

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**Leonardo Fagundes Toledo**

## **PROPOSTA DE ROTEIRO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS CONCEITOS DE MANUFATURA ENXUTA BASEADO NUM MODELO CORPORATIVO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção como requisito parcial para a  
obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**

**Orientador:** Prof. Luis Gonzaga Mariano de Souza, Dr.

**Itajubá, dezembro de 2002**

Toledo, Leonardo Fagundes. *Proposta de Roteiro de Implementação dos Conceitos de Manufatura Enxuta Baseado num Modelo Corporativo*. Itajubá : UNIFEI, 2002. 70 p.

( Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola Federal de Engenharia de Itajubá).

Palavras- Chaves : Manufatura Enxuta – Lean Manufacturing

À minha esposa Fernanda.

Ao meu filho Gustavo.

Aos meus pais Evaristo e Regina.

## AGRADECIMENTOS

À minha querida esposa Fernanda pelo apoio e incansável compreensão.

Ao meu orientador Professor Dr. Luiz Gonzaga de Souza Mariano, pelo profissionalismo, apoio e interesse.

Aos Engenheiros Flávio Passos e Sidney Vianna, à amiga Joelma Faria, pela ajuda obtida nas informações.

À Delphi Automotive System, parte importante desta dissertação.

Aos meus queridos pais, Evaristo e Regina, por acreditarem no valor do conhecimento e pelo constante incentivo.

Á Deus, por ter me proporcionado a realização deste trabalho.

▪

# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Dedicatória.</b>                                     | iii       |
| <b>Agradecimentos.</b>                                  | iv        |
| <b>Sumário</b>  | v         |
| <b>Resumo.</b>  | viii      |
| <b>Abstract.</b>  | ix        |
| <b>Relação de Figuras.</b>                              | x         |
| <b>Nomenclaturas e Abreviaturas.</b>                    | xi        |
| <br>  |           |
| <b>1- APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO</b>                   | <b>1</b>  |
| 1.1- Introdução.  | 1         |
| 1.2- Objetivo.  | 1         |
| 1.3- Justificativa do trabalho.                         | 2         |
| 1.4- Procedimento Metodológico.                         | 4         |
| 1.5- Limitações.  | 6         |
| 1.6- Estrutura do Trabalho.                             | 7         |
| <br>  |           |
| <b>2- FILOSOFIA DO PENSAMENTO ENXUTO</b>                | <b>9</b>  |
| 2.1- Introdução.  | 9         |
| 2.2- Princípios do Pensamento Enxuto.                   | 11        |
| 2.3- O Pensamento Enxuto.                               | 14        |
| 2.4- Ações para implementação do Modelo.                | 18        |
| 2.5- Estudo de casos em outras empresas.                | 19        |
| <br>  |           |
| <b>3- SISTEMA DELPHI DE MANUFATURA</b>                  | <b>22</b> |
| 3.1- Introdução.  | 22        |
| 3.2- Fluxo de Manufatura.                               | 24        |
| FM.1 - Mapeamento da Cadeia de valor.                   | 24        |
| FM.2 - Takt Time  | 24        |
| FM.3 - Tempo do Ciclo Planejado.                        | 24        |
| FM.4 - Fluxo de Processo.                               | 25        |
| FM.5 - Método de Trabalho.                              | 26        |
| FM.6 - Estratégia de Fluxo de Material e Informação.    | 26        |
| FM.7 - Formação e Implementação da Mudança de Processo. | 26        |
| 3.3- Disponibilidade Operacional.                       | 28        |
| DO.1 – Relatório de Produção.                           | 28        |
| DO.2 – Sistema de Resposta Rápida.                      | 29        |
| DO.3 – Manutenção Planejada.                            | 30        |
| DO.4 – Sistema de Troca Rápida ( set-up ).              | 30        |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 3.4- | Movimentação de Materiais.   | 31 |
|      | MM.1 – Nivelamento de Produção.  | 31 |
|      | MM.2 – Planejamento para cada componente.                                    | 33 |
|      | MM.3 – Supermercado/Armazém Geral.   | 33 |
|      | MM.4 – Contenerização.   | 33 |
|      | MM.5 – Sistema “PULL” .  | 34 |
|      | MM.6 – Rotas de Entregas Internas.   | 34 |
| 3.5- | Qualidade.   | 35 |
|      | Q.1 – Processo Anti-erro ( poka-yoke ).                                      | 35 |
|      | Q.2 – Controle de Processo.  | 35 |
|      | Q.3 – Processo de Melhoria Contínua.   | 36 |
|      | Q.4 – Processo de Detecção, Resolução e Prevenção de Problemas de Qualidade. | 36 |
| 3.6- | Organização do Posto de Trabalho.  | 36 |
|      | OP.1 – Organização e Limpeza.  | 36 |
|      | OP.2 – Controle Visual.  | 37 |
|      | OP.3 – Sistema de Endereçamento.   | 38 |
|      | OP.4 – Apresentação dos Componentes/Ferramentas.                             | 38 |
|      | OP.5 – Centro de Comunicação da Fábrica.                                     | 38 |
|      | OP.6 – Centro de Informação da Área.   | 38 |
| 3.7- | Ambiente e Envolvimento dos Empregados.                                      | 39 |
|      | EE.1 - Crenças e Valores.  | 39 |
|      | EE.2 – Comunicação Interna.  | 39 |
|      | EE.3 – Programa de Formação e Instrução.                                     | 39 |
|      | EE.4 – Plano de Sugestão.  | 39 |
|      | EE.5 – Sistema de Reconhecimento das Pessoas.                                | 39 |
|      | EE.6 – Equipes Auto-Gerenciáveis.  | 40 |
|      | EE.7 – Processo de Certificação do Operador.                                 | 40 |
| 3.8- | Atividades de preparação dos elementos                                       | 41 |
|      | PS.1 – Estrutura Organizacional.   | 41 |
|      | PS.2 – Formação.   | 42 |
|      | PS.3 – Avaliação do Sistema.   | 42 |
|      | PS.4 – Indicadores.  | 42 |
| 4-   | <b>RELATO DO CASO.</b>   | 43 |
| 4.1- | Histórico.   | 43 |
| 4.2- | Planejamento do Sistema Delphi de Manufatura.                                | 44 |
| 4.3- | Ações de Implementações dos Elementos.                                       | 50 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.1- Elemento Fluxo de Manufatura.                                 | 50 |
| 4.3.2- Elemento Movimentação de Materiais.                           | 52 |
| 4.3.3- Elemento Disponibilidade Operacional.                         | 56 |
| 4.4- Alguns resultados do Caso Prático.                              | 59 |
| 4.5- Conclusão sobre o caso.   | 60 |
| <br>   |    |
| <b>5- ROTEIRO DE IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMA DE MANUFATURA ENXUTA.</b> | 61 |
| <br>   |    |
| <b>6- CONCLUSÕES.</b>  | 69 |
| 6.1- Conclusão Final.  | 69 |
| 6.2- Sugestões para pesquisas futuras.                               | 70 |

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## RESUMO

Os princípios do Pensamento Enxuto surgiram com o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção nos anos 70 no Japão, como meio de especificar valor ao produto, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor e realizá-las sem interrupção de forma eficaz quando alguém as solicita.

A Delphi Automotive System, multinacional do ramo de autopeças, criou dentro destes princípios, o Sistema Delphi de Manufatura e a Planta de Paraisópolis adotou como referência no desenvolvimento do Modelo de Manufatura Enxuta em uma unidade produtiva piloto.

Visando suprir as dificuldades encontradas devido à falta de informações gerais de implementação, esta dissertação apresenta uma proposta de roteiro de implantação com objetivo de direcionar novos trabalhos, tendo como base a Filosofia do Pensamento Enxuto, o Sistema Delphi de Manufatura e o Caso Prático de Implementação.

## **ABSTRACT**

The Lean Thinking Principles came up from the Toyota Production System development, in Japan, in the 70s, as way to specify value to the product, to find the best sequence to the actions and perform them efficiently, without interruptions when someone ask for it.

Delphi Automotive System, a multinational company, working as an automotive industry supplier, created the Delphi Manufacturing System, regarding to these principles, and Paraisópolis Plant has adopted it as a reference during the Lean Manufacturing Model at its pilot productive unit.

This paper presents an implementation guide proposal, to provide information for the next programs, due to the difficulties found, as the Delphi Manufacturing System Manual lacks general information on implementation. The proposal was based on the Lean Thinking Philosophy, Delphi Manufacturing System and Implementation Practical Case.

## RELAÇÃO DE FIGURAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 1.1  | Proposta de Sequência de Implementação           | 4  |
| Figura 1.2  | Estrutura do Trabalho                            | 7  |
| Figura 2.1  | Mapa da Cadeia de Valor                          | 14 |
| Figura 3.1  | Modelo do Sistema Delphi de Manufatura           | 23 |
| Figura 3.2  | Exemplo de Fluxo de Processo                     | 25 |
| Figura 3.3  | Gráfico de Balanço das Operações                 | 27 |
| Figura 3.4  | Gráfico de Balanço de Máquinas                   | 27 |
| Figura 3.5  | Gráfico de Balanço do Operador                   | 28 |
| Figura 3.6  | Exemplo de Procedimento de Escalada              | 29 |
| Figura 3.7  | Ilustração sobre nivelamento da produção         | 31 |
| Figura 3.8  | Ilustração sobre nivelamento da produção         | 32 |
| Figura 3.9  | Ilustração sobre nivelamento da produção         | 32 |
| Figura 3.10 | Ilustração sobre " Sistema Pull "                | 34 |
| Figura 3.11 | Atividades da Equipe Autogerenciável             | 40 |
| Figura 4.1  | Pirâmide de Plano Estratégico da Delphi          | 43 |
| Figura 4.2  | Exemplo de avaliação atual do sistema DMS        | 45 |
| Figura 4.3  | Envolvimento da liderança                        | 46 |
| Figura 4.4  | Treinamento de manufatura enxuta                 | 47 |
| Figura 4.5  | Treinamento de sistema de troca rápida           | 48 |
| Figura 4.6  | Centro de comunicação da planta                  | 48 |
| Figura 4.7  | Arranjo-físico anterior da área de corte         | 51 |
| Figura 4.8  | Arranjo-físico atual da área de corte            | 51 |
| Figura 4.9  | Fluxo de material em processo                    | 52 |
| Figura 4.10 | Exemplo de contenerização                        | 53 |
| Figura 4.11 | Exemplo de utilização de embalagem do fornecedor | 54 |
| Figura 4.12 | Exemplo de supermercado na linha produtiva.      | 55 |
| Figura 4.13 | Gráfico de pareto dos tempos perdidos            | 57 |
| Figura 4.14 | Gráfico de espinha-de-peixe                      | 58 |
| Figura 5.1  | Estrutura do roteiro de implementação            | 61 |
| Figura 5.2  | Fase da preparação inicial                       | 62 |
| Figura 5.3  | Fase da preparação final                         | 63 |
| Figura 5.4  | Sistema de comunicação                           | 64 |
| Figura 5.5  | Primeira etapa de implementação                  | 65 |
| Figura 5.6  | Segunda etapa de implementação                   | 65 |
| Figura 5.7  | Terceira etapa de implementação                  | 67 |
| Figura 5.8  | Roteiro de implementação geral                   | 68 |

## NOMENCLATURAS E ABREVIATURAS

|                 |   |
|-----------------|---|
| Manufatura Lean | Manufatura Enxuta   |
| DMS             | Sistema Delphi de Manufatura                              |
| TPCT            | Tempo Total do Ciclo do Produto                           |
| Setup           | Troca de Ferramenta                                       |
| Tempo Takt      | Tempo Disponível de Trabalho / Taxa de Demanda do Cliente |
| TPM             | Manutenção Produtiva Total                                |
| MAPS            | Metodologia de Análise e Solução de Problemas             |
| SMED            | Troca de Ferramenta em Poucos Minutos                     |

# Capítulo 1

## Apresentação da Dissertação

### 1.1 Introdução

A indústria em geral e em particular a indústria automobilística mundial vem passando por processos de mudanças importantes na sua administração. Estas mudanças, iniciadas nas empresas japonesas mediante o modelo de gestão da produção denominada de Manufatura Enxuta, visam à competitividade, através da identificação e eliminação das causas ou processos que não agregam valor ao produto, desenvolvem ações para que o processo flua sem interrupções conforme as necessidades e desejos dos clientes, reduzem estoques e espaços e buscam a perfeição de todo processo produtivo do produto, através da melhoria contínua.

O presente trabalho retrata a experiência prática de implementação dos conceitos da manufatura enxuta em unidade piloto da Delphi Automotive Systems, empresa fabricante de sistemas automotivos de distribuição de energia, com embasamento obtido da literatura sobre o assunto.

O conteúdo deste trabalho apresenta a teoria, os fatos e o resultado final sob a ótica geral, já que, devido à extensão dos assuntos, cada elemento do resultado final merece um desenvolvimento dissertativo próprio, seja este de menor ou maior grau de complexidade.

### 1.2 Objetivo

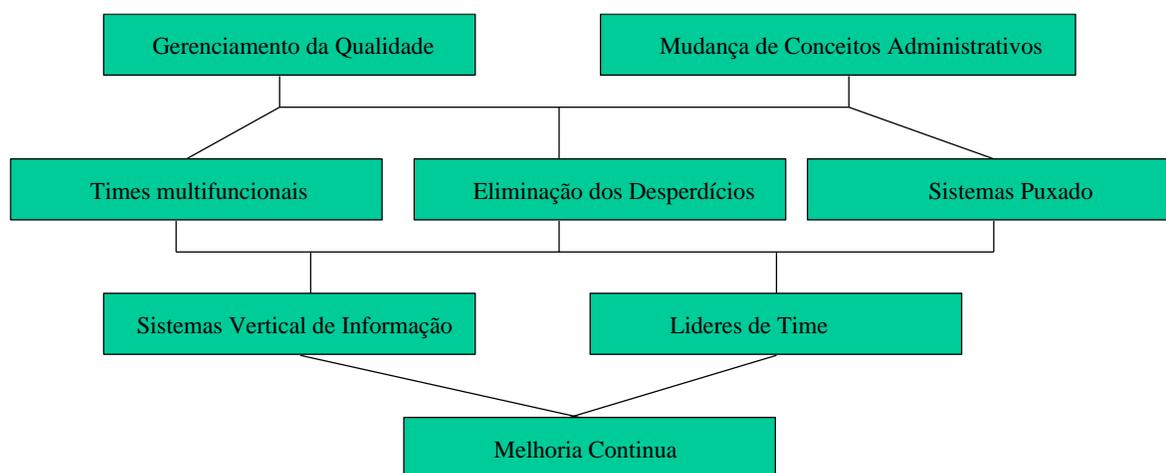
Propor um roteiro de implementação dos conceitos da Manufatura Enxuta no segmento produtivo baseado no modelo corporativo, de modo a servir de referência na continuidade dos trabalhos nas unidades produtivas da fábrica de Paraisópolis, bem como, nas demais empresas da Delphi Automotive da América do Sul.

### 1.3 Justificativa do Trabalho

A Delphi Automotive System - América do Sul, no final do ano de 2000, iniciou a estruturação do processo de implementação das atividades de enxugamento da cadeia produtiva na Planta de Paraisópolis, visando melhorar a competitividade frente à entrada de novos concorrentes do ramo de autopeças no mercado nacional. Optou-se pela implementação de um modelo de manufatura enxuta, tendo como base o Sistema Delphi de Manufatura. Este sistema, criado na matriz nos Estados Unidos, conforme os princípios do pensamento enxuto, ou seja, princípios lean ( Jones e Womak, 1998 ), fornecem informações isoladas sobre cada frente de trabalho, necessárias para as atividades relacionadas ao assunto, mas apresenta uma deficiência quanto à falta de direcionamento geral de implementação, percebido durante os trabalhos realizados em uma unidade produtiva adotada como piloto. Fez-se uma pesquisa nas principais fontes associadas ao assunto “manufatura enxuta” na busca de propostas de seqüência ou roteiro de implementação dos conceitos, de forma a obter informações que pudessem suprir esta necessidade detectada pela equipe de trabalho da Delphi. Kosonem e Buharist ( 1994 ) tratam das questões de como conduzir as mudanças na organização para a manufatura enxuta de forma a obter aumento da produtividade através da redução do lead time e aumento da flexibilidade do processo. Também tratam de responder questões sobre o papel do consultor na mudança do processo. Panizzolo ( 1997 ) através de um estudo de múltiplos casos em empresas européias procura explorar o modelo de manufatura enxuta adotada nas organizações pesquisadas e nesta oportunidade, faz-se uma avaliação e mede-se o grau de adoção das empresas nas atividades necessárias para a implementação da filosofia enxuta. Pérez e Sanchez ( 1999 ), analisam o resultado de 28 empresas do ramo automotivo da Espanha em termos de flexibilidade da força e posto de trabalho e flexibilidade da logística. Tratam também do relacionamento entre fornecedores e montadoras de automóveis. Estes e outros trabalhos consultados não revelam um roteiro ou uma seqüência sugerida na implementação dos conceitos de manufatura enxuta. Par Ahlstrom ( 1998 ), sugere de maneira generalizada e superficial, uma proposta de seqüência de implementação ( figura 1.1 ) e defende a idéia de iniciar a primeira fase denominada de fase preparatória com a implementação do elemento de “sistema de gerenciamento da qualidade”, visando atingir o nível zero de defeitos no produto e com a implementação do elemento “mudança dos conceitos administrativos”, visando a delegação da responsabilidade e autoridade

do processo para os níveis hierárquicos inferiores e como consequência à redução dos mesmos. Na seqüência sugere a fase de implementação, quando o autor define os elementos principais apresentados como “eliminação dos desperdícios”, “times multifuncionais” e “sistema puxado” ( puxado ). No elemento “eliminação dos desperdícios” tem-se as atividades de redução do tempo de preparação ( setup ), a implementação do conceito de manutenção preventiva e a mudança do fluxo de manufatura com a criação das células de manufatura. No elemento “times multifuncionais” é sugerida a mudança na forma de remuneração para o sistema salário base/bônus e são sugeridas as implementações do conceito de operador “dono do processo” e do conceito de operador multifuncional em que várias atividades diretas de processo, bem como, atividades indiretas associadas à manutenção do equipamento, qualidade do produto e controle e manuseio do material são delegadas ao operador. Para apoiar os três últimos elementos acima citados, são apresentados outros dois elementos compondo a terceira fase. O primeiro deles é o elemento “sistema vertical de informação” que tem como objetivo fazer com que as informações fluam para as pessoas envolvidas nas decisões da empresa e o elemento denominado de “líderes de equipe”. É sugerido que os líderes devam suportar o sistema de produção enxuto, supervisionando as tarefas de implementação, oferecendo suporte e orientação aos membros das equipes. Finalmente o elemento “melhoria contínua” vem encerrar a seqüência de implementação, que tem como objetivo buscar a perfeição, através do envolvimento dos operadores na resolução de problemas e melhoria do processo de manufatura. A sugestão da seqüência de implementação do modelo de produção enxuta apresentada pelo autor Ahlstrom ( 1998 ), foi idealizada para a empresa de origem sueca de nome fictício “Office Machines” e foi relatada de maneira generalizada e superficial, como dito anteriormente. O modelo de produção da empresa em estudo é bem mais simplificado em termos de atividades em relação ao Sistema Delphi de Manufatura, bem como, seus elementos são caracterizados de maneira diferente. Como será detalhado no capítulo 3 deste trabalho, o Sistema Delphi de Manufatura é composto de seis elementos interdependentes: “fluxo de manufatura”, “disponibilidade operacional”, “movimentação de materiais”, “qualidade”, “ambiente e envolvimento dos empregados”, “organização do posto de trabalho” e cada um deles com uma série de atividades. Desta maneira, a proposta de seqüência de implementação do modelo de produção da “Office Machines” não atenderia a necessidade da Delphi, já que, os modelos de produção são diferenciados e acredita-se que dificilmente poderá ser encontrada alguma sugestão de roteiro de implementação de modelo de produção próximo ao que foi definido pela Delphi, modelo especialmente desenhado pela

equipe interna técnica interfuncional para a aplicação nas empresas da organização espalhadas pelo mundo. Assim, este trabalho justifica-se no sentido de fornecer uma proposta de roteiro, visando a continuidade da implementação dos conceitos da manufatura enxuta em outras unidades produtivas da Planta de Paraisópolis e servir de referência para as demais fábricas da organização.



**Figura 1.1** Proposta de Sequência de Implementação da Manufatura Enxuta  
Par Ahlstrom, 1998

## 1.4 Procedimento Metodológico

Segundo Severino (2000), trabalho científico é o conjunto de processos de estudo, de pesquisa e de reflexão que caracterizam a vida intelectual do universitário.

Para Gil (1991), pode-se definir pesquisa como procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.

Assim, para o desenvolvimento de um trabalho científico é necessária a pesquisa científica. Esta requer uma sistemática, ou seja, um método de pesquisa que seja adequado à característica do trabalho a ser executado. Para o estudo em questão, iniciam-se os trabalhos a partir da referência de um caso prático de implementação em unidade piloto, seguido de embasamento teórico obtido da literatura sobre o tema “manufatura enxuta” e da literatura sobre o Sistema Delphi de Manufatura. Planeja-se, desta maneira, desenvolver um roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta num contexto amplo, permitindo que durante os estudos sejam

obtidos novos conhecimentos que venham complementar os aspectos observados no caso prático e assim compor o resultado final deste trabalho.

Segundo Yin (1990), o estudo de casos é uma forma de se fazer pesquisa social empírica ao investigar-se um fenômeno atual dentro de seu contexto de vida-real, onde as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e na situação em que múltiplas fontes de evidências são usadas.

Para Gil ( 1991 ), estudo de casos é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante os outros delineamentos considerados.

O Estudo de Casos de acordo com Gil ( 1991 ), apresenta as vantagens importantes para o desenvolvimento deste trabalho:

- Estímulo a novas descobertas. Em virtude da flexibilidade do planejamento do estudo de casos, o pesquisador, ao longo de seu processo, mantém-se atento a novas descobertas.
- A ênfase na totalidade. O pesquisador volta-se para a multiplicidade de dimensões de um problema, focalizando o todo.
- A simplicidade dos procedimentos. Os procedimentos de coleta e análise de dados adotados, quando comparados com os exigidos por outros tipos de métodos, são bastante simples.

Segundo Godoy ( 1995), a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental. Quando o estudo é de caráter descritivo e o que se busca é o entendimento do fenômeno como um todo, na sua complexidade, é possível que uma análise qualitativa seja a mais indicada.

Assim, adota-se o estudo de caso, uma abordagem qualitativa, como método de pesquisa adequado para este trabalho.

O estudo de casos tem como característica a flexibilidade, o que impossibilita um roteiro rígido para direcionamento preciso da pesquisa. A delimitação da unidade-caso ficou definida como a unidade piloto da Delphi Automotive Systems – Planta de Paraisópolis. Os trabalhos de implementação dos conceitos de manufatura enxuta na unidade piloto ficaram estabelecidos em uma das linhas de produção de sistemas de distribuição de energia de um veículo de alto volume de produção. A coleta de dados foi realizada através da observação direta dos fatos, já que, como autor deste trabalho e exercendo a função de chefia da unidade piloto na qual as ações ocorreram, fez-se necessária a participação direta de apoio na implementação das atividades do caso. Foram feitas entrevistas não estruturadas com o gestor do programa e com os membros do time de

implementação. Foram consultados os relatórios de acompanhamento do programa de manufatura enxuta da Delphi, estes de caráter confidencial e elaborados mensalmente pela equipe de implementação como forma de registrar as ações realizadas, registrar os resultados parciais obtidos e descrever as futuras atividades, o que torna satisfatória a qualidade dos dados obtidos no sentido de permitir generalizações. No decorrer da pesquisa, fez-se opção de explorar de maneira generalizada, objetos de outros casos de empresas externas visando a complementação das informações. Fez-se a opção de constituir o relatório de pesquisa com informações teóricas, devidamente fundamentadas, informações do caso estudado e o resultado final na forma de diagrama, forma mais adequada encontrada para expressar a contribuição desta dissertação.

## **1.5 Limitações**

Segundo Womak ( 1998 ), a cadeia de valor é um conjunto de ações específicas necessárias para levar um produto específico a passar por três tarefas gerenciais:

- Da concepção até o lançamento do produto.
- Do recebimento do pedido até a entrega.
- Da matéria-prima ao produto acabado.

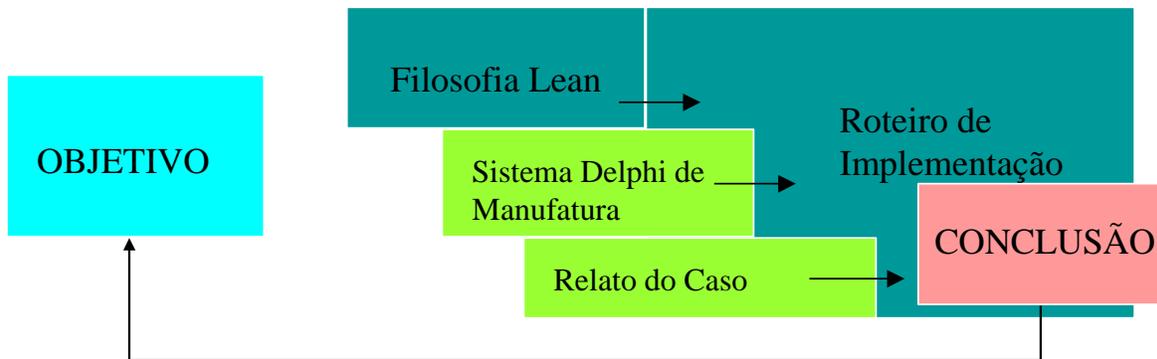
Limita-se o trabalho dentro do segmento produtivo da cadeia de valor, já que, as atividades do caso prático foram realizadas entre as atividades de recebimento da matéria-prima e a entrega do produto acabado.

Sendo este trabalho de caráter qualitativo, pode ocorrer que a unidade piloto escolhida para a investigação, apresente algumas características diferenciadas em relação às demais de sua espécie, o que pode interferir em alguns elementos do resultado final.

O roteiro proposto teve como base o Sistema Delphi de Manufatura, modelo criado para atender as unidades produtivas da organização. Desta maneira, modificações no roteiro podem ser necessárias no caso de aplicação dos conceitos em empresas externas.

## **1.6 Estrutura do Trabalho**

O trabalho foi organizado em 6 capítulos. O primeiro capítulo dedica a apresentação do trabalho. O segundo capítulo trata da Filosofia do Pensamento Enxuto e procura de forma objetiva relatar a partir da revisão bibliográfica, os princípios teóricos necessários para o desenvolvimento de um programa de manufatura enxuta. Inclui-se também neste capítulo, o estudo de casos em outras empresas nacionais. O terceiro capítulo trata do Sistema Delphi de Manufatura ( DMS ). Descreve-se de forma geral, os itens de cada um dos seis elementos interdependentes, concentrando principalmente nos assuntos necessários para elaboração do roteiro de implementação. O quarto capítulo relata as ações ocorridas no caso prático em unidade piloto e procura descrever as atividades do caso na forma em que foram desenvolvidas. O quinto capítulo apresenta uma proposta de roteiro de implementação dos conceitos da manufatura enxuta, com o devido comentário referente a cada parte, acompanhado das conclusões gerais sobre o assunto. Planeja-se para o desenvolvimento do roteiro, resultado final deste trabalho, amarrar os acontecimentos do caso prático com o modelo do Sistema Delphi de Manufatura e com a filosofia do Pensamento Enxuto ( Figura 1.2 ). O sexto capítulo apresenta as conclusões finais e as sugestões para pesquisas futuras.



**Figura 1.2** Estrutura do Trabalho

As informações apresentadas inicialmente proporcionam uma idéia geral sobre a dissertação quanto às questões do objetivo, o motivo da necessidade de seu desenvolvimento, a metodologia adotada e fatores limitantes. Na seqüência, o Capítulo 2, com base na literatura, descreve o estudo levantado sobre o pensamento enxuto, onde faz um breve histórico sobre a origem do assunto, seguido dos princípios e dos principais conceitos que regem a filosofia e algumas ações para a implementação dos conceitos. Além disto, cinco casos de implementação em empresas

nacionais são analisados de modo a extrair ações práticas de implementação, visando enriquecer o roteiro proposto.

# CAPÍTULO 2

## O Pensamento Enxuto

### 2.1 Introdução

Segundo França e Kitajima ( 2001 ), Henry Ford, criou em 1908 o modelo T de produção buscando dois objetivos: conceber o carro para ser amigo do usuário, de forma que qualquer pessoa pudesse dirigir e consertar; e projetar o carro para produção em escala industrial. Assim, surgiram os primeiros conceitos de produção em massa, através da consistente intercambialidade entre as peças, a simplicidade de encaixe e a padronização de medidas, contrários aos conceitos de produção artesanal adotados na época e desta maneira, estava preparando para eliminar os ajustadores habilidosos que sempre formaram a maior parte da força de trabalho das montadoras.

Em 1913, Ford introduziu a primeira linha de montagem rolante na fábrica de Detroit. Em vez de usar trabalhadores individuais que criavam um automóvel completo antes de começarem outro, ele concebeu o operador com poucas atividades em um posto de trabalho permanente e o produto, os componentes e as ferramentas movimentando ao seu encontro.

Por volta de 1915, Ford integrou o processo para incluir a verticalização de fornecedores, trazendo vários itens comprados anteriormente para dentro da fábrica.

No começo dos anos 20, a General Motors também produzia automóveis através da produção em massa. Alfred Sloan no comando da Companhia usou as mesmas teorias de gerenciamento descentralizado e criou as funções do gerente financeiro e do especialista em marketing para controlar o restante da estrutura da empresa. Ford desenvolveu o especialista em retrabalho, o inspetor geral da linha de montagem e definiu engenheiros para desenvolver produtos e processos. Assim, estava formado o Sistema de Produção em Massa. Enquanto o sistema era aperfeiçoado nos Estados Unidos, também começava a florescer na Europa Ocidental.

Na década de 50, o engenheiro japonês Eiji Toyoda saiu em visita à fábrica da Ford nos Estados Unidos, especificamente na unidade Rouge, a maior e mais completa empresa da

organização. No retorno ao Japão e após muito estudo em conjunto com o Taiichi Ohno, executivo da empresa montadora de automóveis Toyota Motor Corporation, concluíram que a produção em massa não funcionaria no seu país. Na época, a Toyota encontrava problemas com o pequeno mercado interno, com demanda de grande variedade de veículos e com a força de trabalho que não desejava ser tratada como custo variável, se organizando em fortes sindicatos que exigiam maiores garantias de emprego. Além destes fatores, a Toyota não tinha capital para financiar a compra de dezenas de prensas necessárias para a produção em massa. Assim, Ohno concluiu que em vez de dedicar toda série de prensas para uma parte específica e estampar essas partes por meses sem mudar os moldes, seria necessário desenvolver técnicas simples de troca de moldes e executar as mudanças freqüentemente, e com isto, seria preciso apenas poucas prensas. Desta maneira, foi descoberto que o custo de um lote menor de peças produzidas era menor devido aos gastos com estoque. Desse começo experimental estava nascendo o modelo proposto por Ohno, conhecido como Sistema Toyota de Produção. Em 1990, pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology - MIT, apresentaram uma nova abordagem de método de gestão da produção, com resultados superiores ao Sistema Toyota de Produção denominado “manufatura enxuta” (lean). Dois dos pesquisadores do MIT, Jones e Womak (1998) definiram de maneira apropriada a filosofia do pensamento enxuto ou a filosofia da manufatura enxuta:

“O Pensamento Enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar melhor a seqüência das ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”.

De outra maneira, o pensamento enxuto pode ser entendido como a forma de produzir cada vez mais com cada vez menos (menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo, menos espaço), e ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de nossos clientes e oferecer exatamente o que desejam tornando o trabalho mais satisfatório, oferecendo retorno imediato sobre os esforços da transformação dos desperdícios em valor.

Para iniciar a apresentação dos conceitos que regem a filosofia do pensamento enxuto serão relatados primeiramente os seis princípios básicos definidos no seminário realizado pelo Lean Enterprise Institute (1998), acompanhados de alguns comentários extraídos da literatura e posteriormente serão mostrados os principais conceitos, as ações para a implementação do modelo de manufatura enxuta e cinco casos de implementações em outras empresas nacionais.

## **2.2 – Princípios do Pensamento Enxuto**

### **2.2.1 O valor só pode ser definido pelo cliente.**

“O ponto de partida para o pensamento enxuto é o valor. O valor só pode ser definido pelo cliente em termos de produto específico ( um bem ou um serviço ou ambos simultaneamente ) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em momento específico” ( Jones e Womak , 1998).

Este princípio revela que o valor, como ponto de partida essencial para o pensamento enxuto, deve ser definido pelo cliente em termos de produtos específicos, com capacidades específicas oferecidas a preços específicos. Para isto, as empresas devem ignorar os ativos e tecnologias existentes e repensar com base na linha de produtos, e desta maneira, é exigida a redefinição do papel dos técnicos da empresa e uma nova análise de onde se deve criar valor. Na realidade, nenhuma mudança pode ser implementada instantaneamente, sem uma visão clara e formada do que realmente é necessário, caso contrário, a definição de valor estará fadada à distorção.

### **2.2.2 Todo produto ou serviço possui uma cadeia de valor.**

“A cadeia de valor ( fluxo de valor ) é um conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio” ( Jones e Womak ,1998) :

- Da concepção até o lançamento do produto.
- Do recebimento do pedido até a entrega.
- Da matéria-prima ao produto acabado.

Desta maneira, todo produto ou serviço possui uma cadeia de valor e sua análise deve mostrar três tipos de ações existentes, segundo Hines e Taylor ( 2000 ): Atividades com adição de valor ( Ex: operação de soldagem do produto ), atividades necessárias sem adição de valor ( Ex: operação de inspeção de ponto de soldagem) e atividades sem adição de valor ( Ex: operação de retrabalho de peças defeituosas).

### **2.2.3 - O fluxo contínuo de uma só peça é o método mais barato de agregar valor.**

“As tarefas quase sempre podem ser realizadas de forma muito mais eficiente e precisa quando se trabalha continuamente no produto desde a matéria-prima ao produto acabado de forma a obter um processo de fluxo contínuo” ( Jones e Womak , 1998 ).

“O uso da equalização da produção, da sincronização e fluxo de peças unitárias para acabar com as esperas interprocessos representa um avanço formidável” ( Shingo , 1996 ).

Desta forma, este princípio ressalta a importância do fluxo contínuo do processo dentro da filosofia do pensamento enxuto, de maneira que, as etapas de produção sejam organizadas em seqüência, preferencialmente dentro de uma única célula e de maneira que o produto possa passar para a etapa seguinte, sem estoques ( pulmões ) intermediários de itens semi-acabados.

### **2.2.4 - O valor deve ser puxado através da cadeia de valor pela demanda do cliente.**

“Produção puxada em termos simples, significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite” (Jones e Womak, 1998 ).

A melhor forma de compreender este princípio é começar com a demanda do cliente final e caminhar no sentido inverso do fluxo produtivo, percorrendo todas as etapas necessárias para concluir o produto final, permitindo que o mesmo puxe o produto conforme sua necessidade e da mesma maneira, cada cliente interno da empresa puxe a necessidade de seu fornecedor interno, e assim sucessivamente até o fornecedor externo.

### **2.2.5 - “Não há quantidade de melhoria em desempenho que seja suficiente”.**

“A perfeição como sinônimo da total eliminação dos desperdícios certamente é impossível. Assim, não se deve, em algum momento, interromper os esforços para melhorar o processo” (Jones e Womak, 1998 ).

Este princípio releva que as constantes ações de eliminação dos desperdícios devem ser um hábito nas organizações. As ações de redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros são infinitas e ao mesmo tempo, oferecem produtos que se aproximam do que o cliente realmente quer. A filosofia do pensamento enxuto prega a idéia de que tudo pode ser melhorado por meio radical ou incremental da cadeia de valor. Além disto, os problemas são tratados como oportunidades de melhorias e a transparência entre empresa, cliente, fornecedores e funcionários servem de estímulo positivo para as ações de melhorias.

### **2.2.6 - Todos os empregados devem estar envolvidos na busca da eliminação do desperdício.**

“Um dos paradoxos do pensamento enxuto é que as idéias em si são extraordinariamente anti-hierárquicas e pró-democráticas” ( Jones e Womak , 1998 ) .

Desta maneira, este princípio revela que com a evolução da mentalidade enxuta na organização e após entendimento completo da filosofia lean, cada membro da equipe deve ser envolvido e motivado a atuar proativamente como engenheiro de seu processo em particular sugerindo melhorias, inspecionando seu próprio trabalho, desenvolvendo habilidades múltiplas e participando na redefinição periódica de seu cargo e, com isto, resultar na eliminação dos níveis hierárquicos. A consciência de todas as pessoas na eliminação dos desperdícios é um ponto fundamental para o sucesso dos trabalhos.

Com a apresentação dos princípios do pensamento enxuto pode-se concluir: à medida que as organizações começam a especificar valor com precisão, identificando a cadeia de valor como um todo e à medida que trabalhem para que as etapas para a criação de valor fluam continuamente e possibilitem que os clientes puxem o valor da empresa, buscando sempre a eliminação dos desperdícios através da melhoria contínua e com a participação das pessoas, algo diferente começa a acontecer no sentido da mentalidade enxuta. Para propor um modelo de manufatura enxuta, objetivo deste trabalho, procurou-se extrair da literatura, além dos princípios básicos, outros conceitos necessários para o direcionamento dos trabalhos de implementação , comentados a seguir.

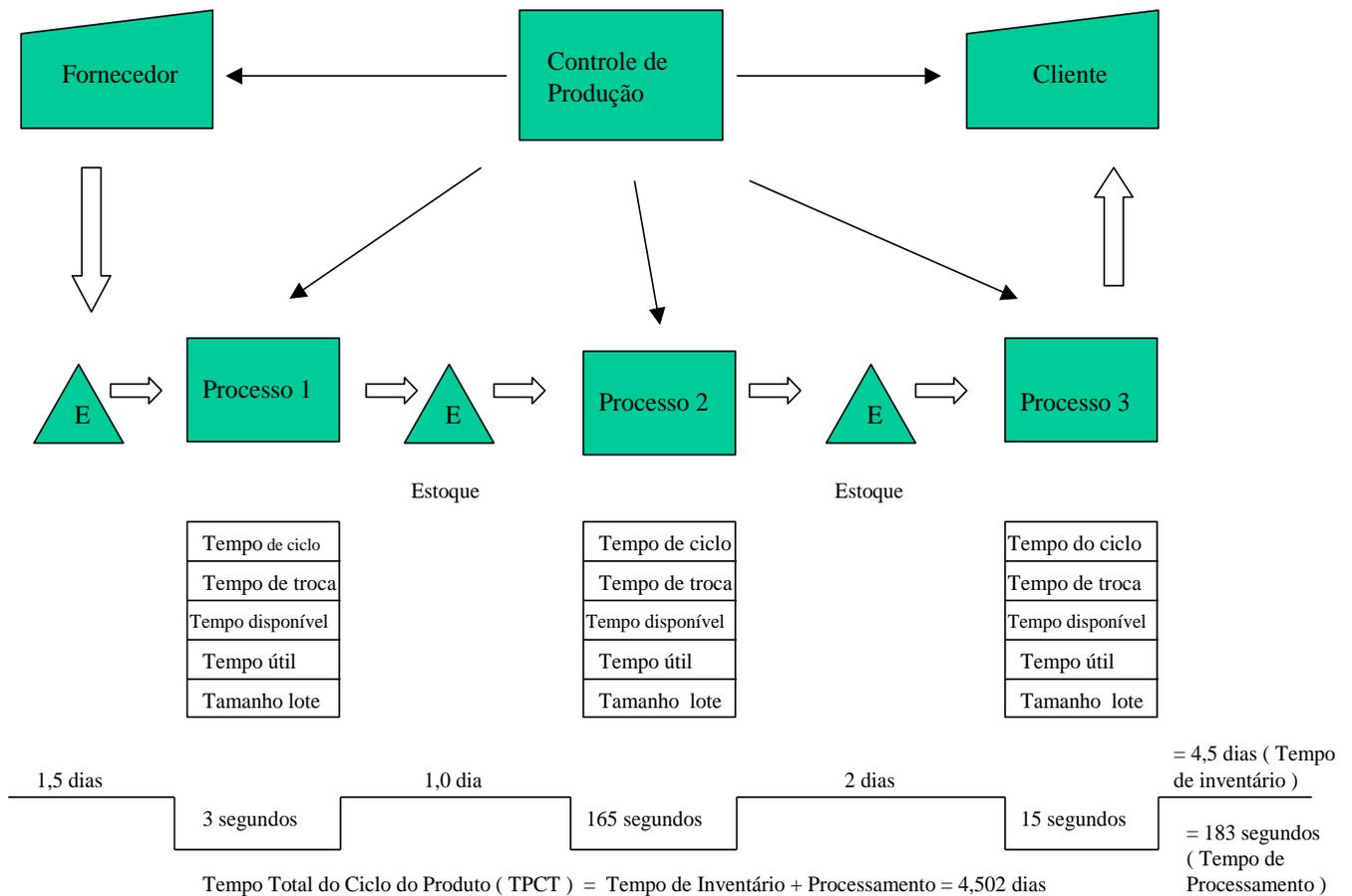
## 2.3 – O Pensamento Enxuto.

O primeiro princípio revela que o valor é o ponto de partida para o pensamento enxuto, e desta maneira, deve ser devidamente especificado em termos de características do produto, atendimento e preço. A literatura mostra a importância da abordagem direta com os clientes no levantamento das suas necessidades, para que a tarefa da determinação do valor do produto não fique limitada somente à percepção das pessoas pertencentes ao quadro da empresa produtiva. O pensamento enxuto também revela, que o modelo de desenvolvimento do produto deve ser integrado entre as áreas de Marketing, Engenharia de Produto, Engenharia Industrial e Finanças, para facilitar a compreensão das exigências dos clientes ( Cabral e Andrade, 2002 ).

Após a especificação do que realmente agrega valor ao produto, tem-se o segundo princípio da filosofia do pensamento enxuto que diz que todo produto possui uma cadeia de valor. Para Rother ( 1998 ), a ferramenta que ajuda a visualizar a cadeia de valor é o mapeamento da cadeia de valor ( figura 2.1 ). É uma atividade simples que representa visualmente a ligação entre o fluxo de material e informação de cada processo, visando facilitar a identificação e eliminação dos pontos de desperdícios, aspecto este, muito enfatizado pelos autores do assunto e de suma importância dentro do conceito da mentalidade enxuta.

Segundo Shingo ( 1996 ), os desperdícios podem ser identificados em sete tipos:

- Superprodução – Produzir mais ou mais cedo que o necessário.
- Espera – Manter ociosidade de recursos entre operações.
- Transporte – Qualquer movimento de materiais que não seja requerido.
- Processamento – Limitações do equipamento ou método que causem esforços que não agregam valor à peça.
- Estoque – Qualquer material em excesso ao fluxo de uma peça.
- Desperdício de movimentos – Qualquer movimento de pessoa ou operação de máquina que não agreguem valor ao produto.
- Retrabalho – Atividade de recuperação de produtos defeituosos.



**Figura 2.1** Mapa da Cadeia de Valor

Identificada à cadeia de valor, devidamente especificado junto aos clientes. Identificados e eliminados os desperdícios através das atividades desnecessárias que não agregam valor ao produto, a filosofia do pensamento enxuto determina como mencionado no terceiro princípio, que as atividades que agregam valor fluam continuamente através de um processo contínuo.

“As atividades realizadas na fábrica não fluem adequadamente devido a quatro fatores principais: layout funcional, divisão excessiva do trabalho, tempo elevado de preparação de máquinas e longos prazos de recebimento de insumos com baixa qualidade” (Cabral e Andrade, 2002 ).

Desta forma, a filosofia do pensamento enxuto não recomenda o layout ( arranjo-físico ) funcional, onde as máquinas são agrupadas por tipo de operação e cada etapa do processo é

realizada em um setor produtivo diferente, mas sugere que o layout seja definido na forma celular, de maneira que as máquinas necessárias para fabricar a peça completa estejam agrupadas em uma mesma área e dispostas sequencialmente, possibilitando aos funcionários controlar visualmente o processo e permitindo que o produto percorra distâncias curtas entre etapas, sendo que qualquer anormalidade na produção possa ser rapidamente identificada.

Outra proposta para melhorar o fluxo do produto é a formação de operadores multifuncionais, contrariando a idéia de operadores especializados. Este conceito defende o desenvolvimento de trabalhadores capacitados a operar vários tipos de equipamentos, preferencialmente dentro de uma célula produtiva, treinados em habilidades como pequenos reparos de máquinas, troca de ferramentas, controle de qualidade e arrumação do local de trabalho ( França e Katajima , 2001 ).

No intuito também de fazer o fluxo produtivo contínuo, é revelada a necessidade de redução do tempo de preparação de máquina. Técnicas de troca rápida de ferramentas ( setup ) são sugeridas com o objetivo de aumentar as taxas de operação de máquinas, reduzir os estoques de produtos acabados e estoques entre processos ( intermediários ) e possibilitar que a produção responda às flutuações de demanda, através de maior flexibilidade às mudanças de modelo e tempo de resposta às entregas ( Monden, 1983 ).

Segundo Cabral e Andrade ( 2002 ), o pensamento enxuto recomenda trabalhar com um número pequeno de fornecedores e desenvolver com estes, um estreito relacionamento de longo prazo para assegurar de forma consistente o cumprimento das datas de entrega, custo e qualidade desejada, evitando eventuais paradas de produção.

Além destes fatores citados acima, Womak ( 1998 ) procura sensibilizar o leitor de que, para fluir o processo é preciso manter os equipamentos 100 % disponíveis e precisos, desta forma, sugere a implementação do modelo de gestão da manutenção conhecida como manutenção produtiva total ( TPM ) e Shingo ( 1996 ) revela que as atividades devem ser padronizadas de forma a permitir que operadores monitorem o próprio trabalho e sugere também o uso de técnicas comumente chamadas de poka-yoke, ou à prova de erros. O poka-yoke pode ser um dispositivo corretivo desenvolvido para paralisar o processo até que a condição causadora do defeito tenha sido corrigida ou um dispositivo para alertar o funcionário no momento da geração do defeito.

Na empresa enxuta de fluxo contínuo, os pedidos são emitidos após clara visão das capacidades do sistema de produção, evitando atividades de agilização, para que os produtos

possam fluir seqüencialmente da venda à entrega. Womak ( 1998 ) relata o conceito de tempo takt de produção ( tempo disponível de trabalho / taxa de demanda do cliente), que sincroniza precisamente a velocidade de produção conforme a velocidade de venda aos clientes, de acordo com suas necessidades. As diferenças geradas entre o tempo takt e o tempo real de produção devem ser anunciadas, fixando um simples quadro na linha de produção ou através de monitores eletrônicos ( chamados de andon ) de modo a orientar a produção para o tempo takt e alertar imediatamente toda a equipe para a necessidade de redução do tempo produtivo, a fim de atender um eventual aumento nos pedidos.

O valor do produto especificado corretamente em conjunto com os clientes, mapeada a cadeia de valor, eliminado os desperdícios e estabelecido o fluxo produtivo contínuo, o pensamento enxuto parte para a idéia, segundo o que revela o quarto princípio, de que um processo produtivo deve ser planejado e deve fabricar exatamente o que o cliente quer e quando o cliente quer, permitindo assim, que o cliente puxe o produto conforme suas necessidades, em vez de empurrar o produto, muitas vezes indesejável ao cliente e desta maneira, os estoques de produtos semi-acabados sejam minimizados. Internamente à empresa, um processo anterior não deve produzir um bem sem que o processo posterior esteja solicitando. Para isto, é sugerida a implementação do sistema conhecido como Kanban, que segundo Monden ( 1983 ), é um sistema que controla harmonicamente a produção de produtos necessários, nas quantidades necessárias, no tempo necessário, em todos os processos da empresa como também entre empresas, como é o caso da cadeia cliente-fornecedor.

No quinto princípio, o pensamento enxuto procura mostrar a importância da busca da melhoria de desempenho das organizações no sentido da “perfeição”, ou seja, no sentido da eliminação total dos desperdícios. Jones e Womak ( 1998 ) revelam que independentemente do número de vezes em que um processo é melhorado, tornando mais enxuto, sempre existem oportunidades de remoção dos desperdícios e em nenhum momento, devem ser interrompidos os esforços neste caminho. É sugerida a utilização da metodologia Kaizen, como meio de alcançar a melhoria contínua incremental do processo e programas de sugestões podem ser um meio importante na obtenção de idéias de melhorias.

No sexto e último princípio, a literatura destaca a importância das pessoas na mentalidade enxuta. A conscientização para eliminação constante dos desperdícios por intermédio de forte programa de treinamento nos conceitos do pensamento enxuto é fundamental para a mudança da mentalidade de toda empresa. Segundo Jones e Womak ( 1998 ), é recomendado pagar o

salário de mercado aos funcionários com base em suas qualificações gerais, junto com uma bonificação diretamente associada à lucratividade da empresa. É importante tornar tudo transparente para as pessoas da organização quanto à trajetória da evolução do pensamento enxuto, bem como, os resultados gerenciais de cada processo produtivo.

Após o levantamento dos princípios do pensamento enxuto e estudo dos conceitos ligados a estes princípios procurou-se informações na literatura sobre as principais ações necessárias para a criação de um sistema de manufatura enxuta e desta maneira, obter bases para propor um roteiro de implementação, objetivo deste trabalho.

## **2.4 – Ações para implementação do modelo.**

Para Jones e Womak ( 1998 ), é necessário definir um Agente de Mudança para assumir o desafio do programa de implementação do modelo, com mentalidade de fazer as coisas acontecerem, com tempo dedicado às atividades e com respaldo de pessoas do alto escalão da empresa. Um grupo para promover o programa também deve ser criado para suportar o Agente de Mudanças nas atividades de desenvolvimento, com a condição de subordinação direta na cadeia hierárquica. O Agente de Mudança e os Gerentes da Empresa devem dominar o assunto de forma a incorporar o pensamento na cultura da organização e normalmente é necessária a ajuda de especialistas no assunto. As oportunidades de visitar as empresas enxutas que aplicam os conceitos é uma boa pratica de aprendizado, já que, a maioria tem como hábito receber profissionais, especialmente, clientes e fornecedores. O aprendizado das técnicas enxutas e o desdobramento da nova política na empresa podem ser cuidadosamente planejados, permitindo que o conhecimento seja fornecido no momento certo e de modo a reforçar o compromisso dos gerentes e de todos os funcionários em fazer a coisa certa.

Segundo Jones e Womak ( 1998 ), é importante definir uma alavanca, isto é, uma forte razão para motivar a implementação do programa, mesmo que para isto, seja necessário criar uma crise. Pode-se escolher uma unidade de negócio da organização em condição desfavorável e concentrar todas as energias em aplicar as técnicas do pensamento enxuto nesta unidade.

É recomendado o início dos trabalhos com uma atividade visível e de desempenho deficiente, mas que seja importante para a organização, de forma que o potencial de melhoria seja significativo e o elemento surpresa do resultado possa criar uma noção psicológica

positiva, e com isto, motivar as pessoas para a mudança de cultura no sentido do pensamento enxuto.

E para finalizar, é sugerido que seja elaborado um plano para o pessoal excedente, de modo que os funcionários tenham um propósito em vista dos cargos referentes às atividades que foram eliminadas em razão das melhorias e proporcione um ambiente propício às sugestões, tornando as pessoas mais cooperativas e envolvidas nas mudanças.

Para auxiliar na elaboração do roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta, escolheu-se cinco casos de implementação em empresas nacionais, como forma de obter mais informações sobre as principais iniciativas do pensamento enxuto, além das que foram extraídas da literatura. Serão abordados os principais pontos de interesse para este trabalho e não serão analisados os modelos de manufatura das empresas, já que, o foco desta dissertação é o caso Delphi.

## **2.5 - Estudo de casos em outras empresas.**

O caso Ford do Brasil ( Mattar e Aquino, 1997 ), mostrou a importância de se definir uma forte razão para motivar a implementação do pensamento enxuto em uma organização. O desafio de aumentar a participação nas vendas de automóveis no mercado brasileiro, após a separação da Autolatina em 1987, holding controladora da Ford do Brasil e Volkswagen do Brasil e o desafio de contribuir para o objetivo da Ford Internacional tornar a maior montadora de veículos do mundo, fez com que o processo para a produção enxuta fosse priorizado. Dentre as medidas adotadas, a empresa reduziu os níveis hierárquicos e o quadro de funcionários indiretos, entre eles, inspetores de qualidade, técnicos de manutenção e após treinamentos específicos, delegou parte destas atividades aos operadores de produção, dando autonomia para decidir e executar as paradas das linhas nas situações das anormalidades, desta maneira, permitindo às equipes ações de autogerenciamento, iniciativa muito positiva sob o aspecto da mudança administrativa da produção. Foi definida a participação dos funcionários nos resultados da organização, alterando a política de remuneração, forma definida para motivar e envolver as pessoas na busca dos resultados.

O programa de manufatura enxuta desenvolvido pela NEC do Brasil ( Lean Institute Brasil - Lean Summit, 2000 ) teve como ponto favorável, o intensivo programa de treinamento sobre

os conceitos da manufatura enxuta, concluído pela equipe de implementação composta de três engenheiros em viagem à matriz Japonesa. Além disto, um forte trabalho de treinamento na metodologia Kaizen para mais de 200 profissionais de diversos departamentos foi executado e estas pessoas ficaram encarregadas de aplicar os conhecimentos na eliminação dos desperdícios no processo, na operação e no sistema da empresa. Foi dada ênfase nas atividades de aproximação dos processos com objetivo de eliminar os desperdícios de transporte, inventário e tempo, desta forma, foi estabelecido um fluxo otimizado com base no fluxo do produto. Um forte trabalho de organização, limpeza e ordenação da área industrial foram realizados. Um aspecto marcante foi o fato da empresa aplicar vários conceitos do pensamento enxuto. Um destes conceitos é o sistema puxado, ( sistema pull ) que através do uso de cartões Kanban interliga a demanda do cliente às demais fases do processo na forma de cascata. Também foi implementado o conceito de gestão visual da produção através da implementação de quadros de avaliação de resultados e programação da produção. A NEC aplicou as técnicas de troca rápida de ferramentas ( setup rápido ) e implantou um importante conceito do pensamento enxuto conhecido como nivelamento da produção, atividade em que se estabelece, em pequenos e sequenciais lotes, o volume total de produção do mês. Dando continuidade à aplicação dos conceitos do pensamento enxuto, a empresa sincronizou o tempo atual de produção com o ritmo de produção para atender o cliente, este denominado tempo takt e seus ajustes foram garantidos junto à qualidade das operações, materiais e equipamentos, bem como, através de técnicas de controle de defeitos conhecidas como técnicas poka-yoke, que não permitem que unidades defeituosas atrapalhem o processo subsequente. Além disto, a empresa definiu um espaço específico para que as pessoas em conjunto com a Gerência e Diretoria pudessem propor melhorias.

A unidade da General Motors de Gravataí ( Zawislak et al., 2000 ) desenvolveu um modelo produção em parceria com empresas sistemistas, responsáveis pela entrega de módulos completos, de forma a explorar as competências dos fornecedores, buscando a redução dos desperdícios, integrando e sincronizando a cadeia cliente-fornecedor. Esta foi uma forma bastante inteligente que a empresa encontrou de tornar o sistema produtivo enxuto, de maneira a permitir que todas as atividades agreguem valor ao produto. A empresa estabeleceu uma área específica para atividades Kaizen, facilitando as discussões sobre a melhoria contínua e de forma a motivar os funcionários a dar sugestões e solucionar problemas. Além disto, foi dada aos operadores autonomia para interromper a produção nos casos de detecção de falhas e após

a padronização das atividades operacionais, foi aplicado o conceito de operadores multifuncionais, permitindo desta forma, a rotatividade nos postos de trabalho.

A São Paulo Alpargatas ( Lean Institute Brasil – Lean Summit 2001 ) fez a opção de contratação de consultoria especializada para direcionar as ações do Grupo Interno de Suporte, este criado para coordenar os trabalhos de implementação do modelo de produção, idealizados segundo os conceitos do pensamento enxuto. A empresa positivamente realizou um forte programa de treinamento para todos os níveis hierárquicos e formou multiplicadores internos, maneira encontrada para a replicação imediata dos conceitos pela organização. Foi definido o ritmo de produção pelo takt time e foi implementado o conceito de manufatura celular através da conversão das linhas na forma de “ U “. Além destes conceitos, foi implantado o sistema Kanban para controle da produção e foi utilizado o conceito de gestão à vista. A empresa utilizou a metodologia Kaizen para atacar as formas de desperdícios, através da promoção da semana dedicada para aplicação deste conceito.

A metalúrgica Krupp ( Lean Summit, 2001 ) realizou atividades de participação em palestras, visitas e congressos para definir a metodologia, plano de ação, acompanhamento e correção das ações de implementação dos conceitos da manufatura enxuta. Multiplicadores internos foram formados. As ações iniciais de execução foram a melhoria do tempo de setup através do uso da metodologia Kaizen e a implementação do sistema de supermercado com o objetivo de estabelecer o sistema puxado ( sistema pull ) de controle de produção. A empresa contou com uma vantagem significativa devido ao fato de que em períodos anteriores implementou programas como TQC ( Controle da Qualidade Total ), TPM ( Manutenção Produtiva Total ) , todas atividades citadas, diretamente associadas aos conceitos do pensamento enxuto.

Apresentou-se neste capítulo, os principais pontos levantados sobre a filosofia do Pensamento Enxuto. A seguir apresenta-se os principais aspectos do Sistema Delphi de Manufatura ( DMS ), que tem como foco a mudança das práticas tradicionais de produção para uma filosofia baseada-no-tempo, tendo como referência o Sistema Toyota de Produção e conseqüentemente os conceitos da filosofia da produção enxuta, modelo no qual baseia-se a proposta de roteiro de implementação de sistema de manufatura enxuta.

# CAPÍTULO 3

## Sistema Delphi de Manufatura ( DMS )

### 3.1 Introdução

Em 1996, definiu-se nos Estados Unidos, um grupo de especialistas de diversas áreas da Delphi Automotive System, com intuito de estabelecer um modelo de sistema de manufatura próprio, que pudesse atender as empresas da organização em nível mundial. Após intensivo trabalho de pesquisa, criou-se o Sistema Delphi de Manufatura ( DMS ), que traduz a filosofia do pensamento enxuto ( lean ) na forma de um modelo de sistema de manufatura que apresenta os seguintes objetivos:

- Reduzir o tempo de resposta aos clientes através da mudança do sistema de manufatura tradicional para o sistema baseado-no-tempo .
- Produzir competitivamente qualquer volume de produtos através da quebra de paradigmas de produção em massa para sistemas flexíveis baseado-no-tempo.
- Perseguir sem descanso qualquer tipo de desperdício, visando a redução dos custos.
- Implantar a qualidade na primeira vez que envolve tanto a detecção de erros do equipamento quanto do ser humano, de forma que os defeitos possam ser corrigidos na fonte, antes da próxima operação.
- Criar uma cultura cooperativa que dê suporte a melhoria contínua através das oportunidades de aprendizagem e transferência de conhecimento em todos os níveis da organização.

Visando facilitar a visualização, o sistema foi particularmente estruturado em seis elementos interdependentes:

- Fluxo de Manufatura .
- Ambiente e Envolvimento dos Empregados .
- Organização do Posto de Trabalho .
- Qualidade .

- Disponibilidade Operacional .
- Movimento de Materiais .

A figura 3.1 é uma representação do sistema e mostra que os elementos estão integrados com o fluxo de manufatura.



**Figura 3.1** Modelo do Sistema Delphi de Manufatura

A apresentação dos elementos do Sistema Delphi de Manufatura pelo elemento Fluxo de Manufatura, que tem como propósito criar condições para a organização responder com rapidez aos pedidos dos clientes e gerar produtos com valor agregado por intermédio do uso eficiente e seguro dos meios de manufatura.

## 3.2 - Fluxo de Manufatura

Fluxo de Manufatura são as atividades que tem como objetivo estabelecer um processo baseado no tempo que puxa o material desde a matéria-prima até o produto acabado com os sub-processos alimentando a cadeia principal, através do sistema de manufatura, sem interrupções, de modo sincronizado, conforme os pedidos do cliente. Para isto, alguns conceitos são apresentados como sub-elementos do Fluxo de Manufatura e que farão parte do roteiro final de implementação:

**FM.1- Mapeamento da Cadeia de Valor** é a atividade da qual relata em forma esquemática todos os elementos ( valor adicionado e valor não adicionado ), que dão a um produto a sua forma, desde a matéria-prima até ao produto acabado, para os estados atual, futuro e ideal . Segue o mesmo conceito relatado na literatura de Rother ( 1998 ) e Womak ( 1998 ) e descrito no Capítulo 2 deste trabalho. À partir do mapeamento da cadeia de valor é possível calcular o tempo total do ciclo do produto ( TPCT ), que é a soma dos tempos de processamento com a soma dos tempos de inventário ( ver figura 2.1 ).

**FM.2- O Takt Time** é o ritmo de produção ao qual o cliente consome o produto.

Takt Time = horário de trabalho ( tempo de produção disponível – tempo de parada planejada ) em segundos por mês dividido por total de pedidos do cliente em peças por mês.

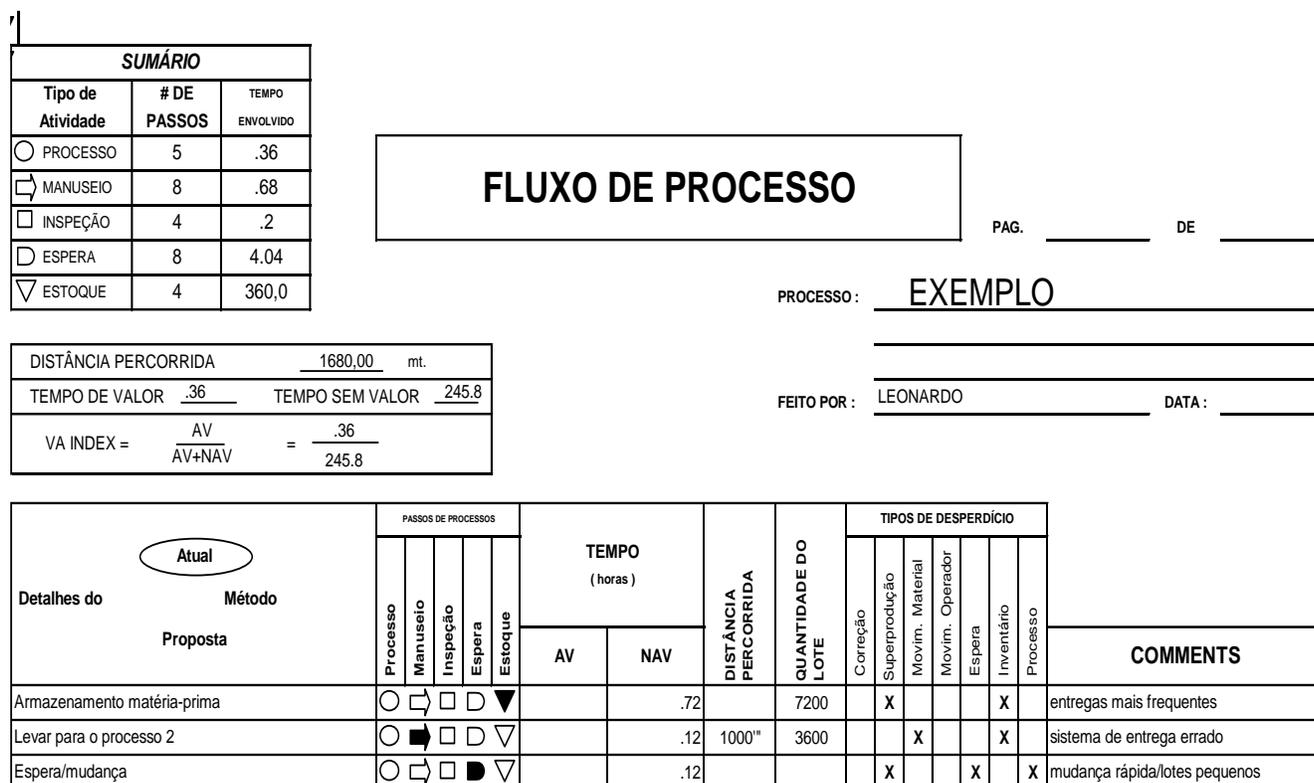
**FM.3- O Tempo do Ciclo Planejado ( TCP )** é o ritmo ao qual a célula ou linha devem trabalhar para alcançar o takt time, considerando o fator da disponibilidade operacional e o fator peso da qualidade.

$$TCP = \frac{\text{takt time} \times \text{fator disponibilidade operacional}}{\text{fator peso da qualidade}}$$

Onde:

- Fator disponibilidade operacional % =  $\frac{\text{Tempo de produção real}}{\text{Tempo de produção planejado}} \times 100$
- Fator peso da qualidade = ( 1 + fator do desperdício + fator do retrabalho )

**FM.4- O Fluxo do Processo** é a atividade que descreve a cadeia de valor de forma a determinar para cada etapa do fluxo do processo o tipo de atividade, tempo, distância percorrida e tipo de desperdício, de maneira a auxiliar na identificação, classificação, quantificação e conseqüentemente apoiar a eliminação dos desperdícios. Como exemplo é apresentado um caso com três atividades ( figura 3.2 ):



**Figura 3.2** Exemplo de Fluxo de Processo

Para a coluna “ passos do processo “ ,tem-se:

- Processo : Transformar , mudança de qualidade , montagem , etc.
- Manusear : Mudar de lugar , movimentar , transportar , caminhar.
- Inspeccionar : Comparar com o padrão , reparar.
- Espera : Espera de lote , mudança de ordem de produção , etc.
- Armazenagem : Estoque de matéria-prima , material em processo , produto acabado.

Para a coluna “ tempos” deve-se separar o tempo que adiciona valor ao produto (AV ) e o tempo que não adiciona valor ao produto ( NAV ).

Para a coluna “tipos de desperdícios “ deve-se selecionar um ou mais tipos de desperdícios referente a atividade.

**FM.5 – Método de trabalho** são atividades que facilitam a visualização e a determinação da melhor condição do processo produtivo, de forma a oferecer aos operadores trabalhos eficientes e seguros, buscando o envolvimento dos mesmos na eliminação dos desperdícios. Tem como objetivo documentar e padronizar o melhor método de trabalho, desenvolver todo o potencial do operador, promover a melhoria contínua visando o máximo de produtividade e reduzir os custos com a eliminação dos desperdícios. Para isto, sugere-se como ferramentas de apoio o Gráfico da Descrição das Operações ( figura 3.3 ), o Gráfico de Balanço da Máquinas (figura 3.4 ) e o Gráfico de Balanço do Operador ( figura 3.5 ) que auxiliam no balanceamento dos tempos de operações dos operadores e máquinas, no registro e padronização da atual e futura condição de trabalho e nas atividades de envolvimento das pessoas.

**FM.6 - Estratégia de Fluxo de Material e Informação** é a atividade que tem o propósito de definir o fluxo de material e informação para um processo específico.

**FM.7 – Mudança no processo** é a atividade que envolve as mudanças no processo com a implementação do novo arranjo-físico, atualização do gráfico da descrição das operações e treinamento dos operadores.

As atividades do elemento Fluxo de Manufatura apresentadas oferecem condições para definir o fluxo do processo produtivo eficiente e sincronizado com a demanda do cliente, mas é necessário assegurar que as interrupções devido as paradas de operação de processo sejam minimizadas de maneira que o material possa ser movido de forma efetiva através do fluxo produtivo e para isto, o Sistema Delphi de Manufatura utiliza-se do elemento Disponibilidade Operacional visto a seguir.



| Operador | Tempo Manual | Tempo Movimentação | Não cíclicos | Tempo total do ciclo do operador | Fator Peso da Qualidade e | Tempo setup | Tempo efetivo do ciclo | Tempo perdido devido a ineficiência | Takt Time | Tempo TPC |
|----------|--------------|--------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------|-------------|------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Op 1     | 12           | 2,5                | 2            | 16,5                             | 1,05                      | 0,08        | 18,71                  | 2,211                               | 19,5      | 18,5      |
|          |              |                    |              |                                  |                           |             |                        |                                     |           |           |
|          |              |                    |              |                                  |                           |             |                        |                                     |           |           |

**Figura 3.5** Gráfico de Balanço do Operador

### 3.3 - Disponibilidade Operacional

A Disponibilidade Operacional trata-se da frente de trabalho, que tem como meta a utilização completa dos recursos produtivos, para cumprir com os pedidos do cliente, maximizando o tempo disponível para a operação, minimizando o impacto do tempo não produtivo, subdividindo-se em:

**DO.1- Relatório de Produção** é uma ferramenta cuja finalidade é de gerenciar o funcionamento de um sistema de manufatura através da coleta e interpretação de dados. Tem um papel importante no alcance e manutenção dos níveis de disponibilidade operacional como meio de identificar e reduzir o tempo não produtivo. Existem dois tipos de relatórios de produção:

- Painel de Estado de Produção. Ferramenta visual da área de produção que a equipe usa para registrar, compreender e comunicar em qualquer momento o estado atual de funcionamento da sua operação, de forma a aumentar a vigilância da operação, forçando o acompanhamento do desempenho horário e direcionar os recursos e atividades na resolução dos problemas.

- Relatório Diário de produção. É uma cópia em papel do Painel do Estado de Produção e utilizado em todas as áreas de produção. Fornece uma base de dados históricos de indicadores de desempenho de manufatura a ser gerenciado pela equipe.

**DO.2- Sistema de Resposta Rápida** é uma ferramenta usada para reação da produção nas situações de anormalidades, facilitando a resolução imediata de questões relacionadas com o tempo de parada e alertando o grupo de apoio responsável pela atividade de suporte. Existem dois sistemas principais de respostas rápidas:

- Sistema Andon

É uma ferramenta de controle áudio/visual de gestão da produção acionado manual ou automaticamente, para sinalizar o estado de operação do equipamento/ posto de trabalho e para ajudar na resposta rápida, solicitando às áreas de apoio (Qualidade, Manutenção, Supervisão,...) auxílio para eventuais necessidades de ajuda, de maneira a aumentar o envolvimento dos operadores na gestão das anormalidades, reduzir o tempo de espera e aumentar o grau de disponibilidade do equipamento/posto de trabalho. Este sistema é a representação do que Womak ( 1998 ) sugere como “monitores eletrônicos “ citado no capítulo 2 deste trabalho.

- Procedimento de Escalada.

São atividades estabelecidas e documentadas que são desenvolvidas para lidar com a resposta das paradas . Em regra geral, a severidade do tipo de parada acionará a escalada desde o Coordenador da Área ao Supervisor de Produção ao Gerente, etc. Como exemplo deste tipo de iniciativa temos a figura 3.6.

| Minutos disponíveis/hora | Objetivo de produção/hora | Coordenador avisa Supervisor se produção inferior a : | Supervisor avisa o Gerente se produção inferior a: |
|--------------------------|---------------------------|---|--|
| 60                       | 145                       | 131   | 113  |
| 55                       | 133                       | 120   | 104  |
| 51                       | 123                       | 111   | 96   |

**Figura 3.6** Exemplo de Procedimento de Escalada

**DO.3- Manutenção Planejada** são atividades realizadas nos equipamentos visando melhorar a disponibilidade dos mesmos e assim, assegurar que os equipamentos/ferramentas estejam prontos e capazes de produzir quando necessário, utilizar os recursos de manutenção de forma efetiva, assegurar a confiabilidade das operações, reduzir os custos das operações, obter a participação dos operadores de produção nas atividades e eliminar os riscos físicos e ambientais. Para isto, tem-se as atividades de planejamento e acompanhamento dos trabalhos de manutenção e processo de manutenção preventiva e preditiva. Segundo o que foi descrito no Capítulo 2, Womak ( 1998 ) revela a preocupação em manter os equipamentos 100 % disponíveis e sugere programa de manutenção conhecido como TPM ( Manutenção Produtiva Total ).

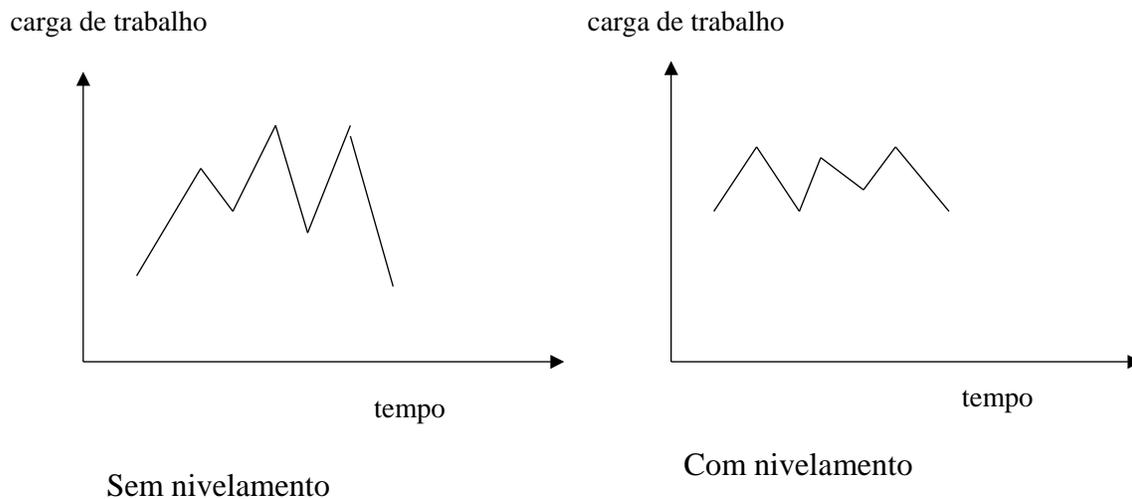
**DO.4- Sistema de Troca ( Preparação) Rápida (SETUP rápido)** é um conjunto de atividades com a finalidade de estabelecer o menor tempo possível necessário para efetuar setup (mudança de especificação) de um produto em determinado processo produtivo, de forma a gerar uma resposta rápida às necessidades do cliente e reduzir o nível de inventário em processo. Para isto, as atividades de setup identificadas como internas ( aquelas que só podem ser efetuadas quando o equipamento se encontra parado ) devem ser convertidas em atividades externas ( aquelas que podem ser realizadas enquanto o equipamento continua em produção ) de modo a não interferir na produção.

Os elementos Fluxo de Manufatura e Disponibilidade Operacional apresentados, procuram assegurar que o material seja movido através do fluxo produtivo do sistema de manufatura de maneira eficiente e sincronizada, com as paradas operacionais de processo minimizadas através do aumento da disponibilidade dos recursos produtivos. Visando apoiar a estratégia de fluxo produtivo, de modo a usar o menor tamanho de lote possível para responder ao que foi requisitado, na quantidade e no prazo solicitado pelo cliente, tem-se o elemento Movimentação de Materiais, apresentado a seguir.

### 3.4 - Movimentação de Materiais

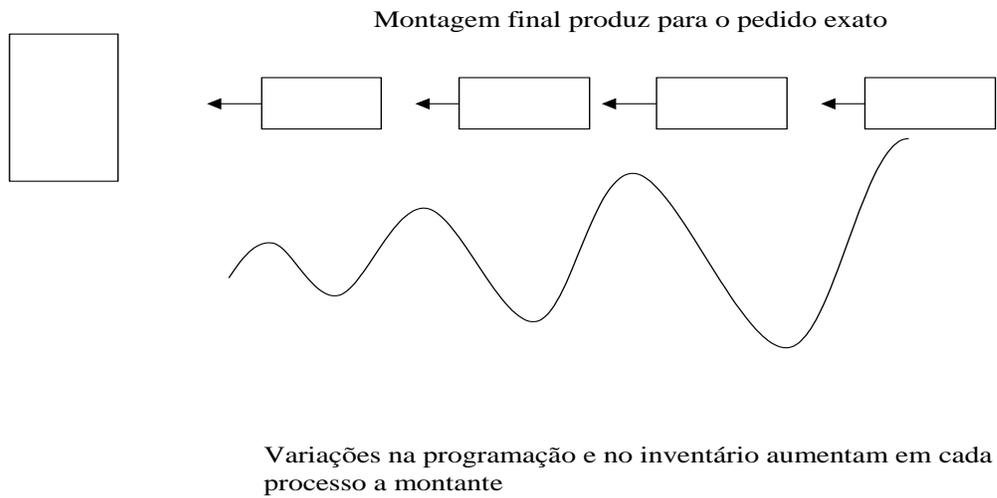
São atividades estabelecidas de forma a criar condições para que o processo mova o material através das operações de manufatura, num determinado fluxo planejado, resultando na entrega da quantidade de produto necessária e a tempo ao cliente. Para isto, são sugeridos pelo DMS os sub-elementos:

**MM.1- Nivelamento da Produção** é uma atividade que visa amortecer o processo de manufatura interno das variações das necessidades de envios externos através da programação do processo marca-passo ( processo que puxa o material de todos os processos de alimentação da cadeia de valor) para produzir um inventário de produto acabado baseado numa cadência repetível de forma a permitir que os envios para o cliente sejam retirados do inventário de produto acabado. As figuras 3.7, 3.8 e 3.9 são apresentadas para facilitar o entendimento:



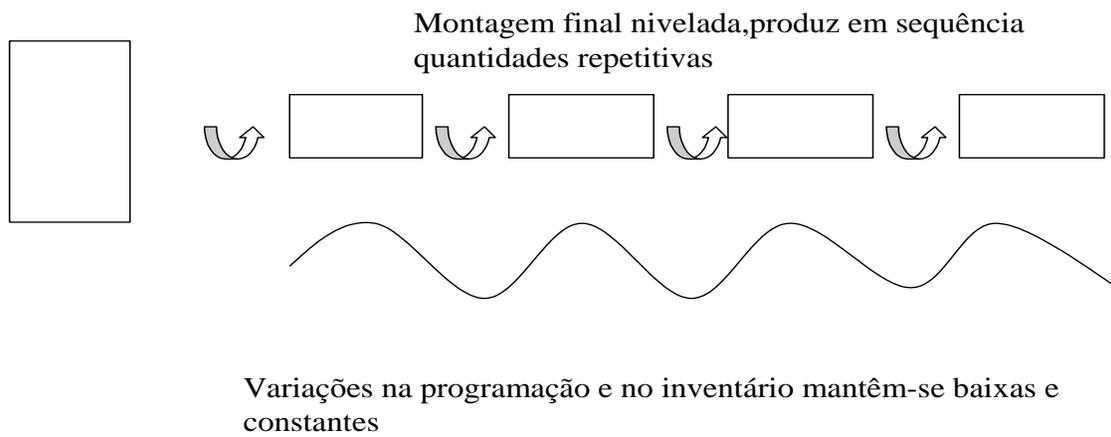
**Figura 3.7** Figura ilustrativa sobre nivelamento da produção

Programação Tradicional



**Figura 3.8** Figura ilustrativa sobre Nivelamento da Produção

Programação Nivelada



**Figura 3.9** Figura ilustrativa sobre nivelamento da produção

**MM.2- Plano para cada componente** é uma atividade que identifica e cria um plano detalhado para cada peça numa base de dados eletrônica considerando todos os aspectos do sistema de movimentação de material, de maneira a facilitar as atividades de movimentação de materiais e apoiar a melhoria contínua.

A base de dados pode conter as seguintes informações:

- Número da peça.
- Peso da peça.
- Quantidade por embalagem padrão.
- Tipo e dimensões do contenedor.
- Dados do fornecedor.
- Frequência de envios.
- Localização do armazém e de utilização.
- Método de armazenamento e entrega.
- Consumo médio.
- Marcadores de nível de máximo e mínimo.

**MM.3- Supermercado/ Armazém a granel** é a área designada para armazenar o inventário de material comprado em processo e acabado, quer em contenedores portáteis ou a granel, visando organizar e controlar os níveis de inventário, apoiar o processo de entregas normalizadas e permitir a organização do posto de trabalho. Os Supermercados/Armazéns devem ser organizados por rota de entrega e por fornecedor. Também devem ser definidas locações para cada peça e corredores de recolha e abastecimento de forma a permitir o sistema FIFO ( o primeiro que entra é o primeiro que sai). Os supermercados devem estar alinhados com o fluxo produtivo e perto da área de fornecimento.

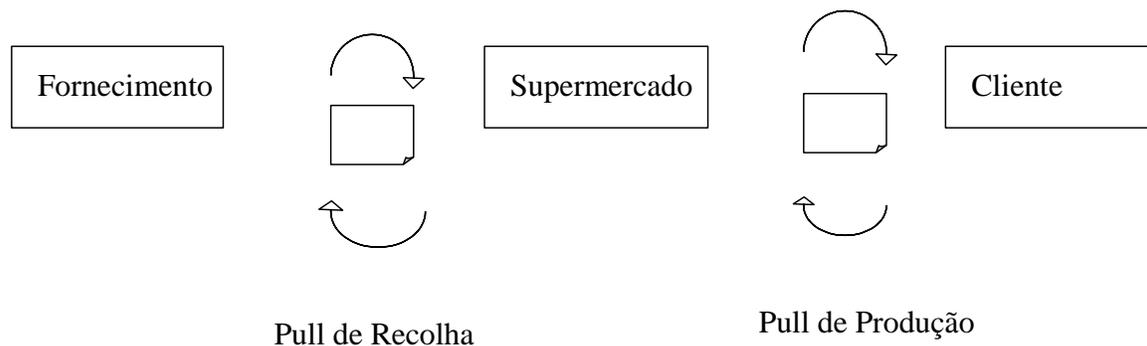
**MM.4- Contenerização** é a atividade que tem como objetivo estabelecer o processo de embalagem de peças em lotes reduzidos resultando na disposição da peça, de forma a eliminar o desperdício de movimento do operador, visando eliminar atividades não-cíclicas e sem valor adicionado, apoiar o manuseio ergonômico durante o envio, armazenamento e entrega e reduzir o inventário através da estratégia de lotes pequenos.

**MM.5- Sistema puxado ( PULL )** é a ferramenta usada para controlar o fluxo dos recursos substituindo apenas o que foi consumido, com o objetivo de estabelecer um método simples e visual para controlar e equilibrar o fluxo de recursos com a taxa de consumo, ligar o fluxo de material e de informação entre os processos e eliminar os desperdícios de manuseio, armazenamento e inventário.

Tipos de sistemas “PULL”:

- PULL de Recolha – Autoriza o movimento do material do armazém para o local na produção.  
Meios de sistema: Cartões de recolha, Troca de contenedor e Pull Eletrônico.
- PULL de Produção – Autoriza a manufatura de determinado sub-produto/produto a pedido de etapa posterior.  
Meios de sistema: Painel de PULL Vermelho-Amarelo-Verde, Painel de PULL de tamanho de lote, PULL de troca de contenedor.

A figura 3.10 resume o papel do sistema “PULL” no processo produtivo.



**Figura 3.10** Figura representativa do sistema “PULL”

**MM.6- Rotas de entrega internas** são procedimentos definidos para reabastecer e retirar contenedores vazios e de material ( comprado, em processo e produto acabado ) com base numa rota de entrega, na forma de atividade fixa e pré-determinada, utilizando o sistema “PULL” em um número específico de pontos de uso na produção, visando melhorar o fluxo de material e estabelecer entregas freqüentes em pequenos lotes.

Até o momento, os elementos Fluxo de Manufatura, Disponibilidade Operacional e Movimentação de Materiais apresentados procuram estabelecer atividades, ferramentas ou procedimentos no sentido de fornecer condições para que o material possa ser eficientemente transformado em produto, através do processo produtivo, com mínimas interrupções operacionais no fluxo produtivo e com o menor tamanho de lote possível, atendendo à demanda do cliente em termos de quantidade e prazo determinado. Como as interrupções do fluxo produtivo podem ser ocasionadas, não somente por motivos operacionais, mas também por motivos da qualidade do produto, o elemento Qualidade, que será apresentado, vem apoiar o Sistema de Manufatura otimizando o fluxo produtivo e também proporcionar meios de alcançar a melhoria contínua.

### 3.5 - Qualidade

O elemento Qualidade tem como propósito dar meios para que a organização possa exceder às expectativas dos clientes através da melhoria contínua e otimizar o fluxo produtivo, evitando as não-conformidades aos requisitos dos clientes.

Os sub-elementos são apresentados:

**Q1- Anti-erro ( poka-yoke )** são atividades que desenvolvem meios para antecipação, prevenção e detecção de erros que afetam negativamente os clientes ou que resultam em desperdícios. É recomendado a instalação de dispositivos de inspeção que incorporados no processo detectarão defeitos e evitarão que possam chegar à operação seguinte. Nas literaturas, Womak ( 1998 ) revela a importância das técnicas poka-yoke, também chamada de sistemas à prova de erros.

**Q2- Controle do Processo** é um conjunto de atividades efetuadas pela fábrica para garantir que o cliente receba produtos de acordo com as especificações. Tem como objetivo manter e melhorar continuamente a capacidade de um processo. Algumas destas atividades podem ser associadas ao Plano de Controle de Processo, as Instruções de Trabalho, a Verificação de Set-up, a Certificação de Operadores e o Estudo de Capacidades dos Processos.

**Q3- Processo de melhoria contínua** são atividades que levam à identificação e eliminação de desperdício e o processo em nível melhorado de desempenho . A Metodologia de Análise e Solução de Problemas ( MAPS ) é uma das ferramentas utilizadas no processo de melhoria contínua.

**Q4- Processo de Detecção, Resolução e Prevenção de Problemas de Qualidade** são atividades associadas aos problemas de qualidade do produto. Recomenda-se utilizar a Metodologia de Análise e Solução de Problemas ( MAPS ) como ferramenta, de modo a obter a satisfação dos clientes.

Os elementos Fluxo de Manufatura, Disponibilidade Operacional, Movimentação de Materiais e Qualidade, até agora descritos e conjuntamente aplicados, fornecem subsídios para que o Sistema de Manufatura tenha um comportamento em que o fluxo produtivo seja contínuo, ou seja, sem interrupções por problemas operacionais ou de qualidade e trabalhe de maneira sincronizada e eficiente, com o menor tamanho de lote possível, de modo a atender à demanda do cliente, buscando sempre a melhoria contínua. Além disto, para complementar o Sistema de Manufatura julgou-se necessário proporcionar ao funcionário um ambiente seguro, limpo e organizado, como também, facilitar a compreensão das anormalidades da produção. Para suprir esta necessidade o DMS estabeleceu atividades referentes ao elemento Organização do Posto de Trabalho , descritos na seqüência.

### **3.6 - Organização do Posto de Trabalho**

É um conjunto de atividades que fornecem uma ferramenta de gestão visual que facilita o fluxo do produto e da informação, através da aplicação de práticas padrão. Proporcionam ao funcionário um ambiente limpo e organizado.

De maneira geral, a Organização do Posto de Trabalho está dividido em seis sub-elementos:

**OP.1 Organização e Limpeza** são atividades que tem como finalidade limpar e organizar a área de trabalho através dos seguintes passos:

### Predispor

Todo material que estiver no local de trabalho deve ser usado frequentemente. Os objetos não necessários deverão ser disponibilizados em área apropriada.

### Organizar

Deve ser definido e mantido um lugar específico para cada item. Os materiais devem ser armazenados de forma a eliminar o desperdício de movimentos e reduzir o stress ergonômico do operador.

### Limpar

Este processo deve ocorrer regularmente e as causas da sujeira devem ser avaliadas para a tomada de ações corretivas irreversíveis.

### Manter

Um documentado plano de limpeza geral deve ser implementado para manter as atividades. Sistemas padrões como etiquetas e marcadores no chão devem ser adotados para identificar anormalidades rapidamente. Tarefas diárias aos operadores devem ser designadas e documentadas como forma de manter a área ordenada.

**OP.2- Controle Visual** são atividades que têm como objetivo fornecer informações importantes sobre o funcionamento do processo , de modo a identificar, instruir ou indicar condições normais e anormais . As atividades eliminam o tempo de procura e permitem um maior controle sob a área de trabalho. Womak ( 1998 ) revela a importância dos controles visuais de processo e alguns pontos foram relatados no Capítulo 2.

### Exemplos de controles visuais:

- Painel de sinal "PULL".
- Sistema de etiquetas para os limites de máximo e mínimo de aparelhos de medição.
- Painel de reconhecimento da equipe.
- Sistema Andon de resposta rápida.
- Painéis de Manutenção Preventiva e Preditiva.
- Painéis de sombra de ferramentas.

**OP.3- Sistema de Endereçamento** é um procedimento estabelecido para definir a maneira alfanumérica lógica e padrão e a forma de identificar as diversas localizações na fábrica para operar de maneira eficiente.

**OP.4- Apresentação dos componentes / ferramentas** são atividades que determinam a melhor maneira de expor os componentes ( peças ) e ferramentas necessários para a confecção do produto dentro da área de intervenção do operador , de modo que, sejam fáceis as atividades de ver, apanhar, devolver e assim, eliminar o desperdício de movimento, eliminar o stress ergonômico no posto de trabalho e regularizar o fluxo dentro da célula. Estas iniciativas foram citadas na literatura por Hines e Taylor ( 2000 ) e mencionado no Capítulo 2 .

**OP.5- Centro de Comunicação da Fábrica** é a área da fábrica acessível a todos os empregados e que é usada para exibir informações de interesse geral , tais como:

- Situação do processo de implementação das atividades Lean.
- Indicadores gerenciais da empresa.
- Prêmios e certificados recebidos.
- Boas-vindas aos visitantes.

**OP.6- Centro de Informação da Área** é um local próximo a cada linha de produção/posto de trabalho usada como meio de comunicação entre a liderança, grupo de suporte e operadores com o objetivo de divulgar preocupações aos grupos de suporte e comunicar as informações pertinentes a determinada área produtiva, tais como:

- Produtividade, eficiência, tempos de paradas.
- Informações de segurança referentes à linha produtiva ou posto de trabalho.
- Matriz de treinamento da equipe.
- Reclamações de clientes relativas ao produto.
- Resultados gerais de qualidade da linha produtiva.

Terminada a apresentação dos elementos Fluxo de Manufatura, Disponibilidade Operacional, Movimentação de Materiais, Qualidade e Organização do Posto de Trabalho, resta ainda uma lacuna importante a ser preenchida relacionada às pessoas da organização. Para isto, o Sistema Delphi de Manufatura definiu algumas atividades no sentido de proporcionar um ambiente favorável à competência operacional e à formação de equipes autogerenciáveis e criou o sexto elemento denominado Ambiente e Envolvimento dos Empregados, relatado a seguir.

### **3.7 - Ambiente e Envolvimento dos Empregados**

São atividades voltadas para que as pessoas dentro da organização trabalhem em equipe para continuamente melhorar e atingir os objetivos comuns. Para isto, os sub-elementos são apresentados:

**EE.1- Crenças e Valores** é a atividade que retrata a definição e divulgação dos princípios básicos adotados pela organização de modo a alcançar a satisfação do cliente. Tem como objetivo apoiar a implementação dos trabalhos do DMS e direcionar o comportamento da liderança no sentido dos trabalhos propostos.

**EE.2- Comunicação Interna** são atividades que visam definir a maneira de partilhar e trocar informação em todos os níveis hierárquicos para atender a boa compreensão, divulgar as estratégias do negócio e trabalhar a qualidade da informação.

**EE.3- Programa de Formação e Instrução** são atividades baseadas num método estruturado de identificar as necessidades de formação e instrução para que possam administrar, analisar e continuamente melhorar o processo produtivo.

**EE.4- Programa de Sugestões** são atividades para estimular a participação dos funcionários nas atividades de melhoria contínua e prover estrutura para reconhecer os esforços.

**EE.5- Sistema de Reconhecimento das Pessoas** são atividades que visam reconhecer as pessoas e equipes cujos comportamentos servem de exemplo às crenças e valores da organização e proporcionar a mudança de comportamentos, práticas e princípios .

**EE.6- Equipes Auto Gerenciáveis** são atividades que visam estabelecer grupo de pessoas responsáveis por determinado processo produtivo. Este grupo é designado para planejar e gerenciar suas atividades, discutir soluções para os problemas, propor melhorias e efetivamente fazer as tarefas.

Como exemplo, tem-se:

|                         | Sistema Tradicional                       | Sistema de Equipe Auto Gerenciável |
|-------------------------|---|------------------------------------|
| Atividades Operacionais | Operador/Chefe de Equipe/Técnico de Apoio | Operador                           |
| Atividades de Melhoria  | Supervisor/Engenheiro                     | Grupo                              |
| Atividades Gerenciais   | Supervisor                                | Grupo                              |

**Figura 3.11** Atividades de Equipe Autogerenciável

**EE.7- Processo de Certificação do Operador** são atividades que têm como objetivo, certificar a formação e treinamento do operador no posto de trabalho de forma a assegurar o conhecimento, a aptidão e as técnicas necessárias para operar o equipamento de forma segura e eficiente e assim, melhorar a qualidade do produto, permitir a rotatividade nos postos de trabalho e identificar as necessidades de treinamento e formação.

Desta maneira, o Sistema Delphi de Manufatura composto dos elementos Fluxo de Manufatura, Disponibilidade Operacional, Movimentação de Materiais, Qualidade, Organização do Posto de Trabalho e Ambiente e Envolvimento dos Empregados, conjuntamente, oferecem condições para que o produto possa ser transformado através de um processo de fluxo contínuo, com mínimas interrupções do fluxo produtivo por questões operacionais ou de qualidade, com o menor tamanho de lote possível, atendendo à demanda do cliente em termos de conformidade do produto, quantidade e prazo determinado, proporcionando aos funcionários um ambiente seguro,

limpo e organizado, permitindo que as equipes possam além de fazer suas tarefas, planejar e gerenciar suas atividades e efetivamente trabalhar no caminho da melhoria contínua.

A literatura do DMS descreve também algumas atividades básicas de preparação para os seis elementos, para serem desenvolvidas logo no início do programa de implementação do Sistema Delphi de Manufatura, descritas a seguir.

### **3.8 - Atividades de preparação para os elementos.**

São atividades que antecedem a implementação dos elementos e que devem ser executadas no início do programa de implementação do Sistema de manufatura.

**PS.1- Estrutura Organizacional** é a atividade que estabelece a equipe necessária para implementar e manter o DMS, além de detalhar as tarefas e responsabilidades. Segue de forma similar a idéia definida por Womak ( 1998 ) relatado no Capítulo 2 deste trabalho, embora foi feita referência como Estrutura Organizacional de Programa de Implementação de Manufatura Enxuta.

- Direção da Empresa.
  - Desenvolver uma visão enxuta para toda a Companhia.
  - Assegurar que os conceitos do DMS sejam praticados em toda a Companhia.
  - Ser a primeira fonte para a comunicação e disseminação dos trabalhos DMS.
- Gerência da Fábrica.
  - Liderar o planejamento da fábrica nas atividades DMS.
  - Ser mentor do processo de transformação.
  - Desenvolver-se no sentido de tornar-se um especialista no assunto.
  - Acompanhar o desenvolvimento dos trabalhos de implementação.
- Especialista/Gestor DMS .
  - Ser o conselheiro da Gerência da Fábrica em assuntos relacionados com a implementação do programa DMS.
  - Fornecer orientação em iniciativas da fábrica referente às atividades DMS.

- Manter-se atualizado com relação às últimas estratégias e tecnologias do DMS para divulgação pela organização.
- Equipes de Implementação Multi-Funcionais.
- Apoiar as atividades através do desenvolvimento detalhado de implantação dos trabalhos referente a cadeia de valor.
- Fornecer o conhecimento específico do processo, necessário para gerar melhorias.

**PS.2- Formação** são atividades que estabelecem meios para assegurar um modo estruturado para o conhecimento e entendimento do DMS, auxiliando na implementação do sistema.

**PS.3- Avaliação do Sistema** é a atividade que tem como o objetivo medir e avaliar a posição atual de implementação do DMS para confirmar o que foi alcançado durante os trabalhos.

**PS.4- Indicadores** são os medidores de performance a serem definidos pela organização e usados como meio de avaliar numericamente os resultados operacionais da empresa.

Neste capítulo, pôde-se ver o modelo do Sistema Delphi de Manufatura criado com base nos princípios do pensamento enxuto. Procurou-se descrever de forma resumida as atividades, as ferramentas ou procedimentos dos seis elementos e as atividades de preparação de implementação dos elementos, já que o objetivo inicial do trabalho não é o estudo aprofundado de cada sub-elemento relatado, mas um roteiro geral de implementação do sistema de manufatura. No roteiro final não há necessariamente a intenção de seguir a forma apresentada, já que o mesmo terá influência dos estudos da filosofia lean e o caso prático de implementação.

No Capítulo 4, apresenta-se o caso prático de implementação de Modelo de Manufatura Enxuta ocorrido na Planta de Paraisópolis da Delphi Automotive Systems, pioneira nestas atividades dentre as empresas da organização na América do Sul.

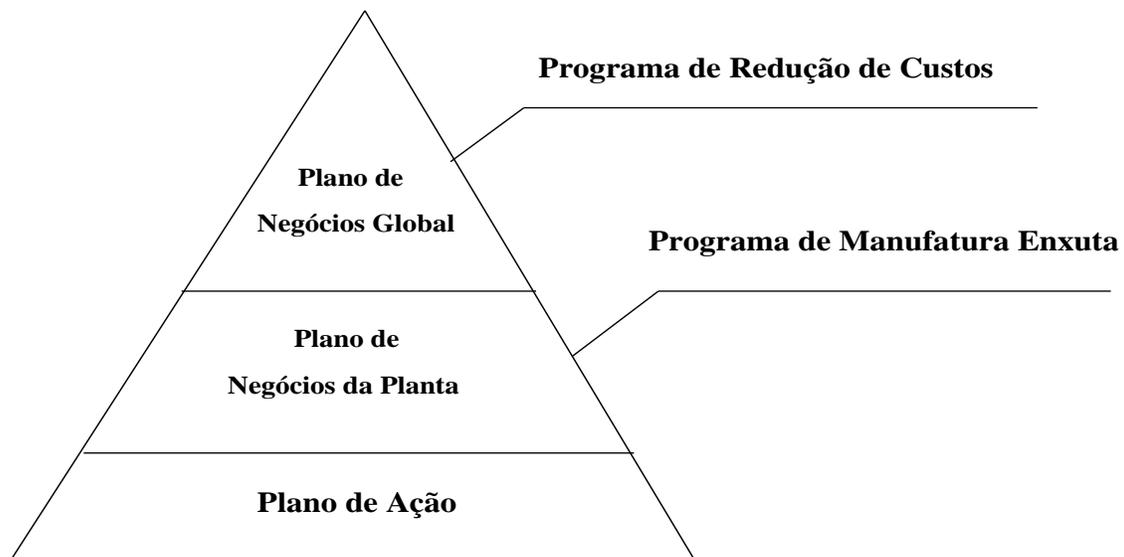
# CAPÍTULO 4

## Relato do Caso

### 4.1 – Histórico

A Delphi Packard Electric System - Planta de Paraisópolis, empresa de autopeças do segmento de sistemas de distribuição de energia, inaugurada em 1989 e trabalhando em sistema de produção em massa, época em que era uma divisão da General Motors do Brasil ( GMB ), tinha uma cultura de alto nível de inventário de material em processo, superprodução e produção departamentalizada, já que, não haviam fortes razões de redução de preços, pois, a maior parte da produção era absorvida pela Matriz GMB.

Em 1999 deu-se início em nível mundial, ao processo de separação visando melhorar a competitividade de ambas as empresas e proporcionar à Delphi a abertura de novos negócios. Este motivo, associado às entradas de novos concorrentes do ramo de autopeças e a vinda de novas montadoras, fizeram com que o programa de implementação do modelo de manufatura enxuta, fosse priorizado entre as atividades do próximo ano.



**Figura 4.1** Pirâmide do Plano Estratégico da Delphi

No final do ano de 2000, após a conclusão da separação, iniciou-se a estruturação do processo de implementação de programa de manufatura enxuta na Planta de Paraisópolis, tendo como base o Sistema Delphi de Manufatura ( DMS ), criado em 1996, dentro dos princípios do Pensamento Enxuto como visto no capítulo 2 anterior, contendo os planos estratégicos mostrado na figura 4.1.

## **4.2 - Planejamento do Sistema Delphi de Manufatura**

Iniciaram-se as atividades pelo Planejamento do Sistema seguindo o que foi sugerido no Manual do DMS. Como dito anteriormente, o manual recomenda algumas iniciativas referentes ao planejamento do DMS, descreve os elementos do sistema na forma de sub-elementos, mas não menciona como desenvolver o programa de maneira geral, qual é a diretriz geral para o planejamento do DMS, qual dos sub-elementos é pré-requisito para os demais, o que gerou uma série de dúvidas durante esta etapa e nas etapas posteriores, sendo esta, a principal razão pela qual este trabalho foi concebido. À partir de consenso entre a chefia da planta, chegou-se às ações na ordem cronológica em que serão reportadas:

Definiu-se o time de implementação do programa de manufatura enxuta, composto de uma equipe de dois Engenheiros, um Técnico de Processo, uma Coordenadora de Time de Produção, um Técnico de Treinamento e uma Estagiária de Engenharia para compor a frente dos trabalhos de implementação, todos se reportando para o Supervisor de Engenharia Industrial, nomeado Gestor do Programa, com dedicação integral para as atividades. Assim, o time de implementação convocou reunião com a chefia da planta para avaliar a situação atual da empresa, referente aos elementos do DMS e para cada um dos sub-elementos foram consideradas notas variando de 1 a 4, conforme estágio de desenvolvimento, exemplificado na figura 4.2.

Dando seqüência às ações, a equipe de implementação levantou o mapa da cadeia de valor atual ( exemplo da figura 2.1 ) referente ao fluxo produtivo do produto de maior volume e nível de complexidade e com isto, adotou-se o mapa representativo da planta, por se tratar de uma atividade bastante dispendiosa em termos de tempo de execução. Para isto, seguiu-se os critérios relatados por Rother e Shook (1998) no Capítulo 2 deste trabalho e pelo elemento fluxo de manufatura relatado no Capítulo 3 – FM.1.

|  |     |
|--|-----|
| ELEMENTO DISPONIBILIDADE OPERACIONAL       | 2,5 |
| Sub-elementos                              |     |
| Porcentagem de Disponibilidade Operacional | 2,0 |
| Manutenção Planejada                       | 3,0 |
| Set-Up rápido                              | 2,5 |

|   |     |
|---|-----|
| ELEMENTO ORGANIZAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO | 2,2 |
| Sub-elementos                             |     |
| Organização e Limpeza                     | 3,0 |
| Controle Visual                           | 1,0 |
| Endereçamento                             | 2,5 |

**Figura 4.2** Exemplo de avaliação atual de dois dos elementos do DMS

De posse destas informações, realizou-se workshop entre o Gestor do Programa e os membros da chefia da planta para as definições das diretrizes de implementação conforme plano estratégico da empresa.

Primeiramente fez-se uma proposta de cadeia de valor futuro referente a dezembro/2001 e definiu-se as seguintes metas e ações básicas:

Redução do inventário de matéria-prima em 55 %.

Ações básicas:

- Criação de condomínio para os fornecedores de cabos.
- Entrega de matéria-prima direto no ponto de uso com a eliminação da área de serviço.
- Ajuste do tamanho e quantidade de contenedores de componentes.

Redução do material em processo em 50%.

Ações básicas:

- Dedicção de prensas nas linhas produtivas.
- Dedicção das máquinas de junção de circuitos nas linhas produtivas.
- Redução do número de circuitos em processo.
- Sincronização das operações de sub-montagem às linhas de montagem.

Redução do inventário de produtos acabados em 33%.

Ações básicas:

- Implementação do Nivelamento da Produção.

Estabelecidas as metas e ações, definiu-se por consenso entre os participantes do workshop, três métodos como estratégia para o envolvimento e comprometimento dos empregados no programa, seguindo a orientação do DMS.

#### 1 - Envolvimento da liderança

A participação efetiva da liderança ( figura 4.3 ) no processo de divulgação, objetivando a conscientização da importância dos trabalhos de redução de custo e da participação de todos.



**Figura 4.3** Envolvimento da liderança

#### 2- Treinamentos

Um programa de treinamento intensivo foi realizado em todos os níveis da fábrica. Entre os cursos ministrados destacam-se o de conceitos de manufatura enxuta e sistema de troca rápida ( figuras 4.4 e 4.5 ).

### 3 – As cinco formas de comunicação

Um processo de cinco formas de comunicação foi empregado. Utilizou-se os quadros de aviso da empresa, os cartazes distribuídos pela fábrica, a encenação de peça de teatro, o centro de informação da área e o centro de comunicação da planta ( figura 4.6 ), sendo que, os dois últimos embora parte do DMS, já haviam sido implementados antes do início do programa. O Centro de comunicação da planta foi criado na área produtiva tendo como base as diretrizes do elemento, organização do posto de trabalho do D.M.S. para a divulgação das seguintes informações:

- Divulgação dos princípios lean.
- Divulgação do plano de ação do programa lean.
- Divulgação do estágio de evolução do programa lean.
- Divulgação dos sete tipos de desperdícios.
- Publicação dos medidores chaves da empresa.
- Divulgação das informações de segurança.



**Figura 4.4** Treinamento de manufatura enxuta



**Figura 4.5** Treinamento de sistema de troca rápida



**Figura 4.6** Centro de comunicação da planta

Como último assunto tratado durante o workshop, decidiu-se atuar em três frentes de trabalho referente aos elementos fluxo de manufatura, movimentação de materiais e disponibilidade operacional, já que, entendeu-se que a condição do elemento qualidade, após a certificação às normas QS 9000 em 1998, o elemento ambiente e envolvimento dos empregados, após a implementação do programa interno de recursos humanos apresentavam uma condição parcial satisfatória, bem como, o elemento organização do posto de trabalho após implementação de programa 5 S. Definiu-se para início dos trabalhos e como unidade piloto uma das áreas de fabricação de sistema de distribuição de energia ( chicotes ) de determinado veículo com seis linhas distintas de famílias de produtos. Fatores que motivaram a escolha foram:

- Área de maior volume de produção .
- Área produtiva responsável pelo fornecimento de peças para outros países.
- Área produtiva responsável pelo suprimento de chicotes para dois clientes nacionais.
- Área que conta com um forte concorrente no mercado interno.

Assim, deu-se continuidade às atividades, desenvolvendo o plano de ação das frentes de trabalho ( fluxo de manufatura, movimentação de materiais e disponibilidade operacional ) simultaneamente, de forma que as atividades fossem iniciadas e concluídas em determinada linha de produção, antes do início de implementação nas demais linhas produtivas. O Técnico de Treinamento ficou responsável por informar e treinar os envolvidos quanto às mudanças.

Definiu-se os relatórios de acompanhamento do programa de manufatura enxuta de maneira a permitir que a equipe de implementação, durante o decorrer das atividades, possa reportar as ações executadas, os resultados alcançados e as atividades planejadas.

Até este ponto, as atividades foram executadas na ordem citada. As ações das implementações referentes aos três elementos foram realizadas com a divisão da equipe de implementação em três times que contaram com o apoio da chefia das áreas envolvidas. Os trabalhos desenvolvidos em cada elemento serão relatados individualmente:

## **4.3 - Ações das implementações dos elementos**

### **4.3.1 - Elemento fluxo de manufatura**

A seqüência de atividades dos sub-elementos foram as seguintes:

A - Mapeamento da cadeia de valores.

Realizou-se esta atividade na fase anterior de planejamento do Sistema Delphi de Manufatura, já comentado a respeito deste sub-elemento.

B - Fluxo de processo.

Levantou-se o fluxo do processo da linha de produção piloto, detalhando todas as atividades da cadeia desde o recebimento da matéria-prima até o envio ao cliente definindo o tipo de processo, o tempo da operação, distância percorrida e o tipo de desperdício. Dividiu-se os tempos de operação entre atividades que agregam valor e que não agregam valor.

C - Implementação das células de produção

Fez-se um estudo para implementação de células de produção de fluxo contínuo nas áreas produtivas representativas da unidade piloto e após aprovação de todos os envolvidos no processo, estabeleceu-se novo arranjo-físico, seguidas das iniciativas:

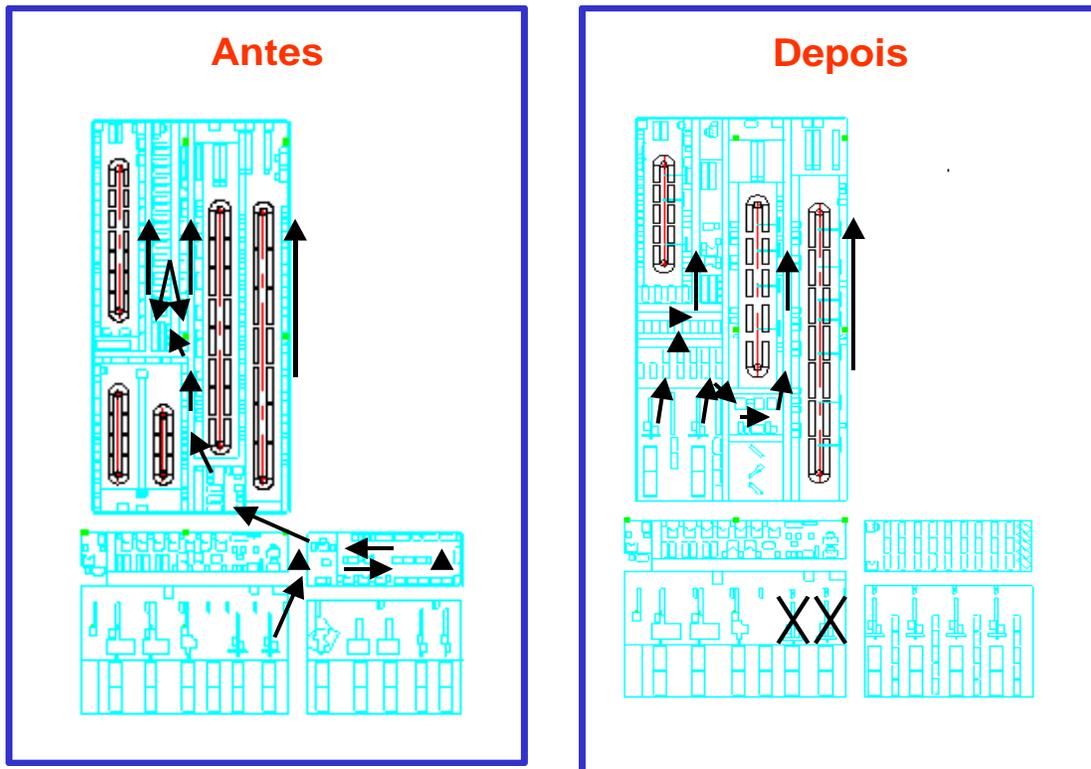
- Dedicção de máquinas de corte, prensa e máquinas de junção à linha de montagem. As figuras 4.7, 4.8 e 4.9 exemplificam as ações.
- Redução da capacidade das linhas de montagem após o cálculo do takt time.
- Rebalanceamento das linhas de montagem.
- Redução do inventário de circuitos em processo.



**Figura 4.7** Vista do arranjo-físico anterior referente a área de máquinas de corte que mostra o processo produtivo departamentalizado.



**Figura 4.8** Vista do arranjo-físico atual que mostra a máquina de corte dedicada à linha de produção.



**Figura 4.9** Figuras representativas do fluxo de material em processo antes e após a implementação do novo arranjo-físico

### 4.3.2 - Elemento movimentação de materiais

Seqüências das atividades:

A - Desenvolvimento do plano para cada componente.

A partir da previsão do programa do cliente, explodiu-se os produtos acabados, totalizou-se em componentes e para cada um deles, calculou-se os consumos diários médio e criou-se banco de dados para base da contenerização. Para cada item, definiu-se além do consumo diário, a unidade de medida, o inventário físico planejado, o valor em dólar da peça, nome do fornecedor e país de origem, número da locação do armazém e quantidade padrão da embalagem do fornecimento.

## B- Contenerização.

Estabelecido o plano para cada componente, definiu-se a partir de uma lista normalizada, os contenedores para cada componente de forma que as quantidades foram fracionadas para o consumo de um dia de produção em três contenedores “PULL” (Kanban), com o objetivo de manter um contenedor no ponto do uso, um no ponto de espera e outro em regime de movimentação, apoiando assim a implementação de rotas de entregas.

Dimensionou-se os contenedores conforme a geometria e tamanho da peça ( figura 4.10 ) e definiu-se as locações dos contenedores nas linhas de forma a eliminar movimentos desnecessários dos operadores. Fixou-se em cada um a peça padrão para referência com a devida identificação. Incluiu-se na identificação dados como local de produção, nome e número da peça, local do armazém do estoque / armazenamento na linha produtiva e quantidade por contenedor. Minimizou-se o manuseio, desenvolvendo um trabalho com os fornecedores, objetivando o recebimento dos materiais em embalagens com quantidades adequadas ao consumo, permitindo a utilização da própria embalagem do fornecedor nos supermercados ( figura 4.11 ).



**Figura 4.10** Exemplo de contenerização .



**Figura 4.11** Exemplo mostra a embalagem do fornecedor na linha de produção para evitar operações de transbordo.

#### C- Supermercado e sistema de endereçamento.

Desenvolveu-se novas prateleiras para o supermercado de componentes de forma a oferecer condição para que o primeiro contenedor de componentes que entrar seja o primeiro a sair (FIFO) ( Figura 4.12 ).

Adotou-se locação única para cada componente. Alterou-se o arranjo físico de modo a permitir que as prateleiras fossem posicionadas próximas às estações de trabalho, eliminando os movimentos e movimentações desnecessárias da operação e para que fossem estabelecidos corredores de trabalho e de abastecimento independentes.

Endereçou-se as locações dos supermercados de forma sistemática para servir de referência para os identificações dos contenedores.

#### D- Rotas de entregas

Detalhou-se as principais atividades de abastecimento de componentes como preparação de embalagens, movimentação , suprimento do supermercado intermediário e recolhimento de

caixas vazias, em sub-operações e estabeleceu-se equipamentos e tempos-padrão para cada tarefa.

Definiu-se um trajeto em conjunto com a frequência de abastecimento em cada local do supermercado.



**Figura 4.12** Exemplo de supermercado na linha produtiva que mostra um corredor de alimentação e outro corredor de ponto de uso.

#### E- Sistema puxado ( pull ) interno

Estabeleceu-se um sistema pull de componentes de forma que o contenedor vazio funcione como sinal físico para autorizar a reposição do material no supermercado.

Definiu-se para casos específicos, o abastecimento da linha na própria embalagem do fornecedor, como meio de eliminar operações de transbordo. Cartões pull (kanban) foram criados para movimentar o sistema. Para os casos de abastecimento de circuitos e sub-conjuntos de circuitos já havia sido estabelecido um sistema pull na forma de ganchos.

### 4.3.3 - Elemento disponibilidade operacional

A - Sistema de troca rápida.

Promoveu-se um workshop específico para este assunto, quando adotou-se a metodologia SMED ( Single Minute Exchange Die ), visando estabelecer os tempos de troca de produtos nas máquinas de corte de circuitos, em menos de 10 minutos, de forma organizada e padronizada, buscando a disponibilidade do equipamento. Durante o workshop definiu-se a máquina piloto de corte de circuitos para início dos trabalhos. Fez-se a filmagem do processo atual de troca de ferramentas de máquinas de corte, descreveu-se as atividades de troca de ferramenta com o auxílio do operador responsável pela operação, analisou-se a filmagem de forma a separar as atividades internas e externas ( atividades internas são aquelas que são efetuadas com a máquina parada e atividades externas são aquelas efetuadas com a máquina em funcionamento ) e definiu-se a planilha do processo atual conforme classificação das atividades em preparação, reposição, locação e ajustes.

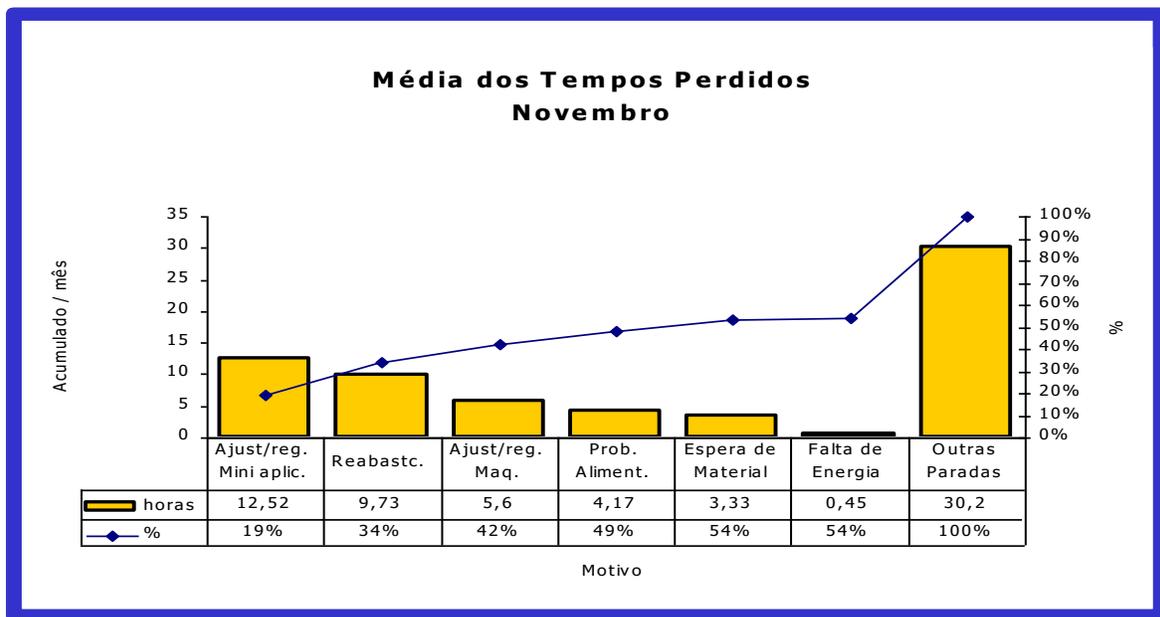
Feito isto, converteu-se parte das atividades internas em externas, padronizou-se o novo processo de set-up, após as melhorias. Realizou-se treinamento com o pessoal envolvido e foram agendadas reuniões diárias para acompanhamento dos resultados, através do centro de informações, criado especialmente para exposição dos gráficos de resultados do SMED.

B - Relatório diário de produção.

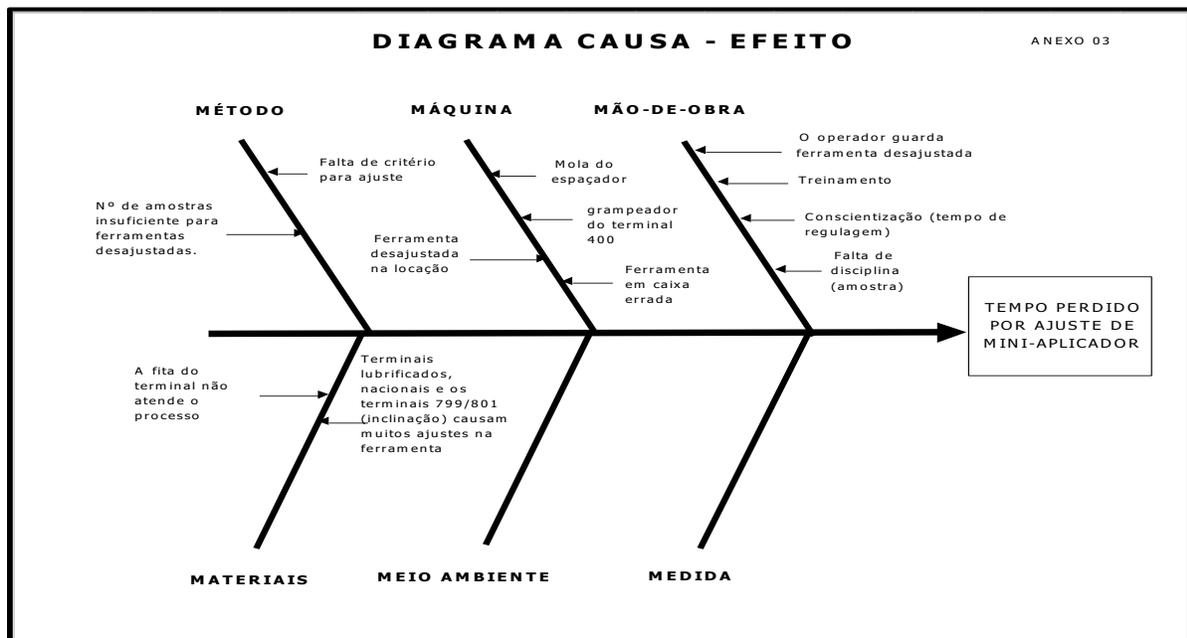
Desenvolveu-se o relatório diário de produção como ferramenta para melhorar o funcionamento do sistema de manufatura através da recolha e interpretação de dados. O relatório diário de produção foi utilizado como uma importante ferramenta para alcançar e manter o alto nível de disponibilidade operacional, apresentar informações de todas as paradas de linhas / equipamentos, número de pessoas utilizadas em cada posto de trabalho, entre outros dados.

C – Redução dos tempos perdidos durante a produção.

Paralelamente aos trabalhos de SMED, realizou-se um trabalho de redução dos tempos perdidos das máquinas de corte, visando também aumentar a disponibilidade operacional, através da utilização das técnicas de metodologia de análise e solução de problemas (MASP), seguindo diretrizes do sub-elemento da qualidade relatado como processo de melhoria contínua. Levantou-se em conjunto com os envolvidos, os motivos dos tempos perdidos num gráfico de Pareto ( Figura 4.13 ) e para o problema mais representativo ( 19 % ), realizou-se uma reunião de tempestade de idéias, quando levantou-se as causas indesejáveis prováveis, classificando-as num gráfico de espinha de peixe ( Figura 4. 14 ). Após análise dos fatores gravidade, urgência e tendência, chegou-se à causa principal. Para esta causa foi usada o método dos 5 POR QUÊS, e assim, partiu-se para o plano de ação.



**Figura 4.13** Gráfico de Pareto dos tempos perdidos



**Figura 4.14** Exemplo de gráfico espinha-de-peixe.

## 4.4 - Alguns dos Resultados do Caso Prático

Os resultados obtidos referente aos elementos que tiveram atividades, foram bastantes significativos:

- Redução em 56 % do inventário de circuitos em processo.
- Redução de 30 dias para 1,5 dias do inventário de componentes nas linhas produtivas.
- Redução do tempo de set-up em 46 %.
- Aumento do número de set-ups em 50 %.
- Redução do tamanho do lote de circuitos em 40 %.
- Melhoria da produtividade da área piloto em 6%.
- Disponibilização de 30.000 horas-máquina no ano.
- Redução do TPCT do segmento produtivo de 45 dias para 23 dias.

## 4.5- Conclusão sobre o caso

Avalia-se positivamente as primeiras ações de planejamento da implementação do modelo de manufatura enxuta , já que, montou-se o time de implementação com pessoas preparadas e motivadas para a função, avaliou-se a situação atual do nível de implementação de maneira bastante criteriosa com a participação da Gerência da Empresa e o Corpo Técnico e detalhou-se por completo o mapeamento da cadeia de valor desde o início ao término do processo, oferecendo uma boa visão aos envolvidos nos trabalhos.

No primeiro workshop realizado, as metas e ações propostas pelos membros da chefia da planta e o time de implementação, foram concentrados somente no elemento movimentação de materiais, quando poderiam ser estendidas também às demais frentes de atividades. A estratégia para o envolvimento e comprometimento dos empregados foi definida de maneira satisfatória no que diz respeito a forma de comunicação, através do centro de comunicação e da participação da liderança.

Acredita-se que a decisão tomada durante o workshop em atuar nas três frentes de trabalho ( fluxo de manufatura, movimentação de materiais e disponibilidade operacional ) não foi o caminho ideal, já que os demais elementos ( qualidade, ambiente e envolvimento dos empregados e organização do posto de trabalho), embora com partes das ações recomendadas pelo DMS concluídas de maneira isolada em períodos que antecederam ao programa, exigiriam menos esforços para a efetiva e necessária complementação do sistema de manufatura.

O treinamento nos conceitos lean foi realizado para 100 % do pessoal em nível de liderança e 25 % para o pessoal em nível operacional. Recomenda-se para novos programas a realização do treinamento básico conceitual para todos os membros da organização antes do início das ações de implementação, podendo os treinamentos específicos serem planejados conforme necessidade dos envolvidos em determinada atividade.

Quanto ao envolvimento do nível operacional nas iniciativas do programa, avalia-se como uma oportunidade de melhoria, já que foram poucas as participações e sugestões, embora não ocorreram casos de resistência às mudanças.

Sugere-se para as próximas implementações a introdução prévia do conceito de equipes autogerenciáveis , como mecanismo para tornar a equipe da área piloto " dona" do processo e assim co-responsável também pelas mudanças.

Tem-se como ponto forte dos trabalhos do elemento fluxo de manufatura, a formação de células de produção com base nos levantamentos do mapa da cadeia de valor e fluxo de processo, o que minimizou a movimentação de materiais, reduziu o material em processo e facilitou a comunicação entre cliente e fornecedor interno.

Apresenta-se trabalhos importantes referente ao elemento movimentação de materiais, principalmente no que diz respeito à contenerização, sistemas de supermercados, sistema puxado ( pull ) e rotas de entregas. Uma falha deste elemento e do programa em geral foi o fato do sub-elemento nivelamento da produção não ter sido implementado, o que prejudicou parte dos resultados que poderiam ser obtidos, já que, é um dos pontos básicos num modelo de manufatura enxuta, sendo esta, a atividade principal recomendada para complementação do programa na unidade piloto, bem como, para os próximos trabalhos.

Teve-se como ponto principal do elemento disponibilidade operacional, os trabalhos de SMED, com resultados que de certa forma surpreenderam a equipe. Recomenda-se para complementar este elemento, implementar o sistema de resposta rápida por completo, já que, parte do processo produtivo antes do início do programa, possuía o sistema funcionando. Quanto ao programa de manutenção produtiva total ( TPM ), a Delphi já vinha com algumas iniciativas nos meses anteriores ao programa lean e manteve o andamento dos trabalhos nesta área de maneira independente. Assim, vê-se a necessidade de maior integração entre a implementação do TPM e a implementação do modelo de manufatura enxuta, já que possuem uma relação de dependência de resultados.

Após a participação no caso prático descrito, obtenção dos conceitos do pensamento enxuto e o conhecimento do Sistema Delphi de Manufatura, procura-se amarrar estes três aspectos na forma de diagrama , dando origem a um roteiro de implementação de programa de manufatura enxuta, descrito na seqüência.

# CAPÍTULO 5

## Roteiro de Implementação dos Conceitos de Manufatura Enxuta

Diante do que foi exposto sobre a filosofia do pensamento enxuto, o Sistema Delphi de Manufatura e o caso prático de implementação em unidade piloto, propõe-se um roteiro de implantação dos conceitos de manufatura enxuta, mais especificamente no segmento da cadeia de valor produtiva, a título de contribuição prática, de modo a servir como referência para futuros trabalhos em outras unidades produtivas da empresa, bem como para outras empresas da organização. Para cada parte do roteiro, associa-se o devido comentário como informações importantes e adicionais.

O roteiro compõem-se em 5 partes ( figura 5.1 ); preparação inicial, preparação final, sistema de comunicação, etapa de implementação ( primeira, segunda e terceira ), de forma a facilitar a visualização e o acompanhamento dos interessados em seguir a seqüência e atividades sugeridas.



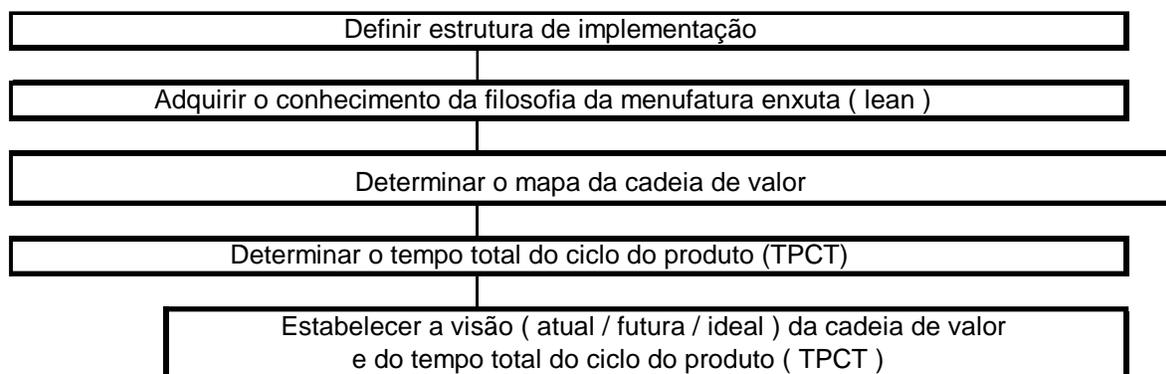
**Figura 5.1** Estrutura do roteiro de implementação

A etapa da **preparação inicial** ( figura 5.2 ) é uma seqüência lógica de ações, estabelecidas de acordo com o ocorrido no caso prático e segundo o que foi sugerido por Jones e Womak ( 1998 ), pois entende-se que não houveram divergências entre as idéias de como iniciar a preparação de um modelo. Deve-se iniciar a etapa definindo a “estrutura de implementação” e em seguida deve-se “adquirir o conhecimento”. O caso NEC do Brasil é um bom exemplo de como adquirir o conhecimento.

Concluídas estas duas atividades deve-se levantar o “mapa da cadeia de valor” e o “tempo total do ciclo do produto”. No caso Delphi, adotou-se os valores referente a unidade piloto como valores representativos da empresa, por entender que para as demais unidades produtivas não haveriam mudanças significativas e recursos de engenharia seriam requeridos nestes trabalhos. Pode-se adotar esta mesma prática para novos programas nas situações em que haja consenso entre os membros da equipe de implementação quanto a real representatividade destas atividades.

Como última atividade desta etapa, tem-se o “estabelecimento da visão atual”, “estabelecimento da visão futura”, em que as metas devem ser atingíveis e o “estabelecimento da visão ideal”, em que as metas devem ser desafiadoras, seguindo a experiência positiva do caso Delphi.

Jones e Womak ( 1998 ) sugerem não despender muitos recursos em questões das grandes estratégicas e sim buscar com insistência a eliminação dos desperdícios, assim as etapas de preparação inicial e final devem ter caminhos bastante objetivos.

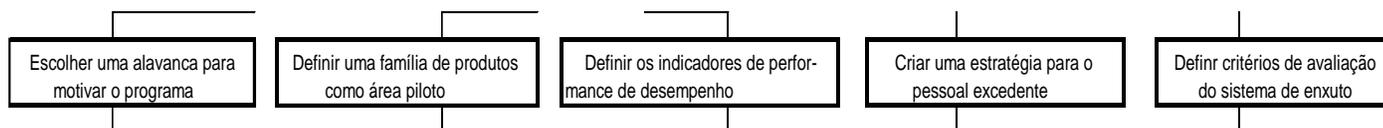


**Figura 5.2** Fase da preparação inicial

A etapa de **preparação final** ( figura 5.3 ) é um conjunto de atividades necessárias para complementar a etapa anterior e sugeridas pela literatura, sendo que parte delas, não foram aplicadas no caso Delphi. Estas atividades podem ser realizadas simultaneamente.

Uma das ações desta etapa é a “escolha da alavanca para a motivar o programa”, que para o caso Delphi foi a redução dos custos frente à entrada de novos concorrentes, fato não formalizado e divulgado para as pessoas da organização. No caso Ford do Brasil, o desafio foi de tornar-se a maior montadora do mundo. Jones e Womak ( 1998 ), falam da necessidade de uma forte razão para motivar a implementação, assim, na “escolha da família de produtos como área piloto, deve-se priorizar uma unidade com alguma crise a ser vencida.

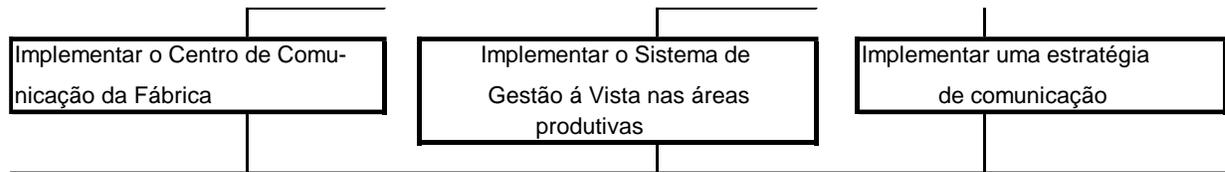
Outra sugestão obtida das literaturas ( Jones e Womak, 1998 ) é a “criação de estratégia para o pessoal excedente”. Esta atividade não ocorreu no caso Delphi e embora casos de demissões por motivo das melhorias no processo não foram registrados, o fato pode ter criado um ambiente desfavorável às sugestões, motivo pelo qual, os trabalhos foram assumidos pela equipe técnica de implementação com poucas participações da operação. No caso NEC do Brasil, as pessoas foram aproveitadas em nova linha de produção. Para encerrar esta etapa é necessário definir os critérios de avaliação do sistema de manufatura enxuta para que a cada período previamente definido, possa ser avaliada a evolução do nível de implementação dos conceitos lean.



**Figura 5.3** Fase da Preparação Final

A próxima etapa é denominada de **sistema de comunicação** (figura 5.4). Estas atividades devem ser realizadas entre as fases de preparação e as etapas propriamente de implementação, como ações básicas para divulgação dos conceitos do pensamento enxuto, da evolução do programa e visão atual e futura da empresa. Deve-se iniciar esta etapa com o “planejamento da estratégia de comunicação”, sugerido por Jones e Womak (1998). As próximas atividades devem ser a implementação do “centro de comunicação da planta” e do “centro de informação das áreas produtivas”, conhecidos também como “sistema de gestão à vista”. Estas sugestões foram obtidas

do Sistema Delphi de Manufatura e desenvolvidas em período anterior ao início do programa. Sugere-se nesta etapa, que as atividades sejam realizadas simultaneamente.



**Figura 5.4** Sistema de comunicação

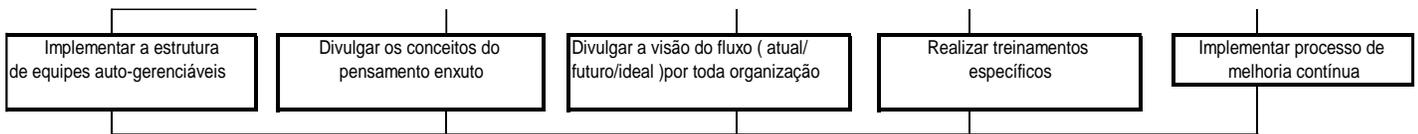
A **primeira etapa** de implementação ( figura 5.5 ) é a que inicia a execução do programa de manufatura enxuta por toda organização e as atividades podem ser desenvolvidas de maneira simultânea. Primeiramente, deve-se realizar a “divulgação dos conceitos do pensamento enxuto” e a “divulgação da visão da cadeia de valor (atual, futuro e ideal)” por toda empresa, ou seja, devem ser realizadas em todos os departamentos e não somente na unidade piloto como ocorrido no caso Delphi .

Nesta etapa, deve-se “realizar os treinamentos específicos” para as pessoas responsáveis por determinada frente de trabalho específica. Como exemplo pode-se citar a metodologia de análise e solução de problemas, metodologia kaizen, sistema de troca-rápida, sistema puxado, entre outros. Tem-se o exemplo positivo do caso da Nec do Brasil, onde se constatou um grande número de horas de treinamento.

Também nesta etapa deve-se implementar o conceito de trabalho conhecido como “equipes autogerenciáveis”, sugerido pelo Sistema Delphi de Manufatura. O objetivo principal da implementação deste conceito é de criar um ambiente voltado às idéias durante os trabalhos na unidade piloto, de modo que a equipe possa gerenciar as próprias melhorias e a própria rotina de trabalho. No caso Delphi, não ocorreram iniciativas no sentido de formação de equipes autogerenciáveis, sendo esta, uma ótima oportunidade para as próximas implementações dos conceitos de manufatura enxuta.

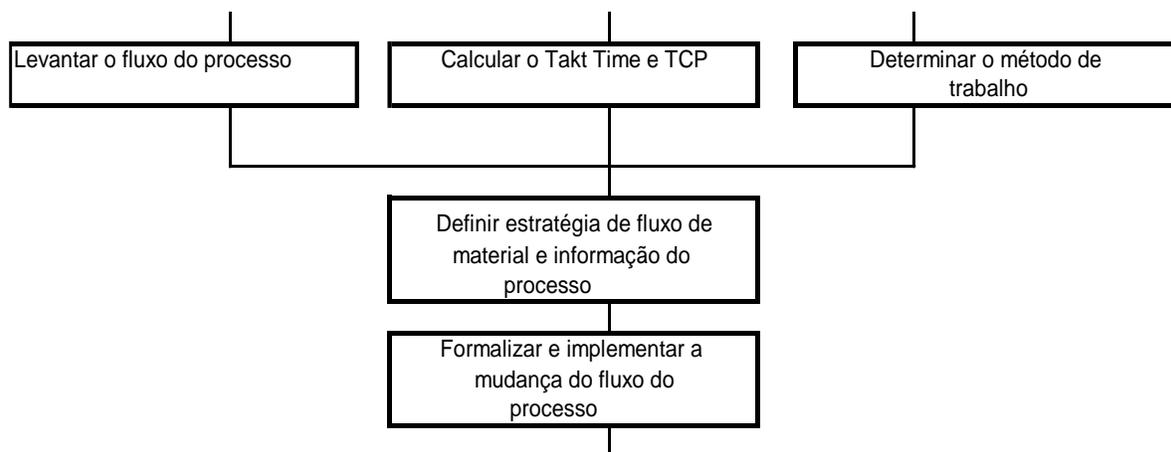
E para encerrar esta etapa, recomenda-se implementar o “processo de melhoria contínua”, de maneira a atacar as formas de desperdícios. Nos casos das implementações na Nec do Brasil, General Motors do Brasil, São Paulo Alpargatas e Metalúrgica Krupp foram adotadas iniciativas

de melhoramento contínuo fazendo o uso da metodologia kaizen. Esta é a mesma sugestão definida pelo roteiro.



**Figura 5.5** Primeira etapa

Na **segunda etapa** ( figura 5.6 ), são definidas as atividades associadas ao fluxo do processo, que segundo Jones e Womak ( 1998 ), devem ser realizadas antes das demais frentes de trabalho. Desta forma, os conceitos obtidos do Sistema Delphi de Manufatura devem ser aplicados nesta etapa referente às atividades de “levantamento do fluxo de processo”, “determinação do método de trabalho” e “cálculo do takt time e TCP”, seguido das ações de “definição da estratégia do fluxo de material e informação do processo” e a atividade de “formalização e implementação da mudança do fluxo do processo”. O fluxo de processo foi um ponto forte encontrado tanto no caso G.M. do Brasil como também no caso prático ocorrido na unidade piloto da Delphi.



**Figura 5.6** Segunda etapa

A **terceira etapa** ( figura 5.7 ), a maior delas em termos de número de atividades, tem como base o modelo do Sistema Delphi de Manufatura. As atividades não presentes em etapas anteriores são divididas em 5 partes referente aos assuntos ligados à movimentação de materiais, envolvimento dos empregados, disponibilidade operacional, organização do posto de trabalho e

qualidade. Nesta fase, as ações devem ser realizadas simultaneamente entre as partes, mas dentro de cada uma delas, a seqüência indicada no roteiro deve ser seguida. A primeira parte desta etapa trata-se das atividades associadas ao assunto movimentação de materiais. Deve-se iniciar pela atividade “nivelamento de produção”, já que, é um dos pontos importantes para a implementação dos conceitos de manufatura enxuta. No caso Delphi, esta atividade não foi desenvolvida e como conseqüência, houve um comprometimento parcial do programa de aplicação da filosofia lean. As demais atividades como “plano para cada componente”, “contenerização”, “sistema de supermercado”, “sistema puxado” e “rotas de entregas”, foram com sucesso definidas e implementadas na área piloto da Delphi, na mesma seqüência sugerida no roteiro.

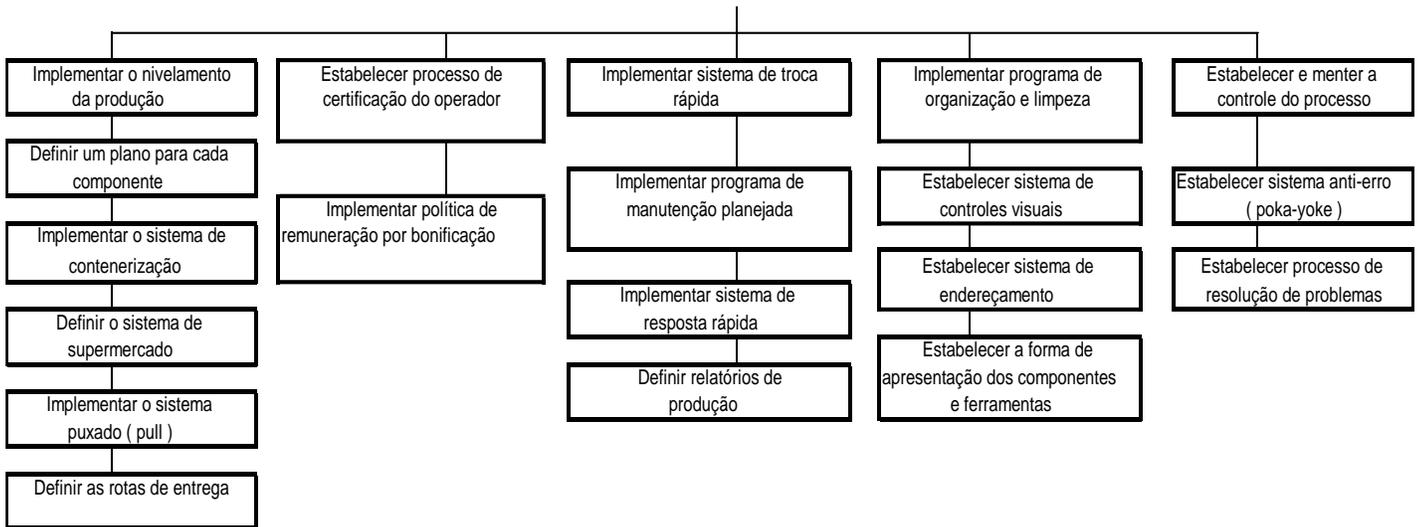
A segunda parte desta etapa, trata-se das atividades referentes ao ambiente e envolvimento dos empregados. Para isto, deve-se estabelecer o “processo de certificação do operador” e definir a “política de remuneração”, segundo Womak ( 1998 ), é recomendado que seja adotado o critério salarial de mercado com base nas qualificações gerais com bonificação associada à lucratividade da empresa. As demais iniciativas deste assunto estão de maneira mais adequada presentes em fases anteriores.

Na terceira parte desta etapa, tem-se a atividade relacionada à disponibilidade operacional. Para isto, deve-se implementar o “sistema de troca rápida” como ação inicial, devido ao grau de importância para a construção do modelo, acompanhado das demais atividades de “implementar manutenção planejada”, “implementar sistema de resposta rápida” e “definir relatório de produção” .

Na quarta parte desta fase, são definidas as ações referentes ao posto de trabalho. Inicialmente as atividades de “limpeza e organização” da área produtiva devem ser realizadas, podendo ser substituídas por um Programa 5S. Na seqüência devem ser estabelecidas as implementações do “sistema de controle visual” e “sistema de endereçamento”. E para finalizar, devem ser desenvolvidas atividades de “apresentação dos componentes”. No caso Delphi, nenhuma destas iniciativas tiveram uma atuação planejada e marcante que merecesse alguma menção especial, já que, algumas iniciativas isoladas foram realizadas em períodos anteriores ao início do programa de implementação do DMS.

O último conjunto de atividades desta etapa é referente ao assunto qualidade. No caso Delphi não houveram ações planejadas e formalizadas sobre o tema, já que, a empresa trabalhou forte na certificação do sistema de qualidade QS 9000 e vem trabalhando para manter o certificado conforme mencionado anteriormente. Como o roteiro tem a finalidade de fornecer informação

para novas implementações dos conceitos lean, devem ser desenvolvidas as atividades de “estabelecimento e manutenção do controle de processo”, e na seqüência as iniciativas de “implementação de sistema anti-erro” e “implementação de processo de resolução de problemas”, em que é sugerido o uso da metodologia de análise e solução de problemas ( MASP ).



**Figura 5.7** Terceira etapa

Assim, a figura 5.8 mostra o roteiro de implementação geral com todas as etapas as quais foram relatadas.

O roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta definido como forma de atender à necessidade da Delphi Automotive Systems, razão que motivou a elaboração deste trabalho, tem-se no capítulo 6 as conclusões finais e as sugestões para pesquisas futuras, encerrando os assuntos desta dissertação.

Roteiro de Implementação dos Conceitos de Manufatura Enxuta

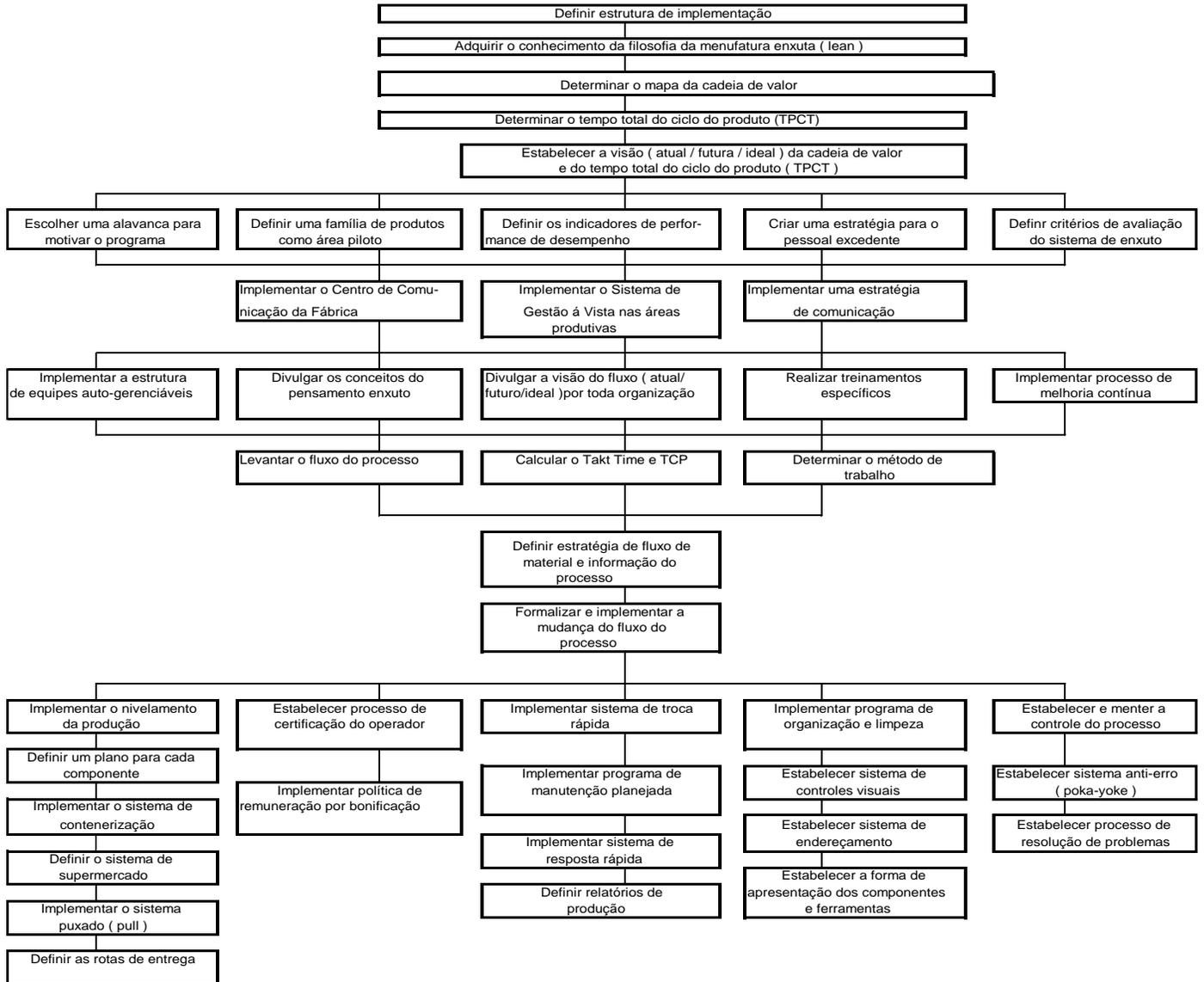


Figura 5.8 Roteiro geral de implementação



# CAPÍTULO 6

## Conclusões

### 6.1 - Conclusão Final

O objetivo inicial de propor um roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta foi atingido. A forma estruturada em 6 partes, que o mesmo foi concebido, facilita o entendimento geral do conjunto de atividades e oferece aos interessados, um direcionamento prático e lógico das ações necessárias, proporcionando uma redução do tempo e aumentando a probabilidade de sucesso dos trabalhos de implementação.

Pesquisas realizadas sobre o assunto, confirmam que o Sistema Delphi de Manufatura esta de acordo com a filosofia do pensamento enxuto, visto que, várias das atividades pertencentes aos elementos do DMS foram sugeridas pela literatura.

Estudos concluídos nos modelos de produção enxuta de outras empresas externas revelam que o modelo de manufatura proposto pela Delphi é o mais completo entre eles em termos de ações e a classificação destas ações em elementos foi bem estruturada. A grande dificuldade, razão principal deste trabalho, foi que não havia sido definido um roteiro de forma a direcionar os trabalhos de implementação na organização.

Embora o roteiro tenha como uma das referências o manual do Sistema Delphi de Manufatura, este, de caráter confidencial, os assuntos associados ao DMS e incluídos no trabalho, são do conhecimento dos profissionais da área industrial e podem ser consultados em outras fontes de informação.

No roteiro proposto foram incluídas além das ações propostas no Sistema Delphi de Manufatura, ações recomendadas pela literatura sobre o tema, como também ações encontradas em outros casos de aplicação, o que fez do roteiro um meio de sugestão completo de maneira a auxiliar a continuidade dos trabalhos de implementação nas empresas da Delphi e servir de referência para empresas externas, sendo que, neste caso, podem ser necessárias algumas adaptações para adequar ao determinado modelo de produção.

## **6.2 - Sugestões para Pesquisas Futuras**

Recomenda-se a aplicação da proposta de implementação do Modelo de Manufatura Enxuta em unidade piloto produtiva na forma em que foi apresentada, seguindo desde o início ao final das etapas sugeridas de maneira a permitir a inclusão de novas sugestões.

Sugere-se durante a aplicação do roteiro, levantar as estimativas de tempo de execução de cada atividade como informação complementar às pessoas que farão uso desta proposta.

Nas novas pesquisas, recomenda-se estudar a possibilidade de inclusão da ferramenta seis sigma no roteiro de implementação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLSTRON, Par Sequences in the Implementation of Lean Production. European Management Journal, Vol 16, 1998.
- CABRAL, Rodrigo, ANDRADE, Ronaldo Aplicabilidade do Pensamento Enxuto. Universidade Federal do Rio de Janeiro. [<http://www.cpga.ufsc.br/niepc/textos/sistemas.htm>; capturado em 12/04/02].
- DELPHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, Manual do Sistema Delphi de Manufatura, 1999.
- FRANÇA, João Paulo, KITAJIMA, Leonardo. Sistema Toyota de Produção : A Produção Enxuta. Universidade Federal do Rio de Janeiro [<http://www.cpga.ufsc.Br/niepc/textos/sistemas.htm>; capturado em 14/11/01].
- GIL, Antônio Carlos Como elaborar Projetos de Pesquisa. Editora Atlas, São Paulo, 1991.
- GODOY Arilda S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, vol.35, mar-abr, 1995.
- HINES, Peter, TAYLOR, David Enxugando a Empresa. Instituto Imam, São Paulo, 2000.
- JONES, Daniel, WOMAK, James A Mentalidade Enxuta nas Empresas. Editora Campus, 1998.
- KOSONEN, k. , BUHANIST, P. Lean Production Development Focusing the Customer. Journal of Production Economics, June, 1994.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE Lean Manufacturing Workshop, 1998.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE Lean Summit, 2001.
- NEC DO BRASIL A iniciativa Enxuta na NEC do Brasil – Publicação Interna.
- LIKER, Jeffrey, CHUN WU, Yen Japanese Automakers, U.S. Suppliers and Supply Chain Superiority. Sloan Management Review Association, 2000.
- MATTAR, Fauze, AQUINO, Pedro. A produção enxuta no Brasil – O caso Ford. Revista FURB, 1997 [ on line, <http://fauze.com.br/artigo04.htm>, capturado em 18/11/01 ].
- MONDEN, Yasuhiro. Toyota Production Systems. Institute of Industrial Engineers, 1983.

- PANIZZOLO, Roberto Applying the Lessons Learned from 27 Lean Manufacturing. Journal of Production Economics, March, 1998.
- PEREZ, Manuela, SANCHEZ, Angel Lean Production and Supplier Relations. Technovation, December, 1999.
- ROTHER, Mike, SHOOK, Jonh Aprendendo a Enxergar. Lean Enterprise Institute, São Paulo, 1998.
- SEVERINO, Antônio Joaquim Metodologia do Trabalho Científico. Editora Cortez, São Paulo, 2000.
- SHINGO, Shigeo Sistemas de Produção com Zero Estoque. Editora Bookman, Porto Alegre, 1996.
- SHINGO, Shigeo O Sistema Toyota de Produção. Editora Bookman, Porto Alegre, 1996.
- ZAWISLAK, Paulo Antônio, VIEIRA, Cristina, IRALA, Melissa Simão. A produção enxuta e novos padrões de fornecimento em três montadoras de veículos no Brasil. XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. São Paulo, 2000.