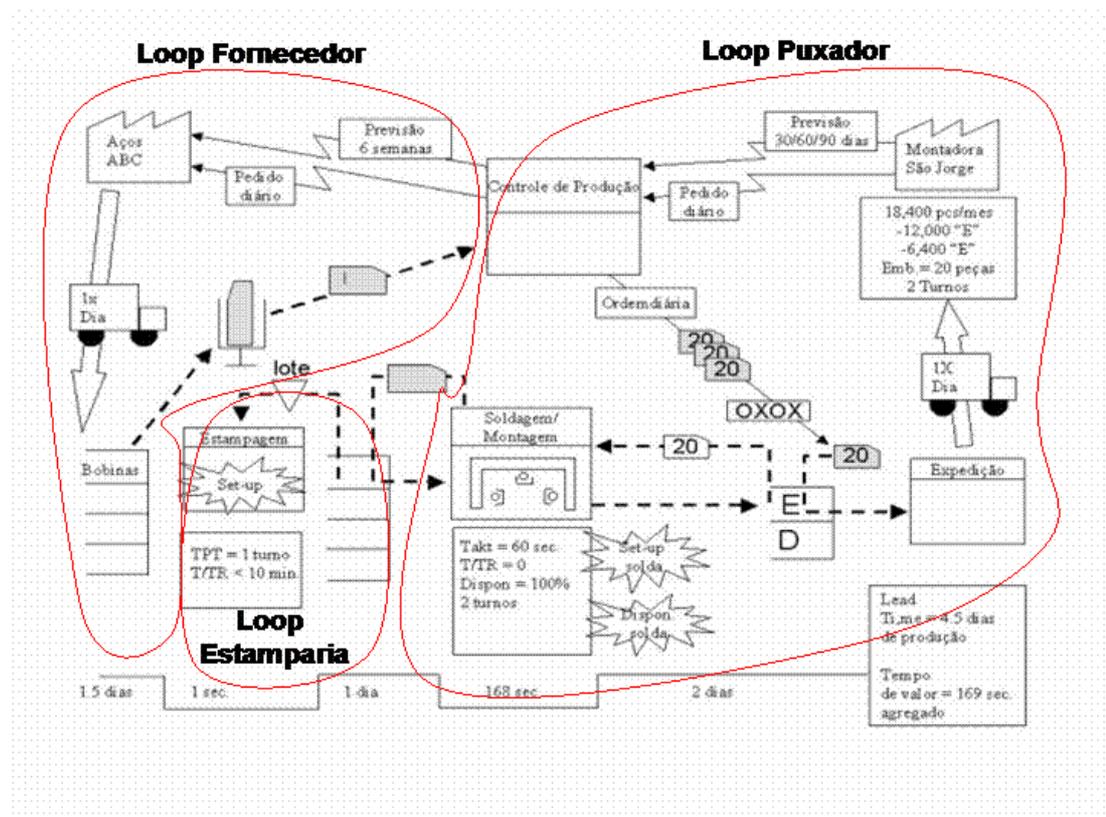


Figura 20: Exemplo de um MFV da situação futura com loops de implementação (ROTHER & SHOOK, 1998)

Os *loops* são uma excelente maneira de dividir os esforços de implementação da situação futura em partes administráveis.

3.6.2 Elaborar um plano de ação visível

Para aumentar a visibilidade do desenvolvimento do conjunto de iniciativas e do processo de transformação como um todo, recomenda-se a utilização de um plano de ação visível. Este plano de ação consiste basicamente em:

- Consolidar e detalhar os objetivos e melhorias necessárias (eventos *kaizen*) para cada *loop*.
- Estabelecer metas quantificáveis.
- Definir prazos e responsáveis.

Várias ferramentas de planejamento e visualização podem ser elaboradas de modo a apresentar o plano de mudança da empresa. Nesse sentido, a equipe pode valer-se do uso de painéis ou murais para apresentar as iniciativas de melhoria de forma condensada, tal como o Plano do Fluxo de Valor (ROTHER & SHOOK, 1998). Ela pode também recorrer a planilhas eletrônicas ou a *softwares* específicos para elaboração de cronogramas, como por exemplo, o MS Project da Microsoft, tendo em vista o detalhamento dos prazos e responsáveis pelas ações a serem tomadas.

A seguir, são apresentadas algumas melhorias necessárias para a implementação dos *loops*.

A) Quadros e cartões kanban

Os quadros de kanban e de programação são recursos importantes para a gestão visual do sistema de produção enxuta. O quadro de kanban mais convencional é o quadro semáforo. Os quadros de programação e nivelamento podem ser escaninhos (um por pitch), lousas preenchíveis, etc. Além disso, os quadros de kanbans e de programação podem ser integrados, ocupando menos espaço e melhorando a visibilidade dos operadores. (Figura 21).

Kanban CodPeca: 20.06.01.001		
Descricao: EVAPORADOR AMP / AMK / AMK 1 TORNEIRA		
Centro Produtor: Ilha	Roteiro de fabricação	Quantidade Pecas: 100
Centro Consumidor: Evaporador		
	10 Ilha	Nº Kanban 3/3 Produção
	20 Galvânica	
	30 Tanque Liquido	
	40 Evaporador	

Figura 22: Exemplo de kanban

Para centros mais distantes, pode-se estabelecer pontos estratégicos para o recolhimento dos *kanbans* (postos de recolhimento) de modo a evitar movimentações desnecessárias do pessoal do chão de fábrica.

B) Recursos Físicos para a Armazenagem dos Itens em Estoque

Tendo em vista melhorar a organização, controle e utilização do espaço da fábrica, podem ser adquiridos e/ou fabricados caixas, caçambas, racks e prateleiras.

C) Ferramenta computacional de suporte ao cadastramento e gerenciamento dos kanbans

É importante o desenvolvimento de algum *software* para cadastramento, atualização e impressão dos kanbans. Para isso, a empresa poderá desenvolver um sistema de banco de dados a partir de uma linguagem de programação já utilizada. Ela poderá também desenvolver um novo sistema relativamente simples e acessível como, por exemplo, o Access da Microsoft (figura 23).

The image shows a Microsoft Access form titled "Cadastro de Kanbans". The form is designed for data entry and includes several fields and sections:

- Unicóde:** A text box containing the value "1".
- Codigo da peça:** A text box containing "estampa".
- Descrição:** A text box containing "stafedststst".
- Centro Produtor:** A dropdown menu with "estampa" selected.
- Centro Consumidor:** A dropdown menu with "estampa" selected.
- Sistema de Controle:** A dropdown menu with "D.F" selected.
- Quantidade de peças:** A text box containing "34".
- Quantidade/Produto:** A text box containing "1".
- Imprimir:** A checkbox that is currently unchecked.
- Roteiro de Produção:** A section containing two sub-sections: "Ordem" and "Roteiro", each with a dropdown menu.
- Foto:** A large empty rectangular area for a photo.
- Localizar:** A search box with a "Localizar" button next to it.
- Imprimir este Kanban:** A button to print the form.
- Status Bar:** Shows "Registro: 1 de 7" and "Modo formulário".

Figura 23: Software para cadastramento e emissão de kanbans

3.7. Revisão e monitoramento dos resultados obtidos

Esta fase na verdade, tal como a de “Criação de Infra-estrutura para Transformação Enxuta”, não ocorre pontualmente no final do processo. Trata-se de uma etapa que ocorre continuamente a partir da definição da equipe do projeto e do respectivo plano de trabalho.

A revisão da aplicação deve ocorrer em duas direções. A primeira delas é a observação das implementações das melhorias e do impacto causado por elas nas medidas de desempenho da organização. Nesse sentido, a utilização de um sistema correlato de medidas de desempenho é extremamente importante para gerenciar e avaliar a performance da aplicação.

Uma outra direção é a revisão do método proposto, identificando-se o que funcionou adequadamente e as melhorias que podem ser propostas ao mesmo.

A seguir são apresentadas duas aplicações de sistemas de produção enxuta.

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

Este capítulo apresenta duas aplicações de produção enxuta. A primeira delas representa uma aplicação parcial do método, retratando mais fortemente a implementação de fluxos contínuos, fluxos puxados e dos respectivos sistemas de programação e controle. Representa, portanto, um primeiro ciclo ou uma versão preliminar do método proposto.

Já a segunda implementação, representa uma aplicação completa de todos os passos do método proposto. Representa, portanto, um segundo ciclo ou uma versão mais refinada da primeira aplicação, conforme o método adotado para o desenvolvimento deste trabalho (veja figura 1).

4.1. Aplicação de conceitos de um sistema de produção enxuta em uma empresa produtora de bebedouros

Esta aplicação foi realizada numa empresa de médio porte do ramo metal mecânico fabricante de bebedouros (Figura 24). A empresa, que produz cerca de 300 bebedouros por dia, possui 110 colaboradores e um faturamento mensal na ordem de R\$ 1 milhão.

Trata-se de uma aplicação parcial do método proposto, sendo que os aspectos mais interessantes são o do Mapeamento do Fluxo de Valor e a adoção da Produção Puxada via sistemas de controle *kanban* e duas gavetas.



Figura 24: Exemplos de produtos da empresa fabricante de bebedouros analisada

4.2.1 Entendimento da necessidade de se adotar um Sistema de Produção Enxuta - Diagnosticar os desperdícios

Inicialmente, diagnosticou-se que a produção da empresa era penalizada ora com faltas ora com sobras (**superprodução**) de peças estampadas (problemas de *setup* devido aos altos tempos para troca de ferramentas).

Além disso, havia um grande desperdício com a **movimentação excessiva dos funcionários**, que tinham que contar, cobrar e buscar constantemente peças produzidas de última hora na estamparia, provocando atrasos na montagem (**espera**). Além disso, havia perdas no processamento (**processamento inadequado**) devido à utilização de ferramentas e dispositivos inadequados, falta de padronização, material inadequado e erros operacionais ao longo do processo.

4.1.2 Criação da infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta

4.1.2.1 Formar equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta

Assim como na primeira aplicação, foi definida a equipe geral do projeto. Para tanto, decidiu-se que o Diretor Presidente seria o patrocinador. A equipe externa foi formada por dois consultores especialistas no tema (um professor e um mestrando da Universidade de São Paulo).

4.1.2.2 Oferecer treinamento básico em Produção Enxuta

Foi oferecido um treinamento inicial básico para as lideranças e equipe do projeto. Além disso, ao final de cada etapa foram realizados treinamentos e apresentações conciliando informações do negócio, tecnológicas e referentes ao processo de transformação propriamente dito. No geral, os treinamentos e apresentações realizados ao longo do processo englobaram os seguintes aspectos:

Treinamento inicial

- Apresentação e validação das disfunções e desperdícios diagnosticados, bem como das respectivas expectativas de mudança.
- Treinamento sobre o sistema de produção enxuta (princípios, as categorias de desperdícios, técnicas e ferramentas associadas, etc.) para a equipe de transformação.
- Treinamento da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor, utilizada para modelagem e análise dos processos de produção.

Demais treinamentos

- Apresentações periódicas para a equipe de transformação e para o patrocinador sobre o andamento do projeto e os objetivos finais e intermediários atingidos.
- Apresentação do projeto conceitual final seguida de treinamento para implementação para o pessoal da área administrativa.
- Apresentação do projeto conceitual final seguida de treinamento para implementação para o pessoal do chão de fábrica.

4.1.3 Análise do atual sistema de produção

4.1.3.1 Identificar e comunicar o escopo do projeto

Através de entrevistas e atividades de *brainstorming*, foram definidas as principais disfunções (efeitos e problemas raízes) que estariam na esfera de influência do projeto em questão:

- A empresa já trabalhava com o sistema kanban, porém de forma inadequada. Com isso, o sistema não tinha credibilidade e não era efetivamente utilizado pelos operadores.
- Utilização de sistema kanban de um cartão (kanban de produção) para postos de trabalho distantes, quando o certo seria a utilização de um sistema de dois cartões (kanban de produção e de transporte).
- O dimensionamento e a quantidade errada de kanbans.
- Presença de dois a três cartões num mesmo container.
- O almoxarifado está distante da linha.
- Dificuldade e demora em se identificar a posição do cartão no quadro através do código.
- Falta de matéria-prima da linha devido ao não abastecimento pelo almoxarifado.
- Número de pessoas insuficientes no almoxarifado.
- Operadores têm que sair da área de trabalho para movimentar cartões.
- Falta visualização (pelo pessoal de fabricação) das necessidades informadas nos quadros de Kanban, os quais estavam posicionados próximos aos centros consumidores e não produtores.
- Não atualização nos quadros de Kanban (quantidade de cartões e localização).
- Falta de conhecimento da dinâmica do sistema por parte dos operadores.

Iniciou-se então a construção do mapa da situação atual. O objetivo foi obter uma visão de como era o fluxo de valor da empresa.

4.1.3.2 Construir o Mapa do Fluxo de Valor da situação atual

A) Definição das famílias de produtos

A primeira tarefa realizada foi levantar quais os produtos a empresa produzia. A relação de produtos encontrada foi:

1. Linha de bebedouros compactos: AMHc, AMT, AMM
2. Linha de bebedouros com gabinete: AMP (4L, 6L e 8L), AMK, AMW, AMP4.1, AMSc, considerando os inox e pintados
3. Linha bebedouro água quente: AMSh, AMHh
4. Linha bebedouro com uma torneira: AMKt
5. Linhas de forno elétrico: 40L, 42L e FRIGOMOR
6. Linha churrasqueira: Grill.

Nesta aplicação, focalizou-se as linhas 1 e 2 (Família I), por se tratar da família de produtos que apresentava o melhor desempenho em termos de faturamento e volume de vendas (90%).

4.1.3.3 Mapeamento e coleta de dados do Fluxo de Valor da Família I

Como o produto analisado é complexo, com grande variedade de peças sendo fabricadas em paralelo, decidiu-se elaborar um mapa com o fluxo de valor “macro”. Para isso, as diversas peças foram agrupadas em famílias de peças, com base na similaridade dos seus fluxos de produção. Nesse sentido, peças que possuem os mesmos processos inicial e final foram agrupadas em uma mesma família. As famílias são citadas a seguir:

- Família 1 (F1): Consumidor final: Evaporador - Produtor inicial: Estamparia
- Família 2 (F2): Consumidor final: Montagem - Produtor inicial: Estamparia
- Família 3 (F3): Consumidor final: Galvânica - Produtor inicial: Estamparia
- Família 4 (F4): Consumidor final: Evaporador - Produtor inicial: Usinagem
- Família 5 (F5): Consumidor final: Montagem - Produtor inicial: Usinagem
- Família 6 (F6): Consumidor final: Montagem - Produtor inicial: Pré-montagem

- Família 7 (F7): Consumidor final: Montagem - Produtor inicial: Pintura

É bom lembrar que as famílias de peças representam fluxos em comum, que são fragmentos do fluxo de valor total do produto.

É apresentado abaixo o mapa de fluxo de valor da situação atual para a Família de produto I (Figura 25). Para melhor visualização, não são apresentadas as caixas de dados no mapa.

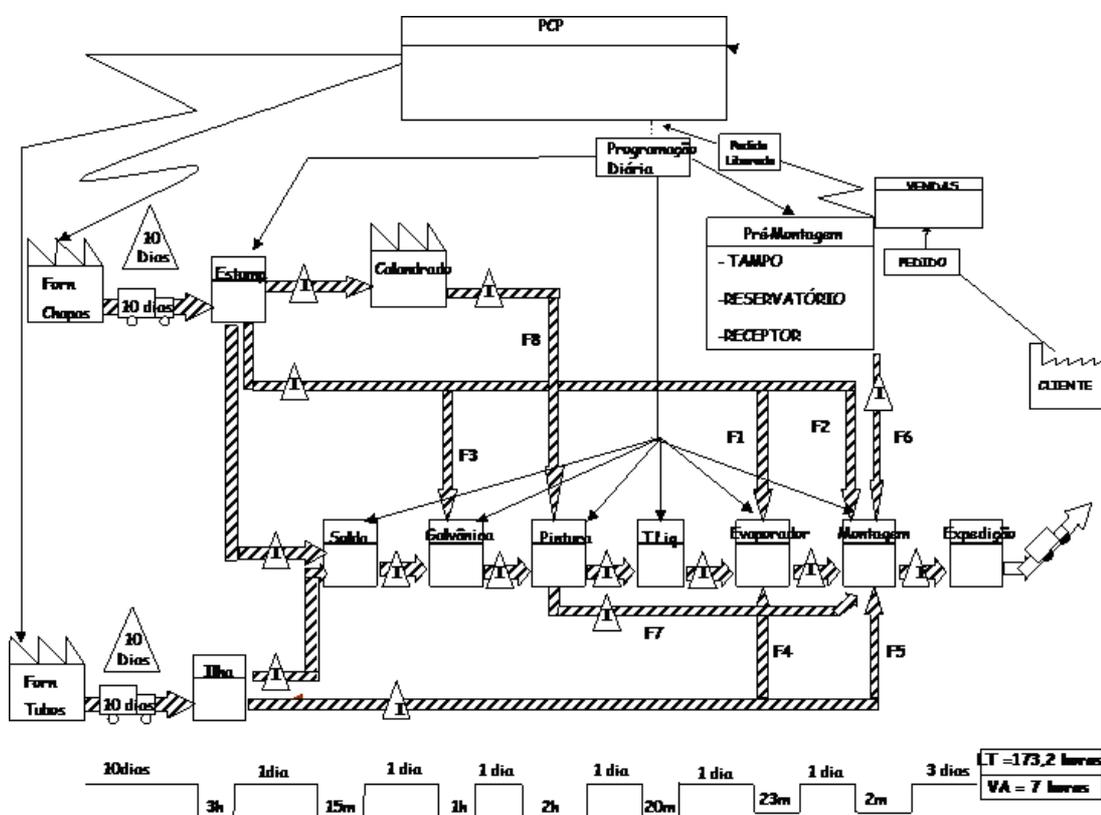


Figura 25: Mapa da situação atual da empresa fabricante de bebedouros analisada

Da análise do mapa foi possível destacar:

- Grande discrepância entre o lead time total de produção (173,2 horas) e o tempo de agregação de valor (7 horas).
- Grande quantidade de estoque em processo (16 dias).

- Programação empurrada da produção. Embora a empresa já possuísse o sistema kanban, na prática ele não estava sendo utilizado.
- Programação diária para todos os processos. Além disso, com exceção da montagem final, todos os processos eram comunicados verbalmente.

4.1.4 Concepção do novo sistema de produção enxuta

4.1.4.1 Construir o Mapa do Fluxo de Valor da situação futura e definir iniciativas para implementação

Nesta etapa, a construção do mapa da situação futura (figura 26) consistiu na elaboração do seu desenho e na definição dos sistemas de controle. Nesse contexto, foram propostas as seguintes iniciativas para implementação:

- Substituição do sistema empurrado por um sistema misto de produção. Ou seja, sistemas puxados com supermercados, funcionando de forma mista com sistemas puxados seqüenciais. Estes últimos foram empregados pois havia uma variedade de peças muito grande a ser armazenada em um supermercado. Com isso, os produtos passaram a ser praticamente feitos sob encomenda, minimizando o estoque total do sistema.
- Introdução de quadros de programação e nivelamento (*Heijunka Box*) tendo em vista um melhor controle e gestão visual da produção.

Além disso, as melhorias proporcionaram uma redução no lead time total na ordem de 19,75% (173,2 horas para 139 horas).

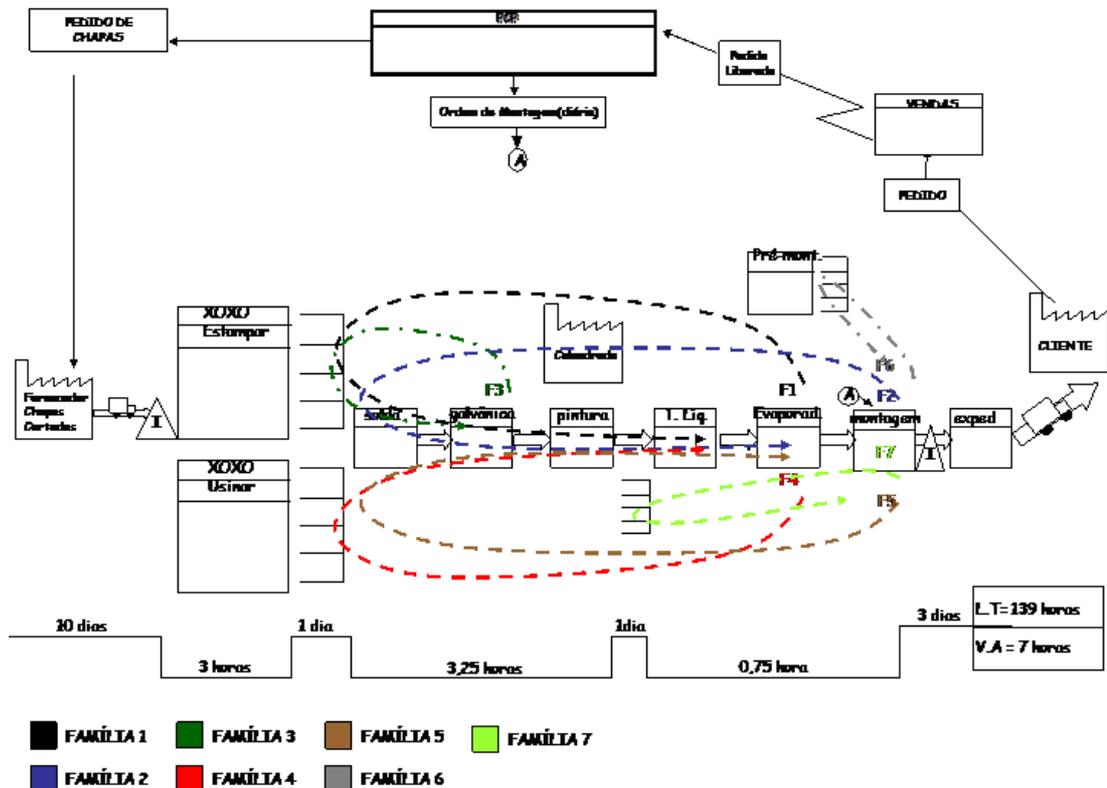


Figura 26: Mapa da situação futura da empresa fabricante de bebedouros analisada

A linha de *lead time* foi construída a partir do caminho crítico, ou seja, do fluxo de valor com o maior *lead time*.

4.1.5 Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta

4.1.5.1. Definir e detalhar os sistemas de programação e controle

Para cada tipo de fluxo foi adotado um sistema de programação e controle. Estes sistemas são apresentados abaixo:

A) Sistemas de programação e controle dos fluxos puxados

Tipo de Cartão: Kanban de Transporte/Produção

Quantidade de Cartões: 3 (três)

Neste caso, foram projetados fluxos puxados sequenciais. Este sistema é empregado quando há uma variedade de peças muito grande a ser armazenada em um supermercado. Com isso, os produtos são praticamente feitos sob encomenda e o

estoque total do sistema é minimizado (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003). No MFV da situação futura (figura 26) é possível identificar os pontos de supermercados. Para controle dos mesmos decidiu-se adotar o sistema kanban com reposição por quantidade constante (veja Tabela 5).

O supermercado para cada peça passou a ser composto por dois containeres (caçamba, pallet, caixa plástica, etc.), localizados nos centros consumidores (Linha, Evaporador e Galvânica). Quando o primeiro container começar a ser consumido, o reabastecimento é sinalizado através do seu cartão (Cartão 1), o qual é colocado no respectivo posto de recolhimento de cartões. Uma vez recolhido, o cartão é encaminhado para o respectivo centro produtor, onde aguardará no quadro de kanban. Neste local (veja figura 27), um terceiro container, com o respectivo cartão (Cartão 3), já deverá estar abastecido, aguardando que o responsável o encaminhe para o próximo processo, conforme o roteiro de fabricação especificado no próprio cartão. Foi alocada uma pessoa (abastecedor) para fazer o recolhimento dos cartões e transporte das peças.

Aqui, foi proposta também a adoção de um sistema de dois cartões, devido ao fato dos postos de trabalho estarem distantes entre si. Por exemplo, a grande distância entre os setores de Estamparia e a Linha de Montagem inviabiliza o uso de apenas um cartão Kanban (Kanban de Produção), visto que vinha causando, sobretudo, movimentação desnecessária dos encarregados destas áreas.



Figura 27: Situação final da área de saída de peças de um centro produtor da empresa analisada (Aplicação 2)

B) Sistemas de programação e controle dos fluxos contínuos

Definiu-se que a montagem de bebedouros seria processo puxador. A programação deste fluxo, que já era diária, não foi alterada.

C) Sistemas de programação e controle dos fluxos empurrados

A produção empurrada continuará sendo utilizada para as peças que possuem baixo volume e frequência intermitente de demanda. Estes itens terão uma política de atendimento MTO (*Make-to-Order*). Nestes casos, os pedidos dos clientes disparam a produção dos itens que deverão ser entregues. Não haverá estoque de componentes (fabricação) e de produtos acabados (montagem).

A fim de padronizar o sistema de cartões, foram elaboradas ordens de fabricação no formato dos cartões *kanbans*, que é o kanban de ordem de serviço definido na página 28 deste trabalho.

Com no máximo um dia de antecedência, o PCP deverá informar os centros produtores (Ilha, Estamparia e Pré-montagem). A idéia é distribuir Cartões OF, similares aos Kanbans, nos quais deve ser preenchida a quantidade desejada para cada peça do modelo em questão. Uma vez fabricado, o lote solicitado deve ser encaminhado (empurrado) pelo responsável para o próximo processo, conforme o roteiro de fabricação especificado no próprio cartão, o qual segue junto com as peças. Assim que os respectivos containeres se esvaziarem, o cartão deverá ser devolvido para o PCP, onde aguardará por uma nova encomenda do modelo.

D) Sistema de controle dos itens comerciais dos produtos MTS

Tipo de Cartão: Duas Gavetas

Quantidade de Cartão/MP: 2 (dois)

Para essas matérias-primas foi utilizado o Sistema de Duas Gavetas. Dessa forma, assim que a primeira gaveta se esvaziar, o seu respectivo cartão deverá ser colocado no posto de recolhimento de cartão. O cartão deve ser recolhido e encaminhado pelo responsável ao almoxarifado, que deverá repor a gaveta em questão.

E) Sistema de controle dos itens comerciais dos produtos MTO

Tipo de Cartão: Ordem de Abastecimento

Quantidade de Cartão/MP: 2 (dois)

Para essas matérias-primas continua sendo utilizado o sistema tradicional de abastecimento da empresa. Entretanto, constará no almoxarifado um quadro para armazenamento desses cartões, de modo a melhorar o abastecimento e o controle desse tipo de matéria-prima na produção.

4.1.6. Implementação do novo sistema de produção enxuta

4.1.6.1 Definir os “loops” de implementação

Foram definidos o *loop* puxador, o *loop* dos centros produtores, o *loop* da pintura e o *loop* da pré-montagem como as partes separadas sobre as quais seriam focados os esforços para a implementação (Figura 28).

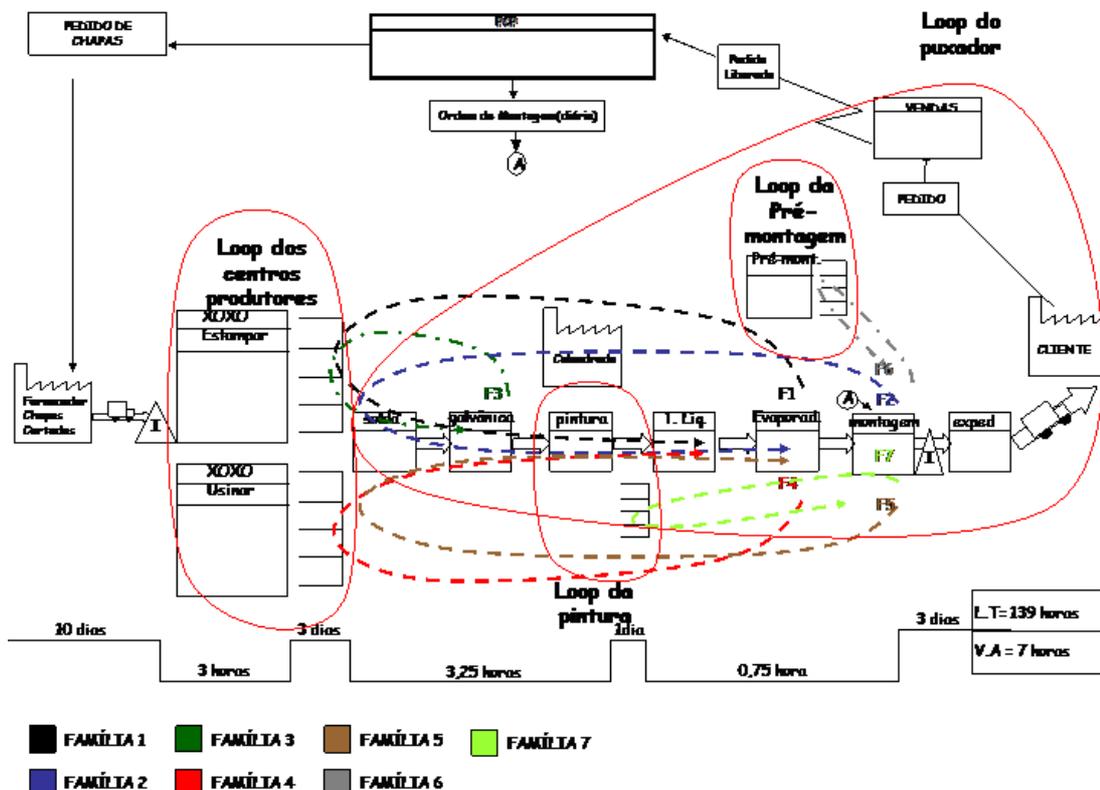


Figura 28: MFV da situação futura com os *loops* de implementação

4.1.6.2 Elaborar um plano de ação visível

Inicialmente, foi feita uma apresentação do projeto conceitual desenvolvido para o patrocinador e demais gerentes da empresa. Em seguida, foi elaborado um cronograma no MS Project para implementação, em conjunto com a equipe de transformação da empresa. A seguir são apresentadas algumas iniciativas de melhoria tendo em vista a implementação dos *loops*.

A) Quadros e cartões *kanban*

Além dos quadros de *kanban*, foram implementados quadros de programação e nivelamento da demanda para os fluxos puxados (Figura 29).



Figura 29: Quadro de programação integrado com quadro de espera tipo semáforo

Os cartões *kanban* devem ser de fácil manuseio e visualização para que sejam utilizados de uma forma efetiva e eficaz. Assim, o cartão foi desenvolvido de maneira que esses elementos fossem priorizados, facilitando o seu uso durante o processo de fabricação. Além disso, para o recolhimento dos cartões foram criados postos de recolhimento distribuídos em locais estratégicos, de modo a evitar **movimentações desnecessárias** do pessoal do chão de fábrica.

Kanban CodPeca: 20.06.01.001		
Descricao: EVAPORADOR AMP / AMK / AMK 1 TORNEIRA		
Centro Produtor: Ilha	Roteiro de fabricação	Quantidade Pecas: 100
Centro Consumidor: Evaporador		
	10 Ilha	Nº Kanban 3/3 Produção
	20 Galvânica	
	30 Tanque Líquido	
	40 Evaporador	

Figura 30: Modelo de Kanban desenvolvido para a situação futura

B) Recursos Físicos para a Armazenagem dos Itens em Estoque

Tendo em vista melhorar a organização, controle e utilização do espaço da fábrica, foram compradas e fabricadas caixas, *racks* e prateleiras (Figura 31).



Figura 31: Racks fabricados para melhoria do controle e organização interna.

4.1.7 Revisão e monitoramento dos resultados obtidos

No geral, com base nas melhorias descritas acima, foram obtidos os seguintes resultados:

- Redução de movimentação e transporte desnecessários.
- Melhoria da organização e controle de peças e matéria-prima.



Figura 32: Organização e controle antes e depois

- Melhoria do fluxo de produção.
- Aumento da flexibilidade.
- Eliminação de estoques desnecessários bem como da obsolescência dos mesmos.

4.1.8 Conclusões

Conforme foi adiantado no início desta aplicação, este projeto representou uma aplicação parcial do método proposto. O lead time total de produção teve uma redução na ordem de 19,75% (173,2 horas para 139 horas), o que tende a impactar positivamente no tempo de resposta ao cliente e no estoque global da empresa. Infelizmente, ainda não foi possível coletar nenhum dado quantitativo a respeito da evolução do estoque global, tendo em vista mensurar um provável ganho financeiro desta aplicação.

Vale ressaltar alguns pontos específicos a respeito desta aplicação:

Não foi realizada nenhuma proposta a respeito do arranjo físico, visto que o patrocinador do projeto não autorizou um estudo nesse sentido.

A definição de controles por quantidade fixa no caso dos sistemas de programação e controle dos fluxos puxados (página 132) talvez deva ser revisada, pois a estamperia (centro produtor), assim como na primeira aplicação, possui uma variedade relativamente grande de peças. A definição de um sistema de reposição com o ciclo dos pedidos constante, com o dimensionamento do número e tamanho dos kanbans a partir do cálculo de capacidade da estamperia, talvez seja a melhor opção, tendo em vista o nivelamento de produção deste centro produtor.

Além disso, na segunda aplicação houve uma falha na formação da equipe do projeto, visto que não fora “institucionalizado” uma rotina periódica de prestação de contas sobre o andamento do projeto e aprovação das decisões mais

importantes (alterações no orçamento, mudanças de engenharia do produto e do processo, etc.) junto ao patrocinador. Além disso, não foi formalizada a figura do coordenador interno do projeto. Esse fato refletiu significativamente na falta de comprometimento e de priorização das atividades do projeto em relação às atividades rotineiras. Portanto, a formação, conscientização, treinamento e comprometimento da equipe para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta é imprescindível para o sucesso do projeto.

4.2. Aplicação de conceitos de um sistema de produção enxuta em empresa do ramo agroindustrial

Esta aplicação foi realizada numa empresa produtora de tanques para resfriamento e armazenamento de leite.

O Brasil é hoje o segundo maior rebanho bovino do mundo, estando atrás somente da Índia. De 1992 à 1996, o consumo de leite aumentou 56% e o mercado tornou-se mais exigente em se tratando de qualidade do leite. Sendo assim, a empresa, que possui 86 colaboradores e um faturamento mensal na ordem de R\$ 1.5 milhões, tem buscado tecnologia de ponta para aumentar sua produção e suprir o mercado brasileiro.

4.2.1 Entendimento da necessidade de se adotar um Sistema de Produção Enxuta - Diagnosticar os desperdícios

Inicialmente, diagnosticou-se que a produção da empresa é disparada por uma programação semanal baseada em previsão de vendas. Como a variabilidade dos componentes que compunham o produto final era razoavelmente grande, a empresa, e conseqüentemente seus clientes, acabavam sendo penalizados ora com faltas ora com sobras (**superprodução**) de tanques, os quais ficavam armazenados (semi-acabados) no pátio, gerando inventários total de cerca de R\$ 1 milhão (**estoques desnecessários**).

Além disso, havia um grande desperdício com a **movimentação dos funcionários**, que freqüentemente precisavam contar, cobrar e buscar fisicamente as peças nos respectivos centros produtores. Outro desperdício diagnosticado eram os **transportes desnecessários**, visto que quando um tanque era comercializado era necessário buscá-lo no pátio e transportá-lo de volta para a fábrica a fim de se introduzir sua respectiva unidade de refrigeração (customizada por cliente). Nesse sentido, o tempo de resposta ao pedido do cliente era de aproximadamente cinco dias para os tanques que estivessem disponíveis no pátio, e de aproximadamente 45 dias para aqueles que acabavam sendo feitos sob encomenda (MTO).

4.2.2 Criação da infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta

4.2.2.1 Formar equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta

Primeiramente, foi definida a equipe geral do projeto. O Diretor Industrial assumiu o papel de patrocinador do projeto. Dessa forma, embora ele não fosse ter uma participação direta nas atividades, criou-se uma rotina periódica (semanal) de prestação de contas sobre o andamento do projeto e aprovação das decisões mais importantes (alterações no orçamento, mudanças de engenharia do produto e do processo, etc.).

Abaixo do patrocinador foram formadas três equipes: uma equipe interna principal, outra equipe interna de suporte e uma equipe externa. Ao Gerente de Produção, coordenador da equipe interna principal, coube o acompanhamento tático das atividades do projeto, e que, juntamente com o responsável do PCP, atuou como um facilitador ou coordenador do projeto. Vale ressaltar, que a dedicação do responsável pelo PCP foi, no mínimo, igual à dos processos do dia a dia do seu departamento (outra pessoa foi deslocada para lhe dar cobertura). Para as equipes de suporte, além dos supervisores de produção, foram selecionadas pelo menos uma pessoa das demais áreas (Financeiro, Vendas, Engenharia, Compras, Almoarifado e Expedição). Os integrantes da equipe de suporte eram solicitados de acordo com as fases e respectivas necessidades do projeto.

Por fim, a equipe externa foi formada por três consultores especialistas no tema (dois professores e dois mestrandos da Universidade de São Paulo).

4.2.2.2 Oferecer treinamento em Produção Enxuta

Foi oferecido um treinamento inicial básico para as lideranças e equipe do projeto. Além disso, ao final de cada etapa foram realizados treinamentos e apresentações conciliando informações do negócio, tecnológicas e referentes ao processo de transformação propriamente dito. No geral, os treinamentos e apresentações realizados ao longo do processo englobaram os seguintes aspectos:

Treinamento inicial

- Apresentação e validação das disfunções e desperdícios diagnosticados, bem como das respectivas expectativas de mudança.
- Treinamento sobre o sistema de produção enxuta (princípios, as categorias de desperdícios, técnicas e ferramentas associadas, etc.) para a equipe de transformação.
- Treinamento da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor, utilizada para modelagem e análise dos processos de produção.
- Treinamento de sistemas correlatos ao de produção enxuta, tais como o conceito de TPC (Tambor-Pulmão-Corda) da Teoria das restrições e MRP (*Material Resource Planning*), complementando os conceitos adotados.

Demais treinamentos

- Apresentações periódicas para a equipe de transformação e para o patrocinador sobre o andamento do projeto e os objetivos finais e intermediários atingidos.
- Apresentação do projeto conceitual final seguida de treinamento para implementação para o pessoal da área administrativa.
- Apresentação do projeto conceitual final seguida de treinamento para implementação para o pessoal do chão de fábrica. Este treinamento foi ministrado fora da empresa. Isso possibilitou um maior envolvimento do pessoal do chão de fábrica, que pode se desligar completamente de suas atividades rotineiras.

4.2.3 Análise do atual sistema de produção

4.2.3.1. Identificar e comunicar o escopo do projeto

Através de entrevistas e atividades de *brainstorming*, foram definidas as principais disfunções que estariam na esfera de influência do projeto em questão:

- O estoque de tanques montados é alto.
- Há falta de determinados tipos de tanques e sobra de outros.

- O controle da maioria das peças é visual.
- Os operários perdem muito tempo verificando as peças que já têm feitas e aquelas que não têm.
- A linha de montagem tem ficado desabastecida por falta de peças.
- Tudo é tratado como classe A e como crítico. Logo, os estoques de segurança são baixíssimos para todos os itens.

Ficou decidido que o projeto visaria a otimização de dois indicadores de resultado: o lead time de produção e o estoque global da empresa. Para isso, foram adotadas algumas práticas e ferramentas tendo em vista atacar as disfunções e os desperdícios diagnosticados (superprodução, estoques desnecessários, movimentação e transporte excessivos). A primeira ferramenta utilizada foi o Mapa do Fluxo de Valor de ROTHER & SHOOK (1998).

4.2.3.2. Construir o Mapa do Fluxo de Valor da situação atual

A) Definição das famílias de produtos

As famílias foram definidas em função dos seguintes critérios:

- similaridade dos produtos e dos processos de produção e montagem;
- volume e frequência de demanda;
- velocidade de resposta ao cliente (tolerância de espera).

Nesse sentido, as seguintes famílias foram definidas:

- Família I: Tanques Verticais (modelos: PRV, PRVS e VM/DX; capacidades: 300, 525, 830, 1000, 1200, 1500, 1800, 2000 e 3000L).
- Família II: Tanques Horizontais Abertos (modelos OM/DX; capacidades: 3000, 3500 e 4000L).
- Família III: Tanques Horizontais Fechados (modelo PRH; capacidades: 3000, 4000, 5000, 6000, 7500, 10000, 12500, 15000)
- Família IV: Tanques Rodoviários (capacidades: 8000 e 9000 L, 3 compartimentos)

- Família V: Tanques Rodoviários (demais capacidades).



Figura 33: Famílias de produtos da empresa analisada

Nesta aplicação, foram mapeadas todas as famílias. Entretanto, focalizou-se primeiramente a Família I, por se tratar da família de produtos que apresentava o melhor desempenho em termos de faturamento e volume de vendas (80%). Com isso, decidiu-se que o estudo para as demais famílias seria aprofundado num segundo momento.

4.2.3.3 Mapeamento e coleta de dados do Fluxo de Valor da Família I

Como o produto analisado é complexo, com grande variedade de peças e componentes sendo fabricados em paralelo, decidiu-se elaborar um mapa com o fluxo de valor “macro” das peças e componentes classe A. Para isso, os itens foram classificados em três categorias:

- Itens classe A: são aquelas peças principais dos tanques, geralmente de maior tamanho, maior consumo de material e de maior valor agregado;

- Itens classe B: são peças que complementam a montagem dos tanques, juntamente com as peças tipo A, mas que representam menor quantidade de material e menor valor agregado, como sobre-tampa, agitador, sapatas etc.
- Itens classe C: são acessórios à montagem dos tanques como pinos, buchas etc, de baixo valor agregado.

É apresentado abaixo o mapa de fluxo de valor da situação atual para a Família I (Figura 34). Para melhor visualização, não são apresentadas as caixas de dados no mapa.

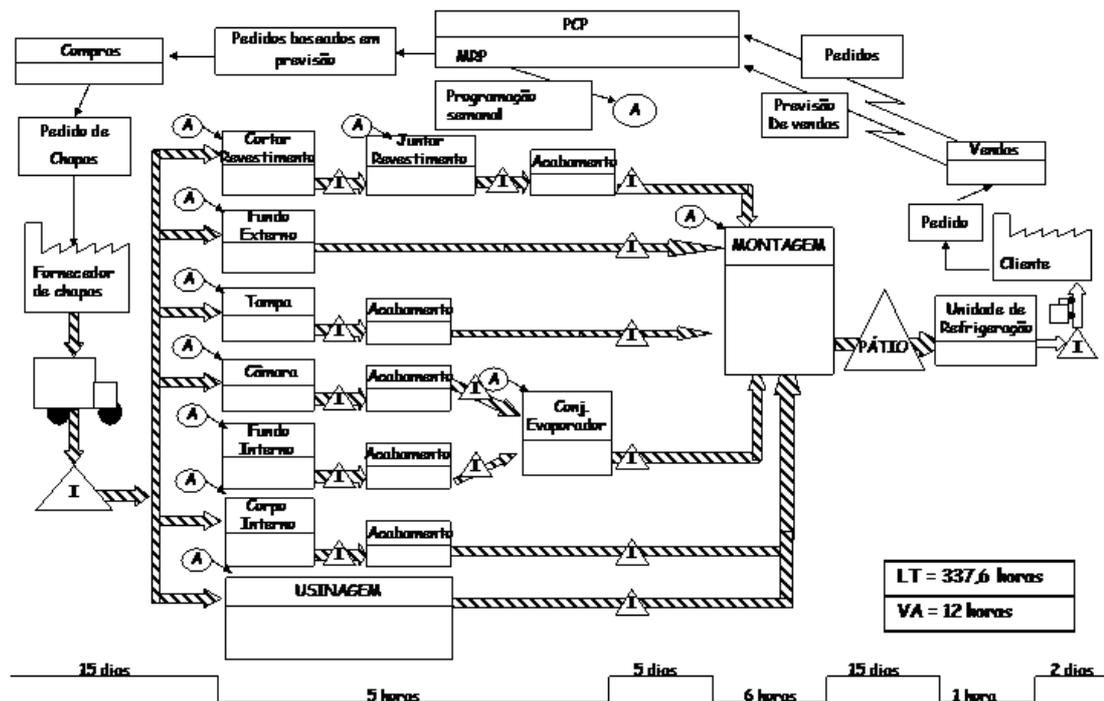


Figura 34: Mapa da situação atual da Família I

Da análise do mapa foi possível destacar:

- Grande discrepância entre o lead time total de produção (337,6 horas) e o tempo de agregação de valor (12 horas).

- Grande quantidade de estoque em processo (5 dias).
- Grande quantidade de tanques montados no pátio (15 dias).
- Os tanques montados, uma vez vendidos, precisavam retornar novamente para a produção para introduzir uma unidade de refrigeração.
- Programação semanal de montagem de tanques.
- Programação semanal de fabricação de peças, com uma semana adiantada em relação à montagem dos tanques.
- Grande quantidade de operações de acabamento. Embora o mapa não contemple aspectos relacionados ao arranjo físico, a grande incidência destas operações chamou a atenção para o fato de que praticamente todas as peças classe A tinham que se deslocar para um setor específico de acabamento. Isso fazia com que houvesse muito transporte de peças de outras operações do fluxo para este setor.

4.2.4 Concepção do novo sistema de produção enxuta

4.2.4.1 Construir o Mapa do Fluxo de Valor da situação futura e definir iniciativas para implementação

Nesta etapa, a construção do mapa da situação futura (figura 35) consistiu na elaboração do seu desenho e na definição dos sistemas de controle. Nesse contexto, foram propostas as seguintes iniciativas para implementação:

- Substituição do setor de acabamento por operações de acabamento interligadas ao fluxo de produção. Como as máquinas desse setor eram relativamente fáceis de transportar, decidiu-se que as operações de acabamento passariam a acompanhar o produto. A idéia foi reduzir desperdícios relacionados a estoques e transportes desnecessários.
- Adoção de produção puxada de componentes. Substituição dos estoques (5 dias) entre a preparação e a montagem por supermercados controlados via sistema kanban (1,5dias). Além do redimensionamento do tamanho dos estoques, essa iniciativa possibilitou a eliminação da programação empurrada e redução de estoques desnecessários nos setores de preparação.

- Programação diária da montagem. Os tanques da família I passaram a serem montados mediante pedido dos clientes (sistema ATO). Conseqüentemente, eliminaram-se os estoques de tanques montados (superprodução e estoques desnecessário) e o problema de falta e sobra. Essa iniciativa permitiu ainda a redução dos estoques de peças fabricadas, visto que muitas delas eram compartilhadas por diferentes tanques. Vale ressaltar que o tempo de resposta aos clientes praticamente não foi afetado, visto os tanques não precisaram mais retornar para a produção a fim de introduzir a unidade de refrigeração. A introdução da unidade passou a ser feita em fluxo contínuo.
- Realização de um projeto de *layout* que contemplasse as mudanças propostas, de modo a viabilizar o fluxo unitário de componentes.

Com isso, as melhorias proporcionaram uma redução no lead time total na ordem de 60% (337,6 horas para 134,2 horas).

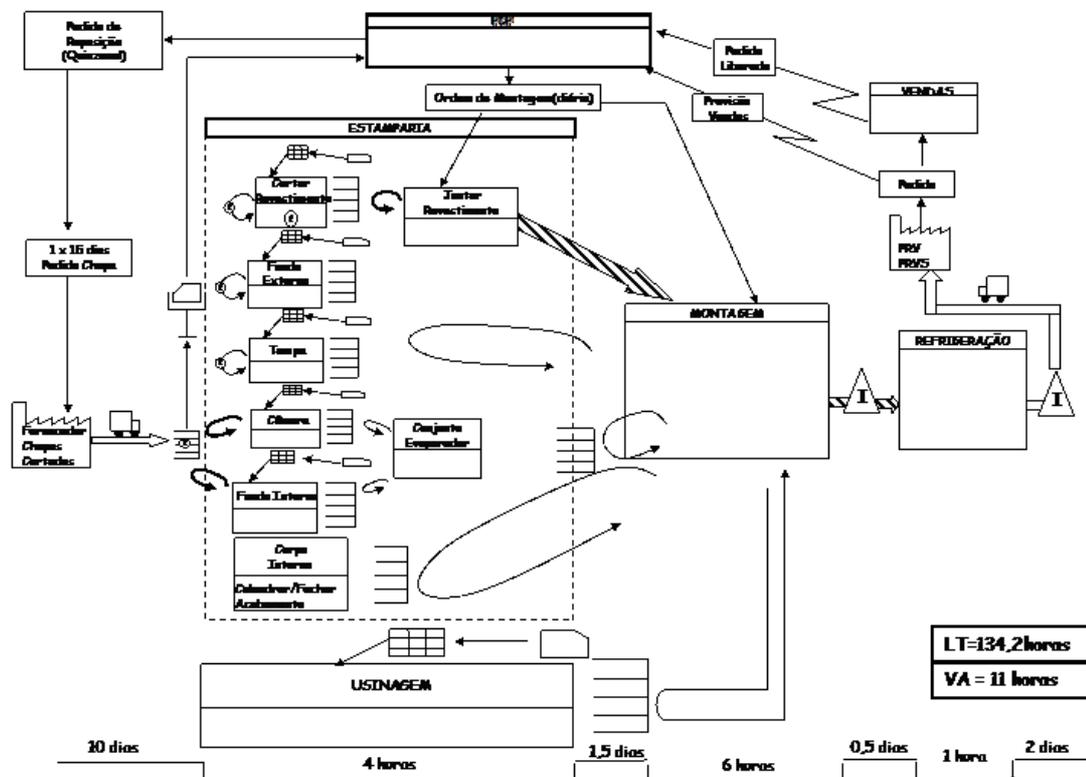


Figura 35: Mapa da situação futura de uma empresa de tanques de resfriamento de leite

A linha de *lead time* foi construída a partir do caminho crítico, ou seja, do fluxo de valor com o maior *lead time*.

4.2.4.2. Alinhamento das demais áreas com o processo de transformação enxuta

Este passo trata resumidamente do impacto do processo de transformação enxuta em alguns outros processos da empresa.

Processo de Apuração e Contabilidade de Custos. O projeto do sistema de contabilidade de custo teve que ser ajustado de modo a se tornar compatível com a nova estratégia de produção da empresa, suportando as mudanças para o sistema de produção enxuta.

As peças e componentes eram fabricados associados a um número de série do produto final. Com a substituição dos estoques no pátio (sistema MTS) por supermercados de componentes prontos para montagem (sistema ATO) foi necessário ajustar o projeto do sistema de contabilidade e apuração de custos da empresa. Nesse sentido, o método de custeio por absorção (custos históricos reais) foi substituído pelo método de custeio padrão.

Já para a conta de estoque de matéria prima e em processo dos itens classe B e C, decidiu-se por recorrer ao tradicional método do rateio, distribuindo todo o valor deste tipo de estoque aos produtos vendidos no período analisado. Outra opção também adotada foi recorrer à lista de material do produto, alocar apenas aquilo que consta na lista, e diferir para o próximo período aquilo que talvez possa sobrar na conta de estoque em processo dos itens B e C.

Processo de Atendimento ao Cliente. Foi feita uma reunião com representantes das áreas de Compras, Produção, PCP, Vendas, Financeiro, Engenharia e Expedição a fim de definir, validar e elaborar um procedimento (“POP - Procedimento Operacional Padrão”) para um fornecimento mais confiável do prazo de entrega do produto ao cliente.

Isto porque, a classificação das famílias de produtos em função das diferentes políticas de atendimento da demanda (MTS, MTO, etc.) refletirá em diferentes prazos de entrega.

Com isso, foi adotada a seguinte fórmula genérica (Fórmula 11), apresentada na página 82 como parâmetro de referência para o fornecimento do prazo de entrega de produto ao cliente.

Processo de rastreamento da matéria-prima. Com a adoção de um Sistema de Controle Kanban, a associação de uma peça com o respectivo produto acabado pode ser perdida. Isto ocorre visto que ela passa a ser fabricada para um estoque intermediário, juntamente com as demais peças do kanban. Quando o produto final é montado, torna-se difícil uma associação imediata do código ou o lote da matéria prima utilizado. Com isso, se o produto apresentar em campo algum defeito, oriundo de problemas de qualidade de matéria prima, a empresa não terá como localizar e protestar junto ao fornecedor o lote no qual realmente ocorreu o problema.

Dentro desse contexto, para cada peça fabricada, o número da nota fiscal que contem a corrida que trouxe a chapa utilizada é anotado na própria peça. Foi criado um sistema para que na montagem final do produto, o funcionário da montagem pudesse vincular o código da chapa com o número de série do produto acabado. Isto foi feito através da inclusão de campos adicionais ao *check list* de montagem.

4.2.5 Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta

4.2.5.1 Definir e detalhar os sistemas de programação e controle

Para cada tipo de fluxo foi adotado um sistema de programação e controle. Estes sistemas são apresentados abaixo:

A) Sistemas de programação e controle dos fluxos puxados

No MFV da situação futura (figura 35) é possível identificar os pontos de supermercados. Como a estamparia (centro produtor) possui uma grande variedade de peças e componentes, foi adotado, para os itens classe A, o sistema de controle kanban, com reposição por ciclo de pedidos constante (veja Tabela 5, página

84). Estes itens requerem um controle mais apurado, com políticas de dimensionamento e ajuste periódico mais refinado. Nesse contexto, decidiu-se trabalhar com o conceito de TPT (“Toda Parte Todo...”), cujo cálculo será mostrado mais adiante no item 4.2.4.2 A idéia é programar a ordem de reposição dos *kanbans*.

Para os demais tipos de peças (classe B e C – peças pequenas de estamparia e usinagem) foram adotados outros tipos de sistemas de controle, tais como o sistema de duas gavetas e o *kanban* de sinal, com reposição por quantidade fixa. A escolha específica de cada um esteve condicionada a fatores como a forma geométrica da peça, bem como o local e a forma de armazenagem (Veja Anexo A).

B) Sistemas de programação e controle dos fluxos contínuos

Foi definido que o processo puxador seria a montagem dos tanques, a partir da qual ter-se-ia um fluxo contínuo. A programação deste fluxo passou a ser diária, através da emissão de *kanbans* de ordem de montagem. Para isso, foi desenvolvido um *Heijunka Box* com *pitch's* de aproximadamente 1 hora para cada tanque (*takt time* = 1 hora).

C) Sistemas de programação e controle dos fluxos empurrados

A produção empurrada continuará sendo utilizada para os produtos, peças e componentes que possuem baixo volume e frequência intermitente de demanda. Estes itens terão uma política de atendimento MTO (*Make-to-Order*). Nestes casos, os pedidos dos clientes disparam a produção dos itens que deverão ser entregues. Não haverá estoque de componentes (fabricação) e de produtos acabados (montagem).

A fim de padronizar o sistema de cartões, foram elaboradas ordens de fabricação no formato dos cartões *kanbans*, que é o *kanban* de ordem de serviço definido na página 28 deste trabalho.

4.2.5.2 Calcular a capacidade e dimensionar o número e o tamanho dos *kanbans* para os supermercados de peças MTS

O cálculo da capacidade visa a comprovação da capacidade de produção para um determinado número e tamanho de lote para as peças MTS. Isto

foi feito a partir da definição da frequência máxima possível de troca de ferramentas (*set up*), considerando o tempo necessário para o processamento e o tempo total disponível no recurso gargalo.

Primeiramente, foi levantado qual era o recurso gargalo (dobradeira) do centro produtor analisado (estamparia), o qual é compartilhado por peças e componentes de diferentes famílias. Para a dobradeira foi definida a porcentagem do tempo total disponível que é utilizado por cada família. Para isso, foi criada uma tabela, conforme abaixo.

Utilizando as tabelas 6 e 7 para cálculo da capacidade, apresentadas na página 87 e 88 deste trabalho, constatou-se que era possível realizar 1,86 *setups* por peça por semana (veja Anexo B). Com isso, foi calculou-se o TPT:

$$\text{Ciclo do Pedido (TPT)} = \frac{\text{Período analisado (horas, dias, semana)}}{\text{Número máximo de setup possível por período (horas, dias, semanas)}} = \frac{5}{1,86} = 2,69$$

Fórmula 13: Definição do TPT para a Família I da empresa analisada

Ou seja, a cada três dias, aproximadamente, seria possível fabricar todas as peças que passavam pelo recurso gargalo (dobradeira) analisado. Em seguida. Portanto, os *kanbans* dos itens classe A foram dimensionados para durarem três dias. A conversão destes três dias em peças foi realizada com base na fórmula 12 da página 89. Além disso, foram utilizados conceitos estatísticos de média móvel e desvio padrão, de modo a se obter uma maior acuracidade na definição da demanda e do estoque de segurança para cada tipo de componente da família I (Veja Anexo C). A quantidade do pedido é automaticamente especificada pelo número de *kanbans* destacados a partir da última coleta. Dessa forma, a quantidade a ser requisitada neste sistema *kanban* pode ser dada por:

$$\text{Quantidade do pedido} = \left[\text{Número de Kanbans consumidos} \right] \times \text{Capacidade do contenedor}$$

Fórmula 14: Definição da quantidade a ser pedida

Onde, no caso dos itens classe A, a capacidade do container é igual a um, ou seja, uma peça por *kanban* (*kanban* unitário).

No caso dos itens classe B e C pode-se fazer uma análise mais simples, em que o tamanho do lote dos supermercados pode ser determinado com base em três fatores:

- (1) Média de consumo por período.
- (2) Tamanho do lote relativamente econômico para o centro produtor.
- (3) Estimativa de valor agregado do respectivo componente.

Foi criado um procedimento de ajuste periódico do nível de cada supermercado, com o intuito de reavaliar periodicamente os valores calculados.

4.2.5.3 Definir os procedimentos de ajuste periódico do nível dos supermercados

Ficou definido que o $Q_{\text{máx}}$ seria ajustado com base no desempenho da demanda dos 3 meses (60 dias úteis) do ano anterior correspondentes ao mesmo período para o qual o estoque estaria sendo ajustado (Q_1) e/ou no desempenho da demanda dos últimos 3 meses (Q_2). Além disso, o valor definido para o $Q_{\text{máx}}$ poderá ser submetido a ajustes de curto prazo, baseados na previsão de venda para o período considerado (Q_3):

$$Q_{\text{máx}} = Q_1 \cdot P_1 + Q_2 \cdot P_2 + Q_3 \cdot P_3$$

onde:

- $Q_{\text{máx}}$: nível do estoque máximo a ser adotado;
- Q_1 : demanda dos 3 meses (60 dias úteis) do ano anterior correspondentes ao mesmo período para o qual o estoque estará sendo ajustado;
- Q_2 : demanda dos últimos 3 meses;
- Q_3 : previsão média de vendas para o próximo mês;
- P_1 (peso1): grau de representatividade dos dados levantados baseados Q_1 ($0 < P_1 < 1$);
- P_2 (peso2): grau de representatividade dos dados levantados baseados em Q_2 ($0 < P_2 < 1 - P_1$).

➤ $P1+P2+P3=1$

Por fim este procedimento foi informatizado em planilhas eletrônicas de cálculo, tendo em vista a melhoria na tomada de decisões, por meio de informações mais rápidas e precisas.

4.2.5.4 Projetar um layout enxuto

Nesta atividade foi analisada a situação atual do layout industrial, tendo por objetivo a proposição de alternativas que melhor atendessem ao fluxo de material e de informação do sistema de produção implementado. Nesse sentido, *layout* da fábrica foi modificado tendo em vista:

- Torná-lo o mais próximo possível de um fluxo unitário de peças e componentes.
- Reduzir transportes excessivos.
- Viabilizar o uso otimizado do sistema de controle kanban.

Para isso as seguintes atividades foram realizadas:

Passo 1: Levantamentos dimensionais e definição das famílias de peças - esta atividade consistiu em levantar as dimensões do setor produtivo e das máquinas. Paralelamente, também foram levantadas e definidas quais são as famílias de peças que compunham toda a produção do setor de manufatura.

Passo 2: Geração do *layout* atual – Como a empresa já possuía um desenho do layout da fábrica, esse passo resumiu-se numa rápida conferência das dimensões apresentadas. Com isso, pôde-se obter uma visão geral do atual estado de disposição das máquinas e dos estoques no setor (Figura 36).

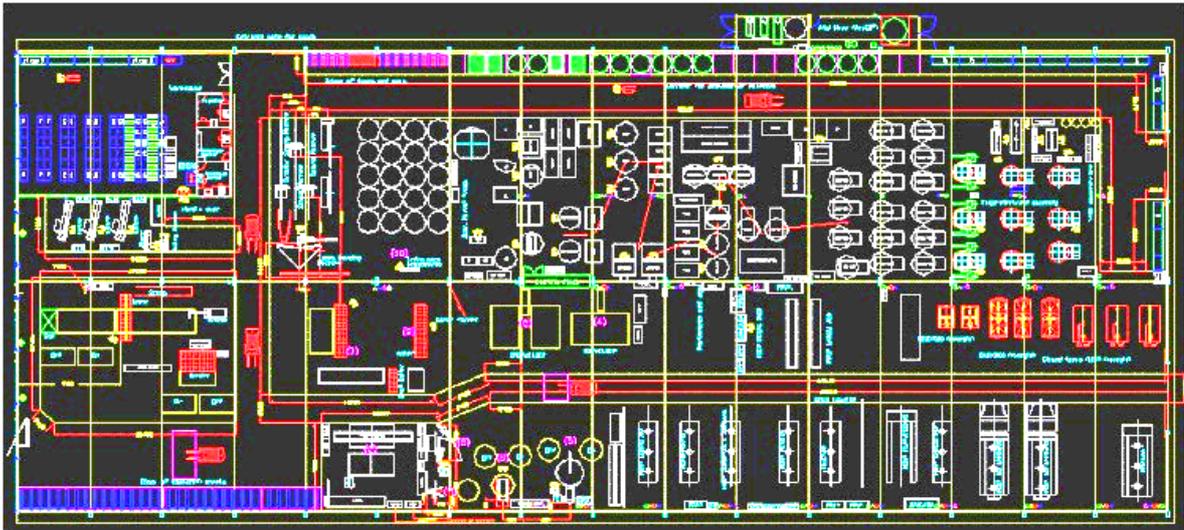


Figura 36: Desenho do layout atual

Passo 3: Levantamento dos fluxos e cálculo da movimentação no layout atual - Esta etapa do trabalho consistiu em esboçar o fluxo de cada família. Para isso, foi utilizada a técnica de diagrama de spaghetti. Através desse esboço, foram calculadas as respectivas movimentações. O cálculo destas movimentações foi feito multiplicando-se a distancia percorrida pela quantidade de movimentações que cada peça realiza no mês.

Passo 4: Determinação das alternativas de layout - com todas essas informações, foi iniciado o processo de confecção das alternativas de layout.

Passo 5: Identificação dos fluxos nas alternativas e cálculo das movimentações - Para cada alternativa gerada foi traçado os fluxos de materiais de cada família de peças. Também foi calculada a movimentação total de cada família para cada alternativa.

Passo 6: Comparação entre as alternativas - Por fim, as alternativas geradas foram comparadas e analisadas. Neste sentido, foi feita uma análise tanto quantitativa quanto qualitativa para cada proposta de layout gerada. Em seguida, foi escolhida aquela que mais atendia aos objetivos definidos (Figura 37).

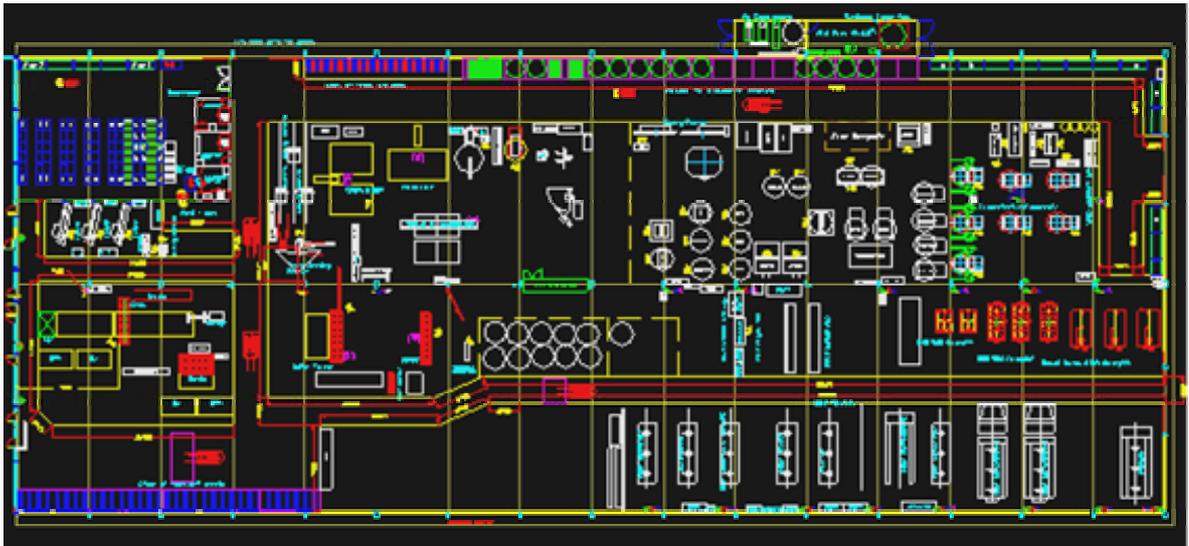


Figura 37: Alternativa do novo layout escolhida

Com essa alteração, foi possível liberar a área do setor de Acabamento e reduzir em cerca de 35% a distância percorrida pelas peças (Figura 38).

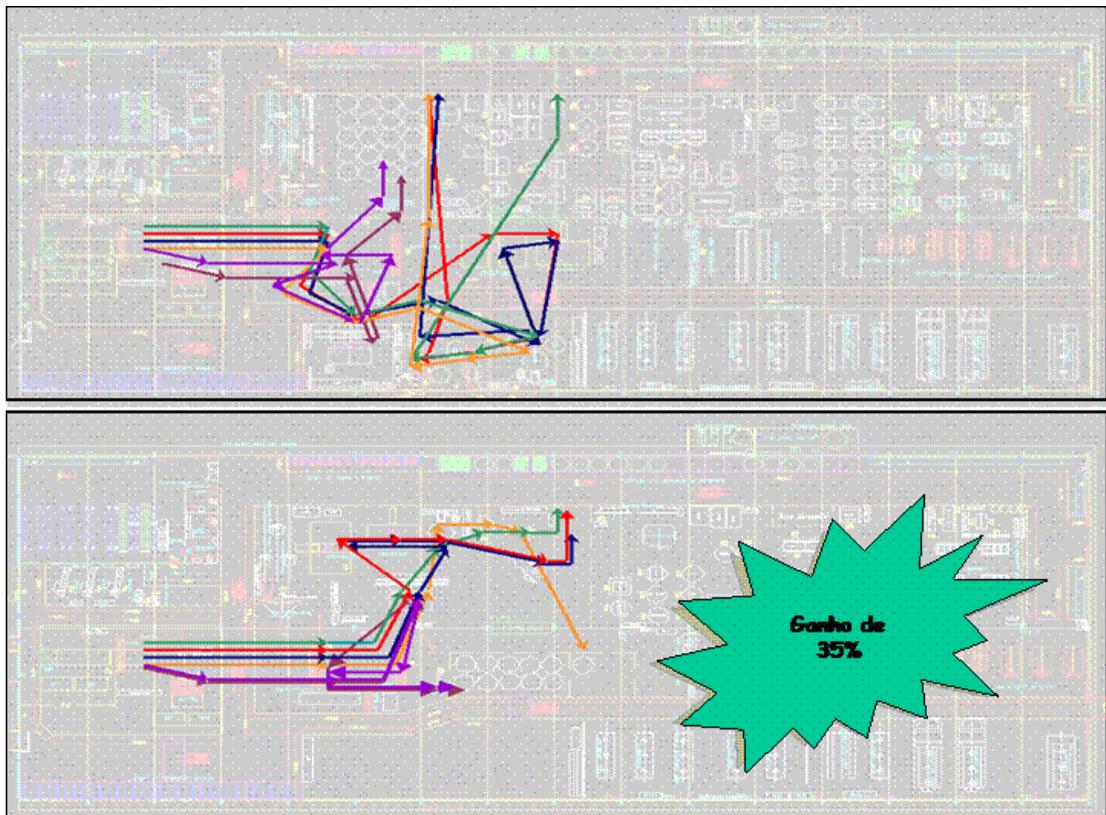


Figura 38: Comparação dos fluxos nos *layouts* atual e o futuro

A figura ilustra o fluxo atual e futuro, em que cada família de peças é representada por cores diferentes.

4.2.6. Implementação do novo sistema de produção enxuta

4.2.6.1 Definir os “loops” de implementação

Definiu-se a montagem como o *loop* puxador. Os demais *loops* identificados para a implementação foram o *loop* dos centros produtores e o *loop* do fornecedor (Figura 39).

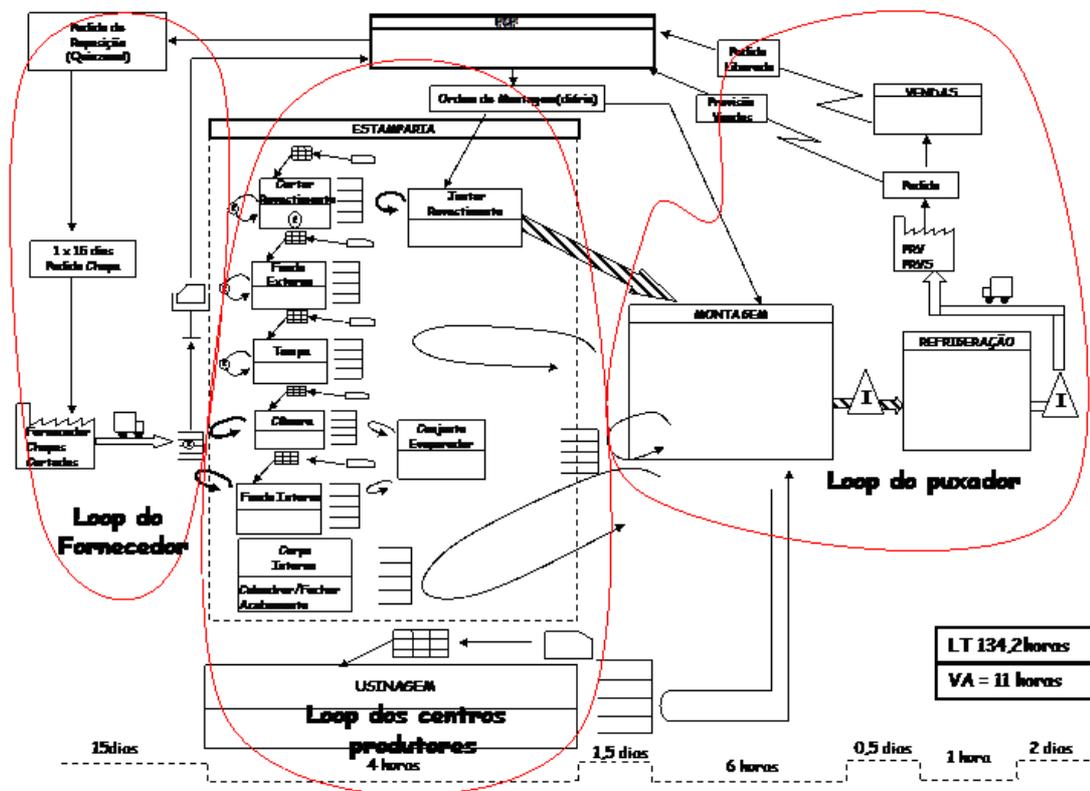


Figura 39: MFV da situação futura com os *loops* de implementação

4.2.6.2 Elaborar um plano de ação visível

Inicialmente, foi feita uma apresentação do projeto conceitual desenvolvido para o patrocinador e demais gerentes da empresa. Em seguida, foi elaborado um cronograma no MS Project para implementação, em conjunto com a

equipe de transformação da empresa. A seguir são apresentadas algumas iniciativas de melhoria tendo em vista a implementação dos *loops*.

A) Quadros e cartões kanban

Além dos quadros de *kanban*, foram implementados quadros de programação e nivelamento da demanda dos fluxos puxados e dos fluxos contínuos (*Heijunka Box*). Dessa forma, não só os encarregados de áreas como também os gerentes e supervisores passaram a ter uma visão documentada e transparente de quais peças deverão ou estarão sendo produzidas num determinado intervalo de tempo. Nesse sentido, pode-se visualizar a seqüência de produção de cada peça bem como verificar se a produção está sendo ou não cumprida (Figura 40).

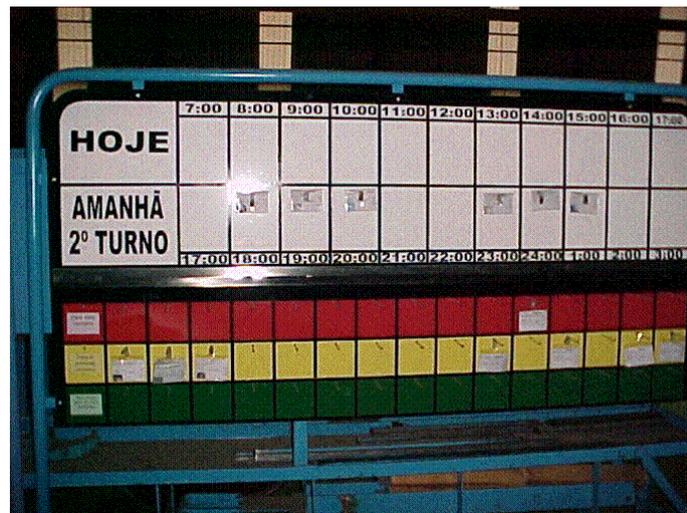


Figura 40: Quadro de programação integrado com quadro de espera tipo semáforo

Para o recolhimento dos cartões foram criados postos de recolhimento (Figura 41) distribuídos em locais estratégicos, de modo a evitar **movimentações desnecessárias** do pessoal do chão de fábrica.



Figura 41: Posto de recolhimento de kanbans

B) Recursos Físicos para a Armazenagem dos Itens em Estoque

Tendo em vista melhorar a organização, controle e utilização do espaço da fábrica, foram compradas e fabricadas caixas, *racks* e prateleiras. Um exemplo é apresentado na figura 42.



Figura 42: Racks fabricados para melhoria do controle e organização interna.

C) Padronização do Trabalho

Com o enxugamento dos estoques no pátio, eventuais atrasos da montagem passaram a impactar significativamente no cumprimento dos prazos de entrega. Com isso, foi feita uma padronização das operações deste setor. Resumidamente, foram levantados o tamanho do lote diário de montagem, os tempos e seqüências das operações. Em seguida, definiu-se o responsável bem como a

distribuição das respectivas cargas de trabalho em cada uma das operações (Figura 43).

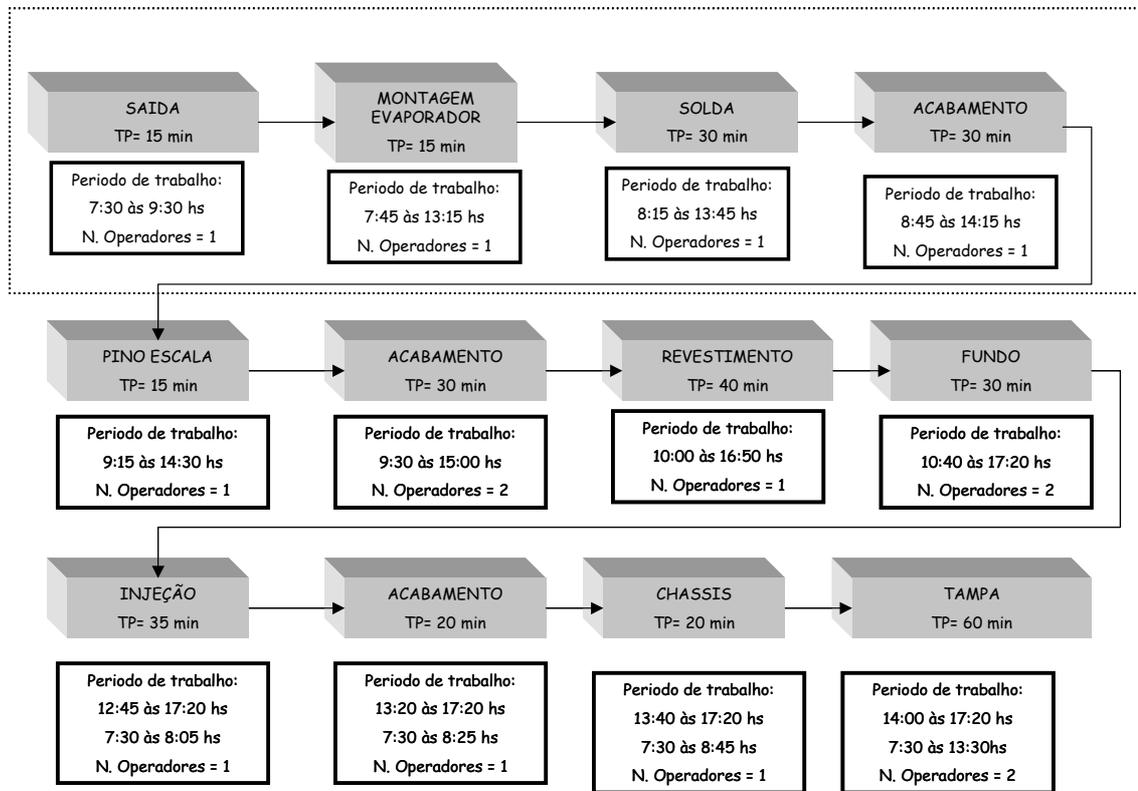


Figura 43: Padronização do trabalho

Além disso, houve a preocupação de disponibilizar visualmente o resultado dessa atividade para todo o chão de fábrica (Figura 44).

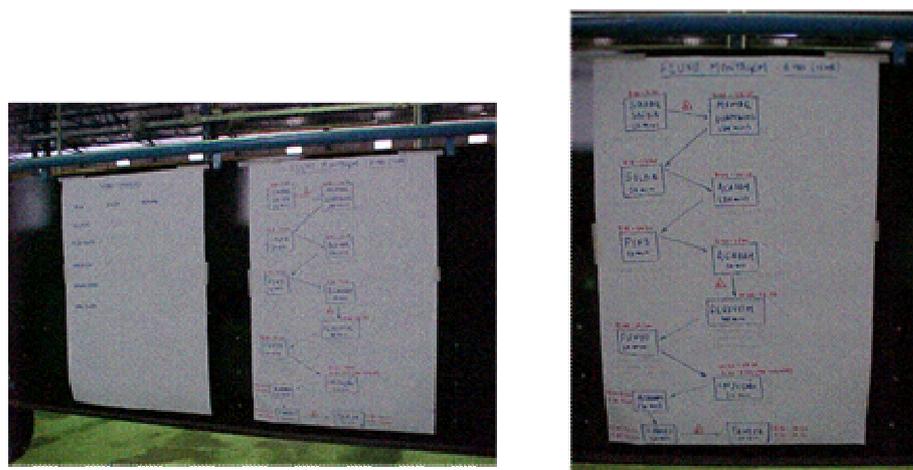


Figura 44: Quadros mostrando a padronização do trabalho no chão de fábrica

D) Ferramenta computacional de suporte ao cadastramento e gerenciamento dos kanbans

Foi desenvolvido um *software* para cadastramento, atualização e impressão dos kanbans. Para isso, utilizou-se o sistema de banco de dados Access da Microsoft. A seguir são apresentadas algumas telas do software desenvolvido.

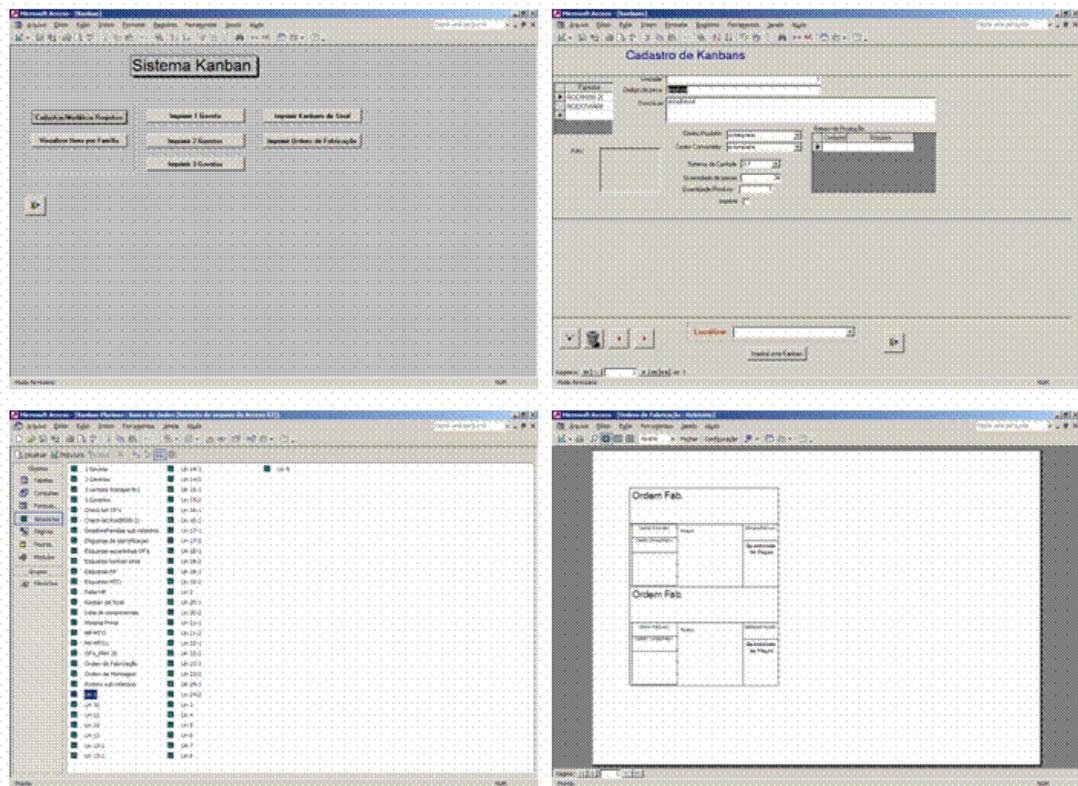


Figura 45: Software para cadastramento e emissão de kanbans

4.2.7 Revisão e monitoramento dos resultados obtidos

No geral, com base nas melhorias descritas acima, foram obtidos os seguintes resultados:

- Melhoria da organização e controle de peças e matéria-prima.



Figura 46: Organização e controle antes e depois

- Redução de movimentações desnecessárias de pessoas.
A adoção dos sistemas de controle eliminou a necessidade dos operários precisarem contar, cobrar e buscar fisicamente as peças nos respectivos centros produtores.
- Eliminação do estoque de produto acabado.



Figura 47: Estoque no pátio antes e depois

- Eliminação de estoques desnecessários bem como da obsolescência dos mesmos.
- Melhoria do fluxo de produção (Figura 38).

Quantitativamente, é possível adiantar que o trabalho já proporcionou, uma redução de aproximadamente R\$ 500.000,00 (62%) no inventário total da fábrica (Figura 48). Além disso, foi possível liberar o espaço utilizado na planta e reduzir em cerca de 35% a distância percorrida pelas peças (transporte em excesso).

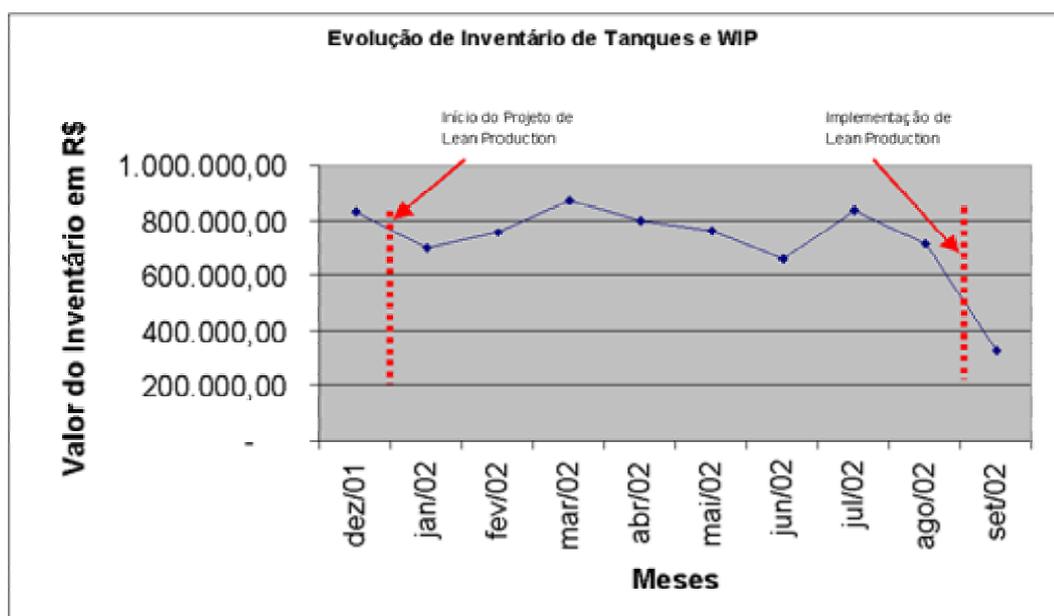


Figura 48: Evolução do estoque total antes e depois

Além disso, foram definidas algumas medidas de desempenho específicas para este processo (veja Anexo D). Para tanto foi criada uma planilha contendo espaço para cada métrica, sua descrição, expressão de cálculo, frequência de medição, responsável pela coleta, metas, dentre outras.

4.1.8 Conclusões

Neste projeto foi possível aplicar todos os passos do método do proposto. Dos indicadores de resultado traçados é possível fazer o seguinte balanço:

- Redução no lead time total de produção na ordem de 60% (337,6 horas para 134,2 horas).
- Redução do estoque global da empresa na ordem de 62%.

Nesse sentido, pode-se afirmar que este projeto atendeu às expectativas geradas em torno da sua implementação.

No próximo capítulo são apresentadas as análises e conclusões gerais a respeito deste trabalho.

5. ANÁLISES E CONCLUSÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais desenvolvidas a partir dos objetivos propostos. A idéia geral é apresentar uma compilação das principais análises e respectivas conclusões realizadas ao longo deste trabalho, das dificuldades encontradas e algumas lacunas do método apresentado.

5.1. Abrangência do método proposto

O método proposto visa auxiliar os gerentes na concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um sistema de produção enxuta de suas empresas. Ele focou em alguns pontos importantes tais como os fluxos contínuos e fluxos puxados de produção, o sistema de controle *kanban*, o nivelamento da produção, o mapeamento do fluxo de valor e o arranjo físico celular, os quais juntos foram capazes de proporcionar resultados significativos num espaço de tempo relativamente curto (6 a 9 meses).

Ele foi desenvolvido buscando atender a situações peculiares tais como:

- Produtos complexos com grande variedade de peças.
- Processos de produção em paralelo.
- Peças com diferentes características de demanda (alto e baixo volume; alta e baixa frequência), e que compartilham uma mesma linha de produção.
- Grandes flutuações da demanda ao longo do tempo.

É interessante notar que na segunda aplicação o método apresentou uma evolução significativa, o que reflete bem o fato de que implementar um sistema de produção enxuta consiste num processo contínuo de busca da perfeição, tanto de

conceitos quanto da própria forma de se conduzir a aplicação. Nesse sentido, o método desenvolvido poderá estar sujeito à introdução contínua de novos conceitos, técnicas e ferramentas, e, em alguns casos, de novos passos. Deve-se, portanto, considerar a seqüência proposta como um modelo de referência, um guia para as ações, e não como uma regra rígida de condução.

Um ponto que já poderia ser melhorado no método apresentado seria a adoção de um sistema de custeio que melhor suporte sistemas de produção enxuta. Outra lacuna a ser preenchida é a conciliação do método com um sistema de medidas de desempenho com métricas (operacionais e de resultado), formato de medição e apresentação que estejam melhor definidas para cada etapa.

5.2. Formação de equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta

Com relação a esse tópico conclui-se que a formação, conscientização, treinamento e comprometimento da equipe para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta é imprescindível para o sucesso do projeto. Percebeu-se que uma das principais causas do fracasso de aplicações de produção enxuta, e provavelmente de qualquer projeto de mudança e melhoria, está associada a:

- não criação de disponibilidade de tempo na agenda dos participantes
- falha na formação da equipe e na definição dos papéis (líder ou patrocinador, facilitador ou coordenador, demais membros) de cada um no processo transformação enxuta.

Nesse sentido, o envolvimento do patrocinador e a definição do coordenador interno do projeto são requisitos básicos para a garantia do sucesso do projeto.

5.3. Mapeamento do Fluxo de Valor

Foram encontradas várias dificuldades para aplicar esta técnica em situações com:

- Grande variedade de produtos.

- Grande variedade de peças e componentes.
- Diferentes fluxos de valor compartilhando uma mesma linha de produção.
- Fluxos de valor de uma mesma família ocorrendo em paralelo.

Com isso, vale ressaltar que uma importante ressalva quanto à sua utilização é a precaução no momento de se construir o mapa. A diversidade dos setores empresariais e de seus respectivos produtos tem demandado vários ajustes na forma de empregar esta ferramenta. Portanto, espera-se que a utilização das particularidades propostas para o mapeamento do fluxo de valor contribua nos ajustes que se fizerem necessários ao se empregar essa ferramenta.

5.4. Definição das iniciativas de melhoria para implementação de produção enxuta

Além das técnicas aqui estudadas, outras práticas e ferramentas como o Gerenciamento da Qualidade Total (TQM - Total Quality Management), a Gestão Total dos Custos, o Planejamento Colaborativo, o Gerenciamento de Projetos, a Gestão da Demanda e o Seis Sigma também são utilizadas por organizações com aplicações bem sucedidas do Sistema de Produção Enxuta. Dessa forma, coordenador não deve se basear apenas nas práticas e ferramentas abordadas ao longo deste trabalho.

5.5. Impacto da mudança junto às demais áreas

Ao longo dos projetos de aplicação, notou-se que adoção das iniciativas de melhoria para a implementação de produção enxuta requer o envolvimento e comprometimento de outras áreas, tais como o Financeiro, Vendas, Compra, Qualidade e Expedição. Portanto, é imprescindível prever e buscar, o quanto antes, os respectivos ajustes e alinhamentos de procedimentos. Com isso, é muito importante que a equipe principal de transformação seja composta por pelo menos um membro de cada uma destas áreas.

5.6. Desenvolvimentos futuros

Pelos diversos aspectos aqui discutidos, percebe-se que o tema desenvolvido nesta dissertação é bastante amplo. Realizações futuras de pesquisas científicas podem girar em torno da identificação, investigação e aprofundamento de alguns outros aspectos importantes, tais como:

- Alternativas complementares de mapeamento e análise do fluxo de valor para empresas que apresentem uma ampla gama de peças.
- O relacionamento dos desperdícios com as práticas, técnicas e ferramentas mais apropriadas de produção enxuta.
- A melhor seqüência de implementação das diversas práticas, técnicas e ferramentas existentes de produção enxuta.
- O planejamento e programação dos diferentes fluxos de produção (puxado, empurrado e contínuo) conjuntamente numa mesma linha de produção.
- Programação, nivelamento e dimensionamento dos kanbans de uma cadeia de suprimentos ou de peças terceirizadas, com base no conceito de TPT (Toda Parte Todo...).
- Desenvolvimento de métodos de custeio para sistemas de produção enxuta.
- Desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho que melhor reflitam o impacto das melhorias implementadas.

6. ANEXOS

7. BIBLIOGRAFIA

- AHLSTRÖM, P.; KARLSSON, K. (1995). Change processes towards lean production, the role of the management accounting system. *Internacional journal of operations & production management*. vol 15, # 15, p80 - 99.
- AKTURK, M. S.; ERHUN, F.(1999). An overview of design and operational issues of kanban systems, *International Journal of Production Research*, v. 37, n. 17, 3859-3881
- ALVES, J. M. (2001). *Proposta de um modelo híbrido de gestão da produção: aplicação na indústria aeronáutica*. Dissertação (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.
- ANDRADE, M. O. (2002). *Representação e análise de cadeias de suprimentos: uma proposta baseada no mapeamento do fluxo de valor*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BERGER, L.A.; SIKORA, M.J. (1994). *The Change Management Handbook - A Road Map to Corporate Transformation*. MacGraw-Hill, USA.
- BICHENO, J. (2000). *The Lean Toolbox*. Piccie Books, Buckingham.
- BOUCHER, T. O.; MUCKSTADT, J. A. (1984) *Cost estimating methods for evaluating the conversion from a functional manufacturing layout to group technology*. *IIE Transactions*, v. 17, n°3, pp. 268 - 276.
- CO, HC.; Sharafali M. (1997). Over planning factor in Toyota's formula for computing the number of kanban, *IIE Transactions*, v. 29, n. 5, p. 409-415
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. (1996). *Just In Time, MRP II e OPT - Um enfoque estratégico*. Atlas. São Paulo, SP.
- DETTMER, H. W (1997). *Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement*. Quality Press.
- FELD, W. M. (2000). *Lean Manufacturing. Tools, techniques and how to use them*. Simon & Schuster, NY.

- FUJIWARA, O.; YUE, X.; SANGRADAS, K.; LUONG H. T. (1998). Evaluation of performance measures for multi-part, single-product kanban controlled assembly systems with stochastic acquisition and production *lead times*, *International Journal of Production Research*, v. 36, n. 5, p. 1427-1444
- GAURY, E. G. A.; PIERREVAL, H.; KLEIJNEN, J. P. C. (2000). An evolutionary approach to select a pull system among Kanban, Conwip and Hybrid, *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 11, n. 2, p. 157-167
- GUPTA, S. M.; AL-TURKY Y. A.Y. (1998). The effect of sudden material handling system breakdown on the performance of a *JIT* system, *International Journal of Production Research*, v.36, n. 7, p. 1935-1960
- HINES, P.; TAYLOR, D. (2000). *Going Lean. A guide to implementation*. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK.
- HIROMOTO, T. (1988) Another hidden edge - japanese management accounting, how control systems support manufacturing excellence. *Harvard Business Review*, July - August, p 22 - 26.
- HOPPEN, N.; LAPOINTE, L.. MOREAU, E. (1996). Um guia para a avaliação de artigos de pesquisa em sistemas de informação. *Rev. Eletrônica de Adm.*, v.2, n.2.
- HUTTON, D. W. (1994). *The Change Agent's Handbook*. American Society for Quality. Quality Press.
- IRANI, S. (2001) Advantages and disadvantages of Value Stream Mapping. Lista de discussão //www.yahogroups.com/gateway2lean//.
- LAVASSEUR, G. A.; HELMS, M. M.; ZINK, A. A. (1995) *Conversion from a functional to a cellular layout at Steward, inc*. *Production and Inventory Management Journal*, third quarter, pp. 37-42.
- LEAN SUMMIT (1999). *Anais de Conferência sobre Lean Production*. Lean Summit. Atlanta, GA, USA.
- LIB (2002) *Lean Institute Brasil - Vocabulário*. // www.lean.org.br // Consultado em 14/09/2002.
- LIN, F.; SHAW, M. (1998) Reengineering the order fulfillment process in supply chain networks *International Journal of Flexible manufacturing Systems* v.10 pp.197-229.

- LOPES, M. C. (1998) *Modelo para focalização da produção com células de manufatura*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- LORINI, F. (1993) *Tecnologia de grupo e organização da manufatura*. Florianópolis, Ed. da UFSC.
- TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N. (2000). “Reactive logistics in a JIT environment”, *Production Planning & Control*, v.11, n.1, p20-30.
- MONDEN, Y. (1998). *Toyota Production System*. 3a. Edição, Tokyo: Eng Mng P, 480 p.
- NAKANO, D.; FLEURY, A. (1996). Métodos de pesquisa na engenharia de produção. *In: XVI Encontro nacional de engenharia de produção*, Piracicaba, SP.
- RENTES, A.F. (1995). *Proposta de uma Metodologia de Integração com Utilização de Conceitos de Modelagem de Empresas*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP.
- RENTES, A.F. (2000). *TransMeth - Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas*. Tese de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. (1998). *Learning to See - Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The Lean Enterprise Institute, MA, USA.
- SHINGO, S. (1996) *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. Ed. Bookman, Porto Alegre - RS.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (2000). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 2ª ed. Revisada, UFSC, Florianópolis, SC.
- SILVA, A. L.; RENTES, A. F. (2002). Tornando o layout enxuto com base no conceito de mini-fábricas num ambiente de multi-produtos: um estudo de caso. *In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba, PR, Brasil. /no prelo/
- SLACK, N. et al. (1999). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.
- TARDIN, G. G. (2001). *O kanban e o nivelamento da produção*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 91 p. Dissertação (Mestrado)
- THIOLLENT, M. (1986) *A metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortêz.

- THORN, R. (1996) Cellular solutions: some considerations for cellular manufacturing. Sheet Metal Industries, March, pp. 9-10.
- WOMACK, J. (09/01/02) An LEI new year's resolution: no wallpaper!. Email Updates //www.lean.org.br//.
- WOMACK, J. P.. JONES, D. T. (1994). From lean production to the lean enterprise. Harvard Business Review, p.93-103. Mar./Abr. (t:809).
- WOMACK, J. P.. JONES, D. T.. ROOS, D. (1992). *A Máquina que mudou o mundo*. Campus: Rio de Janeiro.
- WOMACK, J.P.. JONES, D. T. (1996) *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster, NY