

FERNANDO PEREIRA FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MANUFATURA ENXUTA EM UMA EMPRESA
DE AUTOPEÇAS**

**Taubaté – SP
2004**

FERNANDO PEREIRA FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MANUFATURA ENXUTA EM UMA EMPRESA
DE AUTOPEÇAS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração – da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Gestão de Recursos Socioprodutivos.

Orientadores:

Prof. Dr. Francisco Cristóvão Lourenço de Melo

Prof. Dr. Cyro Alves Borges Junior

**Taubaté – SP
2004**

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

F383a

Ferreira, Fernando Pereira

Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças / Fernando Pereira Ferreira. - Taubaté: UNITAU, 2004. 178f. : il.

Orientador: Francisco Cristovão Lourenço de Melo / Cyro Alves Borges Júnior

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, 2004.

1. Just-in-Time. 2. Kanban. 3. Manufatura enxuta - Desperdício.
4. Desenvolvimento industrial e tecnológico - Dissertação. I. Universidade de Taubaté. Departamento de Economia, Contabilidade e Administração. II. Melo, Francisco Cristovão Lourenço de (orient.). III. Borges Júnior, Cyro Alves (orient.) IV. Título.

FERNANDO PEREIRA FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA EM
UMA EMPRESA DE AUTOPEÇAS**

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, TAUBATÉ, SP

Data: _____

Resultado: _____

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. _____

Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Assinatura _____

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus,
para Quem tudo é possível
e por Quem tudo vale a pena.
A meus pais e irmãos,
pelo incentivo na busca da vitória.
À Paula, minha esposa,
fonte de inspiração e compreensão na realização dos meus esforços.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Doutores Francisco Cristóvão Lourenço e Cyro Alves Borges Junior, pela orientação, incentivo e referência obtidos, em virtude de suas posturas e atitudes, fundamentais para minha iniciação acadêmica.

Aos demais professores, funcionários e colegas da UNITAU, pelos ensinamentos e colaboração durante todo o curso.

À Universidade de Taubaté, pela capacitação intelectual proporcionada nos últimos 10 anos em que efetuei estudos.

Ao prezado Giuseppe Hilário Neto, pelas horas de estudo, alegria, ajuda e amizade, ao longo desses dois anos.

Aos amigos Adilson Olsson e Sandro Marcelo Andrade, que incentivaram a realização deste trabalho.

FERREIRA, Fernando Pereira. **Análise da implantação de sistema de manufatura enxuta em uma empresa de Autopeças**. 2004. 178f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração – ECA, Universidade de Taubaté, Taubaté.

RESUMO

De uma maneira geral, as indústrias, principalmente as de grande e médio porte, já depararam com situações típicas advindas de uma empresa que tem superprodução, ou seja, produzem mais do que o requerido pela demanda dos clientes ou em um ritmo acima do necessário. Estão sujeitas também a situações complementares, como o desvio ou a distorção de informações na produção, a desorganização no chão de fábrica, entre outros inúmeros problemas do dia-a-dia. Tais problemas acarretam perda para a empresa, uma vez que essas operações não agregam valor, pois não estão realmente transformando a matéria-prima, modificando a forma ou a qualidade do produto. Este trabalho apresenta os benefícios provenientes da utilização dos conceitos de Manufatura Enxuta na implementação de uma nova divisão produtiva, que atua de forma corretiva e preventiva, de forma a contribuir para a redução de desperdício, tendo como referência o Sistema Toyota de Produção, aliado ao próprio sistema enxuto da empresa estudada. Demonstram-se, ainda, métodos práticos para a eliminação de potenciais desperdícios encontrados em meios produtivos, por meio dos resultados alcançados, e a diferença entre o sistema de manufatura convencional, o qual ainda é utilizado por diversas empresas, e o sistema daquelas empresas que adotaram a Manufatura Enxuta como padrão de trabalho. Este trabalho focaliza os passos utilizados para a implementação e os benefícios alcançados com a utilização dos princípios dessa filosofia.

Palavras-chave: Desperdício, *Just-in-Time*, *Kanban*, Manufatura Enxuta.

FERREIRA, Fernando Pereira. **Analysis implementation of lean manufacturing system in an automotive parts manufacturing enterprise**. 2004. 178p. Dissertation (Master in Management and Regional Development) – Department of Economics, Accounting and Administration, University of Taubaté, Taubaté, BRAZIL.

ABSTRACT

In general, industries, mainly the big or medium ones, had already come across situations typically a result from being an overly productive company, meaning that they produce more than clients can absorb or in a rhythm above the required. They also are exposed to related situations such as deviation or distortion of production information, disorder of the factory floor and several other day-by-day problems. Such problems cause losses to the company, as they do not add value, because they do not really transform raw materials, thus modifying the form or the quality of the product. This study presents the benefits of employing the Lean Manufacturing concepts for the implementation of a new productive division, acting in corrective and preventive ways, thus contributing to waste reduction, with as reference the Toyota Production System, allied to the studied company's own lean system. Practical methods for the elimination of waste potentials found in productive environments are also demonstrated through the results achieved, as well as the difference between the conventional manufacturing system which still is used by several companies, compared to those companies which adopted Lean Manufacturing as a working standard. This study focalizes the steps used for the implementation and the benefits achieved by the application of the principles of this philosophy.

Key Words: Waste, Just-in-Time, Kanban, Lean Manufacturing

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	014
1.1 - Definição do problema.....	016
1.2 – Objetivo	017
1.3 – Delimitação do estudo	017
1.4 – Relevância do estudo	017
1.5 – Caracterização da Empresa	018
1.6 – Considerações estratégicas que antecederam a implementação	018
1.7 – Caracterização do produto	019
1.8 – Organização do trabalho	019
2 – REVISÃO DA LITERATURA	021
2.1 - História da Manufatura Enxuta	021
2.2 - Conceitos de desperdício	028
2.2.1 - Os principais tipos de desperdício	030
2.2.2 - Como localizar os desperdícios	038
2.3 - <i>Benchmarking</i>	039
2.4 - <i>Brainstorming</i>	040
2.5 - Sistema Enxuto – <i>LS (Lean System)</i>	041
2.6 - Método “5S”	044
2.7 - <i>Just-in-Time – JIT</i>	047
2.7.1 - Vantagens do <i>Just-in Time</i>	049
2.8 - Produção Puxada (<i>Kanban</i>)	050
2.8.1 - Conceitos básicos	052
2.8.2 - O Sistema <i>Kanban</i> da Toyota	053
2.8.3 - Como funciona	053
2.8.4 - As regras	055
2.8.5 - Limitações do <i>Kanban</i>	056
2.9 - Fluxo contínuo	057
2.10 - <i>Jidoka</i> (Automação)	060
2.11 - <i>Poka Yoke</i> (Prova de Erros)	063
2.11.1 - Análise do modo de falha potencial	065
2.12 - Troca rápida	068
2.13 - Trabalho padrão	070
2.14 - Manutenção Preventiva Total (MPT)	073
2.14.1 - Razões para utilização do <i>TPM</i>	075
2.14.2 - Histórico do <i>TPM</i>	077
2.14.3 - Objetivos básicos do <i>TPM</i>	078

2.14.4 - Perdas Crônicas x Perdas Esporádicas	079
2.14.5 - Rendimento operacional global	080
2.14.6 - Os oito pilares do <i>TPM</i>	081
2.15 - Mapeamento do Fluxo de Valor (<i>VSM</i>)	084
2.15.1 - Linha ou família de produto	087
2.15.2 - Mapeamento do Estado Atual	088
2.15.3 - Mapeamento do Estado Futuro	092
2.16 – <i>Kaizen</i> – melhoria contínua	095
3 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	098
3.1 - O sistema enxuto na Empresa estudada	098
3.2 - Estabelecimento de conceito dos indicadores na Empresa	100
3.3 - Formação de um Conselho de Manufatura Enxuta	102
3.4 - Formação dos Times de Manufatura Enxuta	104
3.5 - Nivelamento do conhecimento	105
3.6 - Análise da cadeia de valor	110
3.6.1 - Mapeamento do fluxo	110
3.6.2 - Definindo as áreas de estudo para implantação	111
3.6.3 - Distribuição de atividades	111
3.6.4 - Mapeamento do Estado Atual	112
3.6.5 - Identificando as oportunidades	120
3.6.5.1 - Análises dos processos	123
4 - MODIFICAÇÕES PROPOSTAS	128
4.1 Mapeamento do Estado Futuro	128
4.2 - Análises futuras dos processos	131
4.2.1 - Operação de furação e mandrilhamento	131
4.2.2 - Operação de prensagem	131
4.2.3 – Operações de faceamento, torneamento e fresamento	132
4.2.4 – Operação de lavagem	132
4.2.5 – Fluxo de informação	133
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	135
5.1 – Resultados de instalação física	135
5.2 – Resultados de funcionamento da planta	138
5.3 – Avaliação Radar	141

6 - CONCLUSÕES	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
ANEXOS	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sugestões de melhorias na Toyota Motors	029
Tabela 2 – Tempo de montagem por veículo	030
Tabela 3 – Rotatividade de estoque de fabricantes de automóveis por país	035
Tabela 4 – Fabricação tradicional x fabricação enxuta	042
Tabela 5 – Diferença entre o sistema Ford e Toyota	043
Tabela 6 – Indicadores de desempenho	102
Tabela 7 – Indicadores corporativos	108
Tabela 8 – Demanda diária de rotores	120
Tabela 9 – Medidores comparativos	137

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – <i>Takt time</i>	059
Equação 2 – Cálculo do Valor Agregado	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Círculo de movimentos dos operadores	029
Figura 2 – Sistema <i>Kanban</i> : Produção Puxada	054
Figura 3 – Esquemática do controle de produção com <i>Kanban</i>	055
Figura 4 – Fluxo de produção tradicional versus fluxo unitário contínuo	058
Figura 5 – Balanceamento de operações tradicionais	058
Figura 6 – Cálculo do <i>Takt time</i>	059
Figura 7 – Separação entre o Homem e a Máquina	063
Figura 8 – Detecção x Ocorrência.....	067
Figura 9 – Severidade.....	067
Figura 10 – Quadro do questionamento sistematizado	070
Figura 11 – Componentes de operação padronizada.....	071
Figura 12 – Seqüência de trabalho.....	072
Figura 13 – Rendimento operacional global.....	081
Figura 14 – Oito pilares da <i>TPM</i>	081
Figura 15 – Mapa do fluxo de valor.....	085
Figura 16 – Fluxo de materiais e informações.....	086
Figura 17 – Ícones do mapeamento de fluxo de valor.....	087
Figura 18 – Distribuição dos produtos.....	088
Figura 19 – O guarda-chuva de <i>Kaizen</i>	096
Figura 20 – Fluxo de integração do <i>BS</i> com o <i>LS</i> e <i>Six Sigma</i>	100
Figura 21 – Gráficos sobre efeito da economia de escala.....	101
Figura 22 – Estrutura do Conselho de Manufatura Enxuta nas plantas.....	103
Figura 23 – Estrutura das ferramentas utilizadas pela Empresa.....	104
Figura 24 – Gráfico Radar.....	107
Figura 25 – Resultado acumulado do Gráfico Radar.....	109
Figura 26 – Mapa do estado atual.....	114
Figura 27 – Caixa de dados.....	116
Figura 28 – Identificação da quantidade de peças.....	117
Figura 29 – Mapa do estado atual identificando oportunidade.....	122
Figura 30 – Gráfico de apontamento de sucata de rotores.....	124
Figura 31 – Mapa do estado futuro.....	130
Figura 32 – Gráfico de apontamento de sucata.....	139
Figura 33 – Gráfico de acompanhamento de troca rápida.....	140
Figura 34 – Foto do “Supermercado instalado na nova divisão.....	141
Figura 35 – Gráfico Radar da planta.....	142

SIGLÁRIO

BM – Breakdown Maintenance (Manutenção Corretiva)

BS – Business System (Sistema de Negócios)

CBM – Conditional Based Maintenance (Manutenção baseada no Desempenho)

DFMEA - Process Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Análise do Modo Efetivo de Falha Potencial de Projeto)

EUA – Estados Unidos da América

FMEA - Process Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Análise do Modo Efetivo de Falha Potencial)

FIFO – First In First Out (Primeiro que entra – Primeiro que sai)

IMVP – International Motor Vehicle Program (Programa Internacional de Motor de Veículo)

JIPM – Japan Institute Plant Maintenance (Instituto Japonês de Manutenção de Planta)

JIT – Just- In- Time

LCC – Life Cycle Cost (Custo do Ciclo de Vida)

LS – Lean System (Sistema Enxuto)

MIT – Massachusetts Institute of Technology (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)

MP – Manutenção Preventiva

MSP – Manutenção do Sistema de Produção

OEE – Overall Equipment Efficiency (Rendimento Operacional Global)

PCP – Planejamento e Controle de Produção

PDCA – Plan Do Control Action

PFMEA – Process Potential Failure Mode and Effects Analysis Process (Análise do Modo Efetivo de Falha Potencial de Processo)

PM – Prevenção de Manutenção

PMN – Planejamento dos Materiais Necessários

STP – Sistema Toyota de Produção

TBM – Time Based Maintenance

TQM – Total Quality Management (Gestão da Qualidade Total)

TKT – Takt Time (Tempo de Ritmo)

TPM – Total Productivity Maintenance (MPT – Manutenção Preventiva Total)

TPS – Toyota Production System (Sistema Toyota de Produção)

TOC – Theory of Constraints (Teoria das Restrições)

VAR – Valor agregado ao Processo

VSM – Value Stream Map (Mapa de Fluxo de Valor)

VW – Volkswagen

1 . INTRODUÇÃO

A Manufatura Enxuta, também conhecida por *Lean Manufacturing*, surgiu na década de 50, no Japão, como uma teoria que se baseava na priorização das melhorias da função-processo, pela eliminação contínua e sistemática das perdas do sistema produtivo. Sustentava o Sistema Toyota de Produção - STP, o qual foi construído utilizando-se, paralelamente, uma teoria de produção e uma testagem empírica da teoria pela lógica, do tipo tentativa e erro.

Historicamente, o STP tem-se demonstrado uma potente estratégia, na competição capitalista, devendo ser observado como uma técnica de *Benchmarking*, fundamental no campo de Engenharia de Produção.

No Ocidente, o conceito ainda tem aplicação parcial, uma vez que as empresas, de um modo geral, adotam apenas parte dos conceitos, tendo em vista principalmente a falta de conhecimento. É comum associar-se o sistema à cultura japonesa, e não a uma técnica adaptável às características particulares de cada empresa.

Esse sistema de produção, quando devidamente adaptado e aplicado à empresa para a qual se destina, propicia excelentes resultados, pois são numerosas as fontes de oportunidades para redução e eliminação de desperdícios, dentre as quais podem ser citados os grandes estoques e as operações que não agregam valor, os desperdícios burocráticos, como um sistema de informações ineficiente, processos de compras lentos, duplicidade de tarefas ou de aprovações em documentos importantes da empresa, entre outros casos.

A partir desse panorama, fica evidente a abrangência do sistema de Manufatura Enxuta, assim como a necessidade de se esclarecer e difundir, entre todos os envolvidos no processo industrial, o melhor caminho para que os objetivos traçados pela alta administração da empresa sejam atingidos.

Neste trabalho, apresenta-se o resultado obtido de uma experiência de planejamento e implantação do conceito de Manufatura Enxuta em uma nova divisão produtiva, incorporado à metodologia interna da empresa estudada, chamado de Sistema de Negócios ou *BS - Business System*, o qual adota ferramentas que visam eliminar desperdícios nos negócios. Essas ferramentas encontram-se dispostas no sistema enxuto - *LS - Lean System* da empresa.

O alinhamento dos conceitos de Manufatura Enxuta ao *BS* e aos princípios desenvolvidos em classe, com a complementação de uma consulta por meio dos instrumentos disponíveis, cuja relação consta na seção de Referências Bibliográficas desta Dissertação, permitiram a criação de um plano de implementação do sistema de Manufatura Enxuta sustentável e capaz de ser avaliado e medido, para as devidas correções, caso necessárias.

A implementação desse plano, somada à melhoria contínua da divisão produtiva, possibilitou à empresa pesquisada melhor preparação para enfrentar e conquistar uma fatia de mercado com grande potencial de crescimento, com a utilização de uma tecnologia diferenciada de um produto inovador e de vantagens estratégicas de localização, custos e sinergia do conceito "*campus*", em que uma mesma instalação industrial abriga mais de uma unidade de negócios, porém mantendo a identidade e a linha de comando independentes.

Neste trabalho foi abordada a utilização das técnicas que constituem o conceito de Manufatura Enxuta, as quais determinam o verdadeiro valor por produto, dentro da cadeia de valor, enfocando a adoção de métodos de controle de qualidade efetivos, que permitem a detecção de erros ou defeitos e que podem ser usados para satisfazer uma determinada função de inspeção, assim como o sincronismo dos processos produtivos, o que garante o equilíbrio entre a capacidade e a carga, conforme definição que segue.

De acordo com Shingo (1996, p.157), "[...] carga é o volume de trabalho que precisa ser executado; e capacidade é a habilidade da máquina e do operador em concluir o trabalho".

As ferramentas com maior intensidade de aplicação, para os efeitos desta pesquisa, serão o *Poka Yoke* (Sistema a Prova de Erros), *Kanban* (sistema de puxar), Troca Rápida e o Fluxo Contínuo, em razão da delimitação estabelecida pelo âmbito do estudo.

O planejamento para a implementação do sistema foi iniciado a partir da análise da cadeia de valores dos setores da produção, desenvolvendo-se, assim, todo o sistema de pesquisa que direcionou as ferramentas necessárias para as respectivas oportunidades de melhoria.

O envolvimento de engenheiros, técnicos de manufatura e seus respectivos líderes de produção foi fundamental para o sucesso do processo, pois esses profissionais precisam conhecer a fundo os objetivos pelos quais estão trabalhando, para que possam implantar as mudanças que o sistema enxuto exige. Este é, talvez, um dos maiores problemas da implementação do sistema na maioria das empresas.

É necessário provar e convencer os “donos do processo” de que a mudança é de fato benéfica, o que não é tarefa fácil, pois, como é sabido, nem todos estão preparados para aceitar mudanças em sua rotina. Essa "resistência" pode ser reduzida quando ocorre um planejamento preventivo, visando a instalações futuras.

Não seria arriscado dizer que os maiores desperdícios de uma indústria concentram-se na produção; pode-se afirmar, sim, que a manutenção dos negócios e grande parte do retorno de uma empresa estão relacionados às atividades de produção, com as quais é possível obter vantagens competitivas, considerando-se as atuais condições impostas pelo sistema de mercado globalizado. Assim, de nada adiantaria a empresa ter um departamento de Marketing e Vendas devidamente estruturado, se dependente de uma produção mal planejada e ineficiente.

1.1 - Definição do problema

O problema objeto de estudo desta dissertação foi a implementação do sistema de Manufatura Enxuta que visa à otimização do processo produtivo na fase de prevenção e execução. Neste sentido, atua na eliminação dos desperdícios, os quais prejudicam, não só a eficiência da fabricação, como também os custos envolvidos que determinam o preço final do produto.

O desperdício é caracterizado por perdas e/ou qualquer atividade que não agregue valor ao produto final.

1.2 - Objetivo

O objetivo deste trabalho foi analisar, de forma preventiva, uma planta existente nos Estados Unidos, fazendo-se uso dos conceitos de Manufatura Enxuta, para desenvolver a implementação de uma nova unidade produtiva no Brasil.

A análise ocorreu por meio da comparação entre o mapeamento do seu estado atual, para uma projeção futura. Para tal análise, fez-se necessário uma fundamentação teórica que contemplasse as ferramentas que suportam o sistema enxuto, e o modelo utilizado pela empresa estudada, para a implementação da nova unidade em São José dos Campos.

1.3 – Delimitação do estudo

Este estudo foi limitado à concepção de Manufatura Enxuta na divisão de uma empresa multinacional fabricante de um produto específico que é utilizado por montadoras de automóveis.

Foram abordados os conceitos adequados para suportar a tomada de decisões e viabilizar a execução conforme a análise dos resultados obtidos.

O estudo do problema proposto ocorreu a partir do momento em que se iniciou a análise para manufatura do produto, enfocando-se a eliminação de potenciais falhas, as quais poderiam prejudicar o crescimento e a inicialização da produção.

1.4 - Relevância do estudo

Este estudo pretende contribuir para a compreensão dos ganhos que podem ser obtidos com a utilização do conceito de "pensamento enxuto" e com o planejamento de melhorias focadas na eliminação de desperdícios. Embora exista uma vasta literatura especializada que descreve técnicas específicas e apresenta algumas reflexões filosóficas de alto nível, o processo de "pensamento enxuto" precisa reunir todos os métodos em um sistema completo.

Como resultado, verifica-se que algumas empresas se não progridem, pois muitas delas não se previnem, elaborando um planejamento adequado, ou, em outras

situações, o enfoque dessas empresas é parcial e as técnicas são implementadas isoladamente. Nesse caso, a Manufatura Enxuta, quando devidamente implementada, visa atacar as causas dos problemas de maneira sistêmica, com maiores perspectivas de sucesso.

1.5 - Caracterização da Empresa

A empresa que serviu de base para analisar e implementar a Manufatura Enxuta foi fundada em 1911, em Yonkers, Nova York, Estados Unidos. É fabricante global de produtos de alta tecnologia e atende aos mercados industrial, automotivo, construção, comercial, aeroespacial e de semicondutores. Seus principais produtos incluem equipamentos hidráulicos, conectores para fluidos, equipamentos e controles para distribuição de energia, sistemas para caixas de transmissão, componentes de motores e grande variedade de controles automotivos. A central de operações está situada em Cleveland, Ohio, contando, hoje, com cerca de 64.000 colaboradores e 195 fábricas em 23 países, com um faturamento de 8,4 bilhões de dólar em 2000. As informações complementares sobre a empresa encontram-se no Anexo I.

1.6 - Considerações estratégicas que antecederam a implementação

Em 2002, foi introduzida no mercado nacional uma nova tecnologia para a inovação do mercado automotivo, que tinha como meta explorar a expectativa do consumidor. Tal tecnologia, aliada ao anseio das montadoras em aumentar sua participação no mercado, principalmente no segmento de carros populares, que então concentrava mais de 65%¹ das vendas de automóveis no País, apresentava como ineficiência apenas a sua baixa capacidade de "arrancada", tecnicamente conhecida como torque, a qual seria suprida pelo novo produto lançado (v. item 1.7 Caracterização do Produto, no escopo deste trabalho).

Para a efetivação da instalação, no mercado brasileiro, da nova divisão produtiva destinada à manufatura utilizando a tecnologia inovadora, foram abordados dois aspectos: a necessidade de eliminação de desperdícios que pudessem inviabilizar a aprovação do investimento a ser aportado pela corporação e o

¹ Fonte: ANFAVEA (2000)

planejamento preventivo, para eliminação de falhas e defeitos que pudessem prejudicar o lançamento da nova tecnologia, procurando garantir, assim, a imagem do produto, ainda mais que se tratava de uma inovação no mercado brasileiro.

No período levantado para esta análise, parte das plantas fabris do Brasil ainda não estava equipada com a ferramenta de Manufatura Enxuta, uma vez que as ferramentas atuavam isoladamente; no entanto, na fase de planejamento para a instalação da nova planta no Brasil, os conceitos adotados foram abordados de acordo com uma filosofia voltada para o negócio a que se destinava. Assim, várias oportunidades puderam ser planejadas de forma preventiva, fazendo-se uso da análise da cadeia de valor, por meio do *Benchmarking* da planta equivalente instalada nos Estados Unidos.

O *LS* sistema enxuto da empresa foi definido pelo presidente do grupo como uma ferramenta importante para eliminação dos desperdícios e para atendimento dos objetivos e metas estabelecidos pela corporação.

1.7 - Caracterização do Produto

O produto objeto de estudo nesta Dissertação de Mestrado é mais conhecido como Compressor Volumétrico, uma bomba de ar ligada ao virabrequim do motor automotivo por uma correia que utiliza a força motriz do mesmo e empurra mais ar do que o motor aspiraria normalmente, aumentando a potência do motor em 55%.

Na prática, o motorista tem a impressão de estar dirigindo um automóvel de maior cilindrada com aceleração rápida e maior torque. Os detalhes técnicos do produto estão no Anexo II.

1.8 Organização do Trabalho

Na segunda seção apresentamos uma revisão da literatura, focalizando os aspectos históricos da Manufatura Enxuta, conceitos de desperdício, sistemas, métodos e mapeamento de fluxos.

A aplicação da metodologia constitui a terceira seção - uma análise da implementação do sistema enxuto na Empresa estudada.

Modificações Propostas são apresentados na quarta seção.

Na quinta seção são encontrados os Resultados e Discussões.

As conclusões constituem a sexta seção.

Na seqüência, as referências bibliográficas e anexos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Adotou-se como ponto de partida, para o desenvolvimento deste trabalho, a interpretação dos princípios do "pensamento enxuto", que implicam maior embasamento teórico, de modo a auxiliar o planejamento e execução das atividades referentes à implementação da Manufatura Enxuta.

O referencial teórico foi desenvolvido de acordo com o conceito enxuto, empregado pela empresa estudada, abordando as ferramentas e conceitos necessários para sua implementação. Posteriormente, limitou-se ao estudo de caso, em que foram abrangidas as técnicas baseadas em literatura específica, tendo como finalidade relacionar a teoria à prática.

O referencial teórico aqui utilizado foi relacionado com a literatura específica citada nos próximos capítulos.

2.1 História da Manufatura Enxuta

A produção enxuta (do original em inglês, *lean*) é, na verdade, um termo cunhado, no final dos anos 80, pelos pesquisadores do *International Motor Vehicle Program - IMVP*, um programa de pesquisas ligado ao *Massachusetts Institute of Technology - MIT*, para definir um sistema de produção eficiente, flexível, ágil e inovador, superior à produção em massa, um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança. Na verdade, Manufatura Enxuta é um termo genérico usado para definir o Sistema Toyota de Produção - STP.

A melhor maneira de descrever a produção enxuta é contrastá-la com seus predecessores: produção artesanal e produção em massa. Produção artesanal usa trabalhadores altamente qualificados e simples, porém flexíveis ferramentas para fazer exatamente o que o consumidor deseja: um item de cada vez. O resultado é que o consumidor tem exatamente o que ele queria, mas com um custo provavelmente alto. A produção em massa usa vários profissionais de habilidades bastante específicas para desenhar produtos que são construídos por profissionais pouco ou não qualificados operando máquinas caras e capazes de realizar um só tipo de tarefa. As máquinas produzem produtos padronizados em um volume muito alto. Devido ao alto custo que uma parada do processo pode causar, o produtor em massa usa muitas

reservas - fornecedores, trabalhadores e espaço extras - para assegurar produção contínua, o que gera desperdício (*muda*, em japonês). Além disso, devido ao alto custo para se mudar para um novo produto, o produtor em massa continua com um *design* (projeto) padrão em produção por tanto tempo quanto possível. O resultado é que o consumidor tem menores custos, mas com uma menor variedade, e os trabalhadores tentam achar sua parte do trabalho repetitiva e monótona.

A produção enxuta, ao contrário, usa times de trabalhadores com várias habilidades em todos os níveis de organização, e usa máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas para produzir grandes volumes de produtos em enorme variedade, com melhor aproveitamento dos recursos existentes, em quantidade suficiente. O produtor enxuto define seu objetivo na perfeição, produzindo sempre maiores benefícios e delegando, a cada trabalhador, uma parte da responsabilidade.

A produção enxuta induz cada indivíduo a aprender um vasto número de habilidades profissionais e aplicar essa criatividade no time.

Para melhor entendimento do que seja o *TPS*, deve-se, inicialmente, compreender suas origens na manufatura, mais especificamente na indústria automobilística.

Henry Ford criou o Modelo T em 1908 - seu 20º *design* em um período de cinco anos. Ele havia encontrado, finalmente, no modelo T, dois objetivos: um carro que era desenhado para produção em escala industrial e que era *user-friendly* (literalmente, “amigo do usuário” - qualquer pessoa podia dirigir e consertar o carro, sem ser *chauffeur* ou mecânico).

A chave para a produção em massa não era a linha de montagem em movimento constante, como a maioria das pessoas acredita, mas o completa e consistente intercâmbio entre as peças e a simplicidade de encaixá-las, por meio da padronização de medidas.

Na produção artesanal, cada pedaço era criado por um artesão individual, a maioria dos quais era contratada independentemente de uma organização de manufatura. Cada artesão usava seu próprio sistema de medidas, ao fazer sua peça. Uma vez que as peças eram criadas, a primeira e a segunda partes eram colocadas juntas, com enchimentos e ajustes feitos, até que elas se encaixassem perfeitamente. Então, a terceira peça era colocada e ajustada de acordo, e assim por diante, até que

todo o carro estivesse montado. O maior problema era que cada peça era feita usando-se uma medida diferente, e então temperada, para aumentar a dureza, o que usualmente deformava o metal, e a peça tinha que ser refeita, para adquirir sua forma original. O resultado final era usualmente uma mera aproximação das dimensões originais.

Para alcançar a intercambialidade, Ford insistiu que o mesmo sistema de medidas fosse usado para cada peça durante todo o processo. Ford também se beneficiou do recente desenvolvimento dos metais pré-endurecidos. Utilizando intercambialidade, simplicidade e facilidade de colocar as peças juntas, Ford estava pronto para eliminar os ajustadores habilidosos que sempre formaram a maior parte da força de trabalho das montadoras. Essa já foi sua primeira vantagem, na competição com outras empresas.

Em 1913, Ford introduziu a primeira linha de montagem móvel (rolante), na fábrica Highland Park, em Detroit, EUA. Em vez de usar trabalhadores individuais, que criavam um automóvel completo antes de começarem outro, ele concebeu o trabalhador permanecendo em um ponto, e o produto, componentes e ferramentas viriam ao encontro do trabalhador. Isso criou o conceito do uso do trabalhador sem habilidade, que não mais precisava entender o processo produtivo completo, mas apenas ser capaz de apertar duas porcas em dois parafusos, ou colocar um roda em cada carro que viesse, repetindo a tarefa durante todo o dia. Ele havia criado, não apenas as peças intercambiáveis, mas também os trabalhadores intercambiáveis.

Por volta de 1915, Ford finalmente integrou o processo, para incluir a verticalização de fornecedores. Em vez de comprar seus chassis e motores dos irmãos Dodge, e uma gama de outros produtos, de outras firmas, ele trouxe todas essas funções para dentro da fábrica. A decisão foi feita porque Ford havia aperfeiçoado o sistema de produção em massa antes de seus fornecedores e pôde, assim, atingir substanciais reduções de preços, fazendo tudo sozinho. Ele também não acreditava em ninguém a não ser nele mesmo. Além disso, precisava de peças com tolerâncias próximas e escalas de entrega que ninguém poderia ter imaginado antes. Então, decidiu substituir o mecanismo do mercado com a "*visible hand*" (mão visível, ações à mostra), de coordenação organizacional.

No começo dos anos 20, a General Motors (GM) também produzia automóveis, por meio da produção em massa. Infelizmente, seu fundador, William Durant, era um clássico construtor de impérios; ele não tinha idéia de como

administrar nada, depois que comprava. Ele foi tirado do comando em 1920 e trocado por Alfred Sloan. Para administrar as cinco maiores companhias da GM, Sloan desenvolveu o princípio de administrar com base em resultados.

Sloan e outros executivos sênior inspecionaram cada um dos centros de lucro da companhia, avaliando: vendas detalhadas, divisão de mercado, estoques, e relatórios de lucros e prejuízos. Sloan achava desnecessário que os executivos entendessem os detalhes de operar cada divisão. Os números mostrariam a performance; se a performance estava ruim, era hora de mudar o gerente geral, se estava boa, o gerente geral era um candidato à promoção ao nível vice-presidencial.

Sloan usou as mesmas teorias de gerenciamento descentralizadas por toda a companhia; interna e internacionalmente. Essencialmente, desenvolveu a última parte da divisão de trabalho que Ford começou. Ford desenvolveu o especialista em retrabalho e o inspetor geral da linha de montagem, para administrar os erros dos trabalhadores, e os engenheiros para desenvolver os produtos e processos; Sloan adicionou o gerente financeiro e especialista em *marketing* para controlar o resto da estrutura da empresa. Esse era o complemento de todo o sistema de produção em massa. Enquanto o sistema em massa era aperfeiçoado nos EUA, também começava a florescer na Europa Ocidental. No fim dos anos 50, Volkswagen (alemã, VW), Renault (francesa) e Fiat (italiana) estavam produzindo em escala comparável à de Detroit. Um grande número de produtores artesanais europeus também havia feito a transição para a produção em massa.

Nos anos 70, os europeus estavam se especializando em carros muito diferentes dos produzidos pelos americanos. Eles ofereciam carros compactos, econômicos, como o VW Sedan (o popular Fusca), e carros esportivos, como o inglês MG. Eles também desenvolviam novas tecnologias, como tração dianteira (ideal para carros pequenos), freios a disco, injeção eletrônica, monobloco no lugar de chassis, câmbio de cinco marchas (ideal para economia) e motores que atendiam à relação peso/potência. Infelizmente, seu sistema de produção não era nada mais que cópia do sistema de Detroit, porém com menos eficiência e precisão.

Segundo Ghinato (2000), o entusiasmo da família Toyota pela indústria automobilística começou após a primeira viagem de Sakichi Toyota aos Estados Unidos, em 1910. No entanto, o nascimento da Toyota Motor Co. deveu-se mesmo a Kiichiro Toyota, filho do fundador Sakichi, que, em 1929, também esteve em visita técnica às fábricas da Ford, nos Estados Unidos.

Como decorrência desse entusiasmo e da crença de que a indústria automobilística em breve se tornaria o carro-chefe da indústria mundial, Kiichiro Toyota criou o departamento automobilístico na Toyota Automatic Loom Works, a grande fabricante de equipamentos e máquinas têxteis pertencente à família Toyota. Somente em 1937 foi fundada a Toyota Motor Co.

A Toyota entrou na indústria automobilística especializando-se em caminhões para as forças armadas, mas com o firme propósito de entrar na produção, em larga escala, de carros de passeio e caminhões comerciais. No entanto, o envolvimento do Japão na II Guerra Mundial adiou as pretensões da Toyota.

Com o final da II Grande Guerra, em 1945, a Toyota retomou seus planos de tornar-se uma grande montadora de veículos. Na época, a produtividade dos trabalhadores americanos era aproximadamente dez vezes superior à produtividade da mão-de-obra japonesa.

O fato de a produtividade americana ser tão superior à japonesa chamou a atenção para a única explicação razoável: a diferença de produtividade só poderia ser explicada pela existência de perdas no sistema de produção japonês. A partir daí, o que se viu foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas.

Na primavera de 50, um jovem engenheiro japonês, Eiji Toyoda, saiu para uma visita de três meses à fábrica Rouge (Ford convidou muitos engenheiros de todo o mundo para visitar sua fábrica; ele não mantinha segredos sobre a produção em massa). A fábrica Rouge era a maior e mais complexa da Ford, se não de todo o mundo. Depois de muito estudo, Eiji voltou ao Japão e, com a ajuda de seu gênio da produção, Taiichi Ohno, concluíram facilmente que a produção em massa nunca funcionaria no Japão. Desse começo experimental estava nascendo o que a Toyota veio a chamar de *Toyota Production System - TPS* (Sistema Toyota de Produção - STP) e, finalmente, produção enxuta.

A Toyota encontrou muitos problemas no Japão. Seu mercado interno era pequeno e demandava grande variedade de veículos: carros de luxo para autoridades, carros pequenos para as cidades lotadas, pequenos e grandes caminhões para agricultores e indústria. A força de trabalho interna japonesa não desejava ser tratada como um custo variável ou como peças intercambiáveis. O Japão também não tinha a vantagem de trabalhadores "hóspedes" (imigrantes temporários que aceitavam

condições de trabalho péssimas em troca de um salário razoável, como acontecia no Ocidente). O primeiro processo que Ohno melhorou foi o de estamparia de chapas de metal. Até então, a prática padrão era estampar um milhão ou mais de uma dada parte em um ano.

Infelizmente, toda a produção da Toyota era de poucos milhares de carros por ano, e a empresa, na crise do pós-guerra, não tinha capital para financiar a compra de dezenas de prensas, que eram necessárias no sistema em massa. Ohno concluiu que, em vez de dedicar toda uma série de prensas para uma parte específica e estampar essas partes por meses ou anos sem mudar os moldes, ele desenvolveria técnicas simples de mudança de molde, e mudaria moldes freqüentemente (a cada duas ou três horas, versus dois ou três meses), usando carrinhos para tirar e colocar os moldes. Dessa maneira, ele precisaria apenas de umas poucas prensas. Assim, ele descobriu que o preço de produção de um número menor de peças era menor, pois não havia gastos com estoque.

Ele, não apenas economizava o preço do custo do estoque, como também fazia com que os erros fossem mais facilmente descobertos. Também teve a idéia de usar os trabalhadores da linha na troca de moldes, em lugar dos especialistas ocidentais, que faziam essa tarefa enquanto os trabalhadores ficavam ociosos.

Ohno percebeu, porém, que, para alcançar o sucesso nesse novo processo, os trabalhadores teriam que ser motivados a procurar e corrigir erros e ser extremamente treinados em seu trabalho, ao mesmo tempo. Se os trabalhadores falhassem em antecipar problemas e não tivessem a iniciativa para achar soluções, o trabalho da fábrica poderia parar.

No fim dos anos 40, devido a problemas com a economia japonesa, a Toyota estava enfrentando uma grande recessão nos negócios. A empresa queria demitir um quarto da força de trabalho. Entretanto, o sindicato estava em posição privilegiada e decidiu entrar em greve. O resultado das negociações foi que a companhia e o sindicato acordaram um compromisso que hoje permanece como uma fórmula para as relações trabalhistas na indústria automobilística japonesa. Um quarto da força de trabalho foi demitido, mas os empregados que restaram receberam duas garantias. Uma delas era emprego vitalício. A outra era o aumento do salário gradual, com a antigüidade da pessoa no emprego, em vez de função específica, e ligada ao lucro da empresa por meio de pagamentos de bônus. A Toyota prometia emprego vitalício, mas em troca esperava que a maioria dos empregados permanecesse com a

ela até a aposentadoria. Era uma expectativa razoável, porque se o empregado saísse de uma companhia e começasse em outra, ele perderia seu pagamento por antigüidade.

Os trabalhadores também concordaram em definições de trabalho flexíveis e em serem ativos, promovendo os interesses da companhia, sugerindo melhorias, em vez de apenas responder a problemas. Com efeito, os dirigentes da empresa viram que, se o empregado ia ficar com eles a vida inteira (desde os 20 até os 60 anos), teria que ser aproveitada não apenas a força do seu trabalho, mas também sua experiência.

Ohno, então, começou a repensar o processo de montagem. Ele escolheu reagrupar os trabalhadores em times. Enquanto Ford atribuía cargos de faxineira, empregados para consertar ferramentas e inspetores de qualidade para especialistas independentes, Ohno deu essas responsabilidades para cada time.

Enquanto Ford pensava que era melhor deixar um erro prosseguir pela linha de montagem, para ser retrabalhado ao final, Ohno pensava que o retrabalho era apenas um custo adicional, desnecessário. Além disso, Ohno colocou uma corda sobre cada estação de trabalho, para que os trabalhadores pudessem parar a linha toda cada vez que surgisse um problema que eles não conseguissem corrigir. Então, todos viriam ajudá-los a resolver o problema. Essa ferramenta, hoje, é chamada de *Andon*.

Ele também institucionalizou um sistema de solução de problemas denominado "os cinco porquês". Os trabalhadores eram ensinados a procurar a origem de cada erro, e então achar uma solução para que ele não mais ocorresse. Quando o sistema de Ohno atingiu seu objetivo, a quantidade de retrabalho necessária era mínima. Os trabalhadores estavam aptos a consertar quase qualquer erro assim que ele ocorria. A qualidade dos carros vendidos também aumentou enormemente.

A Toyota começou a receber o reconhecimento mundial a partir do choque do petróleo de 1973, ano em que o aumento vertiginoso do preço do barril afetou profundamente toda a economia mundial. Em meio a milhares de empresas que sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos, a Toyota Motor Co. emergia como uma das pouquíssimas empresas a escapar praticamente ilesa dos efeitos da crise.

2.2 Conceitos de desperdício

Segundo Womack (1992), o desperdício, também conhecido na língua japonesa por *muda*, normalmente é associado ao que se classifica como lixo, porém sua definição vai além disso.

De acordo com Campos (1996), o desperdício é todo e qualquer recurso que se gasta na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário (matéria-prima, materiais, tempo, energia, por exemplo). É um dispêndio extra que aumenta os custos normais do produto ou serviço sem trazer qualquer tipo de melhoria para o cliente.

Reduzir o desperdício - *muda* - na manufatura significa eliminar tudo aquilo que aumenta o custo de produção, ou seja, transformar *muda* em valor. Muitas vezes os desperdícios não são facilmente notados, pois se tornaram aceitos como consequência natural do trabalho rotineiro.

Os movimentos de um operador podem ser classificados como operações e perda, como mostra a Figura 1:

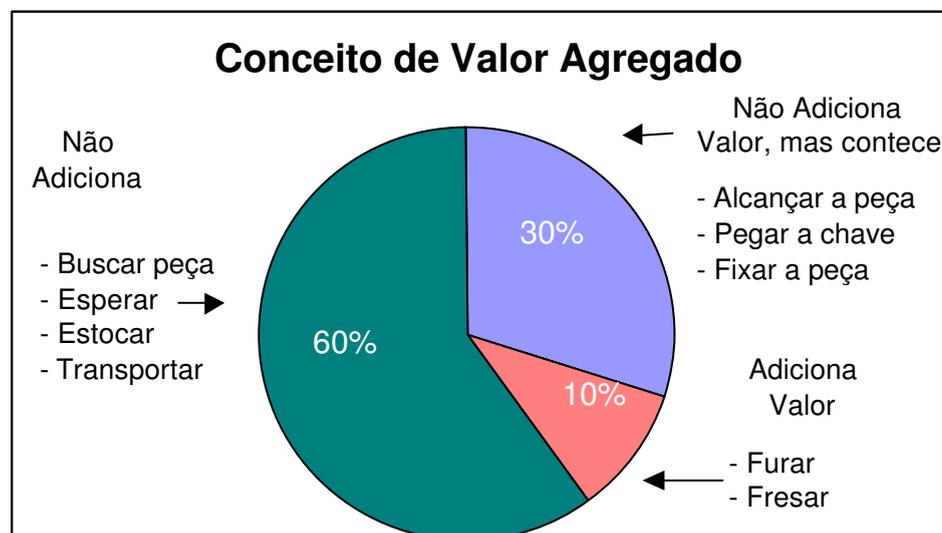


Figura 1 – Círculo de movimentos dos operadores

Fonte: Apostila de Treinamento de VSM da empresa Eaton Corporation (1998)

Para melhor entender a conceituação, deve-se dividir o trabalho produtivo em três diferentes formas:

- a) Perda: toda atividade que não contribui para as operações. Dentro deste conceito, pode-se citar: espera, estoques intermediários entre operações, reabastecimento, movimentação do produto, etc.
- b) Operações que não agregam valor: são as atividades que não beneficiam a matéria-prima, por exemplo: movimentação para alcançar as peças, desembalagem de caixas, operações manuais de comandos do equipamento, etc.
- c) Operações que agregam valor: são atividades que transformam a matéria-prima, modificando a sua forma e qualidade. Esses valores são normalmente percebidos pelo cliente final, pois de nada vale incluir atividades no processo que não possam ser "cobradas" do cliente final. Caso contrário, podem gerar desperdícios. Muitos processos e atividades não são percebidos pelo cliente, mas são observados pela manutenção da Qualidade e Segurança do produto, como, por exemplo, testes finais de qualidade. Portanto, quanto maior o valor agregado, maior a eficiência da operação.

A experiência prática do chão de fábrica mostra que o percentual de trabalho que de fato agrega valor a um produto é menor do que o esperado, o que faz com que haja necessidade de se transformar todo e qualquer movimento em trabalho. O trabalho avança um processo à frente e agrega valor, ao passo que a movimentação, por mais rápida e eficiente que seja, poderá não agregar nada.

A Tabela 1 quantifica as atividades de melhoria na eliminação das perdas na Toyota entre os anos de 1976 e 1980, as quais são expressas na forma de sugestões apresentadas e adotadas naquele período.

Tabela 1 – Sugestões de melhorias na Toyota Motors

Ano	Número Total de Sugestões	Número de Sugestões por pessoa	Taxa de Adoção
1976	463.000	10, 6	83%
1977	454.000	10, 3	86%
1978	527.000	11,9	88%
1979	575.000	12, 8	91%
1980	860.000	18,7	94%

Fonte: Monden (1984)

Por outro lado, a Tabela 2 ilustra o impacto dessas atividades, ao fazer uma comparação entre a montagem Toyota e os fabricantes de automóveis americanos, suecos e alemães.

Tabela 2 – Tempo de montagem por veículo

	Toyota (Planta Takaoka)	Planta (A) (EUA)	Planta (B) (Suécia)	Planta (C) (Alemanha)
Nº de empregados	4300	3800	4700	9200
Nº de carros produzidos	2700	1000	1000	3400
Tempo por carro (Nº de pessoas)	1,6	3,8	4,7	2,7

Fonte: Shingo (1996)

Os números mostram a grande importância do envolvimento dos funcionários devidamente motivados, que poderão contribuir com novas idéias para o aprimoramento do processo produtivo, acarretando, assim, ganho de produtividade e qualidade, tornando a empresa mais competitiva.

2.2.1 Os principais tipos de desperdício

De acordo com Womack (1992), o executivo Taiichi Ohno identificou os principais tipos de desperdício. São sete tipos primários, que também conduzem a desperdícios secundários. Como exemplo, o caso do inventário extra que provoca a necessidade de material e mão-de-obra extra, com custos indiretos, como energia e outras utilidades. Na seqüência, os sete tipos de desperdício são apresentados com pormenores:

2.2.1.1 Superprodução: está relacionada ao fato de se produzir mais do que o requerido pela demanda dos clientes ou por produzir em um ritmo acima do necessário. Portanto, dentro do STP, a produção deve ser sustentada pela filosofia *Just-In-Time (JIT)*, que significa produzir peças ou produtos exatamente na quantidade requerida, quando requerida, e não antes disso. Dessa forma, o volume de produção deve ser igual ao número de pedidos. Como nem sempre é possível atingir um ciclo de

produção (P) que seja menor do que o prazo de entrega (E), o método do "supermercado" também foi adotado para planejamento e produção.

Os equipamentos devem ser utilizados dentro do maior limite de seu aproveitamento; porém, se isso for feito sem se considerar a necessidade da demanda, ocorrerá uma superprodução, quando forem produzidos peças ou produtos que podem não ser vendidos, gerando, assim, dinheiro "parado".

A superprodução geralmente dá a impressão de que todos estão ocupados, trabalhando, e que as atividades fluem normalmente, mas isso é uma ilusão, pois elevados volumes distorcem a verdade e mascaram os problemas que podem vir à tona, quando os excessos são eliminados.

A superprodução tende a esconder problemas de produção ou defeitos e produções ineficientes. Além disso, ela pode ocasionar outros desperdícios, como:

- O crescimento de estoques e, conseqüentemente, imobilização do capital antes do tempo e aumento de despesas financeiras;
- Necessidade de utilização de maior espaço, o que exige ampliação das instalações;
- Desmotivação das equipes quanto à produtividade;
- Compras de materiais ou componentes em duplicidade, assim como danos aos produtos e materiais armazenados.
- Gastos em excesso com energia e utilidades.

A superprodução esconde, ainda, a questão da movimentação, pois qualquer movimento de pessoas ou de maquinário, que não agregue valor, será considerado como perda de movimento. Os movimentos de pessoas (operadores) devem ser planejados de forma ergonômica, para evitar perdas de produtividade, que são ocasionadas pelo estresse físico e até mesmo mental. Quando movimentos desnecessários são analisados, revisa-se, não somente o valor agregado, como também o método de trabalho operacional, visando-se à não sobrecarga do operador, devido aos fatores que provocam esforços repetitivos.

Quando os movimentos de um operador são observados, pode-se comparar e analisar o valor agregado e o valor não agregado. Em um acompanhamento de estudos de métodos e tempos, é possível observar movimentos

que podem ser agrupados, melhorados ou até mesmo eliminados, por meio de simples ações, como, por exemplo, a melhor disposição física da estação de trabalho.

Segundo Shingo (1996), ações desse tipo podem ser implementadas, tanto no processo de fabricação, como nas operações. Há necessidade, portanto, de melhor entender a definição de ambos os termos:

- a) Processo - entendido como o fluxo de materiais no espaço e no tempo. É a transformação de matéria-prima em componentes semi-acabados, que, por sua vez, se transformam no produto acabado.
- b) Operações - trabalho realizado para a efetivação da transformação. Quando o método de trabalho não é adequado, as pessoas acabam trabalhando além do necessário, o que resulta em menor produtividade.

2.2.1.2 Espera: é a atividade de ter que esperar para processar determinada peça, o que constitui desperdício. Refere-se, tanto à matéria-prima, quanto aos produtos semi-acabados que esperam pelo processo, assim como para a acumulação de estoques excessivos a serem entregues. Portanto, com relação à estocagem, têm-se dois tipos de espera: as de processo e as de lotes.

As esperas de processo normalmente estão relacionadas às taxas de defeitos superestimadas, causando a espera do processamento do excedente, ou, devido à antecipação da programação, os estoques intermediários podem ser gerados por desbalanceamento, fabricação de *buffers* (estoques intermediários) para a absorção de quebras e refugos e para segurança gerencial.

Enquanto o operador assiste ao trabalho da máquina, ele não tem possibilidade de fazer outra atividade; conseqüentemente, não agrega valor. Esse tipo de desperdício é literalmente um "tempo morto". Em algumas organizações não planejadas, ocorre freqüentemente a utilização de operadores em ciclos automáticos, que acompanham o funcionamento da máquina sem desenvolverem atividades paralelas durante o tempo de processamento do equipamento.

São necessários, portanto, estudos que possibilitem a menor intervenção possível do homem na operação, visando ao seu melhor aproveitamento durante o tempo de processamento do equipamento que opera.

Para esses casos devem ser sempre utilizados conceitos de fluxo contínuo de fabricação, fazendo-se uso do bom senso, da lógica, criatividade e iniciativa, para o desenvolvimento de métodos eficazes.

Outro ponto a ser ressaltado é que a manufatura celular nem sempre pode ser implementada com a utilização de equipamentos "velhos". A engenharia deve desenvolver pequenos equipamentos automatizados que não requeiram o acompanhamento intensivo, tendo-se como objetivo o que se chama fluxo de uma peça.

2.2.1.3 Transporte: esse elemento é de grande importância na produção, devido ao seu envolvimento com as entregas de peças e materiais e as informações de entrega e chegada de grandes lotes de peças dos fornecedores. Operações de transporte para distâncias maiores do que as necessárias, taxas e mudanças são também caracterizadas como desperdícios.

Muitos processos são desenhados com distâncias definidas entre máquinas, o que ajuda o uso de lotes de produção. A movimentação desses lotes força o operador, freqüentemente, a deixar seu posto de trabalho para mover essas peças, que compõem um *muda*. Ao se planejar e desenhar estações de trabalho, é necessário que se observe a localização, que deverá ser o mais próximo possível das operações simultâneas requeridas pelos lotes.

Todavia, lotes de transporte de peças unitárias acrescentam um incremento ao transporte de um processo ao próximo, problema este que pode vir a ser resolvido por meio da otimização do arranjo. Após essa primeira providência, meios de transporte com maior eficiência devem ser considerados, para permitir que o material processado flua facilmente de um processo para outro, propiciando a redução dos tempos de produção, como o número de horas-homem de transporte.

O transporte é somente uma movimentação de produtos, o que não contribui diretamente para o valor agregado destes. Esta é a razão pela qual o transporte deve ser evitado, a menos que seja utilizado para o fornecimento da quantidade certa, na hora certa, no lugar certo, de acordo com a solicitação.

2.2.1.4 Processamento: a atividade de acrescentar ao processo mais "trabalho" ou esforço do que o requerido pelas especificações dos clientes também deve ser tratada como desperdício. O valor deve ser criado pelo produtor, e o cliente deve enxergá-lo e querer pagar por ele. Dessa forma, o "pensamento enxuto" deve começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor, em termos de produtos específicos, com capacidades específicas, oferecidas a preços específicos, por meio do diálogo com clientes específicos.

Um ponto importante na avaliação do processamento é a utilização de ferramentas de prevenção, como a Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial de Produto e Processo, pois alguns engenheiros, com o objetivo de proteger constantemente suas atividades, procuram alocar ao produto ou componente fatores de tolerância mais "apertados", fazendo com que a empresa desenvolva meios de processamento e controles sofisticados, rígidos e complexos, ao passo que a real necessidade não torna necessária essa designação.

Esse tipo de posicionamento garantirá a qualidade do produto final, ao cliente, dentro de uma maior segurança, porém os custos poderão impedir de o produto ser competitivo, impedindo também a oportunidade de um novo negócio.

Outro exemplo comum, em plantas produtivas, é a busca da perfeição, pois, quando é colocada como objetivo, há maior demanda de tempo para a obtenção de resultados, e tempo não produtivo não agrega valor.

2.2.1.5 Estoque: quando ocorre excesso de fornecimento de peças entre os processos, ou muitas peças (matéria-prima, componentes, etc.) são entregues pelos fornecedores, com o intuito de abastecer a fábrica, ocorre o que se chama de Inventário (estoque), que exige capital de giro para sua manutenção, gera custo e, como já citado, caracteriza dinheiro parado, ou seja, perdas. Quanto maior o inventário, maior o desperdício.

O inventário é meramente uma garantia contra emergências, mas grandes inventários dificultam o acesso, aumentam o custo de estocagem e, ainda, ocupam áreas da empresa, gerando também um custo pela sua ocupação.

Outro problema encontrado nas empresas com grandes estoques é que essa característica esconde a realidade das organizações, tornando cada vez mais

difícil a identificação dos problemas existentes e, conseqüentemente, a sua eliminação. Quando ocorrem problemas com as peças de fornecedores, também fica mais difícil identificar a verdadeira causa do problema, para que ações corretivas sejam iniciadas.

Normalmente, inventário excessivo é desperdício, pois há produção além do necessário, o que gera lotes (inventários) intermediários, devido à inexistência de um fluxo contínuo. A Manufatura Enxuta tem como objetivo final um sistema em que tudo esteja ligado em fluxo coerente de peças unitárias.

Embora essa integração total não seja facilmente atingida, um sistema de entregas mistas contínuas e freqüentes de pequenos lotes pode ser desenvolvido, para plantas de fabricação e para linhas de montagem. Dessa forma, chegarão entregas constantes, oriundas de processos adjacentes à planta de montagem final.

Todas as atividades devem ser sincronizadas com os tempos de fabricação unitários e controladas por meio do sistema *Kanban*. O sucesso dessa atividade refletirá na rotatividade do estoque. Para melhor visualização da rotatividade de estoque, a Tabela 3 mostra a comparação com outros fabricantes de automóveis.

Tabela 3 – Rotatividade de estoque de fabricantes de automóveis por país

	Toyota	Empresa A (Japão)	Empresa B (EUA)	Empresa C (EUA)
1960	41 vezes	13 vezes	7 vezes	8 vezes
1965	66	13	5	5
1970	63	13	6	6

Fonte: Monden (1984)

2.2.1.6 Defeitos: pode-se dizer que este item está entre os piores fatores de desperdício, pois os mesmos podem gerar retrabalho, custo de recuperação ou mesmo a perda total do esforço e material. Outro ponto importante a ser considerado é o elevadíssimo risco de perder clientes.

Os produtos devem ser manufaturados de forma correta, logo na primeira vez; caso contrário, serão adicionadas tarefas desnecessárias para sua finalização, dentre as quais pode-se citar energia, tempo de equipamento, mão-de-obra e outros que acrescentarão custos desnecessários para a correção do defeito encontrado.

Muitas vezes um problema é corrigido, porém não tem sua "causa raiz" devidamente eliminada, o que significa a possibilidade de problemas futuros dentro da própria planta, com operações subseqüentes, assim como risco de falhas no cliente final, o que ocasionaria maior risco de perdas. Essa é a razão pela qual esse desperdício deve ser tratado com elevado grau de importância.

Nos sistemas de produção convencional, é normalmente mantido um certo nível de estoque para prevenir que produtos com defeito causem transtornos à linha de produção. Como na Manufatura Enxuta a superprodução, o mais grave dos desperdícios, não é permitida, torna-se necessária a eliminação de ocorrência de defeitos. A inspeção deve prevenir os defeitos, e não simplesmente encontrá-los. Algumas estratégias para a obtenção de "Zero Defeito" seriam:

- a) Eliminar os excessos de inventários: os estoques são considerados nocivos por ocuparem espaço e representarem altos investimentos de capital, mas também por esconderem ineficiências do processo produtivo, com problemas de qualidade, longos tempos de preparação de máquina para troca de produtos e falta de confiabilidade de equipamentos. Portanto, usando essa estratégia, não devem ser fabricados produtos desnecessários, ou seja, em excesso, pois, quanto mais produtos são produzidos, maiores são as chances de apresentarem defeito, muitas vezes ocasionados pelo próprio armazenamento (riscos, batidas, etc.). Dessa forma, deve-se sempre lembrar dos princípios do *Just-In-Time*.
- b) Eliminar os trabalhos no processo: defeitos são facilmente escondidos no processo de fabricação, quando, por exemplo, as peças são empilhadas antes de se moverem para a próxima operação. Nesse caso, o fluxo contínuo de peças não só garantiria a movimentação das peças sem estoques intermediários, como também permitiria que defeitos fossem encontrados rapidamente, sem que outras peças precisassem ser sucateadas.
- c) Sistema à Prova de Erros nos processos: esta seria uma abordagem sistemática para a antecipação e detecção de defeitos potenciais, tanto no processamento da peça, como no monitoramento da operação. Dessa forma, ocorreria a paralisação do processo, até que o defeito encontrado fosse eliminado.

2.2.1.7 Movimentação desnecessária

Esse item está relacionado à desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens. As movimentações dentro do setor produtivo devem ser aquelas que são necessárias para o processamento de atividades. Muitas vezes, essas movimentações podem ser reduzidas, agrupadas ou até mesmo eliminadas. O ideal para a produção é que as atividades de movimentação sejam realizadas sem comprometimento do ciclo produtivo e do rendimento do operador.

2.2.2 Como localizar os desperdícios

- a) Desperdício de matéria-prima: o uso de materiais com especificações superiores ou inferiores às necessidades significa desperdício, pois, se o material for superior ao especificado, pode significar maior investimento para o mesmo resultado; se o material for inferior ao especificado, poderá não atender às necessidades e provocar perda total do produto, ou exigir reparos. Quantidades incorretas de matéria-prima também constituem desperdícios.
- b) Desperdícios de mão-de-obra: a subutilização reduz a produtividade e aumenta os custos; a superutilização pode causar o estresse e favorecer falhas e erros; a falta de capacidade exige treinamento extra e acompanhamento, e faz crescer o risco. O excesso de capacidade também pode implicar mão-de-obra mais cara do que a necessária ou significar subaproveitamento de pessoas, gerando, assim, desestímulo.
- c) Desperdícios nos métodos de trabalho: a sofisticação produz custos de implantação e manutenção além do necessário, e a sua falta pode não garantir a qualidade final do produto. A falta do cumprimento de etapas no processo pode acarretar “gargalos”, e o excesso pode gerar custos maiores que os necessários, podendo causar, também, atrasos nas entregas.
- d) Desperdícios com equipamentos: a utilização de equipamentos obsoletos pode comprometer a quantidade e qualidade dos produtos, diminuindo a sua competitividade. Por outro lado, a utilização de

equipamentos excessivamente avançados, o volume e a qualidade absorvidos pelo mercado podem não justificar o seu investimento, aumentando seus custos.

2.3 Benchmarking

Para o planejamento de instalação de uma nova divisão, torna-se importante a quantidade e a qualidade das informações coletadas, para que se possa antecipar problemas que venham a ocorrer.

Segundo Campos (1996), essa ferramenta deve ser utilizada para que os gerentes possam saber se alguma empresa já tem valores (indicadores) melhores do que os seus, ou, ainda, para se anteciparem a potenciais acontecimentos, fazendo uso de dados históricos.

Caso a pesquisa apresente importantes informações para a tomada de decisões, deverá ser feita uma análise de como esses resultados foram obtidos, para que se avalie a viabilidade da implantação ou sua utilização como referência.

Se os resultados forem viáveis, devem ser copiados, para que, posteriormente, sejam melhorados, quando possível.

As empresas somente serão competitivas se igualarem ou superarem seus concorrentes, eis a razão pela qual se pesquisam constantemente as "referências de excelência", o que melhor definiria a palavra *Benchmarking*, já que a mesma não encontra um termo correlato, na Língua Portuguesa.

Pode-se dividir o *Benchmarking* em três tipos:

- a) Interno: quando se comparam atividades semelhantes dentro da mesma organização;
- b) Competitivo: quando se comparam suas atividades com atividades semelhantes às dos concorrentes;
- c) Funcional: quando se comparam atividades semelhantes, conduzidas dentro de empresas de ramos diferentes.

Pessoas responsáveis por gerências, muitas vezes, não criam a rotina de buscar valores de comparação competitivos, pois não têm certeza da própria

capacidade de consegui-los. Há várias fontes que podem gerar tais dados, como literatura técnica, visitas aos concorrentes, fabricantes de equipamentos, organizações mundiais de empresas de um mesmo setor, congressos, consultores, etc.

De posse dessa importante ferramenta, pode-se comparar as práticas de negócios com as daquelas organizações que se estabeleceram como líderes ou que são inovadoras naquela função específica de negócios, ou, ainda, comparar processos, em vez de efetuar simples comparação entre produtos e serviços. Portanto, a ênfase não está apenas no que a outra organização produz, mas também em como ela desenvolve, fabrica, comercializa, presta suporte a um produto ou serviço.

2.4 Brainstorming

De acordo com Werkema (1995), o *Brainstorming* (tempestade de idéias) é uma dinâmica de grupo em que as pessoas, de forma organizada e com oportunidades iguais, fazem um grande esforço mental para opinar sobre determinado assunto.

Desenvolvida em 1930, e considerada como a mais conhecida maneira de geração de idéias, é uma técnica utilizada na fase de Planejamento. Está embutida na Análise de Processo, que é exatamente a etapa em que são determinadas as causas mais significativas que influenciam o problema, para apontar, dentre das, as mais importantes. É também utilizada na elaboração de Plano de Ação, que compreende a determinação das contramedidas para atacar as causas mais importantes, a discussão sobre a eficácia das contramedidas e a montagem do Plano de Ação propriamente dito.

A técnica apóia-se em dois princípios e em quatro regras básicas. O primeiro princípio é o da suspensão do julgamento, que requer esforço e treinamento. Dos dois tipos de pensamento criativo e crítico, predomina o último. O objetivo da suspensão de julgamento é permitir a geração de idéias sobrepujando a crítica; após a geração de idéias suficientes é que se fará o julgamento de cada uma. O segundo princípio sugere que quantidade origina qualidade, pois, quanto mais idéias, maior a chance de encontrar a solução do problema, além de propiciar um maior número de conexões e associações a novas idéias e soluções.

As quatro regras básicas para o êxito de uma sessão de *Brainstorming* são:

- a) Eliminar qualquer crítica, no primeiro momento do processo, para que não haja inibição nem bloqueio, permitindo assim o maior número de idéias.
- b) Apresentar as idéias tal qual elas surgem na cabeça, sem rodeios ou elaborações. As pessoas devem se sentir à vontade, sem medo de dizer "bobagens". Ao contrário, as idéias mais desejadas são as que, em princípio, parecem disparatadas, sem sentido, mas costumam oferecer conexões para outras idéias criativas e até representar soluções. Mesmo que mais tarde sejam abandonadas, isso não é importante na hora da "colheita" de contribuições.
- c) Obter a maior quantidade de idéias possíveis, considerando, como já citado, que quanto maior a quantidade, maior será a qualidade, pois haverá maiores chances de se conseguir, diretamente ou por associação, idéias realmente boas.
- d) Feita a seleção de idéias, as potencialmente boas devem ser aperfeiçoadas. Nesse processo, costumam surgir outras idéias. No entanto, é preciso lembrar que idéias nascem frágeis, e que é preciso reforçá-las, para que sejam aceitas.

O processo de *Brainstorming* é conduzido por um grupo de participantes bem acomodados, com um Coordenador e um Secretário previamente escolhidos. Cada participante recebe, antes da reunião, o enunciado do problema, com todas as informações disponíveis.

A sessão começa com a orientação aos participantes sobre as regras do jogo, a origem e o motivo do problema a ser estudado, fazendo-se uma breve revisão da questão. O início real da sessão deve ser considerado a partir do momento em que o problema é anotado em um quadro. A duração da sessão deve ter quarenta minutos, aproximadamente, período em que cada pessoa deve estar estimulada e desinibida para oferecer o maior número de idéias. Todos devem seguir a "regra de ouro": é proibido criticar.

As idéias devem ser anotadas em local visível. O último passo é a seleção de idéias, que é feita por um subgrupo de duas a cinco pessoas. Esse subgrupo, depois, justificará as escolhas ao grupo, e com ele tentará aperfeiçoar as melhores idéias.

2.5 Sistema Enxuto - LS (*Lean System*)

É grande o número de empresas que têm investido em atividades voltadas à eliminação de desperdício, como: *Kaizen* (melhoria contínua), *JIT/Kanban*, Teoria das Restrições – *Theory of Constraints (TOC)*, Seis Sigma, *Downsizing*, Reengenharia, e outros. Alguns deles produzem o mesmo resultado de vitórias isoladas contra as perdas, às vezes bons resultados, mas há episódios de fracasso na melhoria do todo, devido à falta de um conhecimento mais profundo e amplo dessas atividades, ou pelo fato de elas não se articularem, dentro de um sistema.

Grande parte desses casos ocorre porque muitas empresas perderam de foco o valor para o cliente e a maneira de criá-lo. Essa posição faz com que mesmo as economias dos países mais avançados fiquem estagnadas.

Para que essa prática mude, há necessidade de instituir-se um “pensamento enxuto”, ajudando as empresas a especificarem claramente o valor, alinhando todas as atividades que criam valor para um produto específico ao longo de uma cadeia de valor, fazendo com que esse valor flua uniformemente, de acordo com as necessidades do cliente.

Para ilustrar o procedimento adotado por uma empresa enxuta foi elaborada a Tabela 4, na qual são demonstrados os comparativos entre as atividades de fabricação com o conceito tradicional e aquelas de fabricação com o conceito enxuto.

Tabela 4 – Fabricação tradicional x fabricação enxuta

TRADICIONAL	ENXUTA
1. Quando não se fabricam, não se geram lucros.	1. Quando não se fabricam resultados positivos e peças de qualidade, não se geram lucros.
2. Programação da produção baseada em previsões e produção “empurrada” na fábrica.	2. Reagir à procura real e puxar a produção, na fábrica.
3. Longos tempos de preparação das máquinas exigem tamanhos enormes de lotes.	3. Tamanhos menores de lotes exigem preparação mais rápida das máquinas
4. Relaxar durante a preparação, correr durante a produção.	4. Correr durante a preparação, observar, pensar, melhorar durante a produção.
5. O estoque é natural, mantém a produção fluindo.	5. Estoque é desperdício, esconde os problemas de capacidade, produção e qualidade.
6. É necessário instruções de process para garantir a perfeita utilização da máquina.	6. Velocidade, fluxo de uma peça, sempre em movimento.
7. Mercadorias acabadas são ativos exigidos por procura incerta.	7. Estoque é uma responsabilidade. Quanto mais você tem, mais ele custa.
8. A capacidade ociosa de uma máquina está perdida para sempre, mas o estoque pode salvá-la.	8. É melhor pagar um funcionário ocioso do que produzir estoque.
9. Os erros são parte natural do processo de produção.	9. Os erros são oportunidades de entender e aperfeiçoar o processo de produção.
10. A demanda real, em relação ao <i>lead time</i> , é intrinsecamente incerta. Apressar e despachar os pedidos são parte natural dos serviços ao bom cliente.	10. A resposta à demanda real é obtida de melhor forma a partir de equipamento e processos flexíveis e ampla capacidade.
11. O trabalho braçal do funcionário é uma despesa variável que deve ser cortada.	11. A capacidade intelectual do funcionário é um ativo a ser cultivado a longo prazo.
12. Diversos fornecedores garantem suprimento confiável e preços baixos.	12. As parcerias com fornecedores garantem serviços confiáveis e valorização.
13. Os clientes são a fonte dos lucros. Deve-se fazer o melhor para servi-los.	13. Deve-se servir aos clientes de acordo com seus requisitos. O "melhor" da empresa poderá não ser suficientemente bom.

Fonte: Apostila de Treinamento de VSM da empresa Eaton Corporation (1998)

Outra comparação interessante, e que também deve ser demonstrada, é aquela entre os Sistemas Ford e Toyota. Essa comparação constituiu a Tabela 5:

Tabela 5 – Diferença entre o sistema Ford e Toyota

Característica	Ford	Toyota	Benefício
1. Fluxo de peças unitárias	Somente na Montagem	Interligação do processo e montagem	Ciclos curtos, inventário de produtos acabados reduzidos, estoque intermediário pequeno.
2. Tamanho do Lote	Grande	Pequeno	Redução do estoque intermediário, produção contra pedido.
3. Fluxo do Produto	Produto único (poucos modelos)	Produto Misto (muitos modelos)	Redução do estoque intermediário, ajustes para mudanças, promoção do equilíbrio da carga.

Fonte: Shingo (1996)

Segundo Shingo (1996), na comparação entre os sistemas fica claro que o Sistema Toyota apresenta uma evolução progressiva em relação ao Sistema Ford, e que está voltado para atender ao mercado japonês, o qual produz em massa, em lotes pequenos, com estoques mínimos, tendo como seu maior segredo a troca rápida de moldes e ferramentas dentro da Manufatura Enxuta.

O sistema de Manufatura Enxuta está vinculado à estratégia da empresa de forma que as metas corporativas sejam atingidas. As metas corporativas da empresa estudada encontram-se detalhadas no item 1.5 deste trabalho, Caracterização da Empresa, e podem ser classificadas como:

- Metas para manter: também chamadas de Metas Padrão, são atingidas por meio de operações padronizadas.
- Metas para melhorar: para que se atinjam essas novas metas, ou novos resultados, deve-se modificar a "maneira de trabalhar", ou seja, modificar os procedimentos operacionais padrão.

As metas estabelecidas pela alta administração são necessárias para que o grupo atinja seus objetivos.

A empresa estudada, para fins deste trabalho, assim como outras, no Brasil, têm buscado, de uma forma ou de outra, implementar um processo de transformação fazendo uso da filosofia enxuta e de algumas técnicas, como *Kaizen*, *JIT* e *Kanban*.

O sistema *LS* tem procurado encontrar maneiras de fazer com que as pessoas pensem em fluxo, em lugar de pensar em processos discretos de produção, fazendo com que seja implementado o sistema enxuto, em vez de processos isolados de melhoria.

Dessa forma, as melhorias ocorreram de forma sistêmica e permanente, e eliminaram, não só os desperdícios, mas também as respectivas fontes geradoras, que nunca deveriam retornar. Para isso, encontra-se, dentro do *LS*, um pacote das principais ferramentas que foram utilizadas para suportar o sistema, podendo-se citar: 5S, *TPM* (Manutenção Preventiva Total), *Just-In-Time* e Sistema de Puxar (*Kanban*), Trabalho Padrão, Fluxo Contínuo, Troca Rápida de Ferramentas, Sistema à Prova de Erros, e outras complementares.

2.6 Método “5S”

O método "5S" foi a base de implementação da Qualidade Total nas empresas, e também deve ser considerado como a base para a sustentação da Manufatura Enxuta. É possível principiar a eliminação de desperdícios em cinco fases, com base no método "5S", surgido no Japão no fim da década de 60, método este que foi um dos fatores para a recuperação das empresas japonesas e base para a implantação dos métodos da Qualidade Total naquele país.

Apresentar-se-á, a seguir, em detalhes, cada uma das fases desse programa que produz excelentes resultados e representa um passo importante na implementação de uma empresa enxuta. Segundo Osada (1992), os passos estão divididos em palavras japonesas iniciadas com a letra "S" que compõem os "5S": ***Seiri, Seiton, Seiketsu, Seiso e Shitsuke***. Cada uma dessas fases será detalhada, para melhor entendimento:

Seiri - (Descarte) - Tenha só o necessário, na quantidade certa.

Cada pessoa deve saber diferenciar o útil do inútil, e o que tem utilidade certa deve estar disponível. Descartando o que é desnecessário, será possível concentrar-se apenas no que é necessário. As vantagens do descarte são:

- Reduz as necessidades de espaço, estoques, gastos com sistema de armazenamento, transporte e seguros;
- Facilita o transporte interno, o arranjo físico, o controle de produção, a execução do trabalho no tempo previsto;
- Evita compras de componentes em duplicidade;
- Aumenta o retorno do capital empregado, e outros.

A prática dessa fase deve ser feita por meio da escolha de um local de trabalho para uma experiência de descarte. Fotos devem ser tiradas, com a finalidade

de se caracterizar a condição encontrada, antes da implementação da sistemática, e um grupo deve ser devidamente instruído, no que diz respeito às responsabilidades para a execução das atividades.

Tudo o que fizer parte do ambiente deve ser analisado e, o que for considerado como desnecessário, deverá ser devidamente identificado e ter um destino (descarte, alocação em outro setor, conserto ou venda).

É importante que, antes do descarte, pessoas de outro setor sejam convidadas a avaliar o material, pois pode haver alguma coisa de seu interesse.

Seiton - (Arrumação) - cada coisa tem o seu único e exclusivo lugar. Cada coisa, após ser usada, deve estar em seu lugar. Tudo deve estar sempre disponível e próximo do local de trabalho, o qual deve ter tudo o que é necessário, na quantidade certa, na qualidade certa, na hora e no lugar certo, o que propiciará vantagens no ambiente de trabalho, como, por exemplo, a redução do tempo de procura de ferramentas para a execução de uma Troca Rápida de Ferramentas, dentre outras.

Essa fase implica um estudo de eficiência e depende da velocidade necessária para pegar as coisas e colocá-las em seus devidos lugares. Os itens devem ser organizados e alocados em áreas devidamente demarcadas, de acordo com a sua frequência de uso, devendo estar devidamente identificados, para facilitar a sua localização, quando necessário (ex. Quadro de Ferramentas sombreado).

Seiso - (Limpeza) - todos devem estar conscientes da importância de estar em um ambiente limpo e da necessidade de manter essa limpeza. Dentre as vantagens de se trabalhar em ambientes de trabalho limpos são citadas:

- Boa imagem da empresa, aumentando a confiabilidade do cliente;
- Possibilidade de identificação de pontos causadores de contaminação;
- Maior satisfação do funcionário dentro de seu local de trabalho;
- Maior produtividade.

Na fase inicial de implementação, as pessoas de liderança devem participar da prática da limpeza, com a finalidade de estimular os funcionários. A atividade de limpeza colocará em evidência uma melhor aparência, que deve ser ressaltada como ponto positivo, para que se consiga sua manutenção.

Durante a limpeza serão identificadas as fontes geradoras de sujeira e contaminação, que devem ser devidamente avaliadas, para que as causas "raízes" sejam eliminadas. Para isso, recomenda-se a utilização dos "5 Porquês".

O diagrama dos "5 Porquês" é aplicado quando são definidas as causas potenciais do problema. Esse diagrama toma uma das raízes possíveis do problema e tenta explicá-la por meio das respostas dadas aos "Porquês" efetuados.

Embora o diagrama sugira cinco respostas, evidentemente isso serve apenas de guia. Às vezes a equipe pode levantar seis ou sete idéias, outras vezes, apenas duas ou quatro. Nesse momento, a equipe deve examinar as respostas e determinar se existe algum dado disponível para sustentar ou refutar as idéias propostas, criando um caminho crítico para a raiz do problema. O exercício termina quando ocorre uma de duas situações. A primeira, quando começa a haver repetições de respostas similares, e a segunda, quando a equipe não tem mais idéias.

Seiketsu - (Padronizar) - após cumpridas as fases anteriores, rotinas e práticas padrão devem ser estabelecidas para a repetição regular e sistemática dos "5s" anteriores. Para isso deverão ser criados procedimentos e formulários de avaliação regulares, em que a opinião de todos deve ser considerada para a elaboração dos padrões, o que ajudará a manutenção do sistema. Alguns exemplos de padrões podem ser citados:

- Quadro de ferramentas devidamente sombreado;
- Área demarcada para avaliação de produto segregado;
- Marcações visuais para monitoramentos (ex.: nível de tanques, etc.);
- Criação de Planos Diários de Manutenção.

Shitsuke – (Disciplina) – esta fase está ligada à manutenção sistêmica, de forma que atividades anteriormente explicadas se tornem habituais, para que todos as executem diariamente e assim garantam que altos padrões sejam alcançados. Para tanto, deve ser criado e assumido um compromisso rígido dos funcionários com todo o processo, vinculando-o com outras atividades enxutas (*TPM*, Redução de Tempos de *Set Up*, *Kanbans*, etc.).

A mudança de hábito deve ser fortemente trabalhada pelos líderes, para que os funcionários se comprometam com o sistema.

Uma equipe de gerenciamento também deve ser criada, para auditorias, com a finalidade de verificar a adesão à Padronização e Manutenção do Padrão, fazendo uso de formulários devidamente elaborados. Posteriormente, os resultados devem ser divulgados, para que as pessoas tenham conhecimento dos pontos fortes e fracos, de forma que as aplicações de melhorias contínuas possam ser implementadas.

2.7 Just-In-Time - JIT

Segundo Yamashina (1988), a técnica, meta ou filosofia de gestão *Just-In-Time* tem merecido, recentemente, grande destaque em todo o mundo, em virtude da grande necessidade de redução de custos na área de produção. Essa filosofia pode ser traduzida em: produção sem estoques, eliminação dos desperdícios, sistema de melhoria contínua do processo, entre outras. Enfim, esse sistema da cultura japonesa (berço do *Just-In-Time*, nos anos 70) é composto de práticas gerenciais que podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo e em qualquer empresa, tendo por objetivo a melhoria contínua do processo produtivo.

O *Just-In-Time (JIT)* surgiu no Japão em meados da década de 70, sendo sua idéia básica e desenvolvimento creditados à *Toyota Motor Company*, que buscava um sistema de administração que pudesse coordenar a produção com a demanda específica de diferentes modelos e cores de veículos, com um mínimo atraso.

O sistema de puxar a produção a partir da demanda, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no Ocidente como sistema *Kanban*. Contudo, o *JIT* é muito mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, sendo considerado como uma completa “filosofia”, a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

O sucesso do *JIT*, no entanto, depende, dentre outros fatores, de uma mão-de-obra altamente motivada e, principalmente, “multifuncional”.

Segundo Schonberger (1988) e Monden (1984), a implementação do *JIT* provoca uma redução gradual no nível de estoques, o que revela mais problemas, e

força os trabalhadores a buscarem soluções rapidamente, tornando a multifuncionalidade uma qualificação essencial.

Embora haja opiniões que defendam que o sucesso do sistema de administração *JIT* esteja calcado nas características culturais do povo japonês, mais e mais gerentes e acadêmicos têm-se convencido de que essa filosofia é composta por práticas gerenciais que têm aplicabilidade em qualquer parte do mundo. Algumas expressões são geralmente usadas para traduzir aspectos da filosofia *Just-In-Time*: eliminação de estoques, eliminação de desperdícios, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas, melhoria contínua dos processos.

O sistema *JIT* é mais do que um conjunto de técnicas, sendo considerado como uma filosofia de trabalho. Seus objetivos fundamentais são: qualidade e flexibilidade do processo. Essa filosofia diferencia-se da abordagem tradicional de administrar a produção. As metas colocadas pelo *JIT*, em relação aos vários problemas de produção, são:

- zero defeito;
- tempo zero de preparação (*Set Up*);
- estoque zero;
- movimentação zero;
- quebra zero;
- *Lead time* zero;
- lote unitário (uma peça).

O sistema de produção que adota a filosofia *JIT* deve ter determinadas características, as quais formam um corpo coerente com os princípios do *JIT*. Dentre suas várias características, são citadas:

- a) A não adaptação à produção de muitos produtos diferentes, o que requer extrema flexibilidade de faixa do sistema produtivo, em dimensões que não são conseguidas com filosofia *JIT*.
- b) O *layout* do processo de produção deve ser celular, dividindo-se os componentes produzidos em famílias, o que promove maior produtividade.
- c) O envolvimento da gerência da linha de produção na não aceitação de erros, paralisando-se a linha até que os erros sejam eliminados.

- d) A produção é responsável pela qualidade na fonte. A redução de estoque e a resolução dos problemas de qualidade formam um ciclo positivo de aprimoramento contínuo.
- e) A ênfase na redução dos tempos do processo de manter o foco no valor agregado ao produto, de forma a maximizar a qualidade dos produtos.
- f) O fornecimento de materiais no sistema *JIT* deve ser uma extensão dos princípios aplicados dentro da fábrica, tendo como principais objetivos os lotes de fornecimento reduzido, recebimentos freqüentes e confiáveis, *lead times* de fornecimento reduzidos e altos níveis de qualidade.
- g) O planejamento da produção deve garantir uma carga de trabalho diária estável, que possibilite o estabelecimento de um fluxo contínuo de material. O sistema de programação e controle de produção está baseado no uso de cartões (*Kanban*), para a transmissão de informações entre os centros produtivos.

2.7.1 Vantagens do *Just-In-Time*

As vantagens do sistema de administração da produção *Just-In-Time* podem ser demonstradas por meio da análise de sua contribuição aos principais critérios competitivos:

a) **CUSTOS:** dados os preços já pagos pelos equipamentos, materiais e mão de obra, o *JIT* busca que o custo de cada um desses fatores seja reduzido ao essencialmente necessário. As características do sistema *JIT*, o planejamento e a responsabilidade dos encarregados da produção pelo refinamento do processo produtivo favorecem a redução de desperdícios. Existe também uma grande redução dos tempos de *set up*, interno e externo, além da redução dos tempos de movimentação, dentro e fora da empresa.

b) **QUALIDADE:** o projeto do sistema evita que os defeitos fluam ao longo do fluxo de produção; o único nível aceitável de defeitos é zero. A pena pela produção de itens defeituosos é alta. Isso motiva a busca das causas dos problemas e das soluções para eliminá-las. Os trabalhadores são treinados em todas as tarefas de suas respectivas áreas, incluindo a verificação da qualidade. Sabem, portanto, o que é uma peça com qualidade e como produzi-la.

Se um lote inteiro tiver peças defeituosas, o tamanho reduzido dos lotes minimizará o número de peças afetadas. O aprimoramento de qualidade faz parte da

responsabilidade dos trabalhadores e da produção, estando incluído na descrição de seus cargos.

c) FLEXIBILIDADE: o sistema *Just-In-Time* aumenta a flexibilidade de resposta do sistema, pela redução dos tempos envolvidos no processo. Embora o sistema não seja flexível com relação à faixa de produtos oferecidos ao mercado, a flexibilidade dos trabalhadores contribui para que o sistema produtivo seja mais flexível em relação às variações do *mix* de produtos. Por meio da manutenção de estoques baixos, um modelo de produto pode ser mudado sem que haja obsolescência de muitos componentes. Como o projeto de componentes comprados é geralmente feito pelos próprios fornecedores, a partir de especificações funcionais, em vez de especificações detalhadas e rígidas de projeto, estes podem ser desenvolvidos de maneira consistente com o processo produtivo do fornecedor.

d) VELOCIDADE: a flexibilidade, o baixo nível de estoques e a redução dos tempos permitem que o ciclo de produção seja curto, e o fluxo, veloz. A prática de diferenciar os produtos na montagem final, a partir de componentes padronizados, de acordo com as técnicas de projeto adequado de manufatura e projeto adequado à montagem, permite, em muitos casos, entregar os produtos em prazos mais curtos.

e) CONFIABILIDADE: a confiabilidade das entregas também é aumentada por meio da ênfase na manutenção preventiva e da flexibilidade dos trabalhadores, o que torna o processo mais robusto. As regras do *Kanban* e o princípio da visibilidade permitem identificar rapidamente os problemas que poderiam comprometer a confiabilidade, permitindo sua imediata resolução.

A viabilização do *JIT* depende de três fatores intrinsecamente relacionados: produção puxada, fluxo contínuo e *takt time*.

2.8 Produção puxada (*Kanban*)

Os estudos de métodos de programação e controle da produção desenvolvidos e aplicados pela dupla Ford-Taylor enfatizavam o processo de manufatura em massa, isto é, o fator importante era a divisão das tarefas e a determinação, por meio dos estudos dos movimentos, de tempos-padrão de fabricação reduzidos. Homens e máquinas deveriam produzir o máximo possível nesse sistema, e não deveriam permanecer em ociosidade, mesmo que o destino dos produtos fosse os armazéns. Depois, o setor de marketing (incluindo as vendas) deveria se encarregar de colocar esses produtos para o mercado consumidor.

De acordo com Schonberger (1988), esse processo de produção em massa, também conhecido como processo de empurrar a produção, funciona da seguinte maneira: a Direção da empresa resolve pelo lançamento de um novo produto, comunica a decisão à Engenharia de Produto, que desenvolve a idéia, projeta o bem e envia a documentação para a Engenharia Industrial, que, por sua vez, desenvolve o processo, os dispositivos, e remete as ordens para o Setor de Produção, que fabrica o novo produto; o produto final é transferido para o armazém, de onde o Setor de Marketing se esforça para enviá-lo ao consumidor.

A produção em massa serviu aos interesses dos produtores, principalmente após a II Guerra, quando a disponibilidade de recursos financeiros norte-americanos era grande. Ocorreu um acentuado crescimento demográfico, o qual foi acompanhado por uma carência de bens; o mercado era altamente demandante, a população havia sofrido com a retração do consumo devido à catástrofe mundial e queria recuperar o "tempo perdido".

Nessa época, início da década de 50, o Japão buscava sua reconstrução. Tudo estava destruído e era necessário direcionar todos os esforços para a recuperação econômica da nação, implantar e desenvolver novamente a indústria.

Foi quando um grupo de executivos da Toyota foi para os Estados Unidos para observar e estudar os fabricantes de automóveis e de autopeças. Por curiosidade, ou motivados por necessidades individuais, tiveram contato com o sistema de atendimento ao varejo por meio dos supermercados. Motivados também pelo plano de reconstrução da nação e pelo hábito da autodisciplina, aqueles técnicos observaram e estudaram todos os aspectos, e traçaram comparações entre o sistema de trabalho das indústrias e o dos supermercados, notando que este último era completamente distinto do primeiro.

Num supermercado, os clientes desejam o atendimento de suas necessidades, e determinam, assim, como deve ser o serviço de reposição de mercadorias em relação às marcas, quantidades e períodos, principalmente num regime econômico estável, em que é desnecessário manter estoques de produtos em casa, o que equivale a dizer que o consumidor é quem "puxa" pelas atividades daquele tipo de estabelecimento.

O sistema de produção puxada é uma maneira de conduzir o processo produtivo de tal forma que cada operação requisite a operação anterior, e os

componentes e materiais para sua implementação, somente para o instante exato e nas quantidades necessárias.

Esse método choca-se frontalmente com o tradicional, no qual a operação anterior empurra o resultado de sua produção para a operação posterior, mesmo que esta não necessite ou não esteja pronta para o seu uso.

Estendendo-se esse conceito a toda a empresa, conclui-se que é o cliente quem decide o que se vai produzir, pois o processo de puxar a produção transmite a necessidade de demanda específica a cada elo da corrente.

Retornando ao seu país, aqueles técnicos japoneses procuraram adaptar tudo o que tinham visto nas indústrias e nos supermercados americanos à sua tecnologia de gerenciamento de produção inventada havia um século, desde que se lançaram ao mundo moderno.

Esses estudos determinaram a criação do sistema de administração da produção "puxada", controlada por meio de cartões - *Kanban*. Dentre outros propósitos, o mais importante, no sistema de administração da produção por meio de *Kanban*, assim como em qualquer outro sistema, é o de aumentar a produtividade e reduzir os custos por meio da eliminação de todas as funções desnecessárias ao processo produtivo.

O método é basicamente empírico, e consiste em identificar as operações que não agregam valor, investigá-las individualmente, e, por meio da técnica da tentativa e erro, chegar a uma nova operação, que apresente resultados considerados satisfatórios para aquele determinado problema ou para aquela empresa específica.

O sistema *Kanban* não é um receita pronta que possa ser aplicada indistintamente em qualquer empresa, pois, mesmo dentro de uma única empresa, poderão ser apresentadas soluções diversas para cada uma das funções desnecessárias.

2.8.1 Conceitos básicos

O conceito básico do sistema é fabricar bens com a completa eliminação de funções desnecessárias à produção, na quantidade e tempo necessários, nem

mais nem menos, eliminando-se estoques intermediários e de produtos acabados, com a conseqüente redução dos custos e o aumento da produtividade.

A grande maioria de pessoas faz uma certa confusão entre o Sistema *Kanban* e o Sistema *Just-In-Time* - *JIT*. O Sistema *Just-In-Time*, que em português significa “no momento exato”, ou, na linguagem cotidiana, “em cima da hora”, é um sistema de produção cuja idéia principal é fabricar produtos na quantidade necessária, no momento exato em que o item foi requisitado, entendendo-se, aqui, que a exigência pode ter origem interna ou externa à fábrica, do mercado consumidor, por exemplo. No caso da exigência interna, ela é feita por uma estação de trabalho subseqüente àquela em que o item é produzido.

O Sistema *Kanban* é uma ferramenta para administrar o método de produção *JIT*, ou seja, é um sistema de informação por meio de cartões (tradução de *Kanban* para o português), para controlar as quantidades a serem manufaturadas pela empresa.

2.8.2 O sistema *Kanban* da Toyota

Segundo Shingo (1996), no sistema *Kanban* da Toyota, cada tipo de peça, ou cada número de peça tem sua caixa especial, destinada a conter determinada quantidade (exata) de peças daquele número, de preferência uma quantidade bem reduzida. Dois são os cartões correspondentes a cada caixa, chamados *Kanban*, que informam o número da peça, a capacidade da caixa e alguns outros dados.

Um *Kanban*, o da produção, destina-se ao centro produtor que fabrica a peça daquele número; o outro, o de transporte, destina-se ao centro usuário. Cada caixa caminha a partir do centro produtor (e seu ponto de estocagem) para o centro usuário (e seu ponto de estocagem), e depois volta, ocorrendo no caminho a troca de um *Kanban* pelo outro.

2.8.3 Como funciona

Existem diversos tipos de sistema *Kanban*; o sistema representado na Figura 2 é o sistema de dois cartões, também conhecido como *Kanban* do Tipo A.

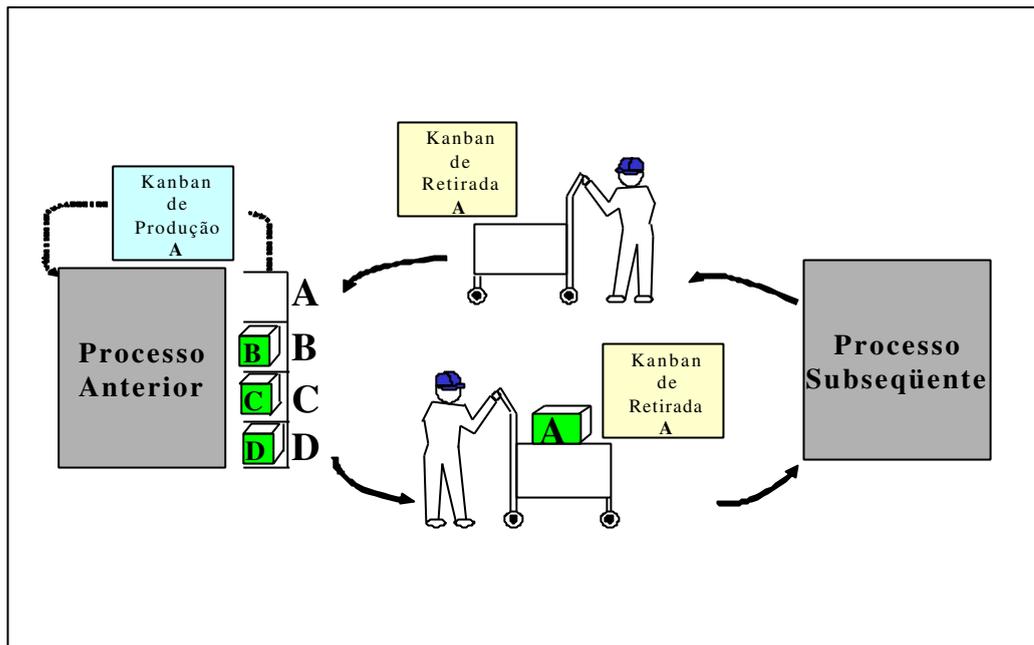


Figura 2 – Sistema Kanban: produção puxada

Fonte: Ghinato (2000)

Por meio do sistema *Kanban*, o processo subseqüente (cliente) vai até o supermercado (estoque) do processo anterior (fornecedor), de posse do *Kanban* de retirada, o que lhe permite retirar desse estoque exatamente a quantidade do produto necessária para satisfazer a suas necessidades.

O *Kanban* de retirada, então, retorna ao processo subseqüente, acompanhando o lote de material retirado. No momento da retirada do material pelo processo subseqüente, o processo anterior recebe o sinal para iniciar a produção desse item por meio do *Kanban* de produção, que estava anexado ao lote retirado.

O sistema de controle da produção pelo sistema de *Kanban* deve funcionar, por meio dos diversos centros produtivos da empresa, como se fosse uma corrente contínua fechada. O resultado será que todos os centros de fabricação do sistema produtivo receberão, no momento exato, os itens necessários para que se cumpram os objetivos do programa de produção, como se pode ver na Figura 3.

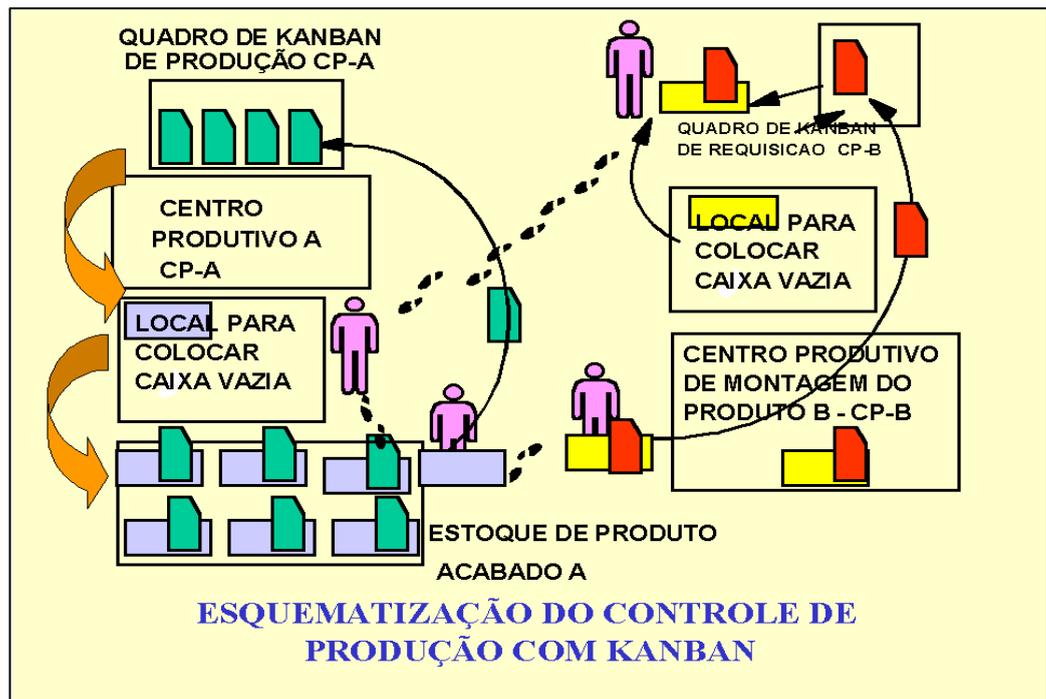


Figura 3 – Esquematização do controle de produção com *Kanban*

Fonte: Apostila de treinamento de *Just-In-Time* da Visteon (1997)

2.8.4 As regras

A eficiência do sistema *Kanban* está relacionada às seguintes regras:

- Somente o *Kanban* autoriza a produção, parando a célula, se necessário. Os operários poderão cuidar da manutenção ou trabalhar em projetos de melhoria, quando não houver *Kanban* na caixa de remessa.
- Há exatamente um *Kanban* para cada caixa, e a quantidade dessas caixas (com *Kanban*) por número de peça, no sistema, é fixada por decisão muito estudada pela direção da empresa.
- Só se usam caixas padronizadas.
- O número de *Kanban* deve ser projetado para cobrir o *Lead Time* do Processo, que nada mais é do que o tempo que se leva para produzir peças acabadas, durante o processo.

2.8.5 Limitações do *Kanban*

Pode-se usar o *Kanban* em toda e qualquer instalação que fabrique produtos em unidades inteiras (descontínuas), mas não nas indústrias de processamento contínuo. Nesse caso, só em certas ocasiões seu emprego será vantajoso.

O *Kanban* deve constituir um elemento do sistema *JIT*. Pouco sentido haverá em empregar um sistema de chamadas em que as chamadas das peças necessárias ao centro produtor demorem muito para serem cumpridas, como nos casos em que a preparação do maquinário demore horas e os lotes sejam grandes. A principal característica do sistema *JIT* é que ele abrevia o período necessário à preparação do maquinário e reduz o tamanho dos lotes, o que permite rápidas “chamadas” das peças dos centros produtores para os centros usuários.

As peças confeccionadas no sistema *Kanban* devem ser utilizadas todos os dias. Esse sistema permite que pelo menos uma caixa cheia de peças de determinado número esteja sempre à mão, o que não constituirá num estoque ocioso, se o conteúdo pleno da caixa for consumido no mesmo dia em que for produzido.

As empresas que dispõem do sistema *Kanban*, portanto, geralmente o empregam na produção e movimentação da peças de maior consumo, recorrendo a técnicas ocidentais, como o Planejamento dos Materiais Necessários (PMN) e o ponto de renovação da encomenda, para o atendimento dos componentes de menor uso.

Aos componentes de alto valor ou grandes dimensões não se deve aplicar o sistema *Kanban*, pois são de custosa armazenagem ou transporte.

Sua encomenda ou entrega deve, portanto, ser esquematizada com muita atenção, além de cuidadosamente acompanhada por algum planejador ou comprador.

2.9 Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time* de produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e rearranjo do *layout* fabril, convertendo os tradicionais *layouts* funcionais (ou *layouts* por processos) – em que máquinas e recursos estão agrupados de acordo com seus processos (ex: grupo de fresas, grupo de retificas, grupo de prensas, etc.) – em células de manufatura compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de fabricação e montagem em células de manufatura é somente um pequeno passo em direção à implementação da produção enxuta. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementação de um fluxo unitário (um a um) de produção, caso em que, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados, conforme mostra a Figura 4. Dessa forma, garante-se a eliminação das perdas por estoque e perdas por espera, e obtém-se redução do *lead time* de produção.

Segundo Shingo (1996), a sincronização do fluxo de peças unitárias pode acabar com as esperas interprocessos. A implementação de um fluxo contínuo de produção necessita de um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação e montagem. A abordagem da Toyota para o balanceamento das operações difere diametralmente da abordagem tradicional.

Conforme demonstra a Figura 5, o balanceamento tradicional procura nivelar os tempos de ciclo de cada trabalhador, de forma a fazer com que ambos trabalhadores recebam cargas de trabalho semelhantes. O tempo de ciclo é o tempo total necessário para que um trabalhador execute todas as operações alocadas a ele.

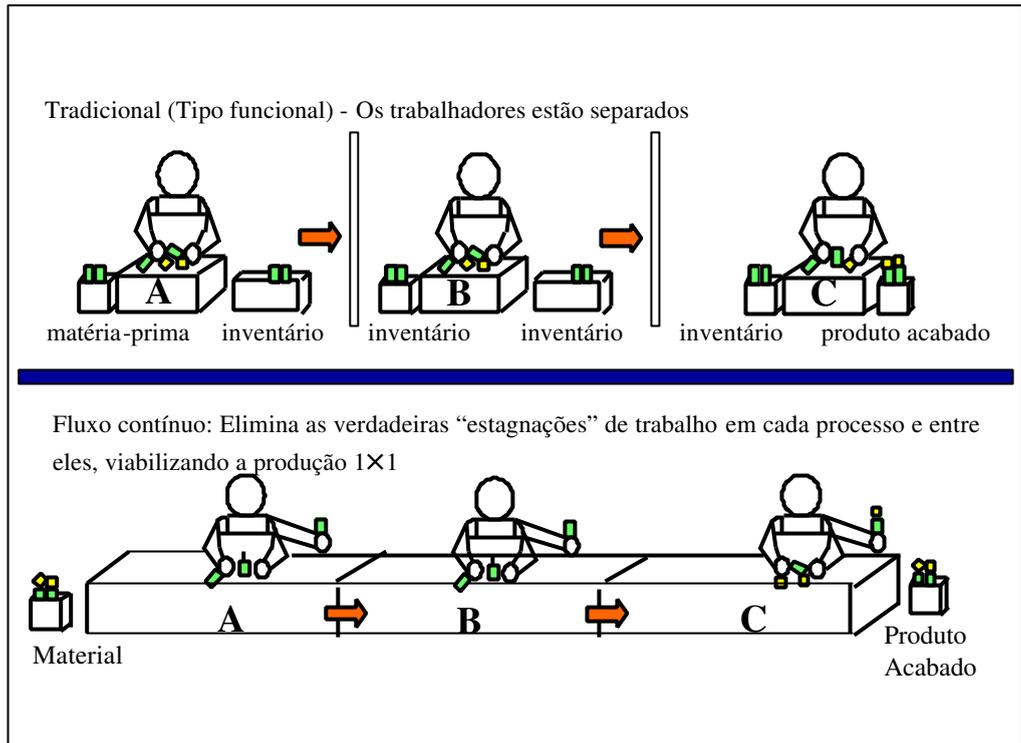


Figura 4 – Fluxo de produção tradicional versus fluxo unitário contínuo

Fonte: Ghinato (2000)

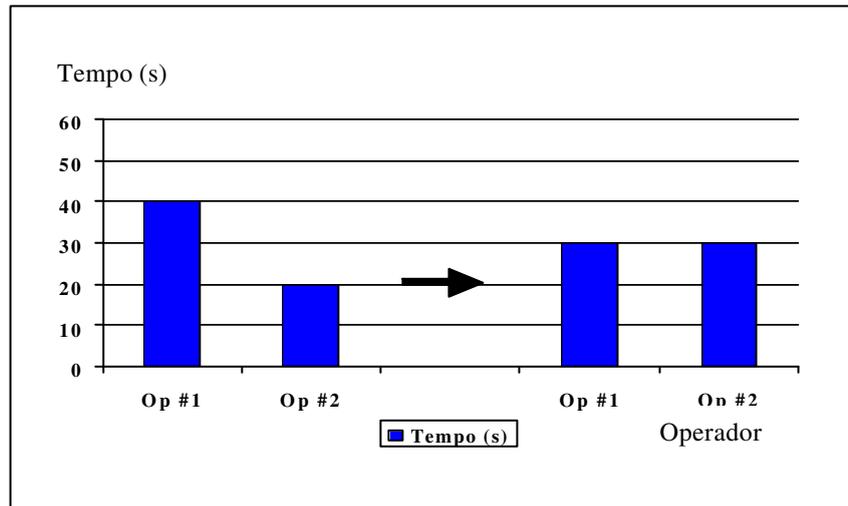


Figura 5 – Balanceamento de operações tradicionais

Fonte: Ghinato (2000)

Na Manufatura Enxuta, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *Takt time*. O *Takt time* (TKT) é o tempo

necessário para produzir um componente ou um produto completo, com base na demanda do cliente. Em outras palavras, o *Takt time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada pelo cliente”, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente. O *Takt time* é dado pela Equação 1: *Takt time* (Fonte: Rother & Shook ,1999)

$$Tkt = \frac{TOL/P}{DC/P} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: *Tkt* = Takt Time (minutos ou segundos)
 TOL = Tempo Operacional Líquido (minutos ou segundos)
 DC = Demanda do Cliente ou Necessidade do Cliente (unidades)
 P = Períodos ou Turnos

A Figura 6 mostra um exemplo de cálculo de *Takt time*, que nada mais é do que o tempo em que o cliente deseja receber o produto *versus* o tempo de ciclo.

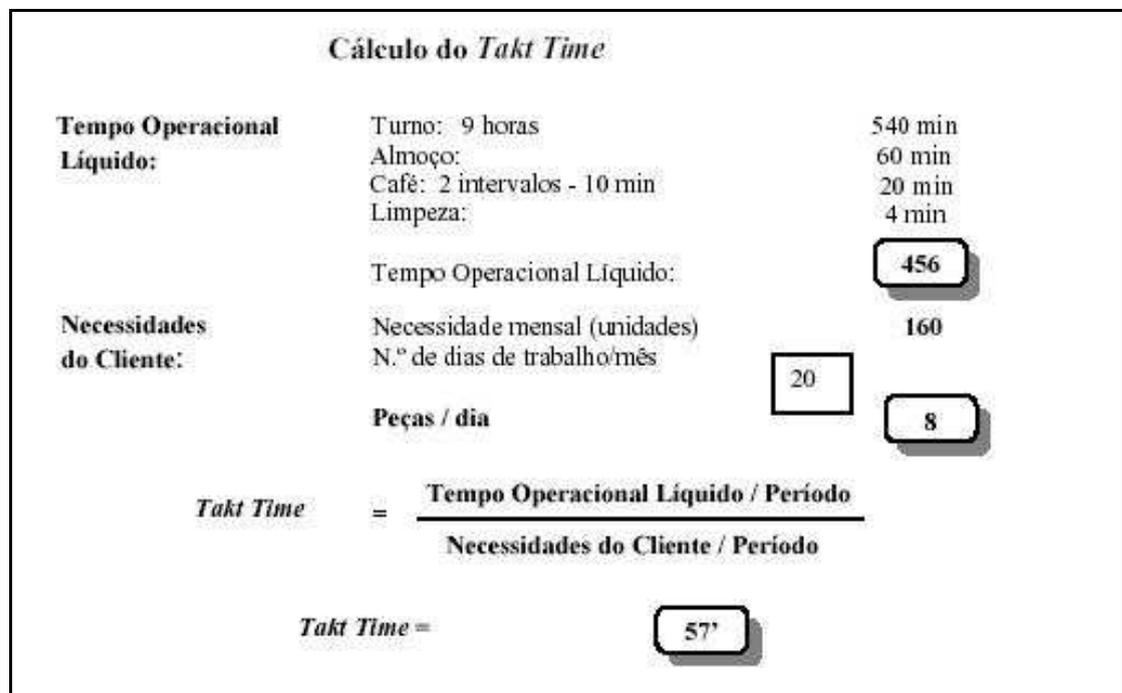


Figura 6: Cálculo do *Takt time*

Fonte: Apostila *Kaizen* –Siemens -2002

Há de se reconhecer que, do ponto de vista da operação do Sistema Toyota de Produção, a linearização e o encadeamento do fluxo de materiais têm fundamental relevância. Conforme Monden (1984), isso é realizado de duas formas gerais:

- ?? Com a utilização do sistema *Kanban* para a conexão de células de produção;
- ?? Por meio da produção em fluxo unitário em linha (*one piece flow*) – a transferência de matérias entre postos de trabalho se dá em lotes de tamanho igual a uma unidade (peça).

Objetivamente, o que ocorre é uma combinação dessas duas modalidades. A gestão pelo tempo assume papel primordial na medida em que a fábrica, em sua totalidade, adapta-se ao ritmo definido pela linha.

2.10 *Jidoka* (Automação)

Em 1926, quando a família Toyota ainda concentrava seus negócios na área têxtil, Sakichi Toyota inventou um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse atingida ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha fossem rompidos. Dessa forma, ele conseguiu dispensar a necessidade de atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversos teares. Essa inovação revolucionou a tradicional e centenária indústria têxtil.

Em 1932, o recém formado engenheiro mecânico Taiichi Ohno integrou-se à Toyota Spinning and Weaving, onde permaneceu até ser transferido para a *Toyota Motor Company Ltd.*, em 1943. Tendo recebido autorização de Kiichiro Toyota, então

presidente do grupo, Ohno começou a introduzir mudanças nas linhas de fabricação da fábrica Koromo da *Toyota Motor Company*, em 1947.

Ohno sabia que havia duas maneiras de aumentar a eficiência na linha de fabricação: aumentando a quantidade produzida ou reduzindo o número de trabalhadores. Em um mercado discreto como o mercado doméstico japonês, à época, era evidente que o incremento na eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores. A partir daí Ohno procurou organizar o *layout* em linhas paralelas ou em forma de "L", de maneira que um trabalhador pudesse operar três ou quatro máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo, com isso, aumentar a eficiência da produção de duas a três vezes.

A implementação dessa nova forma de organização exigiu de Ohno a formulação da seguinte questão: "Por que uma pessoa na *Toyota Motor Company* é capaz de operar apenas uma máquina, enquanto na fábrica têxtil Toyota uma operadora supervisiona 40 a 50 teares automáticos?" A resposta era que as máquinas, na Toyota, não estavam preparadas para parar automaticamente quando o processamento tivesse terminado ou quando surgisse alguma anormalidade.

A invenção de Sakichi Toyota, aplicada às máquinas da *Toyota Motor Company*, deu origem ao conceito de *jidoka*, ou automação, como também é conhecido. Na verdade, a palavra *jidoka* significa simplesmente automação.

"*Ninben no aru jidoka*" expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano.

Ainda que o *jidoka* esteja freqüentemente associado à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No STP, *jidoka* é ampliado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Nesse caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anormalidade for detectada. *Jidoka* consiste

em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade.

A idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão.

Isso desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e, conseqüentemente, reduzindo as paradas de linha.

Quando Ohno iniciou suas experiências com o *jidoka*, as linhas de produção paravam a todo instante; mas, à medida que os problemas eram identificados, o número de erros começou a diminuir vertiginosamente. Hoje, nas fábricas da Toyota, o rendimento das linhas se aproxima dos 100%, ou seja, as linhas praticamente não param.

A relação entre a máquina e o homem, caracterizada pela permanência do operador junto à máquina durante a execução do processamento, conforme demonstra a Figura 7, não é tão fácil de ser rompida, pois é uma prática característica da indústria tradicional. No entanto, o aprimoramento de dispositivos capazes de detectar anormalidades promoveu a separação entre a máquina e o homem e contribuiu para o desenvolvimento de funções inteligentes nas máquinas (automação com funções humanas).

Segundo Imai (1988), a separação entre a máquina e o homem é um requisito fundamental para a implementação do *jidoka*. Na prática, a separação que ocorre é entre a detecção da anormalidade e a solução do problema. A detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a

solução ou correção do problema continua como responsabilidade do homem. Dessa forma, a transferência das atividades manuais e das funções mentais (inteligência) do homem para a máquina permite que o trabalhador opere mais de uma máquina simultaneamente. No Sistema Toyota de Produção, não importa se a máquina executa automaticamente as funções de fixação e remoção da peça e de acionamento; o importante é que, antes disto, ela tenha a capacidade de detectar qualquer anormalidade e parar imediatamente.

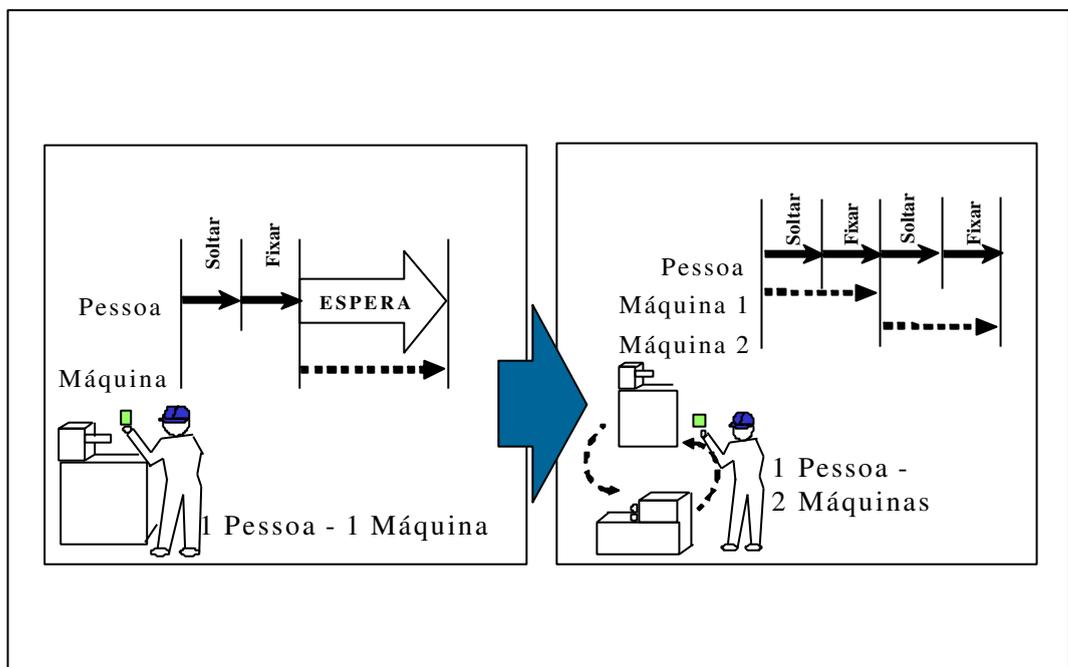


Figura 7 – Separação entre o homem e a máquina

Fonte: Apostila de treinamento de VSM da Eaton Corporation (1998)

2.11 Poka Yoke (Prova de Erros)

Segundo Shingo (1996), o *PoKa Yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. O *PoKa Yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação, antecipando e detectando defeitos potenciais e evitando que cheguem ao cliente (interno e externo).

Os dispositivos *PoKa Yoke* são a maneira pela qual o conceito do *jidoka* é colocado em prática. A aplicação dos dispositivos *PoKa Yoke* permite a separação entre a máquina e o homem e o decorrente exercício do *jidoka*.

Na Toyota, os dispositivos *PoKa Yoke* são utilizados na detecção da causa raiz dos defeitos, ou seja, os erros na execução da operação. Para tanto, são aplicados em regime de inspeção 100%, associados à inspeção na fonte. A utilização de dispositivos *PoKa Yoke* associados à inspeção sucessiva ou auto-inspeção somente se justifica em casos de inviabilidade técnica ou econômica para a aplicação na fonte.

Os defeitos em produtos são imperfeições que resultam de erros, e os erros são provenientes do descuido do homem. Podem acontecer dentre as diversas fases do projeto de um produto.

Há duas maneiras nas quais o *Poka Yoke* pode ser usado para corrigir erros. A primeira está no método de controle em que o sistema é ativado, parando a linha de processamento. Outro está na advertência ao operador, por meio de um sinal sonoro ou luminoso.

A parada da linha de processamento pode ocorrer antes ou depois do processamento da peça. Quando a parada antecede o processamento, tem-se um sistema de previsão, pois a peça não sofreu modificação. Essa modificação poderia ter causado desperdício (sucata).

Quando a parada ocorre após o processamento da peça, tem-se um sistema de detecção. Nesse caso, a sucata foi gerada.

O ponto fundamental é que, independentemente do Sistema à Prova de Erros prever ou detectar o defeito, ele deve evitar que o defeito chegue ao seu cliente.

Os defeitos potenciais podem ser preventivamente eliminados na fase de projeto do produto e projeto de manufatura. Para isso, utiliza-se um método de Análise de modo de Falha – *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)*, podendo ser em projeto – *Process Potencial Failure Mode and Effects Analysis in Design (DFMEA)* ou em processo – *Process Potencial Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Process (PFMEA)*, que são ferramentas que sustentam o *Poka Yoke* na análise de causas potenciais causadoras de defeitos.

2.11.1 Análise do modo de falha potencial

Um *FMEA* de projeto é uma técnica analítica utilizada pelos engenheiros das equipes de produto, que são responsáveis pelo projeto, com a finalidade de assegurar que, na extensão possível, os modos de falha potenciais e suas causas,, quando associados, sejam considerados e endereçados.

De uma forma mais precisa, um *FMEA* é um resumo dos pensamentos da equipe de como um componente, subsistema ou sistema é projetado (incluindo uma análise dos itens que poderiam falhar, com base na experiência e nos problemas passados). Essa abordagem sistemática acompanha, formaliza e documenta a linha de pensamento que é normalmente percorrida durante o desenvolvimento de um projeto. O *FMEA* de projeto dá suporte ao seu desenvolvimento, reduzindo riscos de falhas, por:

- auxiliar na avaliação objetiva dos requisitos do projeto e das soluções alternativas;
- considerar os requisitos de manufatura e montagem no projeto inicial, proporcionando uma forma de documentação aberta para recomendar ações que previnam a ocorrência de falhas.

No caso do *FMEA* de processo, a equipe analisa criticamente as fases (fluxo) pelas quais o produto irá passar e avalia os itens que poderiam falhar em cada uma dessas operações, ocasionando perdas. O *FMEA* de processo tem como funções:

- Identificar os modos de falhas potenciais do processo relacionado ao produto;
- Avaliar os efeitos da falha no cliente (interno ou externo);
- Identificar as causas potenciais de falhas do processo de manufatura ou montagem e as variáveis que deverão ser controladas, para a redução da ocorrência ou melhoria eficácia da detecção de falhas;
- Classificar os modos de falha potenciais, estabelecendo, assim, um sistema de priorização para a tomada de ações.

São considerados, na análise de cada fase do projeto ou processo, os seguintes pontos:

- a) Severidade: é a avaliação da gravidade da falha potencial, ou seja, se ocorre um problema na concepção do produto ou processo, verifica-se qual seria a gravidade da ocorrência. A severidade aplica-se somente ao problema e não se altera com a tomada de ações. Para valores numa escala de 0 a 10, considera-se, a partir de 7, a necessidade de tomada de ações.
- b) Ocorrência: é avaliação da probabilidade de um problema ocorrer, ou seja, se há uma falha, verifica-se qual seria a frequência com que ocorreria. Para o levantamento dessa probabilidade, utilizam-se dados estatísticos ou históricos como referência.
- c) Detecção: é uma avaliação da probabilidade de controles de projeto ou processo propostos seriam capazes de detectar as deficiências

existentes. Não deve ser assumido automaticamente que o índice de detecção é eficiente devido ao fato de as ocorrências serem baixas.

Muitas empresas fazem uso de tabelas padronizadas para facilitar a pontuação em escala do grau de severidade, ocorrência e detecção, facilitando o direcionamento de prioridades.

As Figuras 8 e 9 mostram um exemplo da criatividade de uma empresa na concepção de uma matriz para auxiliar a decisão de tomada de ações, que por meio de uma sinalização visual, a equipe percebe claramente o ponto que deve receber maior atenção, sendo o verde (VD) o menos crítico; o amarelo (A), uma fase intermediária; e o vermelho (VM), o mais crítico.

OCORRÊNCIA	10	VM									
	9	A	A	A	A	A	A	VM	VM	VM	VM
	8	VD	VD	A	A	A	A	A	A	VM	VM
	7	VD	VD	VD	A	A	A	A	A	VM	VM
	6	VD	VD	VD	A	A	A	A	A	A	VM
	5	VD	VD	VD	VD	VD	A	A	A	A	VM
	4	VD	VD	VD	VD	VD	A	A	A	A	VM
	3	VD	A	VM							
	2	VD	A	VM							
	1	VD	A	VM							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DETECÇÃO											

Figura 8 – Detecção x Ocorrência

Fonte: Apostila de Treinamento de *FMEA* da Schrader Bridgeport (2000)

S	E	V	E	R	I	D	A	D	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VD	VD	VD	VD	VD	VD	A	A	VM	VM

Figura 9 – Severidade

Fonte: Apostila de Treinamento de *FMEA* da Schrader Bridgeport (2000)

Na Figura 8, Detecção x Ocorrência, observa-se que, quanto maior a pontuação dada para a ocorrência, maiores serão as necessidades de ação. O inverso

acontece para a detecção, pois, quanto melhor for a detecção, menor será a pontuação dada. O mesmo aplica-se para a Figura 9, Severidade: quanto maior a pontuação, maior será a exigência de uma tomada de ação.

2.12 Troca Rápida

Um dos maiores obstáculos à flexibilidade de fabricação é a incapacidade de alterar os processos rapidamente, em resposta às mudanças de demandas do cliente. Trocas demoradas levam a tamanho de lotes grandes, grandes estoques e má qualidade. Levam também à aquisição de equipamentos adicionais, para evitar trocas. Tais equipamentos adicionais são dispendiosos por si, além do custo do espaço valioso na fábrica, que poderia ser usado em novas atividades.

O tempo de troca é definido como sendo o tempo transcorrido, desde a última peça produzida do tipo de peça anterior, até a primeira peça boa do tipo de peça seguinte. A meta deve ser sempre a busca do tempo zero, para que a planta se torne cada vez mais flexível às mudanças de programação do cliente, reduzindo, assim, os níveis de estoque.

Um ponto importante na redução do tempo de troca é o treinamento dos operadores para a realização sistêmica de troca, dividindo, se possível, as atividades para a troca. Pode-se ver claramente esse exemplo em corridas de Fórmula 1, em que há um grupo de engenheiros responsáveis pela realização de trocas rápidas.

Outro ponto importante a ser considerado é a separação dos elementos internos e externos:

- a) Elementos Internos: são todas as atividades executadas enquanto a máquina não está produzindo peças. Como exemplo, pode-se citar a remoção de dispositivo e montagem do novo dispositivo;
- b) Elementos Externos: são todas as atividades relacionadas à montagem, executadas enquanto a máquina está produzindo peças boas. Como exemplo, pode-se citar o transporte de dispositivos e material do almoxarifado para a máquina.

Segundo Shingo (2000), a troca rápida de ferramentas permitiria, por exemplo, a redução dos tamanhos de lotes, a qual, por sua vez, permitiria a redução dos estoques (uma das sete perdas – perda por superprodução).

Um ponto importante na utilização do sistema de troca rápida é a eliminação de tempos externos que estejam sendo feitos como internos. Na maioria dos casos, o tempo de troca pode ser reduzido em 30% a 50%, executando-se tanta preparação quanto possível externamente à máquina. Os exemplos incluem: estabelecer procedimentos formais de preparação e certificar-se de que todas as ferramentas necessárias para a efetivação da troca estejam facilmente disponibilizadas.

Para auxiliar a identificação de atividades que possam ser eliminadas, combinadas ou mudadas, utiliza-se uma seqüência de questionamentos sistematizados. A Figura 10 mostra os questionamentos que auxiliam no esclarecimento das atividades.

	Faça a Pergunta	E	Considerar a Ação
O que	Qual o propósito?	Pergunte Por que Cinco Vezes	Eliminar Atividades Desnecessárias
	Esta atividade é necessária?		
	Pode ser eliminada?		
Onde	Onde está sendo feita?		Combinar ou Mudar o Local
	Onde poderia ser feita		
	Por que precisa ser feita neste lugar?		
Quando	Quando está sendo feita?		Combinar ou Mudar a Seqüência de Tempo
	Por que estamos fazendo isto agora ao invés de outras coisas?		
	Quando poderia ser feita?		
Quem	Quem está fazendo?		Combinar ou Mudar Pessoal
	Por que esta pessoa está fazendo isso?		
	Quem deveria fazer isso?		
Como	Como está sendo feito?		Simplificar ou Melhorar o Método
	Por que estamos fazendo desta forma?		
	Existe um modo mais simple ou melhor de atingir o mesmo resultado?		
	Como poderia ser feito?		

Figura 10 – Quadro de questionamento sistematizado

Fonte: Apostila de Treinamento de Troca Rápida da Eaton Corporation (1999)

Além de separar o tempo de preparação interno e externo, existem vários outros métodos usados para ajudar a reduzir as trocas. Dentre eles, pode-se citar a padronização de parafusos, ferramentas e trabalhos. Na padronização devem ser analisados os seguintes itens: quantidade, tamanho, flexibilidade de mudança. Podem ser utilizados, ainda, meios de identificação visual, para facilitar o trabalho operacional.

2.13 Trabalho Padrão

O trabalho padrão pode ser definido como um método efetivo e organizado de produzir sem perdas.

A padronização das operações procura obter o máximo de produtividade por meio da identificação e padronização dos elementos de trabalho que agregam valor e eliminação das perdas. O balanceamento entre os processos e a definição do

nível mínimo de estoque em processamento também são objetivos da padronização das operações.

Segundo Monden (1984), são três os componentes da operação padronizada: o *Takt time*, a rotina padrão de operações e a quantidade padrão de inventário em processamento, conforme demonstrado na Figura 11).



Figura 11 – Componentes da operação padronizada

Fonte: Ghinato (2000)

A rotina-padrão de operações é um conjunto de operações executadas por um operador em uma seqüência determinada, permitindo-lhe repetir o ciclo de forma consistente, ao longo do tempo. A determinação de uma rotina-padrão de operações evita que cada operador execute aleatoriamente os passos de um determinado processo, reduz as flutuações de seus respectivos tempos de ciclo e permite que cada rotina seja executada dentro do *Takt time*, de forma a atender à demanda.

A Figura 12 mostra uma seqüência de trabalho definida sendo realizada dentro de um *Takt time*, calculado em função de uma demanda.

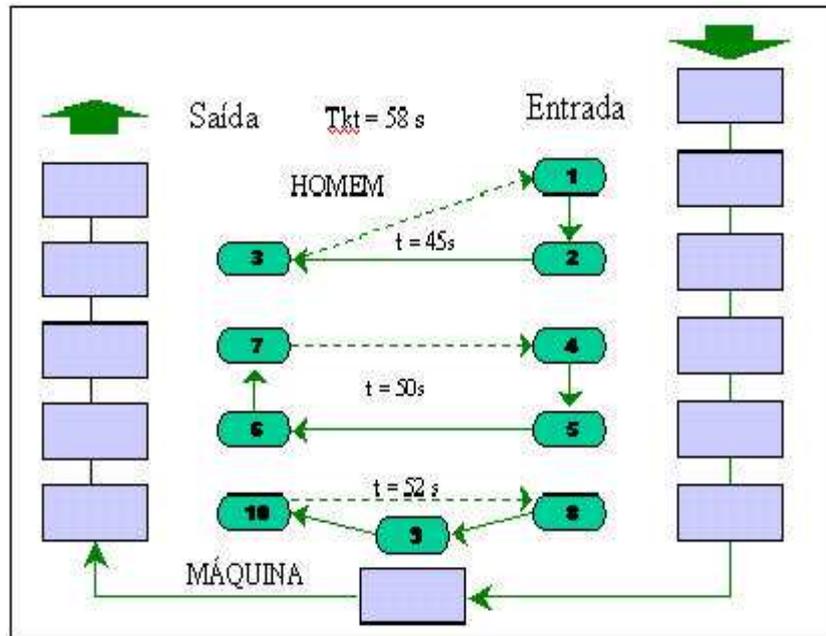


Figura 12 – Seqüência de trabalho

Fonte: Apostila de Treinamento de Trabalho Padrão da Eaton Corporation (1999)

A quantidade-padrão de inventário em processamento é a mínima quantidade de peças em circulação necessária para manter fluxo constante e nivelado de produção. Esse nível pode variar de acordo com os diferentes *layouts* de máquina e rotinas de operações. Se a rotina de operações segue a mesma ordem do fluxo do processo, é necessária somente uma peça em processamento em cada máquina, sendo dispensável manter qualquer estoque entre as máquinas. Se a rotina é executada em direção oposta à seqüência de processamento, é necessário manter no mínimo uma peça entre as operações.

Na determinação da quantidade-padrão de inventário em processamento, devem ser considerados os pontos de teste e verificação do produto. Pequenas quantidades podem ser requeridas, nesses pontos.

2.14 – Total Preventive Maintenance (TPM)

Muitos estudiosos definem a *TPM*, ou Manutenção Preventiva Total (MPT), como uma ferramenta abrangente que envolve todos os setores da organização e que teve a sua origem no *TQM* (*Total Quality Management*- Gestão da Qualidade total), conduzida pelas áreas de manufatura.

Entre os primeiros conceitos, destaca-se uma frase de Nakajima (1989, p. 12), referente ao assunto, definindo *TPM* como a “Manutenção conduzida com a participação de todos”. Neste sentido, a palavra “todos” significa exatamente o envolvimento de todo o pessoal, incluindo os elementos da média e alta direção, num trabalho conjunto, e não em um trabalho a ser conduzido pelos operadores de forma voluntária e que não lhes diz respeito.

Conforme Nakajima (1989, p. 6), “*TPM* representa uma forma de revolução, pois conclama a integração total do homem x máquina x empresa, em que o trabalho de manutenção dos meios de produção passa a constituir a preocupação e a ação de todos.”

Com isso, os autores querem ressaltar que um programa de *TPM* abrange todos os departamentos, incluindo-se os departamentos de Manutenção, Operação, Transportes e outras facilidades, Engenharia de Projetos, Engenharia de Planejamento, Engenharia de Construção, Estoques e Armazenagem, Compras, Finanças e Contabilidade e Gerência da Instalação.

Dessa forma, eles entendem que, com a participação ativa de todos os envolvidos no processo, de forma contínua e permanente, será possível conseguir-se zero quebra, zero defeito e zero perda, no processo.

Ao estabelecer as relações das ferramentas da produtividade com a Automação, que, junto com o *JIT* (*Just-In-Time*) constituem os pilares de sustentação do STP (Sistema Toyota de Produção), Ghinato (2000) define a Manutenção Produtiva Total, como uma abordagem de parceria entre produção e manutenção, para a melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência da operação, garantia da capacidade e segurança.

Para Takahashi (1993), a Manutenção Produtiva Total é uma campanha que abrange a empresa inteira, com participação de todo o corpo de empregados,, para conseguir-se a utilização máxima do equipamento existente, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento. Com essa campanha, eles entendem que, melhorando as máquinas, dispositivos e acessórios, para torná-los mais confiáveis, seguros e de fácil manutenção, e treinando todo o pessoal, para operá-los com eficiência e segurança, será possível despertar o interesse dos operadores, educando-os para que cuidem das máquinas da fábrica, garantindo, assim, a qualidade do produto.

A análise das diversas definições e conceitos leva a um consenso de que a *TPM* busca criar uma nova forma de trabalho, que maximize a eficiência de todo o sistema produtivo. Por isso, não deve ser considerada uma simples ferramenta ou programa. Afinal, a *TPM* é focada nas pessoas, usando o equipamento como material “didático”, em seu desenvolvimento.

De acordo com Querne (2001), a *TPM*, hoje, ganha um enfoque estratégico na Gestão das Operações Industriais, sendo uma das bases para a obtenção de vantagem competitiva na produção. Com a atual evolução do “pensamento enxuto”, criando-se um canal para ganhos em toda a cadeia produtiva e a necessidade de grande flexibilidade de produção, pode-se afirmar que a *TPM* é um programa que promove os ganhos necessários no atual cenário competitivo, pois é

voltada para a otimização dos ativos, diminuição dos custos de produção, de retrabalho, aumento da disponibilidade operacional, aumento da capacidade de produção e confiabilidade de toda a organização, promovendo total envolvimento e conscientização da necessidade constante da eliminação das perdas na operação.

2.14.1 Razões para utilização da *TPM*

Conforme Shingo (1996), existem dois tipos de operação: Aquelas que agregam valor e as que não agregam valor. As que não agregam valor podem ser consideradas perdas. Operações que agregam valor transformam realmente a matéria-prima, modificando-lhe a forma ou a qualidade. Quanto maior o valor agregado, maior a eficiência da operação.

Porém, no chão de fábrica existem as atividades que não agregam valor, tais como as causadas pela má manutenção de equipamentos, reparos e “retrabalhos”. É exatamente para a eliminação dessas perdas que a *TPM* é implementada.

Nakajima (1989) afirma que a *TPM* busca a conquista da quebra zero / falha zero das máquinas e equipamentos. Uma máquina sempre disponível e em perfeitas condições de uso propicia elevados rendimentos operacionais, diminuição dos custos de fabricação e redução do nível de estoques.

Conforme Nakajima (1989), com a implantação da *TPM*, a performance operacional das máquinas em geral pode apresentar incrementos de 17 a 26 %, com redução dos defeitos nos produtos de até 1/10 da anteriormente vigente. Isso proporciona incremento da produtividade da mão-de-obra em até 1,5 vezes.

Segundo Querne (2001), as empresas industriais têm, atualmente, toda a sua atenção voltada para a melhoria de seu desempenho, resultados e rentabilidade. Com a aplicação da *TPM*, emergem oportunidades que levam à melhoria dos resultados, o que raramente é ignorado pelos atuais Diretores Industriais.

A *TPM* promove, ainda, o crescimento do ser humano, uma vez que seus princípios estão fundamentados no trabalho em equipe.

Portanto, as razões que levam à implementação da *TPM* é que ela é, hoje, um programa que deve fazer parte de qualquer empresa que queira operar em um contexto de classe mundial. Faz parte de uma estratégia de negócios que visa à maximização da performance operacional, eliminando parte das perdas operacionais, redução de produtos defeituosos no processo, redução dos custos de manutenção,, crescimento da organização, por meio do crescimento do ser humano, procurando sempre o aumento da lucratividade.

A interpretação das definições e conceitos de *TPM* permite destacar alguns objetivos dessa nova modalidade de gestão.

Segundo Mirshawka e Olmedo (1993), os cinco principais objetivos que devem ser seguidos são: garantir a eficiência global das instalações, implementar um programa de manutenção para otimizar o ciclo de vida dos equipamentos, requerer o apoio dos demais departamentos envolvidos no plano de elevação da capacidade instalada, solicitar dados e informações de todos os funcionários da empresa, e incentivar o princípio do trabalho em equipe, para consolidar ações de melhoria contínua.

2.14.2 – Histórico do *TPM*

No campo da manutenção das máquinas e equipamentos, os Estados Unidos foram os pioneiros na adoção da Manutenção Preventiva (MP), que gradativamente evoluiu para Manutenção do Sistema de Produção (MSP), incorporando a Prevenção de Manutenção (PM), além dos tópicos oriundos da engenharia da confiabilidade. O Japão assimilou todos esses conhecimentos, que se cristalizaram como *TPM*.

Os primeiros contatos das empresas japonesas com essas técnicas americanas ocorreram no início da década de 50, com apresentação e adoção da manutenção preventiva, que, na década subsequente, evoluiu para o sistema de manutenção da produção e que, na década de 70, cristalizou-se na forma japonesa, ou seja, na *TPM*. Anteriormente, o Japão se preocupava unicamente com a manutenção corretiva das quebras, ou melhor, com a *BM – Breakdown Maintenance*, que se ocupava somente das correções acontecendo *a posteriori*.

De acordo com Querner (2001), a evolução de resultados da pesquisa conduzida nos anos de 1976 e 1979 pela *JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance)*, junto a 124 empresas associadas, levou ao estabelecimento de quatro estágios distintos na condução da manutenção, no Japão:

- Estágio 1 – Manutenção corretiva
- Estágio 2 – Manutenção preventiva
- Estágio 3 – Manutenção do sistema de produção
- Estágio 4 – *TPM*

Nesse período de três anos (1976-79), as empresas que declararam ter adotado a *TPM* evoluíram de 10,6% para 22,8%, o que comprova a sua consolidação no cenário industrial em vigor.

TPM engloba, também, as técnicas preconizadas pela Manutenção Preditiva (*Predictive Maintenance*), ou seja, o uso das ferramentas que possibilitam o diagnóstico preliminar das máquinas e equipamentos.

Isso significa que a manutenção do futuro não mais será em *TBM – Time Based Maintenance* – ou seja, manutenção centrada no tempo de uso, pois passará a ser conduzida em *CBM – Condition Based Maintenance* –, que é a manutenção baseada na performance e no desempenho. *TBM* está intimamente relacionada com a manutenção preventiva, enquanto o *CBM* incorpora os conceitos de manutenção preditiva. Deverão ser desenvolvidas, cada vez mais, novas técnicas e instrumentos que possibilitem o perfeito diagnóstico das máquinas e equipamentos.

2.14.3 – Objetivos básicos do *TPM*

O objetivo básico da *TPM* é ter Zero de Perdas. As perdas são os maiores fatores de improdutividades na gestão da manufatura. As grandes perdas são classificadas da seguinte forma:

- Perdas por paradas
- Perdas por ajustes e preparações
- Perdas por defeitos
- Perdas por acidentes
- Perdas por paradas curtas

Ao se zerar cada uma das perdas, o máximo do rendimento operacional global torna-se efetivo, conforme Nakajima, 1989. O autor cita outra perda que influi diretamente no Rendimento Operacional Global, a “Perda por queda da velocidade de trabalho”.

2.14.4 – Perdas crônicas x Perdas esporádicas

Pode-se definir como perdas crônicas aquelas que ocorrem de forma permanente, normalmente em pequena intensidade e que, em alguns casos, não chegam a ser percebidas, exceto quando se faz comparação com processos produtivos similares (*Benchmark*).

São perdas provocadas por deficiência no projeto do equipamento ou na montagem de seus componentes ou instalação, ou na localização, quer de alimentação de matéria-prima, quer de deficiências de outros elementos (tensão, alimentação, temperatura, pressão, etc.), quer, ainda, de manutenção ou de operação.

Normalmente, para eliminar esse tipo de perda, é necessário romper os paradigmas de operação e manutenção.

As perdas esporádicas são aquelas que ocorrem eventualmente, normalmente de grande envergadura (em tempo e efeito), fáceis de medir e analisar, criando condições diferentes da normal e cujas causas são desconhecidas.

As perdas crônicas podem se apresentar sob forma conhecida ou sob forma desconhecida.

As de causas desconhecidas são provenientes de falta de investigação (pela operação e engenharia) ou da soma de pequenos valores (variação de velocidade, preparação ajustes, partidas, etc.).

As de causas desconhecidas são provenientes da ação corretora ineficiente ou da ação superficial e sem seguimento, ou do tratamento do efeito sem análise e eliminação da causa ou, ainda, da avaliação inadequada da magnitude e do custo x benefício em corrigir o problema.

As perdas crônicas e esporádicas influem na redução da confiabilidade operacional do equipamento, definida como “Probabilidade de que um item realize satisfatoriamente as funções requeridas, sob as condições especificadas e dentro de um período de tempo”, e, como indicado acima, podem ser originadas sob forma intrínseca, ou seja, durante o projeto, fabricação ou instalação, ou sob forma operacional, quando são devidas a deficiências em sua operação ou em sua manutenção.

2.14.5 – Rendimento operacional global

Para Seiichi Nakajima, no cálculo do Rendimento Operacional Global deve-se incorporar, tanto o índice do tempo operacional, como o da performance operacional e o dos produtos aprovados. A Figura 13 demonstra como deve ser calculado o índice do Rendimento Operacional Global (OEE).

2.14.6 – Os oito pilares da TPM

A estrutura que fundamenta a implantação, garantindo o sucesso, e até mesmo a sobrevivência de um modelo de gestão voltado para a qualidade e produtividade, deve estar bem fundamentada. Os pilares da *TPM* devem ser desenvolvidos em equipes, coordenadas pelos gerentes ou líder de cada equipe.

A estruturação da *TPM* deve estar em consonância com a estrutura hierárquica da empresa. Em muitas empresas, o comitê diretor é formado pelo presidente e pelos respectivos diretores, e os comitês regionais são coordenados por seus gerentes e supervisores. Todo o trabalho de implantação dos pilares deve ter como foco as dimensões “PQCDSM” (produtividade, qualidade, custos, atendimento ao cliente, segurança e moral). A Figura 14 mostra os oito pilares da *TPM*.

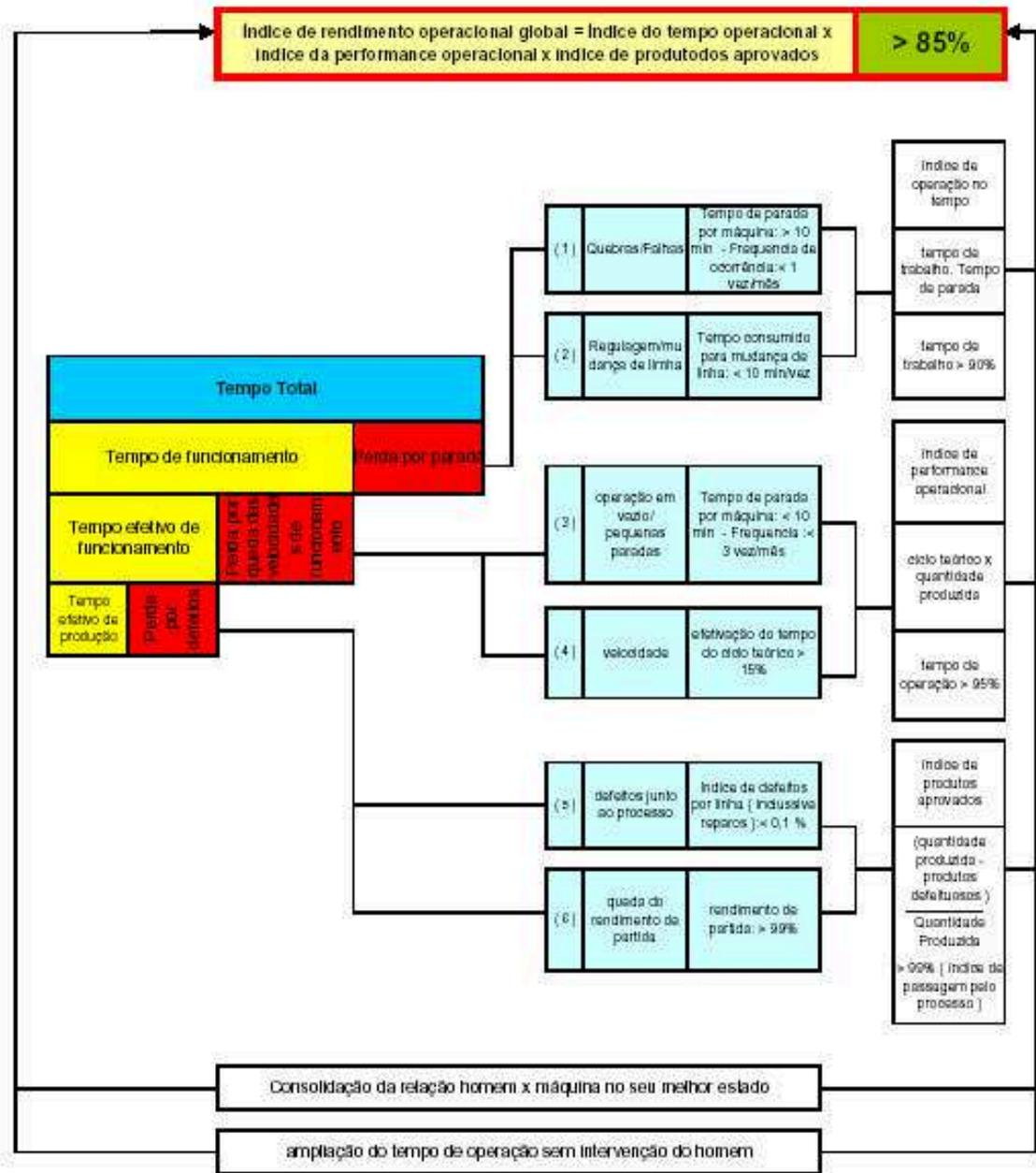


Figura 13 – Rendimento operacional global

Fonte: Nakajima, (1989).

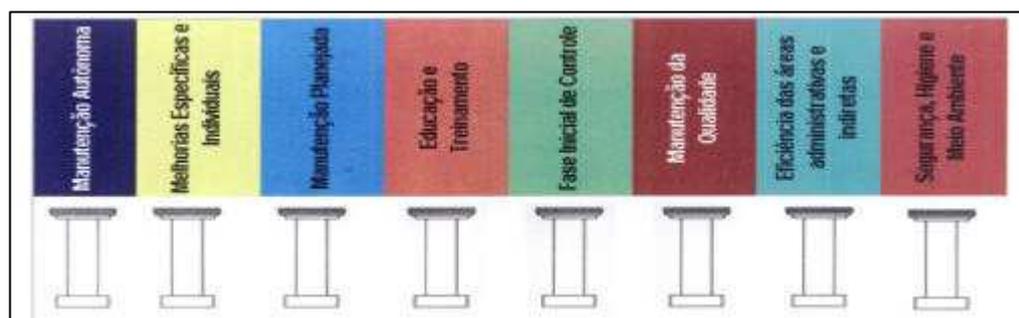


Figura 14 – Os oito pilares da TPM

Fonte: Querne (2001)

- Pilar 1 – Manutenção autônoma
- Pilar 2 – Melhorias específicas e individuais
- Pilar 3 – Manutenção planejada
- Pilar 4 – Educação e treinamento
- Pilar 5 – Fase inicial de controle
- Pilar 6 – Manutenção da qualidade
- Pilar 7 – Eficiência das áreas administrativas e indiretas
- Pilar 8 – Segurança, higiene e meio ambiente.

Os oito pilares da *TPM*

A melhor maneira de se atingir a metas da *TPM* é conhecer, analisar e eliminar as grandes perdas que podem ocorrer na empresa. Acidentes no trabalho, fluxo inadequado de documentos e limpeza inadequada são alguns exemplos de perdas. Para evitá-las, o trabalho da *TPM* é dividido em oito pilares, listados na seqüência:

1. Manutenção autônoma – envolve e ensina os operadores, por meio de trabalhos nos equipamentos, a trabalhar em equipe, a conhecer e utilizar melhor os equipamentos. Também ajuda a descobrir deficiências dos equipamentos, através dos planos de limpeza e inspeções, mostrando onde estão as maiores perdas e, portanto, o potencial de melhorias. Os dois lemas deste pilar são: “do nosso equipamento nós cuidamos” e “limpeza e inspeção”.
2. Melhorias específicas – ajuda a entender as maiores perdas de cada área ou equipamento e a implantar melhorias para reduzi-las.
3. Manutenção planejada – tem como objetivo aumentar a eficiência do equipamento, buscando a quebra zero.
4. Educação e treinamento – todo o trabalho de implantação de novas tecnologias exige mudanças nas pessoas. Muito treinamento em educação básica é fundamental. Esse pilar possibilita aumento de

conhecimento, desenvolvimento de habilidades e mudanças comportamentais. As duas ferramentas mais importantes são: “matriz e habilidades” (os participantes discutem conhecimentos necessários para executar funções); e “lição ponto-aponto” (uma maneira de adquirir e de transmitir conhecimentos rapidamente, aos companheiros de equipe, sobre determinado assunto específico, com duração de cinco minutos,, aproximadamente).

5. Fase inicial de controle – objetiva garantir a melhor performance do equipamento adquirido, por meio de uma abordagem sistemática de especificação, projeto de *feedback* ao projeto/fornecedores.
6. Manutenção de qualidade – busca zerar o número de defeitos que afetam o consumidor. A busca dessa redução é feita de duas maneiras: prevenindo e corrigindo os problemas. O grupo de trabalho analisa os defeitos e implanta um plano de ação para que os problemas não voltem a ocorrer. Para prevenir os defeitos, o grupo faz um levantamento de pontos do equipamento que poderão gerar defeitos de qualidade. Esses pontos são chamados de “ponto Q”. Após o levantamento desses pontos, são implantados melhorias e controles, para evitar novos defeitos.
7. Eficiência das áreas administrativas e indiretas – o objetivo desse pilar é aumentar a velocidade e, principalmente, a qualidade das informações que passam por essas áreas, e eliminar a “papelada” desnecessária. Após apresentação da teoria sobre a indústria extrativa e a definição, objetivos, características, relação com os 5S e os nove pilares da *TPM*,, na seqüência do capítulo serão apresentados os principais trabalhos sobre a temática em questão, conforme literatura pesquisada.
8. Saúde e segurança e meio ambiente – objetiva a prevenção de acidentes, elaborando programas de treinamento preventivo, auditorias

de riscos, gestão visual e de acompanhamento das providências. O meio ambiente, por sua importância no contexto mundial, não poderia ficar fora do foco principal da *TPM*, pois visa preservar o meio das influências negativas que os equipamentos de operação possam trazer.

2.15 Mapeamento do Fluxo de Valor

Para que seja feito o mapeamento da cadeia de valores, ou *Value Stream Map (VSM)*, torna-se necessária a definição de valor, que, segundo Womack (1998), é feito pelo cliente e só é significativo quando expresso em termos de produto específico (bens ou serviços), que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específicos.

Para Shingo (1996), a produção consiste em um grande fluxo de processos e operações, sendo cada processo um fluxo de material. O processo é a transformação da matéria-prima em produtos semi-acabados, e as operações são os trabalhos realizados para efetivar essa transformação – a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço.

Segundo Rother Shook (1999), fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto manufaturado, desde que possua etapas de fabricação:

- 1) O fluxo de produção desde o recebimento da matéria-prima até o consumidor final;
- 2) O fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Para a correta abordagem da técnica, o fluxo de produção deve ser coberto porta-a-porta dentro da planta, incluindo a entrega na planta do cliente e o

recebimento dos insumos de matéria-prima. Considerando o fluxo de produção, o que normalmente vem à mente é o fluxo de material dentro da fábrica. Mas há outro fluxo – o de informação – que diz para cada processo o que fabricar ou fazer em seguida. Os fluxos de material e de informação devem ser mapeados juntos (Rother e Shook, 1999).

Nessa abordagem é traçada uma visão do estado atual e projetada uma idéia do estado futuro desejado. A partir daí, empregam-se várias ferramentas, que são aplicadas sobre pontos críticos levantados pelo mapeamento do fluxo do processo.

A Figura 15 mostra um exemplo de Mapa do Fluxo de Valor.

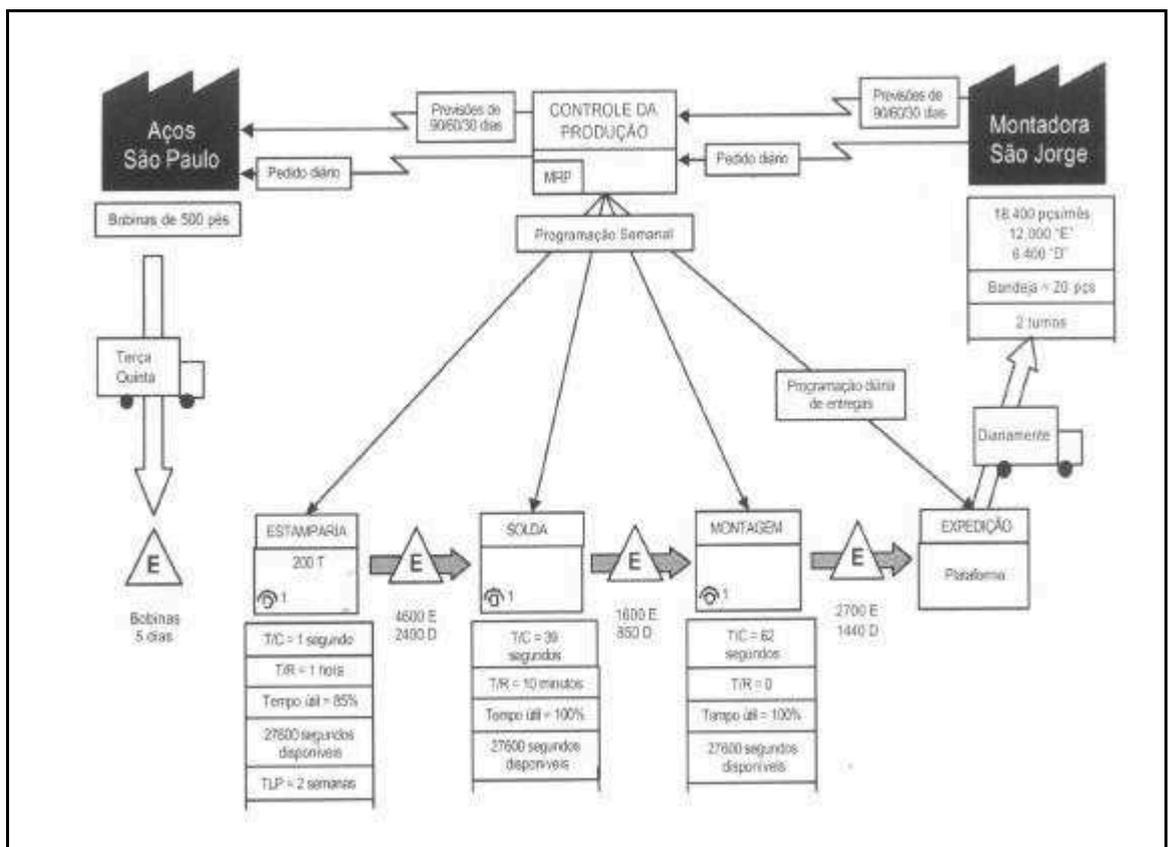


Figura 15 – Mapa do Fluxo de Valor

Fonte: Rother & Shook (1999)

A Figura 17 apresenta exemplos de alguns ícones utilizados para que haja entendimento dos mapas.

O Capítulo 3 – Aplicação da Metodologia –, no escopo deste trabalho, mostra o mapa de estado atual de uma planta utilizada como *Benchmarking*, em que foram levantadas as informações para propor significativas melhorias para a montagem de mapa do estado futuro de uma nova divisão produtiva.

Os mapas tiveram a finalidade de mostrar o formato físico da produção antes da implementação dos resultados propostos pela ferramenta que, por sua vez, puderam ser vistos no mapa do estado futuro implementado.

Na realização de um mapeamento, tanto o fluxo de processo, quanto o de informações, devem ser trabalhados com a mesma importância, pois anteriormente havia um foco somente na produção, não sendo considerado o desperdício do fluxo de informações, o qual pode aumentar ou reduzir o valor agregado, dependendo da sua estrutura. Desta forma observa-se na Figura 16, que os fluxos são contrários porém de mesma relevância.



Figura 16 – Fluxo de materiais e informações

Fonte: Rother & Shook (1999)

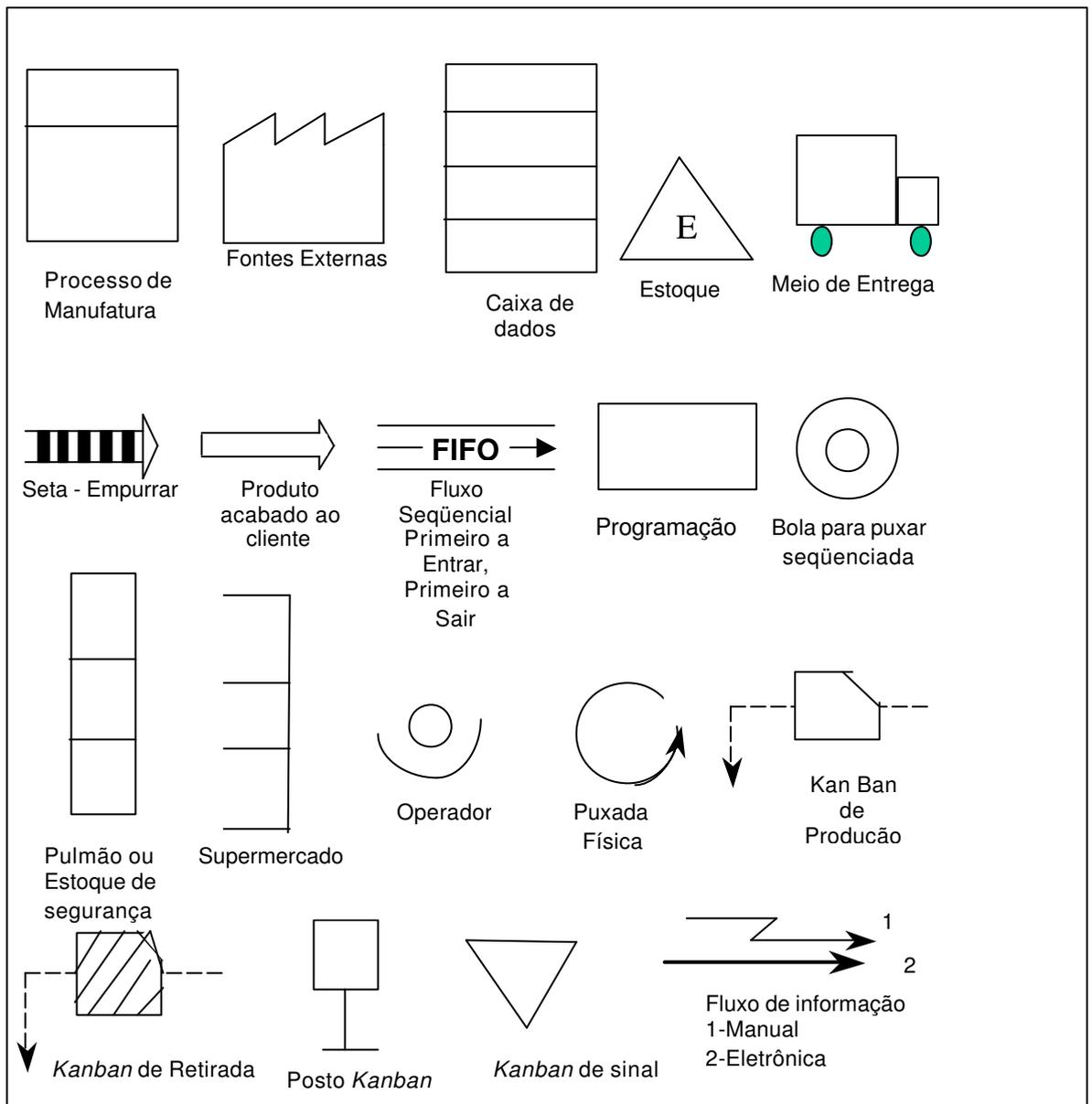


Figura 17 – Ícones do mapeamento do fluxo de valor

Fonte: Rother & Shook (1999)

2.15.1 Linha ou família de produto

Antes de fazer o mapeamento do fluxo do valor, deve-se identificar adequadamente a área que vai ser mapeada. Essa área normalmente é chamada de linha de produtos, família de produtos ou grupo de produtos.

Uma família é um grupo de produtos que passa por etapas semelhantes de processamento e utiliza equipamentos comuns nos processos anteriores, conforme Figura 18.

Processo Principal e Equipamento						
PEÇA N.	MATRIZ	SAND	MONT.	TESTE	ESTOQUE	EXPEDIC.
A	X		X			X
B	X	X		X		X
C	X	X	X	X		X
D	X	X	X	X		X
E	X	X	X	X		X
F	X	X		X		X
G				X		X

Figura 18 – Distribuição dos produtos

Fonte: Rother & Shook (1999)

2.15.2 Mapeamento do estado atual

Cabe fazer uma análise do estado corrente da produção a ser estudada, para ter melhorias implementadas, garantindo, assim, a eliminação de desperdícios.

O mapeamento deve ser inicializado dentro do conceito porta-a-porta, desenhando o processo de fabricação por meio da utilização dos ícones sugeridos, ou por meio de ícones adicionais, que possam ser entendidos por todos da empresa, durante a interpretação.

Quando necessário, o nível da amplitude poderá ser mudado, focalizando o mapeamento de cada etapa individual em um tipo de processo, ou ampliando para abarcar o fluxo de valor externo à planta.

Na realização de um mapeamento, tanto o fluxo de processo, quanto o de informação, deve ser trabalhado com a mesma importância, pois, antecedendo a utilização dos conceitos de Manufatura Enxuta, havia foco somente na produção, não sendo considerado o desperdício do fluxo de informações, que pode aumentar ou reduzir o valor agregado, dependendo da sua estrutura. De acordo com Rother e Shook (1999), é eficiente a utilização de “dicas” para este mapeamento:

- As informações de estado atual, quando possível, devem ser coletadas junto dos fluxos reais de materiais e informação.
- Uma caminhada geral ao longo do fluxo deve ser feita, para a compreensão do processo. Posteriormente, informações de cada fase deverão ser reunidas.
- O trabalho de mapeamento deve começar pela expedição, ou seja, do ponto mais próximo do cliente para o início da cadeia.
- Os dados teóricos, como tempo de ciclo, devem ser medidos para evitar falhas por falta de atualização de documentações.
- O desenho do mapa deverá ser feito à mão e a lápis, para facilitar as anotações e modificações necessárias, em campo.

Durante a observação na planta estudada, dados importantes poderão ser coletados, para definir como será o estado futuro. Para isso, a utilização dos ícones deve ser considerada como fundamental, nessa coleta, como: tempo de ciclo (tempo entre a saída de um componente e do próximo, no mesmo processo); o tempo de troca (tempo para mudar a produção de um tipo de produto para o outro); número de pessoas necessárias para operar o processo, que pode ser indicado com um ícone de operador; tempo disponível no turno naquele processo; e outros dados que devem ser considerados, se julgados relevantes para o estudo.

Ainda durante o trabalho de mapeamento, provavelmente serão encontrados lugares onde o estoque se acumula. Esses pontos deverão ser devidamente representados, para serem avaliados, pois estoque representa "dinheiro parado".

Posteriormente, um segundo aspecto deverá ser considerado no mapeamento: o fluxo de informação, por meio do qual é dito o que fabricar e quando, em cada processo. Nessa fase é importante um levantamento de como as informações caminham pela fábrica, pois sua distorção ou falta pode acarretar uma produção empurrada e ocasionar perdas.

Após a elaboração de um mapa de estado atual, poderão ser facilmente observados os diversos desperdícios correntes, tendo-se oportunidades de melhorias, para a elaboração do mapa futuro.

Para combater os potenciais desperdícios apresentados acima, utilizam-se algumas técnicas, descritas a seguir:

- Eficiência sistêmica: ser uma empresa enxuta não significa necessariamente ter uma linha de produção em forma de célula geralmente operando por meio de *Kanban*. Uma empresa enxuta necessita ter toda sua estrutura enxuta, desde os meios para se produzir, até as ferramentas para que se possa produzir.
- *Takt time*: se o objetivo é combater o excesso de produção, deve-se produzir essencialmente o que será utilizado pelos clientes. Para isso,, deve-se produzir à velocidade em que o cliente utiliza o produto. E isso configura o *Takt time*, que é a velocidade em que o cliente utiliza uma unidade do produto fabricado pelo fornecedor.

- **Manufatura celular:** apresenta o conceito de se produzir voltado para produto, e não por máquinas. Antes da introdução da manufatura celular, as empresas trabalhavam em linhas de montagem ou em agrupamento de máquinas, com várias máquinas do mesmo modelo que efetuavam o mesmo trabalho no mesmo espaço físico. Com a introdução da manufatura celular, as linhas viraram células com diferentes tipos de máquina e de onde o produto pode sair semi-acabado ou já pronto para entrega ao cliente.

A vantagem da manufatura celular está no fato de não haver excesso de estoques entre operações intermediárias, uma vez que a peça entra e sai numa seqüência de operações. Outro grande benefício é que um problema relacionado à qualidade pode ser rapidamente diagnosticado, evitando, assim, a contaminação de um lote inteiro.

Na manufatura celular existe, ainda, a necessidade de um operador com postura multifuncional, ou seja, é necessário que conheça e esteja habilitado a operar vários tipos de equipamentos diferentes dentro da mesma célula de produção.

- Equipamentos adequados: é extremamente importante que os equipamentos à disposição dos operadores sejam os mais adequados possível às necessidades de produção do produto em questão. As “improvisações” que comumente estão presentes no dia-a-dia da produção devem ser identificadas e eliminadas, no sentido de prover aos operadores as melhores condições de trabalho, eliminando assim possíveis perdas de tempo com procura de dispositivos, ajustes, etc.
- Fluxo Contínuo: um fluxo contínuo de processo é importante, por evitar excesso de produção, como altos estoques entre operações, que muitas vezes escondem diversos tipos de desperdício, como má qualidade,

tempos de troca de produto (*set-up*), alta e baixa produtividade do equipamento ocasionada por algum motivo de quebra constante, falta de manutenção, entre outros.

- Kanban: segundo Rother & Shook (1999, p. 43), "[...] a mais importante fonte de desperdício é o excesso de produção, que significa produzir mais, antes, ou mais rápido do que é requerido pelo processo seguinte". O *Kanban* atua exatamente nesse ponto, limitando a produção de itens e quantidades desnecessárias, por meio do uso de cartões sinalizadores de produção e disciplinas dos operadores que recebem autoridade para conduzir a produção.

2.15.3 Mapeamento do estado futuro

Por meio do mapeamento do fluxo de valor, os desperdícios podem ser destacados e eliminados, e esse ganho potencial é projetado no mapa do estado futuro, que pode se tornar real em pequenos intervalos de tempo, dependendo diretamente de decisões estratégicas.

O mapa do estado futuro visa à construção de uma cadeia de produção em que os processos individuais sejam articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo ou puxado, sendo produzido apenas aquilo de que o cliente precisa, no momento certo. Para isso, adotam-se algumas regras para que o sistema obtenha êxito em sua implantação:

- Encontre o *Takt time* para a cadeia de valor, pois ele mostrará o ritmo em que a fábrica deverá trabalhar para a obtenção de peças focadas ao fluxo contínuo, produzindo de acordo com a demanda do cliente. Dessa

forma, muitos dos inventários de processo poderão ser minimizados ou até mesmo eliminados.

- Defina onde será usado sistema de puxadas, geralmente com a utilização de supermercados e *kanban* e a metodologia de trabalho do mesmo. Essa definição dependerá de fatores como os padrões de compra do cliente (interno ou externo), da confiabilidade dos processos e das características do produto.
- Introduza o nivelamento das atividades, permitindo que o operador atue de forma multifuncional, executando sempre um trabalho padrão.
- Desenvolva, ainda, o comprometimento dos operadores para com os cuidados de seu equipamento, incluindo lubrificação e algumas pequenas manutenções (*TPM*). Esse ponto é tido como base para o sucesso do sistema, pois um sistema enxuto está diretamente relacionado com as condições de seus equipamentos.
- Projete/opere usando times multifuncionais, para assegurar que o sistema (não apenas o processo) seja otimizado. O maior desperdício é não usar o raciocínio de uma equipe de trabalho. Se o desejo é assegurar que o sistema seja otimizado, é necessário envolver todas as pessoas que dão suporte ao sistema.
- Mantenha a simplicidade das atividades, evitando soluções aparentemente fantásticas, mas extremamente complexas. Isso mantém as pessoas comprometidas com o processo e capazes de melhorar o sistema e de mantê-lo, e facilita o treinamento e o tempo de respostas às mudanças.
- Use os recursos de informática para auxiliar em simulações. Uma simulação pode avaliar vários *layouts* de processos e pode ajudar a determinar qual projeto satisfaz melhor a necessidade do seu cliente. Fluxos de processos, tempos de ciclo estimados, taxas de rejeição,

tempo de conserto e *downtime* de máquina fornecem a base para todos os modelos de simulação utilizados nesse processo.

- Pratique as melhorias contínuas (*Kaizen*) para eliminar desperdícios, que possam ser observados somente após a instalação da planta, pois o mapeamento da cadeia de valor é um documento “vivo” que pode ser constantemente melhorado.

A representação do estado futuro também é feita com utilização de ícones que desenham uma nova cadeia de valor esperada, a qual foi projetada a partir da identificação dos desperdícios do mapa de estado atual.

A seqüência de abordagem das regras para a projeção do estado futuro varia de caso a caso, e a distinção entre as etapas pode parecer muito sutil, pois elas acontecem praticamente ao mesmo tempo. Ainda assim, é necessário ter em mente um modelo de regras que, durante a progressão dos trabalhos, se apoiem mutuamente.

Para que se crie maior impacto financeiro por meio da utilização do mapeamento, é sugerido que a implementação seja feita por meio da utilização do fluxo contínuo, devido a sua simplicidade de execução e facilidade na identificação de desperdícios. Outras ferramentas podem ser utilizadas para se definir quais melhorias de processo serão necessárias para o fluxo de valor fluir, conforme especifica o projeto do estado futuro.

Desenvolver fluxos contínuos, puxados e nivelados exige esforços diferenciados de trabalho de preparação. Por exemplo, antes de se alcançar um alto grau de nivelamento, pode ser necessário maior aprofundamento em troca rápida. Ou, antes de se esperar que os processos operem eficientemente no *Takt time*, pode ser necessária uma revisão dos equipamentos, para aumentar sua confiabilidade.

Quando houver dúvidas sobre a priorização de ferramentas, recomenda-se que sejam implementados os pontos mais evidentes, identificados no mapeamento do estado atual, que apresentem maior facilidade em sua realização. Essa decisão motiva a equipe envolvida, devido à visualização de pontos concretizados. A projeção do estado futuro permitirá à equipe envolvida uma visualização rápida dos potenciais ganhos; porém, para obter uma mensuração exata, torna-se necessária sua efetivação, pois as previsões podem ser muitas vezes otimistas ou pessimistas em excesso.

2.16 *Kaizen* – melhoria contínua

Kaizen é um termo japonês que pode ser interpretado como melhoria contínua do homem; no entanto, quando aplicado à empresa, é interpretado, também, como melhoria continuada dos processos de produção e administrativos, buscando a perfeição do processo produtivo, uma vez que esse não acaba, ou seja, após um *kaizen*, sempre haverá outros futuros, mantendo sempre “aceso” o sistema.

Segundo Imai (1988, p. 21), “*Kaizen* significa melhoria contínua. Mais do que isso, significa continuar melhorando na vida pessoal, na vida do lar, na vida social, na vida profissional. Quando aplicado ao local de trabalho, *kaizen* significa melhoria contínua envolvendo a todos, desde gerentes até funcionários por igual.”

Com o direcionamento para custeio, o *kaizen* pode ser tratado como uma melhoria contínua aplicada à redução de custos no estágio de produção de um produto. De acordo com Brimson (1996), melhoria contínua significa que a excelência empresarial necessita de melhoria em todas as atividades da empresa, o que requer a gerência das atividades para minimizar os desperdícios, estando constantemente na busca da perfeição em todas áreas.

Kaizen é um conceito de guarda-chuva, que abrange a maioria das práticas “exclusivamente japonesas” que recentemente atingiram fama mundial. O recado da estratégia do *kaizen* é que nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoramento tenha sido feito em algum lugar da empresa.

Na Figura 19, pode-se observar o conteúdo do conceito citado acima como “guarda-chuva”:



Figura 19– O guarda-chuva do *Kaizen*

Fonte: Imai (1988)

O *kaizen* também é um processo de resolução de problemas, pois exige o uso de várias ferramentas de solução de problemas. O melhoramento atinge novas alturas, a cada problema resolvido. No entanto, para consolidar o novo nível, o melhoramento deve ser padronizado.

Quando relacionado à aplicação de mapeamento do fluxo de valor, o *kaizen* tem como objetivo identificar os focos de desperdícios e definir a melhor ferramenta para suportar um trabalho para a sua eliminação. Normalmente, no mapa do estado atual, utilizam-se ícones para ilustrar o ponto de geração de desperdícios,

citando-se a ferramenta a ser aplicada para solucioná-los e demonstrando uma projeção de estado futuro após a minimização ou eliminação dos desperdícios.

O *kaizen* deve ser uma rotina nas empresas, visando à busca da excelência dos processos produtivos. O primeiro pilar do *kaizen* é o orientado para a administração. Ele é o pilar crucial, já que se concentra nas mais importantes questões logísticas e estratégicas e oferece o incentivo para manter o progresso e o moral. Os tipos de projetos de *kaizen*, estudados pela administração, exigem experiência sofisticada em resolução de problemas, bem como conhecimento profissional e de engenharia, embora as simples ferramentas estatísticas possam ser suficientes, às vezes.

Os projetos de *kaizen* normalmente se manifestam em forma de sugestões. Portanto, a atenção e a receptividade da administração para com o sistema de sugestões é essencial, se deseja ter “operários pensantes”, que procurem por maneiras melhores de realizar o seu serviço. Dessa forma, a administração deve implantar um plano bem projetado, para assegurar que o sistema de sugestões seja dinâmico. Esses sistemas de sugestões estão em operação na maioria das grandes empresas de manufatura e em cerca da metade das pequenas e médias empresas. Segundo a Associação Japonesa de Relações Humanas, os principais temas das sugestões, nesse sistema das empresas japonesas, são:

- Melhoramentos no próprio trabalho
- Economia de energia, de materiais, e outros recursos
- Melhoramentos no ambiente de trabalho
- Melhoramentos nas máquinas e processos
- Melhoramentos nos dispositivos e ferramentas
- Melhoramentos no trabalho de escritório
- Melhoramentos na qualidade do produto
- Idéias de novos produtos
- Serviços e relações com o consumidor

3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

No ano de 2000, após diversas análises financeiras feitas pela alta administração da empresa objeto de estudo, iniciou-se a efetivação do Plano de Negócios, para que uma nova divisão voltada para o lançamento de uma tecnologia inovadora no mercado brasileiro fosse efetivada.

O gerente de planta da nova divisão, de posse de todas as informações que caracterizavam sua implementação, solicitou aos empregados da divisão que desenvolvessem seus trabalhos com foco no aproveitamento de recursos existentes, assim como a eliminação de potenciais desperdícios.

A empresa estudada é uma multinacional americana que está presente no Brasil desde a década de 70 e que tem outras 23 unidades espalhadas em outros países. Conta com mais de 74 mil colaboradores em 195 diferentes fábricas em todo o mundo. Sua meta de faturamento anual, para 2005, é de 15 bilhões de dólares. Atua nos mercados industrial, automotivo, construção, comercial, aeroespacial e semicondutores.

A divisão estudada encontra-se dentro do segmento automotivo, estando em constante contato com as montadoras, e suas exigências para aumento de produtividade visam à redução de seus custos de fabricação.

Neste estudo, foram destacados os ganhos obtidos com o planejamento da instalação por meio da utilização da Manufatura Enxuta.

3.1 O sistema enxuto na empresa estudada

Conforme mencionado neste trabalho, a empresa estudada utiliza os princípios do "Sistema de Negócios" – *Business System* – *BS* – para direcionar, desde

a mais simples ação, até a elaboração do plano estratégico que orienta a corporação para sustentar seus objetivos junto aos investidores, cobrindo, obviamente, todas as etapas de objetivos, metas e controles, com os devidos planos de correção e antecipação frente a diversidades enfrentadas em suas diferentes linhas de atuação.

Em outras palavras, o "Sistema de Negócios" da empresa aproxima-se do que se chama de ciclo PDCA, que, segundo Campos (1996), é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização, as quais sustentam os seus Objetivos, Valores e Filosofia. De uma maneira simples, suas letras têm o seguinte significado:

a) Planejamento (P): nessa fase são definidas estratégias claras e consistentes para garantir a liderança global da empresa. Ex: Plano Estratégico, Plano Orçamentário, etc.

b) Execução (D): nessa etapa executam-se as tarefas planejadas, com base na coleta de dados e informações pesquisadas durante a fase de planejamento, além de definir alguns meios indicadores para acompanhamento na fase de verificação. Ex.: Inovação, Qualidade, Melhorias.

c) Verificação (C): no processo de verificação, comparam-se os resultados obtidos com o desejado.

d) Atuação Corretiva (A): nessa fase efetua-se uma análise das causas e desvios, recomendando-se ações para a busca da meta. Nesse item encontram-se as ferramentas utilizadas na Manufatura Enxuta.

De acordo com as definições acima, o "Sistema de Negócios" da empresa estudada é um método de gestão que sistematiza o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas sejam atingidas. A Figura 20 mostra, de maneira simples, as interações dos conceitos com a Manufatura Enxuta.

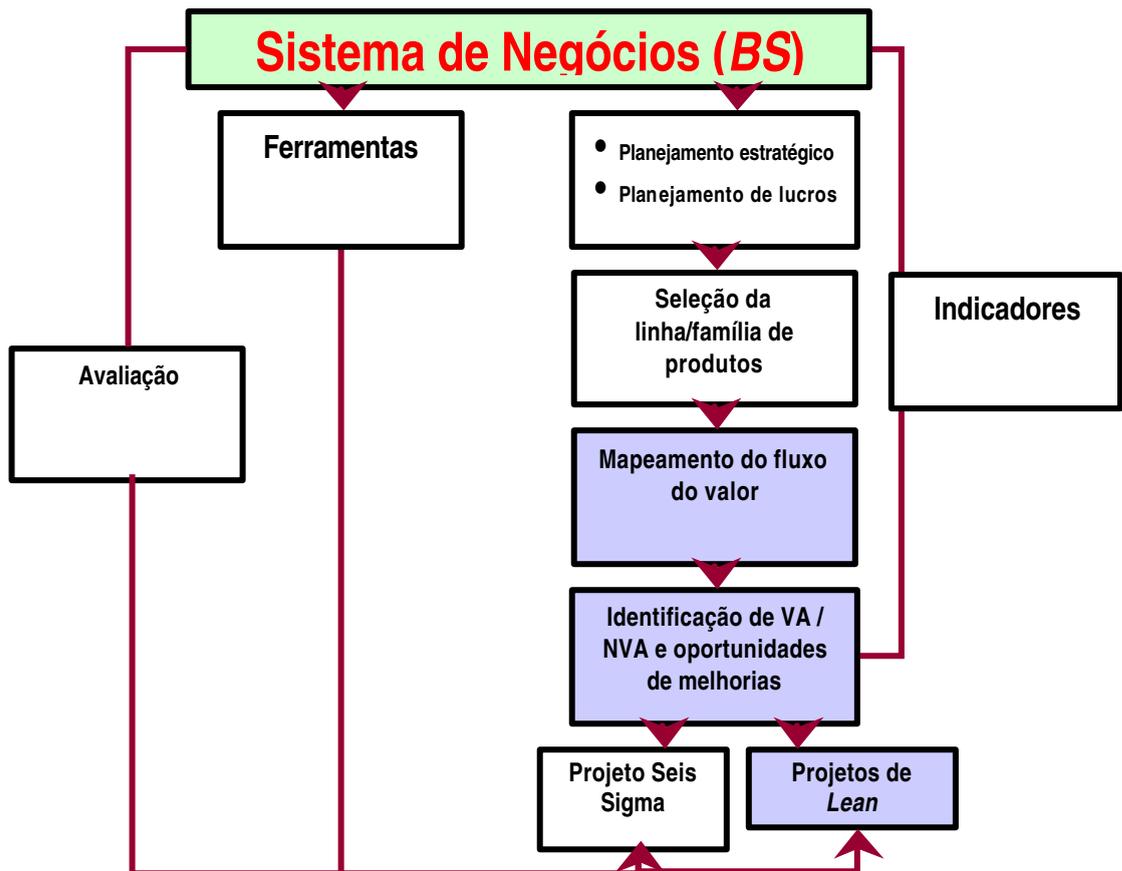


Figura 20 – Fluxo de integração do BS com o LS e Six Sigma

Fonte: Apostila de treinamento dd VSM da Eaton Corporation (1998)

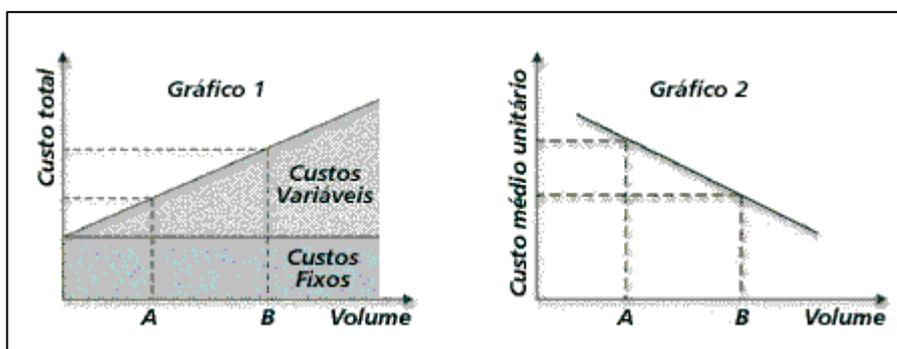
De acordo com as metas estabelecidas, um plano é traçado, para reduzir desperdícios. Para isso, avaliam-se os potenciais de melhorias da empresa e procede-se a uma análise de sua cadeia de valor, para identificar ferramentas que promovam uma melhoria contínua. Os resultados são mensurados com o objetivo de alimentar todo um processo de planejamento de melhoria contínua.

3.2 Estabelecimento de conceito dos indicadores na empresa

Para atendimento dos indicadores corporativos, foram revisados os conceitos de indicadores de desempenho, os quais contribuem para o acompanhamento dos resultados e tomada de ações, pois grande parte dos indicadores, nas empresas convencionais, está vinculada ao volume e ao ritmo de

produção. Tais indicadores perdem o sentido quando se abandona a lógica da produção em massa. Faz-se necessário, portanto, atentar para o problema e comunicá-lo de maneira cuidadosa, pois grandes avanços podem ser simplesmente abandonados, em decorrência da interpretação inadequada de tais métricas.

A lógica da produção em massa está calcada na economia de escala. Os gráficos ilustrados na Figura 21 representam, de maneira simplificada, o efeito da economia de escala sobre o custo médio unitário dos produtos.



Figura

21 – Gráficos sobre efeito da economia de escala

Fonte: Apostila de Treinamento do Instituto Politécnico de Setúbal (2003)

A economia de escala não deixou de ser uma realidade; ela continua a ter sentido econômico. O problema é que a busca por sua maximização alimenta a superprodução, um dos sete desperdícios identificado por Taiichi Ohno e considerado o mais nocivo, pois dele decorrem outros tantos.

A superprodução não é problema quando a demanda é maior do que a oferta ou a competição é pouco acirrada: o que se produz, é vendido. Entretanto, essa não é a realidade para a maioria das empresas e setores econômicos. É por isso que ter um conceito de Manufatura Enxuta é fazer apenas o necessário, quando necessário, no ritmo do cliente.

Para esta implementação foram abordados os indicadores do chão de fábrica (tempo, sucata, estoques, etc.) que permitiram um mapeamento do fluxo de valor.

3.3 Formação de um conselho de Manufatura Enxuta

Devido às diversas experiências e contatos com vários programas de melhorias, que muitas vezes caíram no esquecimento ou descrença, geralmente pela falta de bons gestores que assumissem os desafios de implementações e acompanhassem corretamente o andamento dos resultados, a corporação decidiu definir os agentes de mudança.

Dessa forma, foi criado um conselho de Manufatura Enxuta em cada país onde houvesse mais de uma planta instalada, devendo tal conselho reportar-se diretamente ao presidente do grupo, que estabeleceu metas arrojadas para 2005, conforme Tabela 6, em razão do grande crédito atribuído ao desempenho do conceito de Manufatura Enxuta.

Tabela 6 – Indicadores de desempenho

ITEM	INDICADORES	UNIDADE	META 2005
1	Crescimento do Lucro	%	15
2	Retorno sobre as Vendas	%	13
3	Vendas	US\$	15 bilhões
4	Ganho com Produtividade	%	10
5	Redução do capital sobre as vendas	%	< 4,5
6	Aumento na flexibilidade do tempo de resposta	---	---
7	Diminuir o inventário e contas a receber	%	15
8	Redução da Sucata sobre as Vendas	%	>30%

Fonte: Empresa estudada (2000)

O conselho corporativo do país seria responsável pelo desdobramento dos novos conselhos de planta, que deveriam ser conduzidos pelos gerentes de fábrica, para que houvesse o comprometimento em alto nível.

Esse gerente de fábrica seria suportado diretamente por um coordenador geral, ligado ao conselho do país, cuja finalidade seria garantir o nivelamento do

conhecimento em todas as plantas, assim como manter o acompanhamento, junto aos facilitadores, das atividades e resultados das mesmas. A preparação do coordenador geral deu-se por meio de treinamentos intensivos no exterior.

Os facilitadores desenvolvem um papel de liderança e gerenciamento das atividades internas, atuando como uma interface entre a gerência de planta e os líderes de ferramentas, e procuram planejar as implantações, sanar dúvidas sobre o desenvolvimento e intermediar provisão de recursos para as atividades, reportando o andamento ao Coordenador Geral.

Para maior facilidade de acompanhamento do planejamento, execução, monitoramento e elaboração de planos de ação, foram designados líderes específicos para o desenvolvimento das diversas ferramentas que compõem a Manufatura Enxuta, centralizando os dados e resultados com o facilitador da unidade. O organograma da Figura 22 mostra a estrutura dos conselhos de Planta.

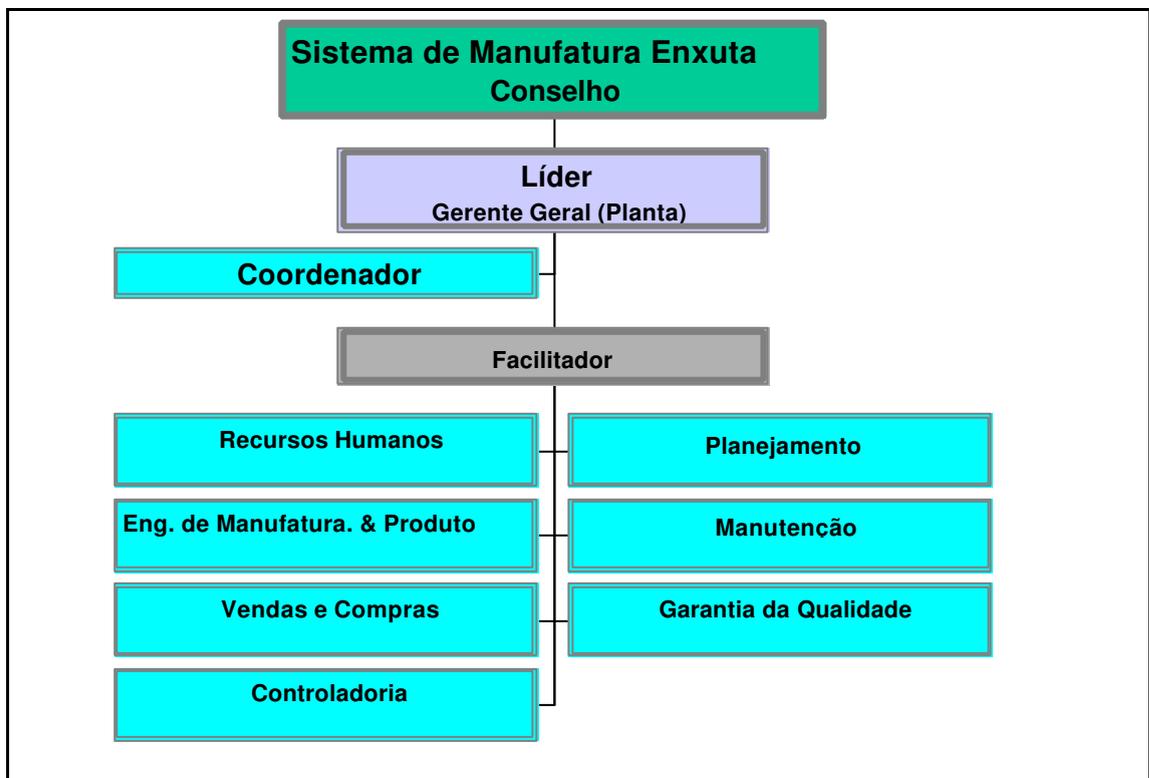


Figura 22 – Estrutura do conselho de Manufatura Enxuta nas plantas

Fonte: Empresa estudada (2000)

Nota-se no organograma um envolvimento de todas as áreas, o qual visa ao efetivo funcionamento das ferramentas a serem aplicadas. Pode-se destacar, entre as áreas envolvidas, Compras, Vendas e Controladoria, as quais normalmente não eram centros de grande aplicação para a eliminação de desperdício.

Essa estrutura foi concebida para que houvesse melhor distribuição da carga de trabalho, gerando, ainda, multiplicadores que pudessem ser utilizados em diferentes plantas. A Figura 23 mostra a estrutura das ferramentas, em que cada divisão apresenta um responsável pela mesma.

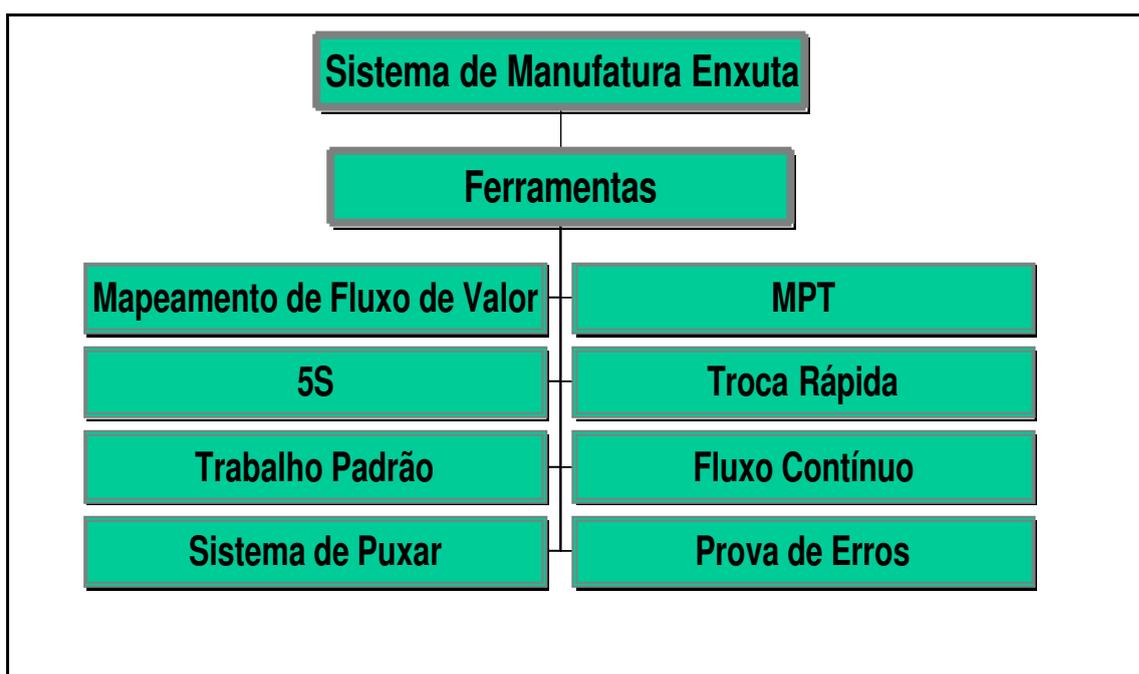


Figura 23 – Estrutura das ferramentas utilizadas pela empresa

Fonte: Empresa estudada (2000)

3.4 Formação dos times de Manufatura Enxuta

Os times de Manufatura foram montados de acordo com as ferramentas, fazendo-se uso das habilidades, conhecimentos e nível educacional de cada empregado, proporcionando-lhes crescimento profissional e satisfação.

Os objetivos principais, em todos os grupos, eram voltados à implementação do conceito de Manufatura Enxuta, e pontos como eliminação de desperdícios, redução de custos, aumento de produtividade e melhorias contínuas foram destaques para o sucesso dos trabalhos. Todos esses objetivos foram diretamente alinhados com os objetivos macros da companhia, que buscavam as metas corporativas.

As reuniões dos times, como já citado, foram suportadas por toda uma estrutura, que deveria manter informações claras, para melhor envolvimento dos colaboradores com os objetivos.

Os times foram montados de acordo com as necessidades prioritárias de cada planta, focando-se a busca dos objetivos e o nivelamento de acordo com as plantas da divisão. Essa mesma filosofia foi utilizada pelo time que estava trabalhando no planejamento da nova divisão, a qual deveria ser concebida de forma “enxuta”.

Para esse direcionamento foi utilizado o gráfico Radar, Mapeamento de Fluxo de Valor e Indicadores Complementares (tempo de ciclo, sucata, etc.).

3.5 Nivelamento do conhecimento

Após a aprovação para a instalação da nova divisão no Brasil, uma equipe multifuncional foi constituída por membros de diversas áreas, identificadas como potenciais. Essa equipe foi aos Estados Unidos, com a finalidade de adquirir conhecimento técnico referente aos processos de fabricação a serem utilizados no Brasil, assim como associá-los ao conceito *Lean*, e, por meio de um *Benchmarking*, identificar desperdícios existentes na planta corrente que pudessem ser preventivamente eliminados.

A partir desse ponto, iniciou-se um processo de “pensamento enxuto”, pois, antes mesmo de se ter a nova planta fisicamente instalada, estudos para eliminação de desperdícios potenciais começaram a ser efetuados, por meio de

análises dos objetivos de produção, logística, organização da produção, relacionamento com colaboradores, disponibilidade de máquina, custo, segurança, prevenção, complementados com treinamento *on job*. Nesse período, os envolvidos foram devidamente capacitados para a implementação da nova divisão, assim como para sua manutenção futura.

A nova planta a ser montada não deparou com o obstáculo normalmente encontrado nas empresas que decidem mudar a sua filosofia – da resistência. Esse obstáculo foi minimizado em razão de ser uma nova unidade, com pessoas novas, isentas de paradigmas. Esse ponto deve ser exaustivamente discutido em unidades que migram para inovações filosóficas, pois há necessidade de preparar toda uma fase de transição, devidamente suportada pela Alta Gerência, para que o programa não perca credibilidade.

Para integração dos colaboradores e introdução dos conceitos de *LS*, foram necessários o planejamento de diversos treinamentos, visando ao autogerenciamento dos processos, e a utilização de ferramentas administrativas do Sistema de Produção (Quadro de Sucata, *Kanban*, Programação do Cliente etc.), que permitissem o gerenciamento do time por indicadores e objetivos. Posteriormente seriam definidos, pela equipe, quais seriam os meios de gerenciamento ideal.

Na filosofia enxuta, os colaboradores e administradores trabalham com maior autonomia para planejar, coordenar e melhorar as condições de trabalho, pois são eliminados os desperdícios de gerenciamento centralizado, uma vez que a fábrica pode gerenciar-se por si própria.

Nota-se claramente que não foi preciso uma crise para cumprir as etapas necessárias para uma Manufatura Enxuta, mas sim uma antecipação das possibilidades de perdas.

Em paralelo ao treinamento no exterior, em 2001, o Coordenador Geral do sistema de Manufatura Enxuta, no Brasil, iniciou um processo de avaliação das

plantas existentes, fazendo uso do gráfico Radar para identificar quais ferramentas do sistema de manufatura eram usadas em cada planta, assim como o nível em que se encontravam, pois se sabia que muitas ferramentas do sistema enxuto eram utilizadas, mas não de forma sistêmica. A idéia final seria obter um nivelamento das plantas quanto à utilização das ferramentas, fazendo-se uso do conceito "Melhores Práticas" – *Best Practices*, por meio do qual a planta que apresentasse maior avanço serviria como um *Benchmarking*.

Em plantas que apresentam diversas unidades de negócio ou células de manufatura podem ser utilizada a ferramenta Radar, para identificar a possibilidade de agrupamento de atividades, ou seja, células que apresentarem o mesmo nível cultural e prático, podem vir a ter um único grupo facilitador para o desenvolvimento da ferramenta, permitindo maior interação das áreas, garantindo motivação e participação no conhecimento geral dos colaboradores.

Na Figura 24, um exemplo de gráfico Radar.

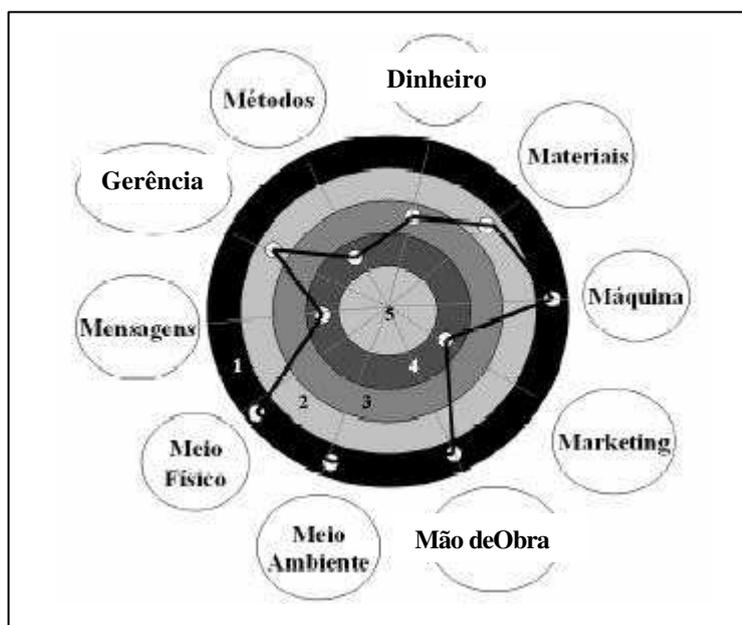


Figura 24 – Gráfico Radar

Fonte: Apostila de Treinamento do Instituto Politécnico de Setúbal (2003)

Para a confecção dos gráficos, foi utilizado um questionário padrão (v. Anexo III) para a devida pontuação. Esse questionário é uma ferramenta de apoio para

que o auditor do *LS* possa verificar o desenvolvimento das ferramentas que fazem parte da Manufatura Enxuta.

Metas corporativas, para a implantação das ferramentas que compõem a filosofia *Lean*, foram estabelecidas pela Alta Administração, visando ao nivelamento das plantas, dentro dessa filosofia.

Tabela 7 – Indicadores corporativos

METAS (Radar)		
2002	2003	2004
2.1	2.5	3.0

Fonte: Empresa estudada (2001)

O acompanhamento do desempenho das ferramentas, nas diversas plantas da corporação, pode ser efetuado pelos líderes da filosofia de Manufatura Enxuta das outras plantas do grupo, por meio da exposição de gráficos e explicações do andamento de atividades. (v. Figura 25). Os gráficos ficam disponibilizados em uma página central (*intranet*), e as discussões são feitas por meio de uma agenda anual, fazendo-se uso de conferências telefônicas e reuniões por meio da *internet*.

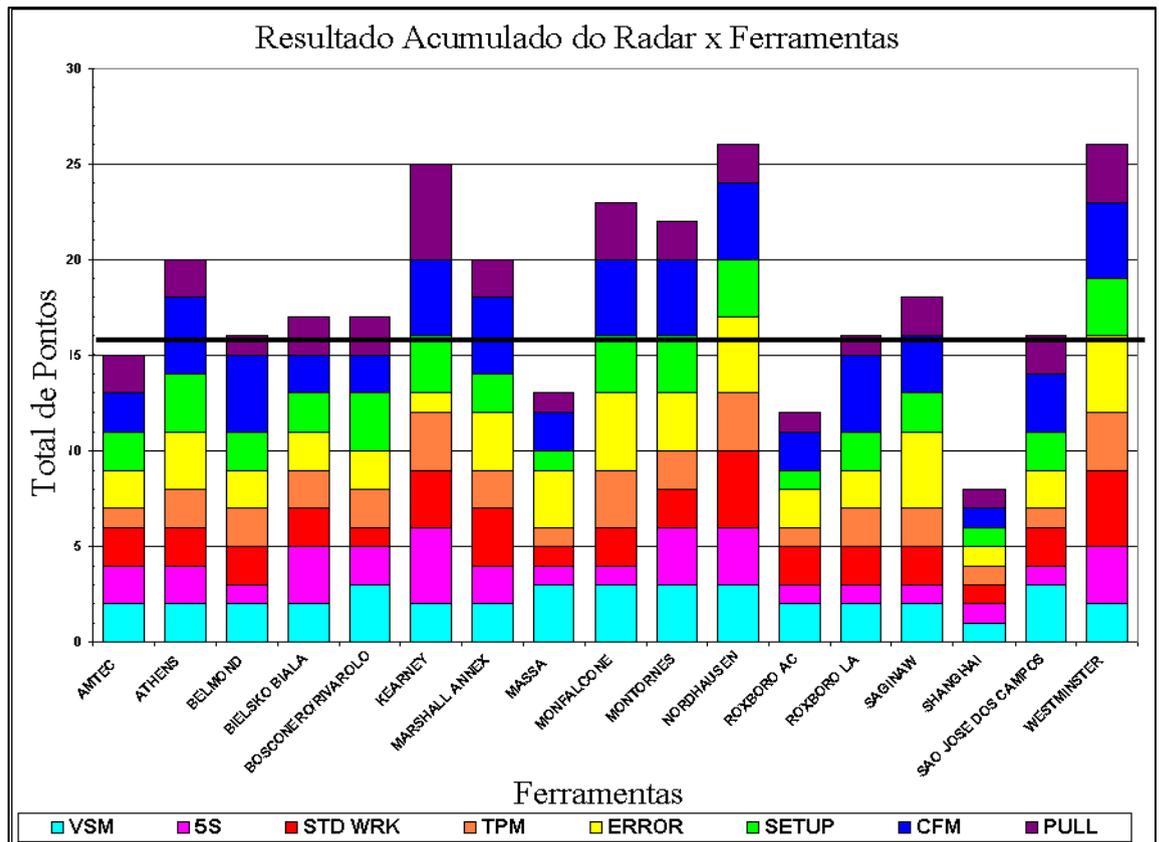


Figura 25 – Resultado acumulado do gráfico Radar

Fonte: Empresa estudada (2002)

O acompanhamento da implantação das diversas ferramentas, em diferentes plantas, permite ao consultor da Manufatura Enxuta efetuar um planejamento para melhor direcionamento de recursos, para que todas as divisões caminhem em um mesmo ritmo, podendo até mesmo fazer-se uso de exemplos das plantas já avançadas, por meio do conceito de “Melhores Práticas”.

No caso da nova divisão, a medição seria feita após a implantação da mesma, que deveria apresentar elevada facilidade de adaptação à filosofia enxuta, devido ao seu planejamento preventivo.

3.6 Análise da Cadeia de Valor

3.6.1 Mapeamento do fluxo

A equipe enviada à planta dos Estados Unidos, que foi utilizada como um *Benchmarking*, para a montagem da nova divisão no Brasil, já havia sido anteriormente treinada no centro de Pesquisa em Marshall, Virgínia, EUA, facilitando assim o entendimento das possibilidades de falhas referentes ao produto, e não ao processo. Esta fase de treinamento no exterior muitas vezes não é considerada necessária, por muitas empresas, devido à justificativa de elevados custos. Porém, neste trabalho, ficou evidenciada a importância do acompanhamento, tanto do projeto do produto, como do processo.

A equipe designada tinha como objetivo identificar, dentro do fluxo produtivo, todas as ações, agregando ou não valor, necessárias para a obtenção do produto chave. Procurou-se, não só levar em conta os processos individuais, como também o todo que abrange o fluxo de produção “porta a porta” dentro da planta, que pode ser a entrada de uma célula até a sua saída, ficando essa determinação a critério da abrangência do estudo.

O mapeamento é uma forma qualitativa, com a qual se descreve em detalhes como uma unidade produtiva deve operar para criar fluxo. Os números são úteis para criar um senso de urgência ou como medidas e comparações entre as situações antes e depois. Já o mapeamento do fluxo de valor descreve o que deveria ser feito para se atingir esses valores. Portanto, a equipe fez uso dessa ferramenta para identificar as potencialidades de agregar valor, proporcionando uma visão de estado ideal (futuro), após avaliar o estado atual.

Outro ponto entendido pela equipe foi que o fluxo de material dentro da fábrica é o fluxo que vem à mente. Porém, há outro fluxo que também deve ser

abordado: o fluxo de informação, que também causa desperdícios. Na produção enxuta, o fluxo de informação deve ser tratado com tanta importância quanto o fluxo de material, pois as comunicações entre fornecedor e cliente são de extrema importância.

3.6.2 Definindo as áreas de estudo para implantação

Um ponto importante do estudo foi a definição das áreas a serem estudadas pela equipe. Normalmente, no mapeamento de fluxo de valor efetua-se o estudo por famílias de produto, procurando abranger etapas semelhantes de processamento que utilizem equipamentos comuns. Dessa forma, há maior facilidade de definição e interpretação do processo, facilitando a identificação de oportunidades.

Com base nisso, a equipe decidiu fazer a identificação dos processos que caracterizavam o *core business* e que apresentavam elevada similaridade com o processo a ser instalado no Brasil.

Portanto, neste estudo foi abordada amplamente a fabricação de rotores – um dos componentes utilizado no produto final e tratado como núcleo do produto, devido a sua elevada importância na contenção da tecnologia. Os rotores são extrudados de alumínio usinado, montados sobre um eixo de aço. Apresentam três lóbulos em evolução espaçados em um ângulo de 60 graus de inclinação, ao longo do seu comprimento, cobertos por uma fina camada de epóxi.

3.6.3 Distribuição de atividades

Aos componentes da equipe enviada aos EUA foram distribuídas responsabilidades específicas, de acordo com a especialidade de atuação, procurando cobrir as diferentes áreas (Qualidade, Manufatura, Produção, etc.), para melhor

aproveitamento do tempo de aprendizado e coleta de informações. Todos os dados levantados eram discutidos em reuniões diárias, para a devida compilação e melhor entendimento, por todos os envolvidos, do fluxo completo, visando a um maior aproveitamento posterior das informações na implantação da unidade no Brasil. De maneira simplificada, pôde-se observar os principais pontos a serem abordados pela equipe:

- Engenheiro de Produto: focar a possibilidade de utilização de sistemas à prova de erro;
- Engenheiro da Qualidade: observar a sucata gerada, assim como seus principais elementos causadores, a frequência de ocorrência e os meios de detecção;
- Engenheiro de Manufatura: cronometrar as operações envolvidas, analisando os métodos de trabalho e o emprego de trocas rápidas, e identificar as possibilidades de emprego de trabalhos padrão e fluxo contínuo;
- Engenheiro de Produção: identificar potencialidades para meios de autogerenciamento, facilidade de comunicação.

Também foi definido, pelo time, um gestor para o gerenciamento das informações, sendo indicado o Engenheiro de Manufatura. Vale ressaltar que todos participavam das discussões, não ficando restritos às suas áreas específicas.

3.6.4 Mapeamento do estado atual

A equipe, focando a necessidade de instalação de uma nova divisão no Brasil, com alta similaridade com a corrente nos Estados Unidos, iniciou o

planejamento para a ideal instalação, e percebeu que muitos problemas correntes poderiam ser eliminados, na montagem da nova divisão.

O processo foi feito por meio da análise da situação atual, que retratava a planta utilizada como *Benchmarking*, avaliando-se os processos chave em toda a sua extensão. Para essa avaliação foram utilizados símbolos ou ícones, apresentados resumidamente na revisão bibliográfica deste trabalho, para representar os processos e fluxos. Como já mencionado, as empresas podem desenvolver seus próprios ícones, desde que todos os envolvidos entendam perfeitamente os seus significados.

Inicialmente, foram realizadas diversas caminhadas por todo o fluxo de valor da planta estudada, procurando obter-se entendimento das operações, de suas seqüências e dos principais pontos a serem abordados.

A família de produto mapeada foi a de rotores, que é um componente tratado como *core business*. Todo produto acabado (Supercharger) utiliza um par de rotores, sendo ele o responsável pelo bom desempenho do produto.

Posteriormente, fazendo-se uso de um material básico, pranchetas, lápis e borracha, a equipe reiniciou, juntamente com o pessoal da planta existente, a caminhada pelo chão de fábrica, coletando as informações reais de material e de informação, procurando abranger todo o fluxo (porta a porta). Partiu da expedição final da célula do produto, de maneira a tratar dos processos que estavam diretamente ligados ao cliente (externo ou interno), identificando o valor dos processos, pois o valor só é significativo quando expresso em termos de produto específico, que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específicos. Portanto, o conceito de valor agregado foi de extrema importância, na elaboração da pesquisa.

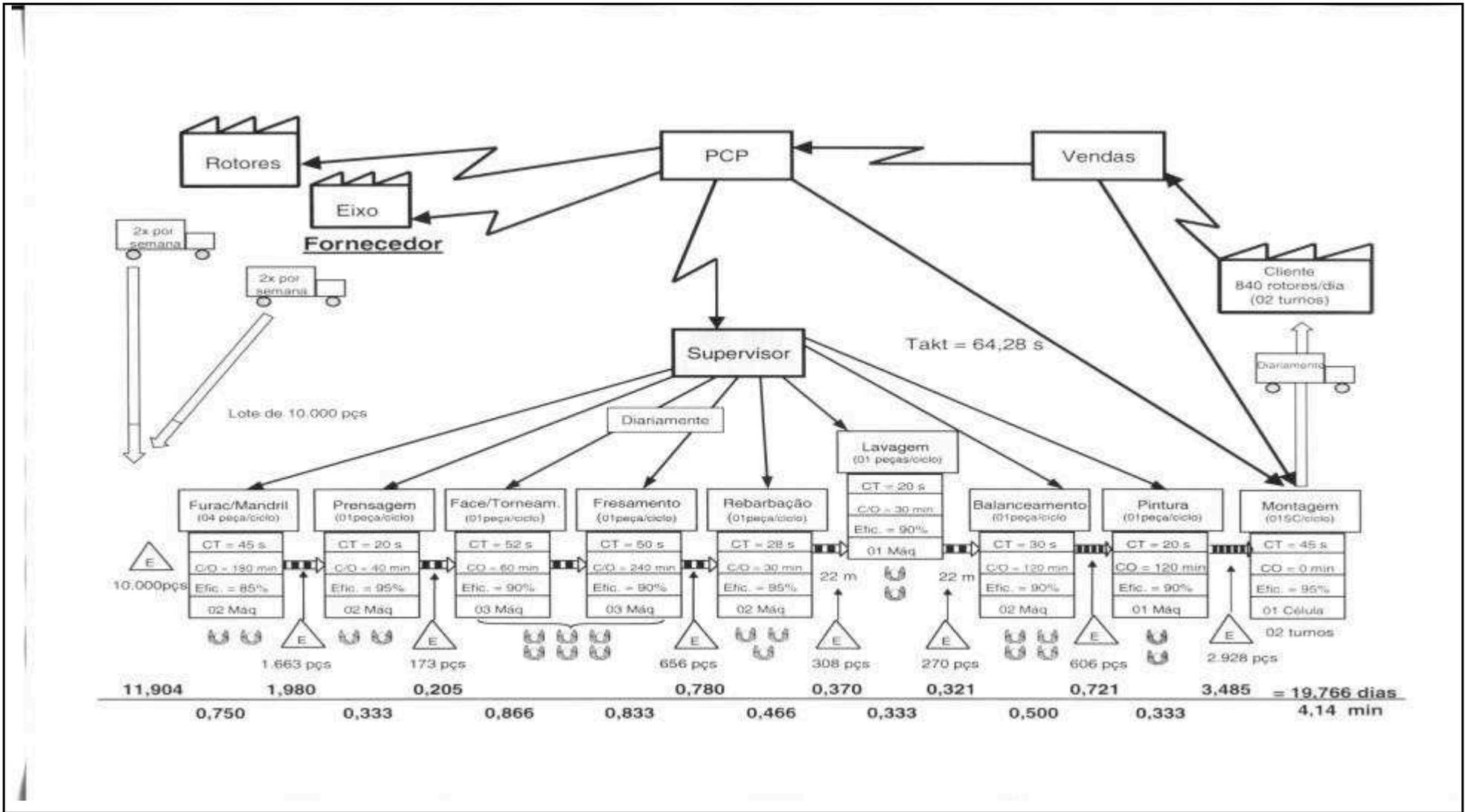


Figura 26 – Mapa de estado atual

Fonte: Empresa utilizada como referência (2000)

A elaboração de um mapa de estado atual foi extremamente importante para a avaliação das oportunidades a serem discutidas para a projeção do estado futuro. A Figura 26 mostra o desenho da cadeia de fluxo de valor da planta utilizada como estudo, em que o cliente interno é a linha de montagem, o cliente externo é representado por ícone de fábrica, tratado como fonte externa. Dentro do mesmo pode-se perceber uma caixa de dados, que registra a necessidade do cliente, incluindo dados como:

- Demanda Diária: quantidade de produto acabado que deve ser montado e expedido pela empresa.
- Total Horas por Turno: quantidade de horas disponíveis para cada turno de trabalho.

Para maior facilidade de elaboração de estado futuro, a equipe considerou a planta corrente sendo projetada para a nova planta, alterando-se a demanda de acordo com a necessidade do Brasil, ou seja, para produzir 840 rotores por dia (420 Supercharger por dia).

A planta utilizada como referência estava operacionalizando em três turnos de trabalho, pois, para a demanda solicitada, algumas operações que não atingiam a necessidade dentro de um único turno de trabalho, independentemente da razão, tornavam necessária a utilização de turnos seqüentes.

A equipe procurou observar atentamente as fases do processo, descartando, no primeiro momento, os dados históricos, que poderiam tendenciar as análises de campo. Posteriormente, porém, esses dados seriam extrema importância, na previsão de problemas.

Nesta análise foram utilizadas as caixas de dados (ícone com dados objetivos), conforme mostra a Figura 27, na qual podem ser observados pontos como: os tempos de ciclo (CT - intervalo de tempo entre a saída de um componente e do próximo, no mesmo processo, em segundos), tempo de troca de produto (CO - tempo

que se leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro, aprovado), eficiência (Efic - capacidade real de produção do equipamento, considerando-se suas perdas), número de máquinas disponíveis para o processamento da peça, e número total de operadores envolvidos, devidamente representados por um símbolo abaixo da caixa de dados. Na parte superior da caixa de dados, foram alocadas as identificações das operações, assim como a quantidade de peças de possível produção em cada ciclo individual da máquina.

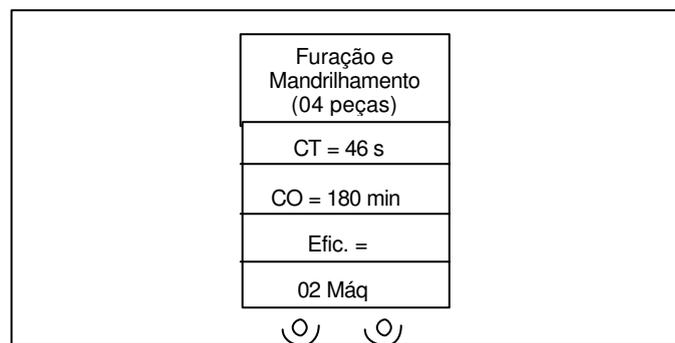


Figura 27 – Caixa de dados

Fonte: Apostila de Treinamento de VSM da Eaton Corporation (1998)

Para determinação dos tempos de ciclo (CT) foi utilizado um cronômetro, coletando-se as informações de acordo com o intervalo de tempo entre a saída de um componente e do próximo, no mesmo processo, em segundos.

Para os tempos de troca de produto (CO) foram utilizados os dados históricos coletados das planilhas de apontamento de produção, em minutos. O mesmo foi feito para o dado referente à eficiência do equipamento (Efic), em percentual.

Durante a caminhada pela cadeia de valor, a equipe pôde identificar a presença de estoques intermediários (quantidade de peças que estavam alocadas entre uma operação e outra), que foram identificados por um ícone (Figura 28),

colocando-se abaixo do mesmo a quantidade de peças contadas no momento do mapeamento.

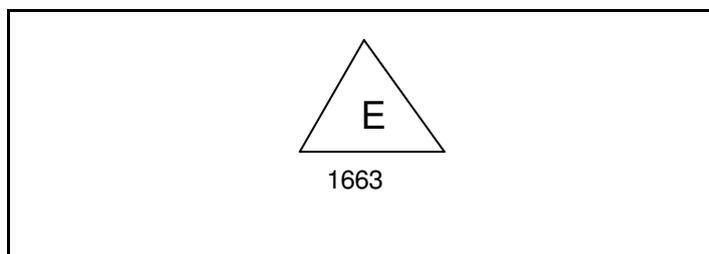


Figura 28 – Identificação de quantidade de peças

Fonte: Rother & Shook (1999)

No mapa foram observados, ainda, dois outros pontos de estocagem: um, após a última estação de processamento, onde as peças eram levadas para a área de estocagem da montagem; e o outro, no recebimento, onde havia, também, uma representação de materiais estocados que eram recebidos do fornecedor, representado pelo ícone de fábrica. Havia ainda um ícone caminhão (meio de entrega), para mostrar o movimento do material. O fornecedor recebia o pedido mensalmente e efetuava duas entregas na semana. Cada lote era composto de 10.000 peças.

Estes estoques são muito importantes para o mapeamento do estado atual, pois mostram onde o fluxo está sendo “quebrado”.

Após ter sido entendido o fluxo de material, a equipe direcionou-se para a análise do fluxo de informação, e procurou entender o procedimento para se saber quanto e quando fabricar, e, também, o modo como os fornecedores tomavam conhecimento das necessidades de entregas.

Foram utilizados ícones e setas para demonstrar os fluxos de informação, havendo, ainda, uma pequena caixa sobre cada seta, indicando a frequência das informações.

Os departamentos complementares da cadeia de valor foram identificados por uma caixa contendo a sua descrição. O acompanhamento do fluxo foi feito envolvendo pessoas dos departamentos e entrevistando-as quanto às metodologias utilizadas para a realização de suas rotinas. A entrevista ocorria de informalmente, não sendo necessária a utilização de questionários, pois o objetivo era apenas entender o fluxo.

Nessa análise foi encontrada uma série de dificuldades, por parte dos entrevistados, no sentido de se ter claramente o fluxo de informações, ocorrendo muitas vezes duplicidade ou falta. Esse exemplo fica muito claro na comunicação da quantidade a ser montada, pois Vendas informava ao Planejamento, assim como os setores produtivos (montagem e supervisão), tornando difícil o trabalho do Planejamento.

Já no chão de fábrica, os fluxos de informação também estavam complicados, pois os supervisores faziam uso de contagens de estoques para realizar ajustes na programação, além de informar cada operação de forma independente, ocasionando o sistema de empurrar, devido à busca em atender à programação passada pelo supervisor, não havendo uma interação da cadeia. O sistema empurrar acabava fazendo com que peças fossem processadas independentemente das necessidades reais de processo, gerando estoques.

Essa observação foi introduzida no mapa da situação atual por meio do ícone que representa o movimento de material empurrado (seta-empurrar). No mapa, observou-se que não havia sistema de puxar, pois cada operação, apesar de estar dimensionada para o volume a ser produzido, não se orientava pelo seu cliente interno, caracterizando uma elevada confusão dos fluxos.

Na parte inferior do mapa foi desenhada uma linha do tempo, para registrar, em sua parte superior, o *lead time* de produção, ou seja, o tempo que a peça

leva para percorrer todo o caminho de produção, da matéria-prima recebida, até a entrega ao cliente interno ou externo, o que depende da abrangência da análise.

Um ponto importante a ser abordado é que, quanto menor o *lead time* de produção, menor o tempo entre pagar pela matéria-prima e receber pelo produto acabado. Dessa forma, um menor *lead time* está relacionado com o número de giros do estoque.

O *lead time* descrito na parte superior da linha do tempo leva em consideração a quantidade de peças em estoque dividida pela demanda diária planejada. Já na parte inferior da linha do tempo estão os tempos de processamento, que são aqueles que realmente agregam valor ao produto.

A relação entre o tempo de processamento e o *lead time* fornece o percentual de valor agregado ao processo (VAR), conforme descrito na Equação 2 – Cálculo do Valor Agregado (VAR).

$$\text{VAR (\%)} = \frac{\text{TP}}{\text{LT}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: TP = tempo de Processamento (h)

LT = *Lead Time* (h)

Em razão da objetividade do estudo, ocorreu ainda um maior aprofundamento da pesquisa, quanto ao histórico de problemas já ocorridos no processo de fabricação, pois o mapeamento de fluxo funciona como uma "fotografia" da situação atual, que mostra os desperdícios de campo naquele momento. Porém, o objetivo da equipe era também o de prevenir problemas já ocorridos na linha, que, por alguma razão, já haviam causado desperdícios.

Nesse caso, foi utilizado o *FMEA*, como ferramenta complementar, pois, por meio deste recurso, potenciais problemas poderiam ser minimizados, ou até mesmo eliminados, na futura instalação.

Foi exaustivamente lembrado, pela equipe, que o trabalho de avaliação preventiva da cadeia de fluxo da planta estudada poderia reduzir a ocorrência de potenciais falhas, na confecção da planta futura.

3.6.5 Identificando as oportunidades

Para facilitar o planejamento do estado futuro, foram utilizados, pela equipe, os valores de demandas do Brasil, conforme Tabela 8, mostrando, no mapa atual, ou seja, na planta dos Estados Unidos utilizada como *Benchmarking*, os pontos de elevado potencial para eliminação de desperdícios.

Depois de confeccionado o mapa do estado atual, a equipe iniciou o processo para a elaboração do estado futuro.

Tabela 8 – Demanda diária de rotores

Demanda Diária Rotores	Estados Unidos	Brasil
	2400	840

Fonte: Empresa Estudada (2000)

Esta é uma abordagem diferenciada do mapeamento do fluxo de valor, pois normalmente ele é utilizado para uma comparação entre o antes e o depois de uma mesma planta. Nesse caso, foi instituído como uma ferramenta que pudesse tornar evidente os focos de desperdício que poderiam ser eliminados antes da instalação da nova planta no Brasil. É necessário esclarecer que essa aplicação foi aceitável, uma vez que há elevada similaridade entre processos de fabricação.

Dessa forma, a equipe utilizou os dados fornecidos pela alta administração, para o cálculo de *Takt time*, que é o tempo total disponível para produzir os produtos, dividido pela necessidade do cliente. Esse tempo é utilizado para o sincronismo do ritmo da produção com o ritmo das vendas.

O *Takt time* foi calculado primeiramente, utilizando-se a Equação 1, mostrada na Revisão da Literatura, buscando atender à demanda do cliente interno (Montagem), considerando-se que o mesmo montaria 420 Supercharger (SC) em um turno de 7,5 horas e 15,0 horas para a célula de rotores; cada SC utilizava-se de 02 rotores, totalizando-se 840 rotores. Esse dado permitiu que a equipe tivesse noção do ritmo em que cada processo deveria produzir, o que permitiu relacionar esse dado com o estado atual (Figura 29) e observar, na atual condição, os pontos de potenciais melhorias. Para isso, a equipe atentou para a aplicação das ferramentas, focando meios para respostas rápidas de problemas, prevenção de paradas de equipamentos e elevada flexibilidade na troca de produtos.

O *Takt time* para a célula de rotores foi calculado com base nas seguintes informações:

- Tempo Operacional Líquido para produzir = 15 horas
- Demanda diária do Cliente = 840 rotores (peças).

Portanto o *Takt time* foi definido em 64,28s para cada rotor.

No primeiro instante, de acordo com dados disponibilizados, observou-se que a maioria dos tempos de ciclo estavam abaixo do *Takt time*. Dessa forma, ficou evidente a possibilidade de redução de turnos, de máquinas, e até mesmo de agrupamento de operações.

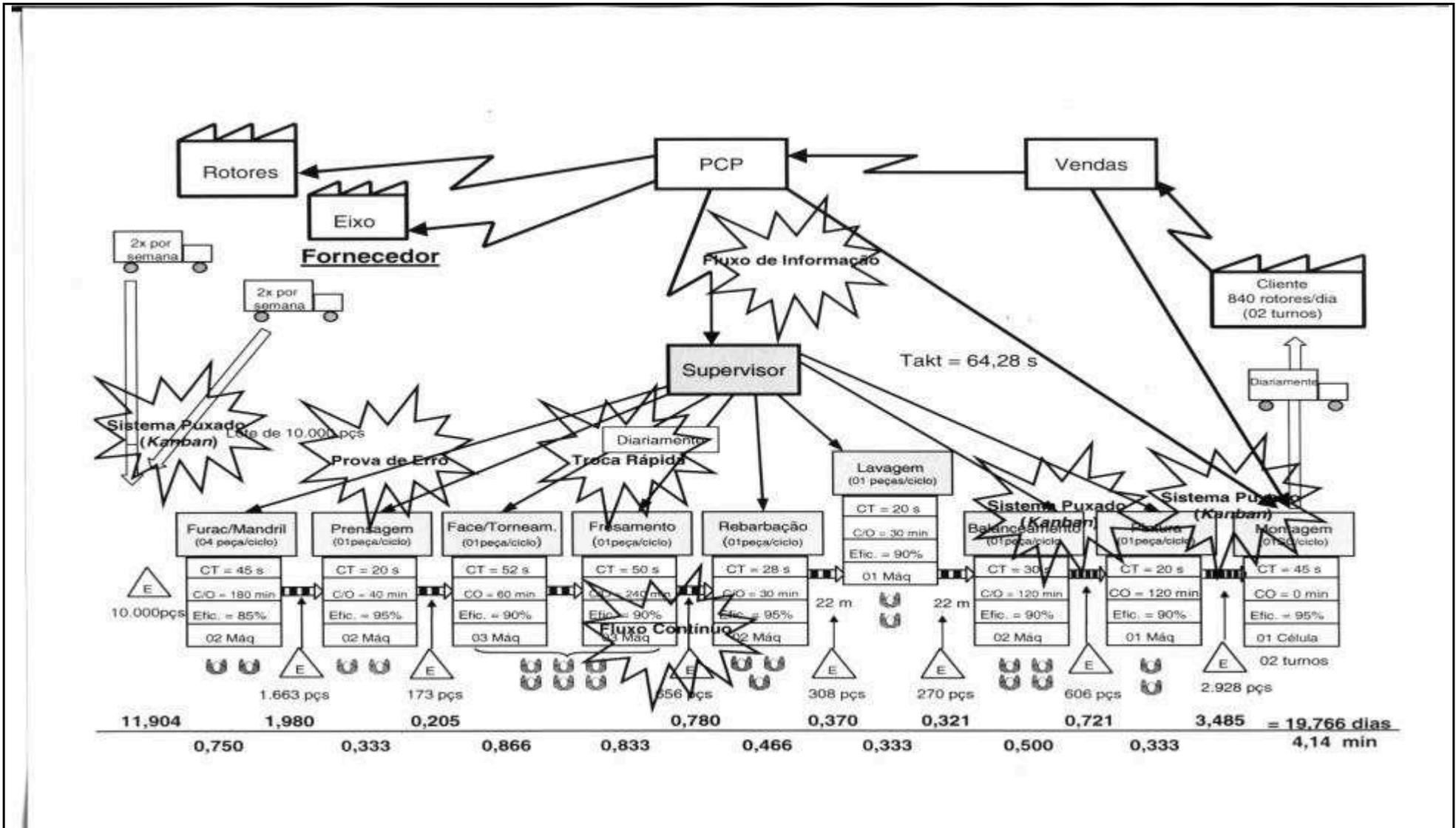


Figura 29 – Mapa do estado atual identificando oportunidade

Fonte: Empresa utilizada como referência (2000)

3.6.5.1 Análises dos processos

Posteriormente à definição do ritmo de fabricação, o grupo começou a analisar cada operação da cadeia de valor de forma isolada, comparando-a com o conjunto. Dessa forma, pôde identificar, no mapa de estado atual, os pontos de possibilidade de aplicação de ferramentas que pudessem minimizar ou eliminar os desperdícios. Essas ferramentas foram representadas com um ícone, para chamar a atenção no mapa desenhado. A representação fica um pouco “poluída”, porém este é o objetivo.

A proposta era a obtenção, quando possível, de um fluxo contínuo, procurando manter-se o fluxo de uma peça de cada vez.

3.6.5.1.1 Operação de furação e mandrilhamento

Já na primeira operação da cadeia de fluxo de valor, Furação e Mandrilhamento, percebeu-se que a máquina utilizada apresentava elevada produtividade, que, para o estado futuro, seria prejudicial.

Dessa forma, observou-se que não haveria necessidade de se utilizar uma máquina similar à dos Estados Unidos, pois a máquina atual produzia quatro peças a cada ciclo de 45 segundos, e a necessidade, de acordo com a demanda, era de um par de rotores a cada ciclo de 64,28 segundos.

Imediatamente, foi identificado um potencial de melhoria para a eliminação de estoques intermediários, assim como minimização inicial de investimento.

Ainda na mesma operação foi notada a possibilidade de agrupamento de equipamentos, devido à ociosidade provável do operador, em razão da redução do número de máquinas e peças a serem processadas na operação, de acordo com a nova demanda.

Isso não ocorria na situação atual, devido ao fato de o operador ter que realizar atividades (inspecionar, rebarbar, alimentar a máquina e descarregá-la), durante o curto ciclo da máquina com um maior número de peças.

3.6.5.1.2 Operação de prensagem

Na operação seguinte (prensagem), fazendo-se uso do *PFMEA*, foi identificada uma potencialidade de falha, nessa operação, que muitas vezes determinava retrabalhos, para cobrir a falta de um sistema de detecção.

A Figura 30 mostra os dados históricos de sucata ocorridos no ano de 2000, comprovando a potencialidade de falha encontrada pela equipe durante o mapeamento. Os três primeiros itens são resultados de desperdícios, pois o primeiro deles (danos devido o armazenamento entre operações) é resultado de peças acumuladas entre as operações que acabam se danificando.

O segundo e o terceiro item, de acordo com a investigação da “causa raiz”, foram resultados da falta de um sistema de prevenção e detecção. Observa-se que os três itens eram responsáveis por aproximadamente 40% da sucata gerada na área.

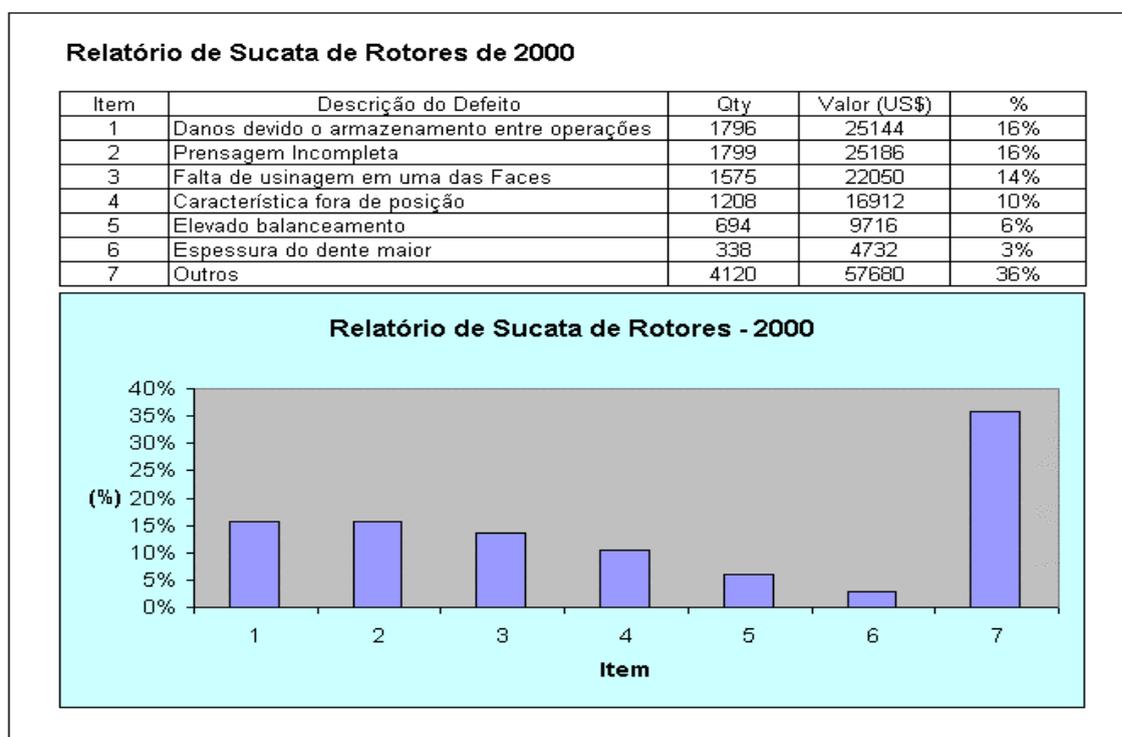


Figura 30 – Gráfico de apontamento de sucata de rotores

Fonte: Empresa utilizada como referência (2000)

O total de sucata gerada na área estudada corresponde a 0,24% do faturamento da planta. Dessa forma, a equipe alocou uma nova oportunidade de melhoria preventiva, por meio da instalação de um sistema à prova de erros implícito no *Jidoka*.

3.6.5.1.3 Operação de faceamento e torneamento

Nessa operação não foi observada possibilidade de melhoria imediata, pois a mesma já era realizada de forma agrupada com a operação de fresamento, fazendo-se uso de um único colaborador para operar duas máquinas simultaneamente, além dos ciclos de ambos equipamentos serem iguais, o que não ocasionava inventários intermediários.

3.6.5.1.4 Operação de fresamento

Na continuidade da análise, a equipe percebeu que o tempo de troca de produto da operação de fresamento era muito elevado. No questionamento feito aos envolvidos foi constatado que as trocas ocorriam com baixa frequência.

Na nova planta a ser montada ocorreria troca de produto com uma frequência bem superior à da planta estudada, sendo necessária uma ação para a redução desse potencial desperdício.

Para os demais equipamentos não foi identificada a necessidade de aplicação da ferramenta de troca rápida, devido à facilidade de execução da atividade.

3.6.5.1.5 Operação de lavagem

A operação de lavagem utilizava uma máquina de fluxo contínuo de grandes dimensões, um equipamento centralizador pelo qual passavam diversos

produtos. Isso causava espera de processamento e grande deslocamento das peças, pois a máquina estava localizada a uma distância de aproximadamente 22 metros do equipamento anterior. A representação da seqüência de fabricação no estado atual mostra o deslocamento comentado.

Foi identificada pela equipe uma nova “quebra” do fluxo contínuo, tendo-se uma nova identificação de oportunidade.

3.6.5.1.6 Operação de rebarbação e balanceamento

Nas operações de rebarbação e balanceamento foi notada, como oportunidade, a redução do número de máquinas e agrupamento com outras atividades que viessem a suprir os tempos ociosos do operador, que seria causado pela queda de demanda.

3.6.5.1.7 Operação de pintura

Nessa operação, assim como na de faceamento e torneamento, não foi observada possibilidade de melhoria imediata; constatou-se, apenas, que o operador teria uma pequena ociosidade, que lhe permitiria suportar as demais operações, em caso de emergências, garantindo-se, assim, maior facilidade em rodízios de funções internas e multifuncionalidade.

3.6.5.1.8 Fluxo de informação

Entre todas as operações foram encontrados estoques de peças intermediários. Esses estoques eram causados pelo desbalanceamento entre as

operações e pelas falhas de informações, pois os supervisores faziam uso de contagens de estoques para realizar ajustes na programação, além de informar cada operação de forma independente, ocasionando o sistema de empurrar.

Portanto, foi identificada pela equipe a possibilidade de introdução do sistema puxado, para se dar a ordem exata de produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda posterior e programar o anterior.

Antes de ser recomendado o sistema puxado com supermercado, a equipe procurou introduzir no mapa de estado futuro um fluxo contínuo em tantos estágios do processo quanto possível.

Para os processos e supermercados foi também abordado, pela equipe, o conceito de utilização do sistema *FIFO (First In First Out)*, ou seja, o primeiro que chega é o primeiro que sai, prevendo supermercados dimensionados para alocar somente o necessário, não se produzindo quando o mesmo estiver cheio.

Por meio da recomendação do sistema puxado, a equipe procurou identificar uma maneira para que a programação ocorresse somente em um ponto do fluxo de valor, pois o ritmo para os processos anteriores seria definido pelo processo puxador. Esse processo puxador deveria ser alocado na última fase da cadeia da usinagem e posterior à pintura.

Não foi feito um estudo aprofundado quanto aos tempos gastos nas trocas de informações entre os departamentos administrativos, pois já havia um sistema instalado na empresa onde seria montada a nova divisão. A única preocupação, nessa análise, foi verificar como as informações transitavam na empresa atual, para identificar melhorias para a instalação futura.

4. MODIFICAÇÕES PROPOSTAS

Por meio dos *Kaizen* propostos no mapa do estado atual, a equipe pôde destacar as fontes de desperdício e identificar a ferramenta mais apropriada para a sua eliminação, projetando estado futuro ideal que poderia se tornar uma realidade em um curto período de tempo.

4.1 Mapeamento do Estado Futuro

Por meio dos *Kaizen* propostos no mapa do estado atual, a equipe pôde destacar as fontes de desperdício e identificar a ferramenta mais apropriada para a sua eliminação, projetando estado futuro ideal que poderia se tornar uma realidade em um curto período de tempo.

Na construção do estado futuro, pensou-se na manutenção de um fluxo contínuo ou puxado, procurando produzir apenas o que os clientes precisariam e no momento certo.

Nas plantas que utilizam o mapeamento de fluxo de valor para aprimorar a fábrica existente, encontram-se grandes fontes de desperdício que estão ligadas ao projeto das máquinas e equipamentos já existentes, e a localização, muitas vezes longínqua, de algumas atividades dificultam mudanças imediatas.

No caso estudado, a equipe foi favorecida pela condição de não existência da planta, tendo maior oportunidade de se identificar e eliminar os desperdícios preventivamente.

O mapeamento do estado futuro Figura 31 foi também inicializado por meio do *Takt time*, que definiu o ritmo de como as peças deveriam ser produzidas dentro da cadeia de valor. Esse número representou a demanda do cliente dentro do tempo de trabalho disponível. Esse tempo não inclui o tempo para paradas de equipamento,

mudança de produto ou refugos. Caso fosse necessário cobrir provisoriamente essa ineficiência, até a tomada de ação, a equipe decidiria por um tempo de ciclo mais rápido que o *Takt time*.

Na elaboração do estado futuro, a equipe refez a abordagem de cada operação da cadeia, porém já focando as melhorias. Todas as operações deveriam apresentar um tempo de ciclo inferior ao *Takt time*.

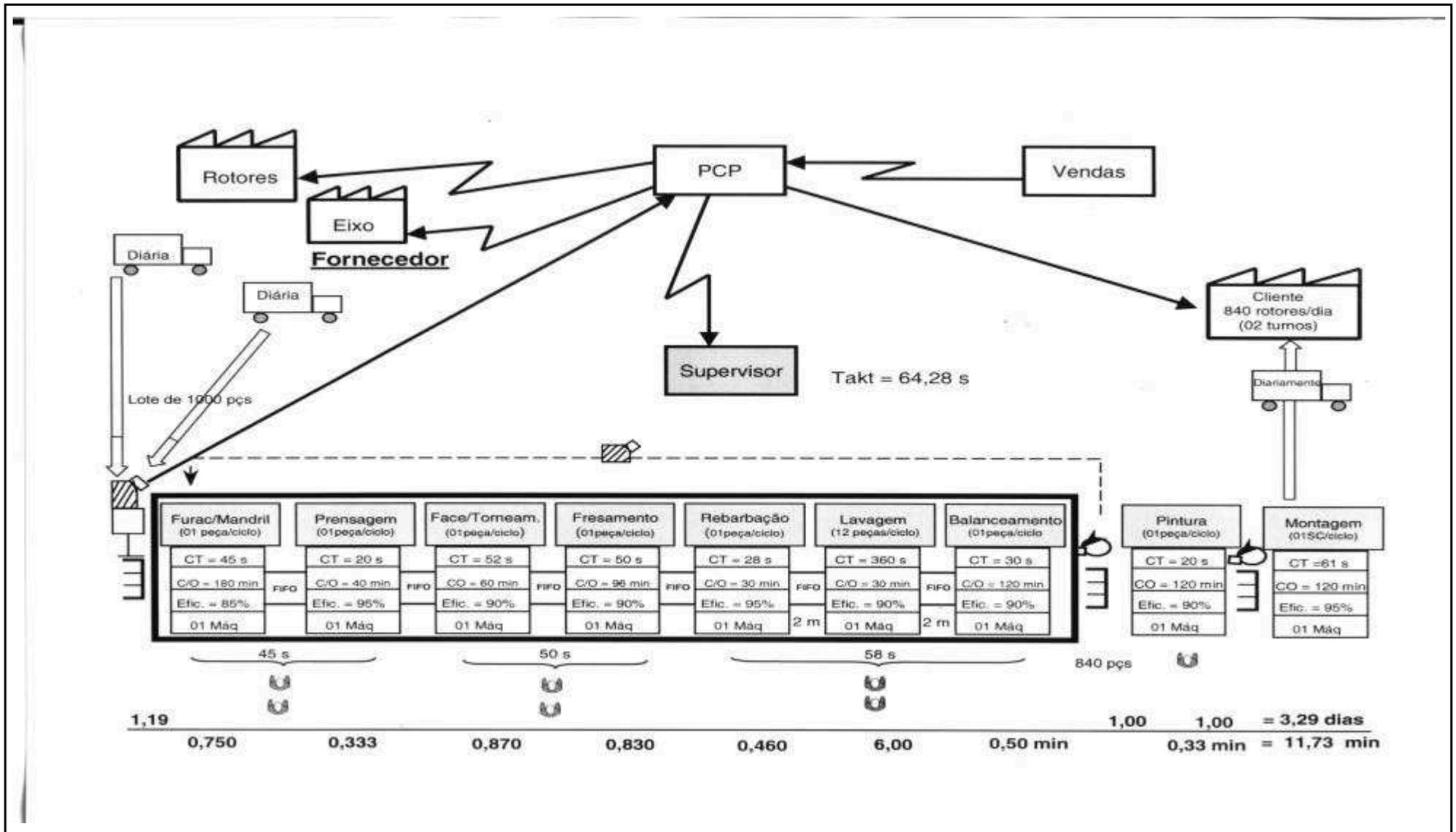


Figura 31 – Mapa do estado futuro

Fonte: Empresa estudada (2000)

4.2 Análises futuras dos processos

4.2.1 Operação de furação e mandrilhamento

Nessa operação foi sugerida a não aquisição de um equipamento similar ao utilizado nos Estados Unidos, conforme observado no mapa atual, e optou-se por um equipamento de produção individual (uma peça por vez). O tempo de ciclo foi estimado pelo engenheiro de processos envolvido nessa análise.

A sugestão dada permitiu a redução da projeção dos investimentos, pois o equipamento proposto (torno) apresentava custo muito mais acessível, quando comparado ao equipamento inicialmente proposto (centro de usinagem).

Outro ponto atendido nessa fase da operação foi a disponibilidade do operador, devido à demanda projetada. O *Takt time* permitia que uma nova atividade fosse agregada ao operador.

Dessa forma, as operações de furação, mandrilhamento e prensagem passaram a ser realizadas por um único operador, fazendo com que o tempo da operação de prensagem ficasse implícito no tempo de usinagem, com utilização do balanceamento da atividade. Este tempo é citado no mapa mostrando o agrupamento.

Na linha do tempo da Figura 31, encontrada logo abaixo da caixa de dados referente à operação em questão, pôde-se observar a indicação do agrupamento das operações.

4.2.2 Operação de prensagem

Na operação de prensagem, que seria agrupada à operação anterior (furação e mandrilhamento), foi detectada a possibilidade de implementação da ferramenta *Poka Yoke*.

Na condição do estado atual não havia meios automatizados para a previsão ou detecção da falha. Por meio do mapeamento, foi incluída a necessidade

de um sistema automatizado capaz de prevenir a ocorrência da falha, incorporado ao projeto de fabricação do equipamento.

Observou-se a importância na utilização do mapeamento para a aquisição de novos equipamentos.

4.2.3 Operações de faceamento, torneamento e fresamento

Conforme já citado na análise do estado atual, não se identificaram potenciais melhorias na operação de faceamento e torneamento; porém, para a operação de fresamento foi planejada a implantação de um sistema de troca rápida, que deveria ser minimizado pela junção de ações preventivas, tomadas pelo fabricante, e por ações internas, para a eliminação dos tempos externos. A máquina que deveria ser utilizada no Brasil seria igual à já utilizada, porém com uma pequena modificação, para favorecer a troca rápida.

Nesse caso, o tempo de ciclo permaneceria inalterado; já o tempo de troca seria reduzido potencialmente.

Novamente é notada a eliminação de desperdícios, que, muitas vezes, seriam identificados já na planta instalada, o que dificultaria a implantação de ferramentas do conceito enxuto, devido à não disponibilidade do equipamento, que provavelmente estaria manufaturando.

4.2.4 Operação de lavagem

Para o equipamento de lavagem surgiu a hipótese de substituí-lo por equipamentos menores que pudessem ser alocados individualmente nas células de manufatura. Essa ação poderia eliminar as constantes quebras de fluxo causadas pela necessidade de deslocamento até o equipamento centralizado, além das esperas devido ao acúmulo de peças das diversas áreas.

No mapa do estado futuro pôde ser observada uma tendência do aumento no tempo de ciclo, pois o equipamento futuro processaria um lote de peças, e não mais uma peça de cada vez. Apesar de haver uma pequena concentração de peças nessa operação, ela ocorreria dentro do tempo em que o operador poderia operar simultaneamente três equipamentos (rebarbação, lavagem e balanceadora). Enquanto as peças fossem lavadas, o operador rebarbaria e efetuaria o balanceamento da peça, sendo o tempo de ciclo desta junção de equipamento igual ao somatório do tempo de rebarbação e balanceamento, conforme demonstrado no mapa futuro.

No mapa de estado atual havia necessidade de um operador exclusivo para o equipamento, em razão da demanda. Já para o estado futuro não haveria essa necessidade, o que permitiria a utilização do operador em mais aplicações.

A sugestão de comprometer o fluxo, nesse caso específico, deu-se em razão da minimização de investimento e da otimização da utilização de mão-de-obra.

4.2.5 Fluxo de informação

Procurando a eliminação dos estoques intermediários causados pelas falhas de informações, a equipe propôs a instalação de supermercados em pontos considerados como estratégicos.

Um supermercado (*Kanban*) foi proposto na entrada da linha de montagem, atuando como um estoque de segurança para atender à demanda de montagem. Essa decisão se deu em razão do elevado tempo de aquecimento e preparação dos fornos para o processo de pintura dos rotores.

A célula de rotores deveria ser dimensionada para abranger, no futuro, novos modelos de peças. Para suprir a necessidade de parada dos equipamentos para preparação para os novos produtos, seria necessária a criação de um supermercado que pudesse absorver esse tempo. Portanto, foi sugerida a instalação

de um novo supermercado no final da célula, antecedendo a pintura, que não precisaria sofrer ajustes.

Uma vez retiradas as peças do supermercado que antecede a operação de pintura, um cartão de fabricação seria enviado ao início de processamento das operações, fazendo com que as peças fossem processadas em regime *FIFO*, até o abastecimento completo do supermercado. Nesse caso, o processo ocorreria em fluxo contínuo, dentro de um regime devidamente balanceado.

Por último, foi alocado um supermercado na entrada da célula, fazendo com que o fornecedor o abastecesse somente quando necessário. A comunicação com o fornecedor seria feita por meio do PCP (Planejamento e Controle de Produção), e a comunicação com a produção seria via cartão (*Kanban*).

Ainda no mapa futuro foi sugerida a eliminação da comunicação à produção via supervisão, permitindo que os supervisores realizassem seu trabalho com maior valor agregado, pois não seria mais necessária a contagem de peças, realizações de contas e comunicações isoladas às operações.

Foi notado pela equipe que as pessoas podem rapidamente efetuar uma análise de valor de suas atividades administrativas, avaliando quais atividades de seu trabalho realmente agregam valor ao seu resultado.

5 RESULTADOS/ DISCUSSÕES

Como resultado deste trabalho, foi possível destacar as fontes de desperdício, eliminando-as por meio da projeção e implementação de um fluxo de valor em um estado futuro. A meta foi construir uma cadeia de produção em que os processos individuais fossem articulados aos seus clientes (internos ou externos) ou por meio de um fluxo contínuo ou puxado, aproximando-se o quanto possível de produzir apenas o que os clientes precisassem e quando precisassem.

5.1 Resultados da instalação física

Como finalização do estudo, a fábrica de Supercharger foi instalada em São José dos Campos, onde fica alocada a célula estudada chamada de rotores.

Nessa instalação foram utilizadas as comparações entre os mapas de fluxo de valor para avaliar os resultados, buscando o atendimento ao estado futuro projetado, que poderia ser alcançado com o planejamento preventivo feito pela equipe enviada aos Estados Unidos, a qual teve como atividade principal analisar os potenciais desperdícios que pudessem ser minimizados ou eliminados durante a instalação.

A empresa teve sua estrutura organizacional montada para o sistema de Manufatura Enxuta. Executou atividades envolvidas com o processo produtivo, por meio de times montados para suportar a implantação e manutenção das ferramentas pertencentes à filosofia enxuta, atendendo à proposta de se ter equipes com líderes de ferramentas específicos para a difusão da filosofia *lean*

Nessa estrutura, as equipes seguem os indicadores de acompanhamento do desempenho do andamento de atividades (Radar), que acabam propiciando ganhos produtivos, por meio da identificação constante de oportunidades de melhoria. Essa facilidade de adaptação de um organograma deu-se em razão de a empresa ser nova, fazendo com que o fator mudança não fosse relevante.

Um resultado importante deste trabalho foi a eliminação de uma fase de transformação cultural no nível de gestores, talvez uma das mais importantes na implantação de um sistema enxuto, pois a credibilidade e a aceitação de uma filosofia exige intensos treinamentos, começando pelos níveis gerenciais.

Dessa forma, percebe-se que os líderes de ferramentas devem ser pessoas capazes de aceitar mudanças e fazer com que elas sejam aceitas.

De acordo com Senge (1999), a única fonte de vantagem competitiva de uma organização, em longo prazo, é a capacidade de aprender mais depressa do que os concorrentes.

Ainda fazendo uso do material estudado, a equipe iniciou o processo de instalação física dos equipamentos, procurando otimizá-lo.

Nessa fase, pôde-se observar os ganhos projetados por meio da análise preventiva dos processos de alta similaridade, e também a maior facilidade de difusão cultural entre os colaboradores, que também eram envolvidos nas atividades.

Muitos treinamentos internos foram ministrados, em busca de qualificar os operadores como multifuncionais, permitindo a aceitação do conceito de manufatura celular e fazendo com que o operador fosse o “dono” do seu processo.

Após a instalação física, alguns resultados puderam ser realçados, conforme mostra a Tabela 9.

Medidores	Antes	Depois	Melhoria	(%) de Melhoria
Espaço Físico(m ²)	532	431	101	19%
Distancia de transporte de peças (m)	44	4	40	90%
Investimento inicial (R\$)	488.310,00	252.532,56	235.777,44	48%
<i>Lead time</i> (dias)	19,766	3,290	16,476	83%

Tabela 9 – Medidores comparativos

Fonte: Empresa estudada (2002)

A melhoria de espaço físico citado retrata o ganho obtido com a aquisição de equipamentos descentralizados e menores, resultante da análise da cadeia de valor. Algumas máquinas adquiridas, por serem de menor capacidade, apresentavam estruturas físicas reduzidas, permitindo ganho de espaço.

Esse item foi evidenciado na instalação, quando se puderam comparar as áreas que seriam utilizadas (antes) com as realmente ocupadas (depois). Dentre os equipamentos de maior contribuição para esses números, estavam a lavadora (lavagem) e o torno (furação e mandrilhamento).

A melhoria de distância foi contabilizada medindo-se o deslocamento entre as operações anteriores e posteriores à lavagem, que, na planta do estado atual, era de 44 metros, e que, na de estado futuro, passou a ser de 4 metros. Esse ganho foi ocasionado pela aquisição de uma lavadora dedicada à célula, eliminando-se a lavadora de esteira, a qual era compartilhada com diversos processos.

O investimento também proporcionou melhoria, devido à aquisição de um equipamento de menor capacidade produtiva e menor tecnologia, adequado à necessidade de demanda do cliente.

No mapeamento de fluxo, o que se espera é uma elevada redução no *lead time*, ou seja, da quantidade de material em processo, que representa o tempo entre pagar pela matéria-prima e receber pelo produto acabado feito com estes materiais.

A implantação de um sistema enxuto visa minimizar ou eliminar os inventários, gerando maior valor agregado ao produto. Esse objetivo foi atendido no mapa de estado futuro, devido à instalação de um sistema puxado, devidamente gerenciado por *kanban*, além do estabelecimento da produção de uma peça por vez, evitando-se inventários intermediários.

Outro ponto complementar ao resultado foi a decisão tomada de se terceirizar alguns processos não considerados como *core business*. Dessa forma, a equipe identificou a possibilidade de terceirização da fábrica de eixos (componente da fabricação dos rotores), pois haveria grande economia de espaço físico, podendo se fazer uso de uma área já existente para a instalação da nova planta, não sendo necessário a sua construção, e sim reforma, além da minimização dos investimentos iniciais, que diminuiriam o valor de depreciação da divisão.

5.2 Resultados de funcionamento da planta

Por meio do apontamento de produção, feita nas “Folhas Diária de Produção” (v. Anexo IV), a equipe optou pela instalação de um sistema à prova de erros, numa operação que foi identificada como potencial causadora de desperdício, pela geração de sucatas, como havia sido previsto no mapeamento.

Na implantação da nova fábrica foi instituído um fluxo contínuo, não havendo armazenamento excessivo de peças entre as operações, que antes ocasionavam defeitos. Ainda, foi preventivamente instalado um sistema *Poka Yoke*,

atuando diretamente na detecção de falhas, podendo minimizar e eliminar a ocorrência dos defeitos encontrados no mapeamento.

A Figura 32 mostra o apontamento do ano de 2002, considerando a fábrica em produção seriada, quando o percentual de sucata gerada aproximou-se de 0,16% do faturamento, e os itens de maior rejeição foram eliminados.



Figura 32 – Gráfico de apontamento de sucata

Fonte: Empresa futura (2002)

Para o caso de troca rápida (v. Figura 33), foi feito um acompanhamento da equipe após tomada de algumas ações preventivas. Foram obtidas algumas melhorias nos tempos de troca, porém a meta projetada não foi totalmente atingida.

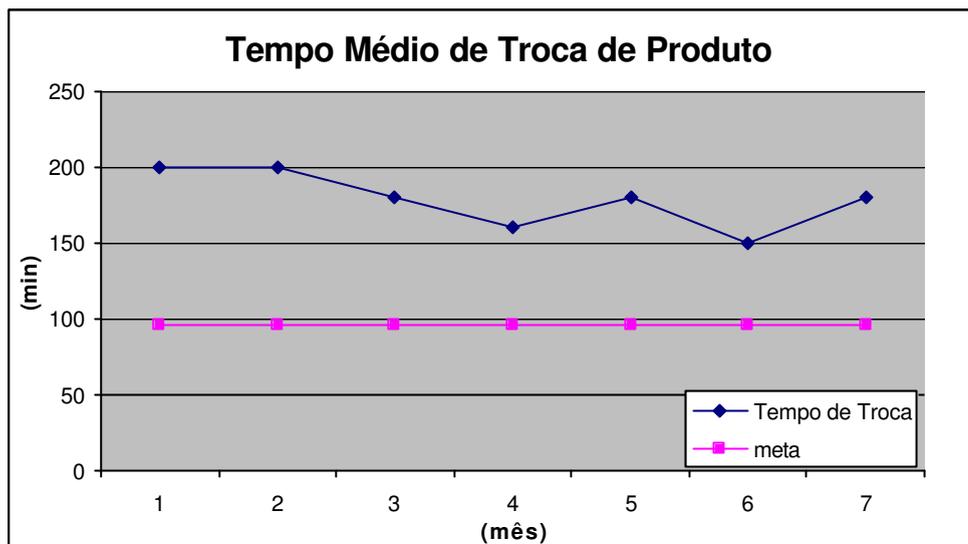


Figura 33 – Gráfico de acompanhamento de troca rápida

Fonte: Empresa Estudada (2002)

A produção pôde-se autogerenciar por meio da utilização dos quadros de *kanban* (sistema puxado) que foram implantados para a eliminação dos estoques que estavam sendo causados pelo desbalanceamento entre as operações e pelas falhas de informação, tendo em vista que os supervisores faziam uso de contagens para realizar os ajustes de programação. A Figura 34 mostra um exemplo de quadro de *kanban*, com um supermercado.

Conforme planejado no estado futuro, a linha de montagem, de posse do programa do PCP, puxa a peça do “supermercado” da pintura que aciona, com um cartão, o sistema *FIFO* na quantidade planejada, após retirar peças do supermercado intermediário.

A retirada de componentes do “supermercado”, na entrada da primeira operação da cadeia (furação e mandrilhamento), faz com que seja enviado um cartão para o Planejamento, o qual comunica o fornecedor que também produz mediante o andamento da demanda.



Figura 34 – Foto do “supermercado” instalado na nova divisão

Fonte: Empresa estudada (2001)

5.3 Avaliação do Radar

A medição da implantação da cultura enxuta foi feita com utilização do Radar, um gráfico que mostra o nível de abordagem na divisão, dentro dos passos já atingidos. Esse gráfico pode ser visualizado na Figura 35.

A pontuação obtida, de acordo com os critérios de avaliação, foi de 2.1. Essa facilidade no atendimento das metas iniciais ocorreu devido à flexibilidade de implantação dos conceitos de Manufatura Enxuta, pois a planta havia sido planejada para o aceite da filosofia, desde a sua concepção física, passando pela análise dos métodos e tempos, até a difusão da cultura.

Para prevenir a melhoria contínua até o atendimento de implantação plena da cultura, foram planejadas auditorias internas que seriam feitas trimestralmente. Já as oficiais seriam realizadas pelo coordenador geral, anualmente.

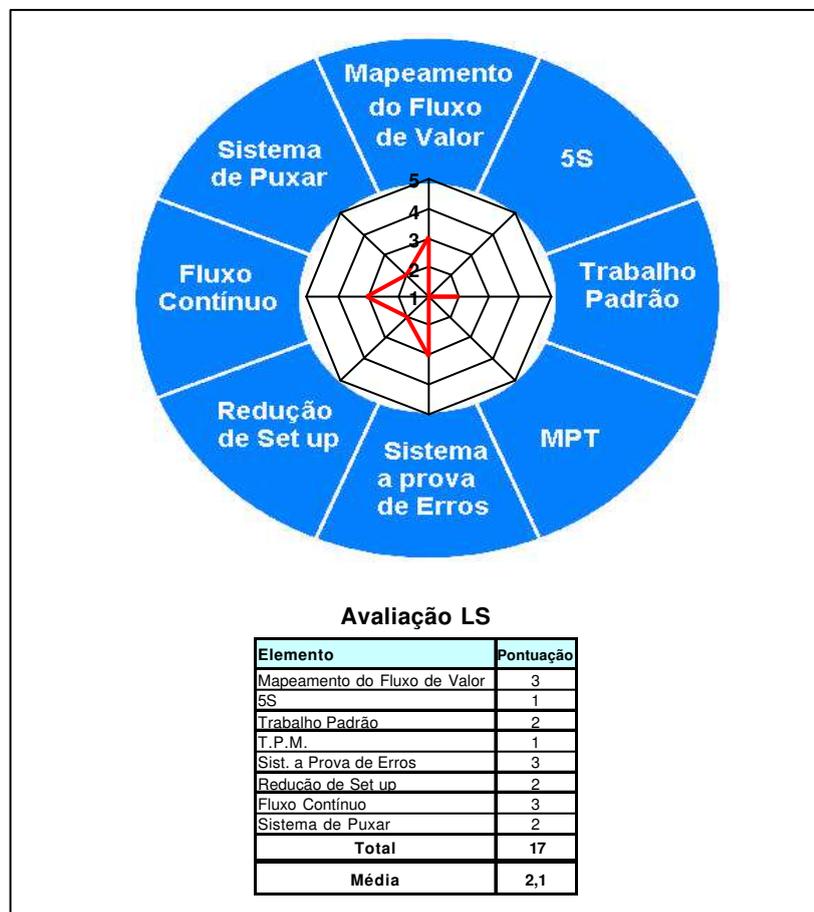


Figura 35 – Gráfico Radar da planta

Fonte: Empresa estudada (2002)

Pode-se perceber que a aplicação sistêmica dos conceitos de Manufatura Enxuta trouxe benefícios quanto à prevenção e eliminação de desperdício dentro da empresa. Essa atividade, no entanto, teve sucesso em razão da cultura ter sido entendida e aceita pelas pessoas que seriam responsáveis por sua disseminação e que estavam devidamente suportadas pela alta administração, evitando a propagação da incredibilidade das pessoas, gerando, assim, um efeito contrário ao esperado.

O *Lean Manufacturing* é um dos sistemas de gestão em que cada empresa deve desenhar da maneira que mais lhe convier. Porém deve ter sempre em mente que um novo sistema representa um novo desafio, uma nova mentalidade. Para isso deve-se pensar, não só em nível produtivo, mas também em nível cultural. Dessa maneira o cenário fica completo e o sucesso torna-se real.

No início da implantação, devido às necessidades de redução de estoques, balanceamento de linhas e reorganização de arranjos físicos, ocorre ociosidade de pessoas. Nesse momento a empresa tem que “sentir” o ambiente para evitar demissões que interajam com o conceito de implantação, pois, se isso ocorrer, as pessoas não comprarão a idéia. No caso da empresa estudada, esse ponto não foi ressaltado como crítico em razão da melhoria ter ocorrido numa maior intensidade preventiva.

Outro ponto importante foi a preparação dos supervisores, que, dentro de um sistema convencional, normalmente detêm nas “mãos” o controle da produção, assim como as suas decisões. Essa preparação foi fundamental, pois houve a eliminação preventiva da rotina de contagem de peças e programação da produção, eliminando-se a possibilidade de ocorrência de um sentimento de perda da autoridade, pois no sistema enxuto a produção se auto-gerencia mediante a demanda do cliente, proporcionando aos colaboradores aumento do grau de autoridade e polivalência dentro do contexto de trabalho. A supervisão, nesse caso, passa a cuidar na provisão de recursos para a perfeita harmonia da planta; porém, não é mais a pessoa que decide o quando e quanto produzir.

Portanto, foi percebido que o *Lean Manufacturing* é muito mais do que um pacote de ferramentas. É, sim, uma transformação cultural que deve ser bem planejada, para que seja atendida a filosofia, o que permite colher bons resultados.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho focalizou os aspectos técnicos da introdução de um sistema enxuto em uma planta instalada no Brasil. Nesta abordagem foi possível desenvolver uma pesquisa detalhada das ferramentas que compõe a Manufatura Enxuta, para que no planejamento da instalação, os desperdícios fossem devidamente identificados e posteriormente eliminados.

O entendimento destas ferramentas permitiu a elaboração de um estudo da cadeia de fluxo de valor, por meio de uma análise comparativa de uma planta de alta similaridade, instalada nos Estados Unidos, permitindo a obtenção de um modelo proposto devidamente enxuto. A análise ocorreu com o desenho do mapa de estado atual da planta corrente e com o desenvolvimento do mapa de estado futuro, que gerou diversas propostas de modificações, as quais possibilitaram previsões de ganhos, assim como o melhor planejamento da instalação.

Posterior a análise teórica pôde-se evidenciar os resultados práticos obtidos mediante a instalação e funcionamento da planta, podendo compará-los com as projeções feitas. Todos os tipos de desperdício foram preventivamente abordados de maneira a serem reduzidos ou até mesmo eliminados.

Um ponto importante deste trabalho foi facilidade no atendimento da fase de transformação cultural no nível de gestores, considerada uma das mais importantes na implantação de um sistema enxuto, pois a credibilidade e a aceitação de uma filosofia exige intensos treinamentos, começando pelos níveis gerenciais.

Na fase de instalação física da planta, resultante do mapeamento da cadeia de fluxo de valor, foram destacados ganhos como: “economia” de espaço físico (19%), conseqüente da escolha adequada de equipamentos; redução de transporte internos (90%), devido ao estudo de *layout* e aquisição de equipamentos individuais;

redução de investimento inicial (48%), ocasionado pelo estudo de capacidade necessária; e redução do inventário (83%), decorrente da implantação de fluxos contínuos e um sistema puxado.

Na fase de funcionamento da planta foi possível a minimização das sucatas geradas (33%), e eliminação dos principais defeitos anteriormente encontrados na planta utilizada como referência.

Ainda como resultado da implantação, foi atendido a pontuação mínima (2.1) requerida para o gráfico Radar, mostrando que a planta foi devidamente inicializada dentro da cultura enxuta. Esta pontuação é parte das Metas corporativas, estabelecidas pela Alta Administração, visando ao nivelamento das plantas, dentro dessa filosofia.

O arcabouço teórico e prático deste trabalho possibilitou uma visão seqüencial dos passos a serem desenvolvidos no planejamento de instalação de plantas produtivas, que visam a eliminação preventiva de desperdícios, demonstrando uma abordagem diferenciada do mapeamento convencional, que visa melhorar plantas existentes, além de esclarecer que a implementação do modelo de Produção Enxuta não é apenas um modelo diferenciado de produção, e sim uma mudança em toda a cultura da organização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA, Anuário estatístico <http://www.anfavea.com.br>. Acesso em 10 de maio de 2002.

BARKER, R.C. **The design of Lean manufacturing System using Time-Based Analysis**. International Journal Operations & Production Management, vol.14, n.o 11, pp.86-96,1994.

BOWEN, D.E.; YONGDAHL, W.E. “**Lean**” **Service of Production Line Approach** International Journal of Service Industry Managment, vol. 9, n.o3, pp.207-225, 1998.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento pelas diretrizes**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

CROSBY, Philip B. **Qualidade é investimento**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994.

DAVIS, M.M. *et al.* **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DEMING, W. Edwards. **Out of the crisis**. Boston, MA: MIT Press, 1986.

DRUCKER, Peter F. **Managing for the future – The 1990’S and beyond**. New York: Truman Talley Books / Dutton, 1992.

EATON CORPORATION. **VSM**. Valinhos: Eaton, 1998. 78p. Apostila de Treinamento .

_____. **Troca Rápida**. Valinhos: Eaton,1999. 82p. Apostila de treinamento.

_____. **Trabalho Padrão**. Valinhos: Eaton,1999. 68p. Apostila de Treinamento.

FIDES, Itys Bueno de Toledo. **Lay-out Arranjo Físico**. Mogi das Cruzes, SP: O&M Escola, 1995.

FOLHA DE S. PAULO & SEBRAE. **Qualidade Total**. Fascículos encartados, 1994. In: Apostilas de Treinamento Eaton, 2000

_____. **Racionalização Industrial**. 6. ed. Mogi das Cruzes: O&M Escola, 1999.

GHINATO, P. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Editores Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza. Recife: UFPE, 2000.

GOLDRATT, Eliyahu M. & COX, Jeff - **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. 3. ed. São Paulo: Educador, 1993.

HALL, Robert W. **Excelência na Manufatura**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 1988.

IMAI, Masaki. **Kaizen - A Estratégia para o Sucesso Competitivo**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1988.

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SETUBAL, **Economia de escala**. Setúbal, 2003. 110 p. Apostila de Treinamento.

ISHIKAWA, Kaoru. **TQC-Total Quality Control – Estratégia e Administração da Qualidade**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1986.

JONES, D.T. Corporate **Renewal Through Lean Design** World Class Designing Manufacture, vol.2, n.o2, pp. 6-9, 1995.

JURAN, J. M. **A Qualidade desde o projeto. Novos passos para o planejamento da Qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.

LAMMING, R. S. **Squaring Lean Supply with Supply Chain Management** International Journal of Operation & Production Management, vol.16, n.o2, pp. 183-196, 1996.

LEWIS, M.A. **Lean Production Sustainable Competitive Advantage**. International Journal of Operations & Production Management, vol.20, n.o8, pp. 959-978, 2000.

MARTINS, P. G.; Laugeni, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva 2000.

MIRSHAWKA, Vitor e OLMEDO, Napoleão Lupes. **Manutenção – Combate aos Custos da Não-Eficácia - A Vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.

MONDEN, Y. **Produção sem estoques: uma abordagem prática do sistema de produção Toyota**. São Paulo: IMAM, 1984.

_____. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

_____. **Sistema Toyota de produção**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 1984.

MUFFALTO, M. **Evolution of Production paradigms the Toyota and Volvo Cases** Integrate Manufacturing System, pp. 15-25, 1999.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OSADA, T. **Housekeeping, 5S's: cinco pontos-chaves para o ambiente da qualidade total**. São Paulo: IMAM, 1992.

QUERNE, J. **Fatores de competitividade na manufatura. O programa TPM para aumento de produtividade**. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia)-Departamento de economia, Contabilidade, Administração e Secretariado. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2001.

ROTHER, Mike e SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar**. Parte I. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SÁNCHEZ, M.A. **Lean Indicators and Manufacturing Strategies**. International Journal of Operations production Management, vol.21, n.o11, pp. 1433-1451, 2001.

SENGE, Peter M. **A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende**. 4. ed. São Paulo: Best Seller, 1999.

SCHRADER BRIDGEPORT, **FMEA**. Jacareí: Schrader, 2002. 90p. Apostila de Treinamento.

SCHONBERGER, Richard J. **Técnicas Industriais Japonesas: Nove Lições Ocultas Sobre Simplicidade**. São Paulo: Pioneira, 1988.

SHINGO, SHINGEO. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

_____. **Sistema de Troca Rápida de Ferramentas**, , Porto Alegre: Bookman, 2000.

SIMMENS, **Kaizen**. Guarulhos: Siemens, 2002, 87p. Apostila de Treinamento.

TAKAHASHI, Y. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM, 1993.

TAYLOR, F.W. **Princípios de Administração Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

VISTEON, **Just-In-Time**. Guarulhos: Visteon,1997. 87p. Apostila de Treinamento.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As Ferramentas da Qualidade no gerenciamento de Processos**. 6. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1995.

WINFIELD, I.; KERIN M. **Toyota Motor Manufacturing in Europe: Lessons for Management Development.** Journal of Management Development, vol. 15, nº 6, pp. 49-56, 1996.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T. & ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

_____; _____. **Lean Thinking.** New York: Simon & Schuster, 1996.

_____; _____. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas.** 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YAMASHINA, Hajime. **Just-in-Time.** São Paulo: IM & C International, 1988.

ANEXOS

ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Tudo começou com um americano, fundador dessa corporação, nascido em 28 de julho de 1873, em Yonkers, Nova York, Estados Unidos. A história da organização teve início com a aquisição de duas plantas, em 1911. Em resumo, segue a história cronológica da Eaton:

Hoje, a corporação é um grupo multinacional de origem norte-americana, com sede em Cleveland, Ohio, EUA. Seu faturamento anual é de cerca de US\$ 8 bilhões, e emprega mais de 63.000 pessoas, em mais de 195 plantas, em 24 países em seis continentes.

Como empresa pertencente a seus acionistas, seu objetivo fundamental, assim como a razão pela qual ela existe, é operar de forma sustentável e lucrativa, propiciando retorno atraente para as pessoas que nela investem. Por meio da história dessa empresa, descobriu-se que a capacidade para atingir esses objetivos de negócios depende da adesão aos seus valores fundamentais: a) cliente como foco de tudo; b) funcionários como maior patrimônio; c) relacionamento com respeito; d) ações com justiça, honestidade e franqueza; e) respeito ao meio ambiente e comunidades; f) manutenção dos compromissos; g) procura da excelência.

Além desses valores, a empresa tem como filosofia “A excelência por meio das pessoas”, buscando o envolvimento ativo de seus funcionários.

Uma de suas divisões é a de Produtos Automotivos, que conta com 21 plantas e três centros de pesquisas, e que é responsável pela fabricação de válvulas de admissão e escape, ajustadores hidráulicos, ajustadores de folga, tuchos mecânicos, insertos e guias de válvulas, balancins roletados e superchargers.

A história da Divisão de Produtos Automotivos da empresa andou em paralelo com a história do desenvolvimento dos sistemas de trem de válvula para a indústria automobilística.

O sucesso da empresa permitiu seu crescimento e expansão mundial, alicerçados na alta qualidade do produto, na capacidade de desenvolvimento de soluções a custos competitivos e na filosofia de fornecedor de serviços completos.

Como parte de sua política de expansão mundial, instalou-se no Brasil em 1957, na cidade de São José dos Campos – SP, sendo a primeira subsidiária da fora dos EUA. Iniciou a produção de válvulas para motores no Brasil em 1958 e de Supercharger em 2001, lançado em 2002. Suas instalações em São José dos Campos contam com uma área construída de 24.000m².

A empresa utiliza-se dos princípios do BS – Business System – para direcionar suas ações de elaboração do plano estratégico, que direciona a Corporação para sustentar seus objetivos junto aos investidores, cobrindo obviamente todas as etapas de objetivos, metas e controles com os devidos planos de correção e antecipação, frente às diversidades enfrentadas nas diferentes linhas de atuação, garantindo a empresabilidade e empregabilidade da Corporação.

O “*Business System*” é formado pelos seguintes elementos: a) Valores, Filosofia e Objetivos; b) Planejamento; c) Execução/Controle; d) Avaliação; e) Ferramentas; f) Objetivos. Esses elementos visam definir os indicadores de Qualidade, Produtividade e Crescimento.

VALORES: visam definir a razão da existência da empresa.

FILOSOFIA: define a Excelência da empresa por intermédio das pessoas.

PLANEJAMENTO:

Strategic Plan – Plano Estratégico – Período de cinco anos. Define estratégias claras e consistentes para garantir sua liderança global.

Profit Plan – Plano de Lucros e Perdas: Período anual. Define objetivos de crescimento e retorno financeiro, baseado numa avaliação econômica do ambiente de referência, bem como nas variáveis de moeda, quando é o caso.

EXECUÇÃO/CONTROLE

Balanced Scorecard. Cartão de Desempenho. Período Mensal. É um sistema que prevê o acompanhamento dos cinco indicadores que sustentam a missão da empresa, visão, valores e políticas da qualidade. Cada um tem seus subindicadores,, que são acompanhados de forma intensiva por meio de gráficos de tendências, com as devidas responsabilidades e planos de ação, via todas as ferramentas apropriadas. (Times de melhorias, Relatório das 8 disciplinas, etc.).

AVALIAÇÃO *Quality Award*.

Período Anual. O sistema foi desenvolvido para ajudar na melhoria do desempenho e implementação do BS com o direcionamento da filosofia de melhoria contínua.

FERRAMENTAS

Lean Manufacturing. Lean Enterprise Thinking. Eliminação de desperdício e simplificação dos processos são os princípios fundamentais para garantir a melhoria contínua e o melhor uso dos recursos.

Sistema da Qualidade. A empresa adotou essa ferramenta, que fornece um *kit* de ferramentas robusto para suportar a *Lean Manufacturing*.

Q 50. Representa uma filosofia de gerenciamento com classe mundial, com o objetivo de reduzir, a cada ano, 50 % nos indicadores críticos de processo ou resultados.

ANEXO II – CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO

O Supercharger é um compressor de deslocamento de ar. Sua função é aumentar a pressão e a densidade do ar no coletor de admissão do veículo. Ele faz isso comprimindo uma quantidade de ar superior à admitida pelo motor numa condição normalmente aspirada.

O compressor mecânico é ligado ao sistema de admissão de ar do veículo e também à correia do motor. A polia do compressor é acionada pela mesma correia que está ligada à polia do girabrequim do veículo. Uma relação específica entre as polias (na qual a do Supercharger é bem menor que a do girabrequim) faz com que o compressor mecânico gire mais rápido que o motor, fornecendo assim uma quantidade extra de ar. Isso resulta em uma combustão mais potente dentro dos cilindros do motor, proporcionando maior performance (força e potência) para o veículo desde o início de seu funcionamento.

PROTÓTIPOS

A empresa americana começou a trabalhar no desenvolvimento do Supercharger em 1949, quando construiu o primeiro protótipo. Porém, na época, as pessoas – principalmente nos Estados Unidos – gostavam de aumentar a potência dos veículos por meio do aumento do tamanho do motor, sem se preocupar com o consumo de combustível ou com a eficiência. Em função disso, não foi dada seqüência ao desenvolvimento de protótipos, embora estudos tenham sido realizados,, de tempos em tempos.

No final da década de 70, após a crise do petróleo e do aumento do preço da gasolina, começou a haver procura pelo aumento da potência por meio da sobre-alimentação dos motores. Nessa época, intensificaram-se os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento do compressor mecânico, buscando aprimorar a eficiência.

Em 1984, a Ford Motor Company firmou parceria com uma empresa americana para desenvolver um supercharger específico para aplicação no mercado original (veículo saindo de fábrica).

Em 1989, foi lançado no mercado o Ford Thunderbird SC (com Supercharger), que ganhou o prêmio de carro do ano. Em 1991, foi a vez de a General

Motors lançar, nos Estados Unidos, um motor com seis cilindros, de 3.8L, com o mecanismo. Três anos depois, ocorreu um salto tecnológico no produto, com a implementação de um sistema que minimizava as perdas e reduzia a temperatura de trabalho do compressor, sendo adotada para todos os modelos que o utilizavam.

MARCOS NA INDÚSTRIA

Em 1995, a Aston Martin (reconhecida mundialmente por produzir veículos de alta performance e tecnologia) e a Jaguar passaram a utilizar o Supercharger em seus carros. No mesmo ano, a Mercedes-Benz, com seu modelo Classe C, lançou versões com o Supercharger, na Europa, atingindo enorme sucesso, a ponto de exportar para todo o mundo as versões SLK, CLK ou Kompressor, vistas também nas principais capitais e cidades brasileiras.

Em 1997, a Ford voltou a inovar, e lançou uma versão atualizada do Jaguar XJR, com Supercharger – um sedã que conquistou o público, exibindo uma performance inigualável, até então. No ano seguinte, em 1998, a Ford introduziu no mercado dos Estados Unidos a F150 Lightning Supercharger, que, desde então, é a caminhonete mais cobiçada pelos americanos.

Outro marco foi o relançamento do Mini Cooper, pela BMW. O carro ficou famoso por ter sido um dos preferidos das celebridades européias na década de 60. Agora com versão Supercharger, o Mini Cooper tornou-se um grande sucesso de vendas na Europa, inclusive conquistando o prêmio de melhor motor mundial da categoria.

A Ford e a empresa estudada trouxeram para o Brasil toda a tecnologia do Supercharger – até então somente disponível na Europa e nos Estados Unidos –, numa parceria que equipou o Novo Ford Fiesta 1.0L, elevando sua potência para os mesmos níveis do motor 1.6L.

DURABILIDADE E DESEMPENHO

A durabilidade do supercharger foi um item considerado desde o início do desenvolvimento contínuo, a partir da década de 70. Num exemplo típico, temos o novo Ford Fiesta, em que o Supercharger superou o teste de durabilidade que simula 240 mil km rodados, com sobrevida.

Um segundo exemplo está nas aplicações, nos Estados Unidos, em que os veículos estão rodando há mais de 10 anos sem requerer manutenção no compressor.

O motorista vai esquecer que está dirigindo um carro de baixa cilindrada (os populares 1.0L no Brasil). Ele se sentirá conduzindo um carro mais potente, mais seguro e com respostas mais rápidas, quando necessário. Observará que ultrapassar caminhões em ladeiras não será mais problema.

E tudo isso sem sentir nenhum contragolpe inercial (característica do turbo, chamado de turbo-leg), ao conduzir o veículo. Será como dirigir um veículo 1.6L quando, na verdade, se está no comando de um 1.0L.

ANEXO III – GRÁFICO RADAR

Uma fábrica ou linha de produtos deve ser avaliada em função de todos os oito elementos LS numa escala de 1 a 5, procurando-se evidências das "condições" listadas para cada ponto da meta. Uma fábrica ou linha de produtos recebe a pontuação se TODAS as condições daquele ponto e do ponto inferior forem satisfeitas ou superadas. Por exemplo, se uma fábrica ou linha de produto satisfizer TODAS as condições listadas para pontuação dos pontos 3, 2 e 1, ela deverá receber 3 pontos. Por outro lado, se uma fábrica ou linha de produtos não satisfizer uma das condições do ponto 3, mesmo que satisfaça algumas condições do ponto 4 e 5, ela não poderá receber a pontuação de 3.

Caso alguma(s) das ferramentas LS não forem aplicáveis, essa(s) ferramenta(s) deve(m) ser ignorada(s), quando da avaliação, e a razão por se ter ignorado essa ferramenta deve ser documentada. Se uma ferramenta for considerada não-aplicável, a sua pontuação deve ser desconsiderada no cálculo da média.

Exemplo 1: Uma fábrica NÃO tem equipamentos, máquinas, bancadas de montagem, cabine de teste, etc. que possam se beneficiar com o TPM. A avaliação pode ignorar a ferramenta TPM e não adicionar a pontuação do TPM no cálculo da média, depois de documentar a razão por ter ignorado essa ferramenta.

Exemplo 2: Uma Linha de Produto é dedicada a uma única montagem/modelo de peça que NÃO precisa de *Set up*. A avaliação pode ignorar a ferramenta Redução de *Set up* e não adicionar a pontuação da Redução do *Set up* no cálculo da média.

As condições requeridas para marcar o ponto estão listadas para cada pontuação, com um pequeno quadrado para ser marcado na frente delas. Uma vez que os princípios do elemento do LS foram entendidos, começando com a pontuação de 1, todas as condições devem ser testadas e marcadas, caso haja evidência da existência da condição ou de superação dela. Deve-se seguir a pontuação e continuar checando todas as condições. Caso linhas de produtos individuais sejam avaliadas, deve-se estimar a média das pontuações individuais para determinar a pontuação geral da fábrica. Essa pontuação obtida deve ser colocada no gráfico Radar, no resumo da avaliação.

A tabela seguinte fornece um guia genérico para interpretar as pontuações de uma fábrica ou de uma divisão. As organizações bem sucedidas na implementação do *Lean* adotaram um processo de avaliação periódica pela gerência sênior.

Análise da Pontuação Lean

Pontuação	Análise da Pontuação
1	Comprometimento mínimo com o <i>Lean</i> .
2	Começando a jornada <i>Lean</i> . Focos de melhorias tornam-se visíveis.
3	Desdobramento dos fundamentos principais. Mudanças começam a se tornar visíveis em toda a fábrica.
4	Resultados sendo sentidos em todos os níveis. O <i>Lean</i> está se tornando uma cultura.
5	Melhor da classe dentro da Eaton.

1. Mapeamento do Fluxo de Valor

Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) é uma ferramenta visual que mostra, em forma de diagrama, o fluxo de produtos, material e de informação desde o pedido do cliente até a entrega do produto final. As necessidades básicas são: um Mapa de Estado Atual, um Mapa de Estado Futuro, um Plano de Implementação e Indicadores para medir e comunicar (divulgar) o seu progresso.

Valor Condições

- 1 Ponto ? Mapeamento do Fluxo de Valor está sendo desenvolvido
- 2 Pontos ? Todas as famílias de produtos foram formalmente identificadas
- ? Pelo menos um Mapeamento do Estado Atual e do Estado Futuro foram desenvolvidos
- 3 Pontos ? Múltiplos mapeamentos do fluxo de valor do Estado Atual e Futuro foram desenvolvidos
- ~~✍~~ Planos de Implementação documentados e as ações estão sendo executadas
- ~~✍~~ Indicadores para medir o progresso foram selecionados e estão sendo usados

4 Pontos ? Pelo menos um plano de implementação do Estado Futuro foi finalizado

~~☒~~ Todas as famílias de produtos têm mapeamentos do fluxo de valor Atual e Futuro desenvolvidos

~~☒~~ Todas as famílias de produtos têm planos de implementação documentados

5 Pontos ? Todas as famílias de produtos têm um mapeamento do fluxo de valor Futuro completo

~~☒~~ Novos Mapas de Estado Futuro e Planos de Implementação foram desenvolvidos para todas as famílias de produtos

~~☒~~ Um processo sistemático está em prática para melhorar o sistema atual de identificação de Linhas/ Famílias de produtos e Mapeamentos do Estado Atual e Futuro

2. 5S

5S é a base do *Lean* e um alicerce para se obter um enfoque disciplinado do local de trabalho: (1) Eliminar o desperdício, (2) Organizar, (3) Limpar, (4) Padronizar e (5) Manter o Padrão. Essa abordagem passo-a-passo ajuda a eliminar itens desnecessários, sujeira e desordem no local de trabalho, e organizar tudo com base no princípio de “um lugar para cada coisa, cada coisa em seu lugar”. A implementação do 5S beneficia, tanto escritórios, como o chão de fábrica. 5S pode ser implementado em uma pequena área em volta da máquina, em todo um departamento ou por toda a fábrica. Ao avaliar uma instalação (fábrica ou departamento), a extensão do desdobramento deve ser focalizada.

Valor Condições

1 Ponto ? O programa 5S começou

- 2 Pontos ? As etapas de **Eliminação do desperdício e Organização** foram completadas em 50% das áreas da fábrica e evidências estão disponíveis para confirmar isso
- ? Os critérios para disponibilização de itens não-necessários foram desenvolvidos, e os itens foram identificados e marcados (etiquetados, p.ex.)
- ? Área designada para guardar itens não-necessários foi definida, e todos os itens são removidos para essa área. Essa área pode ser temporária
- ~~As~~ A localização para todos os itens necessários foi estabelecida e marcada
- ? Demarcação de área para equipamentos, material, áreas comuns e zonas de segurança foi efetuada
- ? Quadros sombreados para ferramentas são utilizados, onde apropriado
- ? Quadros de comunicação visual estão sendo usados
- 3 Pontos ? As etapas de **Eliminação do desperdício, Organização e Limpeza** foram completadas na fábrica inteira e evidências estão disponíveis para confirmar isso
- ~~As~~ As causas principais de contaminação, que dificultam manter a área limpa, foram identificadas e removidas
- ? Procedimentos de limpeza documentados, que têm inspeção em seu conteúdo, foram implementados
- ? Limpeza faz parte das atividades do dia
- ? Quadros visuais são mantidos e atualizados de maneira ordenada e no tempo adequado

- 4 Pontos ? As atividades de **Eliminação do desperdício, Organização, Limpeza e Padronização** foram completadas na fábrica inteira e evidências estão disponíveis para confirmar isso
- ? Práticas e rotinas padrão documentadas foram estabelecidas para repetir sistematicamente os 3 primeiros “S”
- ~~☞~~ Formulários e procedimentos foram criados e implementados, tal que auxiliam a auditoria regular dos 3 primeiros “S”
- 5 Pontos ? A **Manutenção do Padrão** foi completada na fábrica inteira e evidências estão disponíveis para confirmar isso
- ? Gerência garante que as atividades 5S são um hábito de todos e que os padrões são seguidos, por meio de envolvimento pessoal e avaliação de todos.
- ? Padrões 5S fazem parte do trabalho diário e estão relacionadas com outras iniciativas relevantes (Ferramentas LS , segurança, etc.)
- ~~☞~~ Um processo sistemático está posto em prática para avaliar e melhorar esses padrões continuamente

3. Trabalho Padrão

Trabalho Padrão é a combinação ótima de operadores, máquinas e materiais que garante que uma tarefa seja realizada *da mesma maneira todas as vezes, com o mínimo de desperdício e no ritmo do mercado (Takt)*. Em muitos casos, há mais de uma maneira de realizar uma tarefa, e uma pode ser mais eficiente do que outra. Um grupo de pessoas aptas (operadores, facilitadores, engenheiros) desenvolve e documenta o trabalho padrão – a maneira mais eficiente – depois de avaliar todas as maneiras diferentes de realizar a mesma tarefa. O objetivo do Trabalho Padrão é garantir que a produtividade do operador e a utilização do equipamento estejam simultaneamente otimizadas, além de garantir a diminuição do inventário. Usando 5 formulários diferentes, esse objetivo é alcançado estabelecendo relações entre o *Takt*

e o tempo de ciclo, balanceando o volume de trabalho entre todos os operadores e equipamentos de uma célula, e estabelecendo quantidades apropriadas para o Sistema de Puxar.

Valor Condições

- 1 Ponto ? O Trabalho Padrão está sendo desenvolvido atualmente e alguma documentação está completa
- 2 Pontos ? Algumas operações são realizadas de maneira padronizada, devido ao resultado de esforços individuais de operadores.
- Layouts* de Trabalho Padrão foram implementados em algumas células
 - Alguns padrões foram documentados e estão sendo seguidos por todos os operadores
 - Alguns tempos de ciclo são menores ou iguais ao *Takt*
 - Algum trabalho é balanceado, mas não para o *Takt*
 - Alguns quadros visuais são usados para rastrear o status da produção a cada hora
- 3 Pontos ? Várias células e linhas de fluxo implementaram o trabalho padrão, e cartas de trabalho padrão estão disponíveis para todos os operadores
- Trabalho Padrão tem sido desenvolvido para os *Takts* mais comuns
 - Cartas de Balanceamento foram implementadas em algumas células
- ? Várias células estão começando a usar o tempo *Takt* como o ritmo de trabalho
- 4 Pontos ? Trabalho Padrão está implementado e o *Takt* é seguido pela maioria das células e das linhas de fluxo

? Oportunidades têm sido identificadas para remover desperdícios do fluxo de valor completo, por meio da padronização do trabalho que afeta as atividades entre células e o inventário

~~☞~~ ~~☞~~ Há evidências de que os operadores estão começando a gerar melhorias no trabalho padrão. O *Takt* é o ritmo de trabalho em toda a fábrica

~~☞~~ ~~☞~~ Há evidências visíveis de que os ajustes de recurso utilizam o trabalho padrão para mudanças balanceadas no *Takt*

5 Pontos ? Trabalho Padrão está implementado em todas as células e linhas de fluxo para todos os *Takts* possíveis

~~☞~~ ~~☞~~ Todo o fluxo de valor está sendo constantemente otimizado (desperdício eliminado) com a padronização de todas as atividades entre células e inventários

~~☞~~ ~~☞~~ Há evidências de que os operadores estão gerando e mantendo o trabalho padrão

~~☞~~ ~~☞~~ Trabalho Padrão teve que ser desenvolvido para todos os *Takts* possíveis

~~☞~~ ~~☞~~ Um processo sistemático está em prática para avaliar e melhorar esses padrões continuamente

4. Manutenção Produtiva Total (TPM)

Já que o *Lean* requer um fornecimento *Just-in-time* de todos os componentes e submontagens, se o equipamento de produção quebrar ou falhar para produzir na taxa e na qualidade desejadas, a linha de produção *Lean* pode sofrer as conseqüências. Portanto, o indicador **Eficiência Geral do Equipamento (OEE)** é usado para medir o desempenho do equipamento. Para se ter certeza de que os equipamentos de produção estão desempenhando de acordo com o esperado, ou melhor, eles devem ser

submetidos ao TPM. TPM começa com a atualização da condição do equipamento até que ele chegue a uma condição de equipamento novo ou melhor que isso, e desenvolve e implementa procedimentos e listas de verificação para assegurar a manutenção desse nível de condição de equipamento por um longo período de tempo. Um bom programa de TPM também requer práticas 5S bem implementadas. Empresas manufatureiras de classe mundial mantêm suas médias de OEE consistentemente acima de 85%. Equipamentos cruciais nessas empresas são mantidos com o OEE de 95% ou mais. Fábricas de classe mundial não precisam ficar medindo o OEE a todo momento, em todas as máquinas. O OEE de empresas manufatureiras médias geralmente está entre 35% e 50%.

Valor Condições

- 1 Ponto ? Manutenção de rotina é feita regularmente, e manutenção preventiva é feita esporadicamente
- 2 Pontos ? Um programa de manutenção preventiva sistemático está em prática
- ~~☞~~ ~~☞~~ OEE está sendo implementado, e uma linha de acompanhamento orientativa está sendo estabelecida
 - ~~☞~~ ~~☞~~ Plano de implementação TPM está sendo desenvolvido para equipamentos identificados como críticos, no Mapeamento do Fluxo de Valor
- 3 Pontos ? Limpeza e inspeção inicial foram completadas para todos os equipamentos críticos
- ~~☞~~ ~~☞~~ A maioria das causas de contaminação e de áreas inacessíveis tem sido eliminada em todos os equipamentos críticos
 - ~~☞~~ ~~☞~~ Padrões de limpeza e inspeção realizados pelos operadores são desenvolvidos e desdobrados para todos os equipamentos críticos
 - ~~☞~~ ~~☞~~ Tendência de melhoria no valor do OEE é evidente

4 Pontos ? Todas as causas de contaminação e de áreas inacessíveis estão eliminadas em todos os equipamentos críticos

~~☒~~ ~~☒~~ Treinamento nas funções, controles e sistemas dos equipamentos foram completados para todos os equipamentos críticos

~~☒~~ ~~☒~~ Auditorias regulares em todos os equipamentos críticos são conduzidas para desdobramento dos padrões Autônomos

~~☒~~ ~~☒~~ Todos os equipamentos críticos identificados no VSM mantêm ótimos níveis de OEE

5 Pontos ? Padrões de limpeza e inspeção autônomos estão desdobrados em toda a fábrica

~~☒~~ ~~☒~~ Auditorias regulares de todos os equipamentos de produção são conduzidas pela implementação de padrões Autônomos

~~☒~~ ~~☒~~ OEE é usado para o monitoramento periódico do equipamento de produção, e os resultados são constantemente mantidos em um nível ótimo

~~☒~~ ~~☒~~ Metodologia *Six Sigma* está sendo aplicada, para a Manutenção Preventiva

~~☒~~ ~~☒~~ Um processo sistemático está posto em prática para avaliar e melhorar o monitoramento do OEE, TPM e os procedimentos desdobrados para limpeza e inspeções

5. Sistema a Prova de Erros

O Sistema a Prova de Erros é uma abordagem sistemática para prevenir que produtos com defeitos potenciais deixem a área em que foram produzidos. Durante o processo, a Prova de Erros, todas as oportunidades para defeitos (características-chave) são identificadas pró-ativamente (antes que os problemas ocorram), e as causas são eliminadas, ou meios de inspeção 100% são colocados em prática para

evitar que o erro ocorra ou para detectar produtos defeituosos. Isso vai determinar ações corretivas, tendendo para o objetivo, que é ter “Zero Defeito”.

Valor Condições

1 Ponto ? Inspeção ou testes são usados para detectar alguns defeitos potenciais

~~As~~ ~~causas~~ ~~raízes~~ de defeitos são investigadas com pouca frequência

2 Pontos ? Abordagens sistemáticas (como FMEA de Projetos e Processo) estão sendo desdobradas para identificar os defeitos potenciais que afetam os clientes externos

~~Causas~~, para muitos dos defeitos identificados, são eliminadas ou detectadas e contidas na fonte

3 Pontos ? Abordagens sistemáticas (como FMEA de Projetos e Processos) são desdobradas para identificar todos os defeitos potenciais que afetam os clientes externos e muitos dos defeitos potenciais que afetam os clientes internos

~~Todas~~ as causas de defeitos potenciais que afetam clientes externos têm sido eliminadas ou detectadas e contidas na fonte

4 Pontos ? Abordagens sistemáticas (como FMEA de Projetos e Processos) são desdobradas para identificar todos os defeitos potenciais

? As causas de todos os defeitos potenciais foram eliminadas ou detectadas e contidas na fonte

5 Pontos ? Um processo sistemático de Eliminação, Prevenção, Detecção e Controle de Perdas, nesta ordem de preferência, é aplicado para todos os erros potenciais

~~✎~~ ~~✎~~ Sistemas a Prova de Erros são ativamente implementados durante o desenvolvimento de produtos e processos

~~✎~~ ~~✎~~ Um processo sistemático está posto em prática para avaliar e melhorar a maneira desdobrada de identificar erros e Métodos a Prova de Erros aplicados

6. Redução de Set up

Set up é o tempo durante o qual cada equipamento está sendo ajustado para o próximo pedido e não está produzindo peças – definido como o tempo entre a última peça boa do *set up* anterior até a primeira peça boa do *set up* atual. *Lean* usa pequenas quantidades de inventário controlado, o que significa lotes pequenos e corridas freqüentes. Portanto, reduzir o *set up* se tornou algo muito importante para uma linha de produção ser *Lean*. Redução de *Set up* é uma abordagem sistemática usada para reduzir o tempo não-produtivo durante o *set up*.

Valor Condições

1 Ponto ? Muitos fatores afetam o tempo de *set up* total porque os processos de *set up* não têm sido padronizados e documentados

2 Pontos ? Alguns *set ups* são avaliados (por exemplo, analisando gravações em vídeo), as atividades relacionadas são padronizadas e documentadas e os padrões estão sendo seguidos

✍ ✍ Existe uma métrica definida para medir o tempo de *set up* dos equipamentos críticos – identificados no Mapeamento do Fluxo de Valor

- 3 Pontos ? A maioria das atividades relacionadas estão padronizadas e documentadas, e padrões estão sendo seguidos para equipamentos críticos e dependentes
- ? Atividades de *set up* são sistematicamente avaliadas (por exemplo,, analisando gravações em vídeo), e esforços são feitos para transformar o máximo de atividades internas (realizadas enquanto a máquina está inativa durante o *set up*) em processos externos de *set up* (realizados quando a máquina está produzindo peças boas)
- ? Esforços são feitos para reduzir o tempo levado para a realização das atividades internas remanescentes
- 4 Pontos ? Todas as possíveis atividades relacionadas com *set up* estão padronizadas e documentadas, e a maioria dos operadores segue os padrões – para os equipamentos críticos e secundários
- ? As atividades de *set up* são sistematicamente avaliadas e todas as atividades internas em potencial são transformadas em processos externos de *set up*, resultando em uma redução do *lead time* e do inventário, além de maior flexibilidade
- ? Todas as atividades internas restantes estão sendo constantemente otimizadas
- ? Esforços são feitos para otimizar constantemente as atividades externas

5 Pontos ? Todas as atividades internas e externas estão sendo continuamente otimizadas, para os equipamentos críticos e secundários

☞ Padrões relacionados ao *set up* estão difundidos por meio da fábrica e são usados por todos, resultando na habilidade de produzir todos os tipos de peças todos os dias

☞ Um processo sistemático de melhoria contínua está implementado e ajuda a conseguir reduções progressivas no tempo de *set up*

7. Fluxo Contínuo

Fluxo Contínuo é definido como a movimentação de material de um processo que agrega valor para outro, sem perda de tempo de transporte ou armazenagem, com uma mentalidade de “faça um – mova um”. Num ambiente de fluxo contínuo, a taxa de produção é exatamente igual à demanda do cliente (Takt). O ambiente de fluxo contínuo tem otimizado equipamentos, mão-de-obra e espaço entre células de manufatura efetivamente ligadas, tem balanceado a carga de trabalho para todas as estações de trabalho e operadores (para vários Takts). Além disso, o ambiente de fluxo contínuo proporciona flexibilidade, por meio da disposição das células em U, mão-de-obra multifuncional. Num ambiente de fluxo contínuo deveriam ser documentados todos os detalhes das tarefas, além de elas estarem facilmente visíveis para os operadores. Está visível também um quadro que indique em tempo real a taxa de demanda do cliente e a produção alcançada.

Nota: é necessário definir “célula”, no glossário, para abranger o conceito do processo.

Valor Condições

1 Ponto ? Os processos são separados por uma quantidade considerável de material em processo (*work-in-process - WIP*)

- ? Os processos são separados por uma distância geográfica que requer um extenso e complexo transporte para as peças
 - ? As máquinas são agrupadas com base no tipo de equipamento, e não no fluxo do processo
- 2 Pontos
- ? Algumas células são formadas para aumentar a eficiência dos operadores, e elas reduzem efetivamente o transporte de peças ou de *WIP* controlado
 - ? Existem indícios de um entendimento claro referente à inclusão da demanda do cliente no projeto da célula para promover flexibilidade
 - ? Há evidência de que os projetos das células são definidos pelos Mapeamentos de Fluxos de Valores
- 3 Pontos
- ? Existem várias células que apresentam fluxo “de uma peça”
 - ? Algumas células são interligadas para permitir que o produto flua por meio de todo fluxo de valor
 - ? A taxa de produção das células são variáveis, com base na demanda do cliente
- 4 Pontos
- ? A maioria dos equipamentos de produção estão nas células baseados no Mapeamento do Fluxo de Valor
 - ? A maioria das células estão interligadas, a fim de se obter o fluxo contínuo, com o mínimo de *WIP* controlado entre elas
 - ? A taxa de produção é igual ao Takt

- ? Operadores são multifuncionais para as atividades das células, e nelas é visualizada uma matriz de habilidades
- 5 Pontos ? Todos os equipamentos possíveis estão em células e interligam-se com o fluxo baseado no Mapeamento de Fluxo de Valor
- ? Cada célula é capaz de ajustar o número de operadores com base no *Takt*
- ? Cada operador é multifuncional para trabalhar em várias atividades e é também adaptável a novas situações, se necessário

~~o~~ *Kanban* de *WIP* controlado só são usados onde o processo não permite um fluxo contínuo (por exemplo, o lote do tratamento térmico). Um processo sistemático está em prática para avaliar e melhorar continuamente os padrões

8. Sistema de Puxar

Sistema de puxar é um tipo de sistema que inter-relaciona a produção e as instruções de entrega no sentido inverso do fluxo, isto é, nada se produz no estágio anterior a menos que o estágio seguinte dê aviso da necessidade. Uma variedade de métodos visuais simples (*Kanban*) é usada pelos clientes, para avisar o fornecedor anterior que produza/forneça no tempo certo (*JIT*). Um sinal para indicar um pedido do cliente (cliente externo) é dado somente para uma etapa do processo interno, que é chamada de marca-passo (geralmente para o último processo). Um sistema de puxar ideal requer um tempo de *set up* muito baixo, para a produção lotes pequenos, sem perdas econômicas, e a quantidade daqueles tamanhos de lotes ou do material em processo (*WIP*) é um bom indicador do nível de implementação do sistema de puxar. Em um sistema de puxar, se nenhum sinal fosse recebido do cliente posterior, equipamento e operador ficariam inativos. Num ambiente sem o sistema de puxar,

peças são produzidas o mais rápido possível, e são empurradas para o cliente posterior, independentemente de serem necessárias ou não.

Valor Condições

- 1 Ponto ? Existe algum indício de um Sistema de Puxar
- ? Esforços estão sendo feitos para garantir que o inventário não seja armazenado em quantidades aleatórias com diferentes quantidades de componentes sendo entregue em diferentes áreas (típico almoxarifado)
- ? A maioria dos processos recebem pedidos de um sistema MRP/ERP
- 2 Pontos ? Alguns *Kanbans* de Produção são usados, mas somente para grandes tamanhos de lotes, indo e vindo de supermercados/armazéns. O tamanho de lote máximo é predeterminado pela quantidade do pedido de vendas
- ~~Es~~ Alguns processos recebem sinais do processo seguinte para fornecer ou começar a produção
- 3 Pontos ? Produtos/peças que requerem o processamento em lotes e estoques intermediários (supermercados) são produzidos e fornecidos com o uso de sinais de puxar (*Kanban*)
- ? Alguns fornecedores recebem sinais de puxar *JIT* ou *Kanbans* que mostram o que é necessário
- ~~Es~~ Esforços constantes são feitos para reduzir o tamanho do lote (clientes internos e externos)
- ~~Es~~ Uma metodologia está em prática para calcular o tamanho apropriado do *Kanban* numa base contínua (O tamanho do lote é revisado em relação ao tempo do *set up*)

- ? Kanbans são usados em vários lugares, o que garante o sistema de puxar entre os processos
- 4 Pontos ? As únicas peças que são estocadas em supermercado(s) são aquelas que estão sendo produzidas ou fornecidas em lotes, devido às limitações do equipamento de produção ou do fornecedor
- ? A quantidade de peças nos supermercados tem sido sistematicamente minimizada
- ? A entrega de peças é bem planejada, em termos de tempo, seqüenciamento e quantidades
- ? Todos os fornecedores de materiais classificados como “A” recebem pedidos por meio de um tipo de sinal JIT Kanban
- ? A maioria dos processos internos ao longo do fluxo de valor inicia sua produção/entrega com base em sinais de puxar
- ? Recursos apropriados (painéis, luzes, sirenes, etc.) para atrair a atenção de uma possível falta de peças estão instalados, para evitar qualquer parada da linha
- 5 Pontos ? O movimento do material em todo o fluxo de valor da fábrica é baseado no sistema de puxar relacionado com a demanda real
- ? O movimento de material entre os processos é minimizado, e os estoques WIP são minimizados ou eliminados até a menor quantidade prática de entrega, mas não mais do que um pequeno contêiner, caixa ou peça,, onde possível
- ? Pedidos de clientes são mandados para o “último processo”, acionando o sistema de puxar dos componentes de toda a cadeia de fluxo de valor
- ~~?~~ Um processo sistemático está em prática, para avaliar e melhorar continuamente esses padrões

ANEXO IV – COLETA DE DADOS

Os dados utilizados para comparação e acompanhamento dos resultados foram coletados por meio da utilização da “Folha Diária de Produção” (v. Figura 36) e pela folha de “Diário de Bordo” (v. Figura 37), cujos dados foram posteriormente transferidos para uma planilha eletrônica, para facilitar a análise da supervisão.

A utilização desse apontamento acabou fazendo com que as pessoas administrativas efetuassem atividades que realmente agregavam valor ao negócio, pois, quando se tem facilidade no entendimento das informações, torna-se mais fácil e rápida a tomada de decisões, que muitas vezes são fundamentais, em um momento específico.

O critério inicial adotado gerou facilidade de comunicação entre os operadores e gestores, os quais, após curtos treinamentos, estavam aptos a entender a aplicação fundamental do registro. Esse registro permitia uma rápida abordagem das ocorrências das operações quanto a sucata, paradas e produção.

CONTROLE DE PRODUÇÃO		FOLHA DIÁRIA DE PRODUÇÃO				DATA: ___/___/___	
						MÁQUINA: A	
						ORDEM: 	

OPERADOR	PRODUTO	OPER	PERÍODO	HORARIO			QUANTIDADE		
				INÍCIO	FIM	TOTAL	PRODUZID	NÃO CONF.	TOTAL
B	C	D	1						
			2						
			3						
			4						
			5						
TOTAL									

OPERADOR	PRODUTO	OPER	PERÍODO	HORARIO			QUANTIDADE		
				INÍCIO	FIM	TOTAL	PRODUZID	NÃO CONF.	TOTAL
			1						
			2						
			3						
			4						
			5						
TOTAL									

OPERADOR	PRODUTO	OPER	PERÍODO	HORARIO			QUANTIDADE		
				INÍCIO	FIM	TOTAL	PRODUZID	NÃO CONF.	TOTAL
			1						
			2						
			3						
			4						
			5						
TOTAL									

L	PADRÃO: PCS/HORA	
100	1	90% META
90		75% BASE N
80		
70		
60		
50		
40		
30		
20		
10		
0		

O	P	M
QUANT.	HS PADRÃO	% PRODUT.
PERÍODO	01 02 03 04 05	01 02 03 04 05
	1º TURNO	2º TURNO
	01 02 03 04 05	01 02 03 04 05
Q	TOTAL DE HS PADRÃO	TOTAL DE HS PADRÃO

Figura 36 – Folha diária de produção

Fonte: Empresa estudada (2002)

DIÁRIO DE BORDO			
PARADAS DE MÁQUINA			
PERÍODO	HORAS PERDIDAS	CÓDIGO	OBSERVAÇÕES
1			
2			
3	R	S	T
4			
5			
TOTAL			
PARADAS DE MÁQUINA			
PERÍODO	HORAS PERDIDAS	CÓDIGO	OBSERVAÇÕES
6			
7			
8			
9			
10			
TOTAL			
PARADAS DE MÁQUINA			
PERÍODO	HORAS PERDIDAS	CÓDIGO	OBSERVAÇÕES
11			
12			
13			
14			
15			
TOTAL			

AC

QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO						
PERÍODO	QTD NÃO CONFORME			CÓDIGO	OPERAÇÃO CAUSADORA	CÓDIGOS DE DEFEITO
	SUCATA	SUSPEITO	RETRAB.			
U	V	X	Z	AA		0006 TRYOUT DE MAQUINA
						0008 FALHA NA FIXAÇÃO DA PEÇA
						0010 FALHA DE FUNDIÇÃO
						0011 AJUSTE DE FERRAMENTA
						0012 RISCO
						0015 BATIDA
						0016 MARCA DE FERRAMENTA
						0017 AJUSTE DE MAQUINA
						0019 BATIMENTO FORA DO ESPEC. OP 30
						0025 DANIFICADO NO MANUSEIO
						0038 DIAMETRO INTERNO ACIMA ESPEC.
						0064 FUGOSIDADE ACIMA DO ESP.
					AB	0013 FALHA DE Prensagem
						0007 DIAMETRO EXT. FORA ESPEC.
						0009 DIMENSAO "11,363" FORA DO ESP.
						0011 DIMENSAO "110,190" FORA ESPEC.
						0019 BATIMENTO FORA DO ESPEC. OP 20
						0016 DESLOCAMENTO DE USINAGEM
TOTAL	AD					

HS PERDIDAS = HS TRABALHADAS - HORAS PADRÃO

$\frac{\text{HS PADRÃO}}{\text{QUANT. PRODUZIDA}} = \text{PADRÃO}$	$\frac{\text{HORAS PADRÃO}}{\text{HORAS TRABALHADAS}} = \% \text{PRODUT}$
--	---

Figura 37 – Diário de Bordo

Fonte: Empresa estudada (2002)

Para facilitar o entendimento dos campos utilizados, temos:

- A – Data, Máquina e Ordem de Produção
- B – Matrícula do operador (identificação)
- C – Produto: que está sendo fabricado
- D – Operação: a qual é identificada por códigos. Ex: 10,20
- E – Período: é o intervalo de coleta de dados
- F – Início: horário inicial do trabalho, dentro do período
- G – Fim: horário final do trabalho, dentro do período
- H – Total: horas total entre o início e fim do período
- I – Produzido: quantidade de peças boas
- J – Não Conforme: quantidade de peças suspeitas
- K – Total: somatória das peças produzidas e não conforme
- L – Padrão: quantidade objetiva a ser produzida por hora
- M – Gráfico: histograma para gestão a vista
- N – Meta/Base: referências estabelecidas para monitoramento de desempenho
- O – Horas Padrão: é a razão entre Produzido/Padrão
- P – Produtividade: é a razão entre Horas Padrão/Total (horas trabalhadas no período)
- Q – Total de Horas Padrão: somatória das horas padrão
- R – Horas Perdidas: máquina parada
- S – Código de parada
- T – Observações
- U – Período: intervalo de controle onde ocorreu a sucata
- V – Sucata: peça refugada pelo operador, devidamente qualificado
- X – Suspeito: peça suspeita
- Z – Retrabalho: peça que deverá ser novamente processada
- AA – Código: código do defeito
- AB – Operação Causadora: onde o defeito foi potencialmente gerado
- AC – Códigos de Defeito: relação de defeitos de maior incidência