

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR LUIZ GUSTAVO GROSSI
NICODEMO..... E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 28 / 07 / 2005

Paulo Roberto Lima

ORIENTADOR

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

Luiz Gustavo Grossi Nicodemo

**Um Método para Direcionar a Implantação das
Ferramentas Lean: Uma Aplicação numa
Empresa Automotiva**

Campinas, 2005

Luiz Gustavo Grossi Nicodemo

Um Método para Direcionar a Implantação das Ferramentas Lean: Uma Aplicação numa Empresa Automotiva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima

Campinas
2005

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

N541u Nicodemo, Luiz Gustavo Grossi
Um método para direcionar a implantação das
ferramentas lean: uma aplicação numa empresa
automotiva / Luiz Gustavo Grossi Nicodemo. --
Campinas, SP: [s.n.], 2005.

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

1. Sistema Toyota de produção. 2. Lean
manufacturing. 3. Fluxo de valor. 4. Indústria
automotiva. I. Lima, Paulo Corrêa. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: A method to drive the implementation of lean tools: an
application in an automotive industry.

Palavras-chave em Inglês: Value stream map, Toyota production system,
Automotive industry.

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Antonio Batocchio e Dario Ikuo Miyake.

Data da defesa: 28/07/2005

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

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

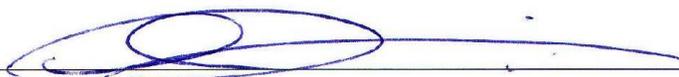
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Um Método para Direcionar a Implantação das
Ferramentas Lean: Uma Aplicação numa
Empresa Automotiva**

Autor: Luiz Gustavo Grossi Nicodemo
Orientador: Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima



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



**Prof. Antônio Batocchio
Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Dário Ikuo Miyake
Escola Politécnica – Universidade de São Paulo**

Campinas, 27 de julho de 2005

Resumo

Este trabalho apresenta uma metodologia para o direcionamento de projetos de melhoria nas empresas com base nas ferramentas do Sistema Toyota de Produção. Muito esforço têm sido despendido pelas empresas para alcançar resultados significativos em projetos de melhoria justamente pela não utilização de métodos estruturados de direcionamento destes projetos. O modelo metodológico proposto utiliza a integração entre o Mapa de Fluxo de Valor, o *Balanced Scorecard*, e o guia de produção enxuta da empresa como ferramenta para garantir a melhor relação possível entre custo e benefício alcançado nos projetos de melhoria. A validação do modelo se dá através de um projeto de implementação coordenado pelo autor, que utiliza esta metodologia durante mais de um ano em uma empresa de autopeças, e ao final do trabalho apresenta os ganhos referentes à aplicação do método.

Palavras-Chave: Mapeamento de Fluxo de Valor, Lean, Sistema Toyota de Produção

Abstract

This work presents a methodology to drive business improvement projects based on Toyota Production System tools. A lot of efforts are being spent by the companies to reach significant results on improvements projects because they do not utilize structured methods to drive these projects. The methodological model proposed uses the integration between the Value Stream Map, the Balanced Scorecard, and the Lean Production Guide of the company as a tool to assure the best possible relation between cost and reached benefits on improvements projects. The validation of the model occurs through an implementation project coordinated by the author, who applied this methodology for more than a year in an auto parts company and at the end presents the gains related to the application of the method.

Key words: Value Stream Map, Lean, Toyota Production System, Automotive Industry

Lista de Figuras

Figura 2-1 - Casa do Sistema Toyota de Produção	10
Figura 3-1 - Níveis de Mapeamento (Rother&Shook, 1999).....	16
Figura 3-2 - Fluxo de Informação e Materiais (Rother&Shook, 1999)	17
Figura 3-3 – Representação do Fluxo de Informações.....	18
Figura 3-4 - Efeito Chicote.....	20
Figura 3-5 - Perfil da Demanda.....	22
Figura 3-6 - Leiaute Inicial da Fábrica.....	25
Figura 3-7 - Estoques Intermediários	26
Figura 3-8 - Planilha ABC	28
Figura 3-9 - Fluxo de Materiais para o Cliente	30
Figura 4-1 - Representação Esquemática de Leiaute Funcional	42
Figura 4-2 - Representação Esquemática do Leiaute de Pseudo-Células	42
Figura 4-3 - Representação Esquemática de Leiaute Celular	43
Figura 4-4 - Casa do Sistema Toyota de Produção	45
Figura 5-1 - Roleta de Ferramentas.....	49
Figura 5-2 - Diagrama Esquemático do Método.....	53
Figura 5-3 - Método vs Roleta de Ferramentas.....	54
Figura 6-1 - Mapa do Estado Atual.....	58
Figura 6-2 - Mapa do Estado Atual - Nível Processo	59
Figura 6-3 - Detalhe do Processo de Programação da Fábrica	60
Figura 6-4 - Mapa Estado Atual - Fornecedores Nível 'A'.....	61
Figura 6-5 - Mapa do Detalhe do Estado Atual - Fornecedores.....	62
Figura 6-6 - Mapa Estado Atual - Relacionamento com Cliente	63
Figura 6-7 - Mapa Estado Atual Detalhado - Relacionamento com Clientes	64
Figura 6-8 - Mapa Estado Atual - Tempo de Atendimento ao Cliente I.....	65
Figura 6-9 - Mapa Estado Atual - Tempo de Atendimento ao Cliente II.....	65
Figura 6-10 - Contribuição das Ferramentas nos Indicadores de Desempenho	67
Figura 6-11 - Mapa Estado Futuro - Embreagem 365mm	68
Figura 6-12 - Mapa Estado Futuro - Relacionamento com os Fornecedores.....	70

Figura 6-13 - Mapa do Estado Futuro - Relacionamento com Clientes.....	72
Figura 6-14 - Mapa do Estado Futuro - Tempo de Atendimento ao Cliente	73
Figura 6-15 - Exemplo de 5S Aplicado ao MPT.....	77
Figura 6-16 - Exemplo de Poka Yoke Utilizado na Máquina de Testes	80
Figura 6-17 - Célula de Usinagem de Chapas de Pressão.....	82
Figura 6-18 - Célula de Montagem e Teste de Embreagem.....	82
Figura 6-19 - Célula de Usinagem/Montagem de Embreagem.....	83
Figura 6-20 - Quadro Kanban	86
Figura 6-21 - Planilha do Kanban Eletrônico.....	88
Figura 6-22 - Cartão de Ponto de Disparo de Compra.....	88
Figura 6-23 - Gestão Visual para Compra de Material Indireto	89
Figura 6-24 - Gráfico Trabalho Padrão para Um Operador	91
Figura 6-25 - Gráfico de Trabalho Padrão para Dois Operadores	92

Lista de Gráficos

Gráfico 2.1 - Vendas vs Hora Trabalhada.....	11
Gráfico 2.2 - Atendimento em Menos de 48hs	12
Gráfico 2.3 - Entrega no Prazo Correto.....	13
Gráfico 2.4 - Rejeição (% de Vendas).....	13
Gráfico 2.5 - Dias de Inventário.....	14
Gráfico 7.1 - Resultado Obtido em Inventário	94
Gráfico 7.2 - Resultado Obtido em Entregas	94
Gráfico 7.3 - Resultado Obtido na Reposição.....	95
Gráfico 7.4 - Resultado Obtido no Índice de Rejeição	96
Gráfico 7.5 - Resultado Obtido em Produtividade.....	96
Gráfico 7.6 - Evolução da Participação de Mercado.....	97
Gráfico 7.7 - Evolução das Vendas	98
Gráfico 7.8 - Evolução do Lucro Operacional	98

Lista de Abreviaturas e Siglas

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

ELS: *Eaton Lean System*

JIT: *Just-in-Time*

MRP: *Master Requirement Planning*

OTED: *One Touch Exchange of Dies*

PCP: *Planejamento e Controle de Produção*

SMED: *Single Minute Exchange of Dies*

TPM: *Total Productive Maintenance*

TPS: *Toyota Production System*

VSM: *Value Stream Map*

MPT: *Manutenção Produtiva Total*

TOC: *Theory of Constraints*

TRF: *Troca Rápida de Ferramenta*

MTBF: *Mean Time Between Failure*

MTTR: *Mean Time to Repair*

BSC: *Balanced Scorecard*

PDSA: *Plan Do Study Act*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1.	<i>Objetivos.....</i>	2
1.2.	<i>Motivação.....</i>	2
1.3.	<i>Conteúdo do trabalho.....</i>	3
2	A EMPRESA	4
2.1.	<i>O Eaton Lean System</i>	8
2.2.	<i>Indicadores de Desempenho</i>	10
2.2.1.	<i>Vendas por Hora Trabalhada</i>	11
2.2.2.	<i>Atendimento à Reposição</i>	11
2.2.3.	<i>Entrega no Tempo Correto</i>	12
2.2.4.	<i>Rejeição.....</i>	13
2.2.5.	<i>Inventário</i>	14
2.3.	<i>Considerações Finais.....</i>	14
3	SITUAÇÃO INICIAL DO FLUXO DE VALOR.....	16
3.1.	<i>O Mapeamento do Estado Atual do Fluxo de Valor</i>	16
3.2.	<i>O Fluxo de Informações.....</i>	17
3.2.1.	<i>Informações do Cliente</i>	18
3.2.2.	<i>Informações para os Fornecedores.....</i>	20
3.2.3.	<i>A Demanda do Cliente (Comportamento).....</i>	21
3.2.4.	<i>Programação da Produção.....</i>	23
3.3.	<i>O Fluxo de Materiais</i>	23
3.3.1.	<i>O Fluxo Interno da Planta</i>	24
3.3.2.	<i>O Relacionamento com Fornecedores</i>	27
3.3.3.	<i>O Operador Logístico</i>	28
3.4.	<i>Considerações Finais.....</i>	30
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
4.1.	<i>Mapeamento do Fluxo de Valor.....</i>	31
4.2.	<i>5S.....</i>	33
4.3.	<i>Manutenção Produtiva Total</i>	36
4.4.	<i>Troca Rápida de Ferramenta.....</i>	38
4.5.	<i>Sistemas à Prova de Erros</i>	40
4.6.	<i>Fluxo Contínuo.....</i>	40
4.7.	<i>O Sistema Puxado</i>	45
4.8.	<i>O Trabalho Padrão</i>	46
4.9.	<i>Considerações Finais.....</i>	48
5	METODOLOGIA UTILIZADA.....	49
5.1.	<i>O Sistema Enxuto da Eaton.....</i>	50
5.2.	<i>O Balanced Scorecard</i>	51
5.3.	<i>O Mapeamento do Fluxo de Valor.....</i>	52
5.4.	<i>O Método.....</i>	52

5.5.	<i>Considerações Finais</i>	54
6	APLICAÇÃO	56
6.1.	<i>O Mapeamento do Estado Atual</i>	56
6.1.1.	<i>Relacionamento com Fornecedores</i>	61
6.1.2.	<i>Relacionamento com os Clientes</i>	63
6.2.	<i>O Mapeamento do Estado Futuro</i>	66
6.2.1.	<i>Relacionamento com Fornecedores</i>	70
6.2.2.	<i>Relacionamento com Clientes</i>	71
6.3.	<i>Migrando para o Estado Futuro</i>	73
6.3.1.	<i>5S</i>	73
6.3.2.	<i>Manutenção Produtiva Total</i>	75
6.3.3.	<i>Troca Rápida de Ferramenta</i>	78
6.3.4.	<i>Sistema à Prova de Erros</i>	80
6.3.5.	<i>Fluxo Contínuo</i>	81
6.3.6.	<i>Sistema Puxado</i>	84
6.3.7.	<i>Trabalho Padrão</i>	90
7	RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÃO	93
7.1.	<i>Inventário</i>	93
7.2.	<i>Entregas no Tempo Correto</i>	94
7.3.	<i>Atendimento à Reposição <48hs</i>	95
7.4.	<i>Rejeição</i>	95
7.5.	<i>Produtividade</i>	96
7.6.	<i>Participação de Mercado</i>	97
7.7.	<i>Venda Líquida</i>	97
7.8.	<i>Lucro Operacional</i>	98
7.9.	<i>Conclusão</i>	99
	Referências	100

1 INTRODUÇÃO

As últimas décadas têm sido marcadas pela crescente competição entre as empresas por melhores posições nos mercados globais. No início do século passado, competitividade era praticamente sinônimo de escala. Eram as grandes corporações, com grandes volumes de vendas, que dominavam o mercado. A oferta era reduzida, e demanda era quase infinita. Havia consumidores dispostos a comprar tudo o que era produzido. À empresa cabia apenas ter a capacidade de produzir um produto qualquer e colocá-lo no mercado. Por falta de outras opções, os clientes compravam. Foi o que aconteceu com Henry Ford e o seu lendário Modelo T, na cor preta.

Mas a dinâmica do mercado foi sendo alterada. A oferta cresceu, e a disputa por clientes atingiu patamares mais elevados. A primeira grande montadora a entender esta mudança foi a General Motors, que descobriu que havia clientes dispostos a pagar mais caro por modelos mais modernos e diferentes do Modelo T da Ford. Passou a oferecer ao cliente mais opções de modelos, e obteve um grande crescimento neste período, chegando ao domínio do mercado de automóveis naquela época.

Mais tarde, após a Segunda Guerra Mundial, a indústria japonesa se vê arrasada. O mercado interno era pequeno, os recursos eram escassos, e os investimentos quase não existiam. Neste cenário surge a Toyota Motor Corporation propondo, como estratégia para tentar sair da crise, a redução e eliminação dos 7 desperdícios presentes na cadeia de valor (Ohno, 1997). E a estratégia funcionou. Além de fugir da crise japonesa do pós-guerra nos anos 50, hoje a Toyota vem apresentando resultados financeiros muito acima da média das outras montadoras de automóveis.

A indústria japonesa como um todo incorporou de tal forma estes conceitos, inicialmente difundidos dentro da Toyota, que a produtividade das indústrias daquele país chegavam a ser 50% superiores à da indústria ocidental (Womack *et al*, 1992).

E é por isso que o Sistema Toyota de Produção é tão estudado e aplicado atualmente. O sucesso na busca pela excelência é o que vai garantir permanência das empresas no mercado. E a busca e eliminação dos desperdícios, proposta pela Toyota, vem se mostrando uma boa estratégia para permanecer no mercado de forma lucrativa.

O sucesso e a maturidade que o novo sistema atingiu dentro da própria Toyota, e os frutos que hoje a empresa colhe em relação à produtividade e lucratividade, são resultados de mais de 50 anos de trabalhos e desenvolvimentos das chamadas ‘ferramentas do STP’.

1.1. Objetivos

O trabalho se propõe a demonstrar, através de uma pesquisa-ação realizada em um fornecedor de primeiro nível (*first tier*) do setor automotivo brasileiro, a utilização do Mapeamento de Fluxo de Valor como direcionador principal de projetos de melhoria.

Os principais objetivos do trabalho são:

- Desenvolver um método para o direcionamento do projeto de melhoria;
- Aplicar o método desenvolvido;
- Demonstrar os resultados obtidos;

1.2. Motivação

A motivação para o trabalho apareceu com a necessidade das empresas apresentarem ganhos em melhoria mesmo dispondo de recursos limitados. Esta significativa escassez de recurso força uma racionalização da utilização dos mesmos. Assim sendo, o trabalho se motiva pela busca do desenho do processo de melhoria capaz de otimizar os ganhos em relação aos esforços e recursos aplicados.

1.3. Conteúdo do trabalho

O presente trabalho está estruturado em sete capítulos. O conteúdo de cada um dos próximos capítulos é apresentado a seguir.

O Capítulo 2 apresenta a empresa e o seu sistema de produção enxuta, juntamente com alguns indicadores de desempenho à época do início dos trabalhos.

No Capítulo 3 é apresentada a situação inicial do fluxo de valor, com o detalhamento dos fluxos de materiais e informações no Mapa do Estado Atual do fluxo. O objetivo é situar o leitor quanto ao histórico da empresa e às condições iniciais encontradas, para que haja um entendimento bom do estado atual embasando melhor o leitor para a apresentação da condução dos trabalhos futuros.

O Capítulo 4 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o Sistema Toyota de Produção (*ou lean manufacturing*), e sobre as principais ferramentas que compõem o sistema. Este capítulo busca apresentar mais a fundo cada uma das ferramentas, mostrando a importância de cada uma delas no processo de melhoria.

O Capítulo 5 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento dos trabalhos. O Mapeamento de Fluxo de Valor, o *Balanced Scored Card*, e o Sistema de Produção da empresa formam um conjunto direcionador das ações do processo de melhoria na empresa.

O Capítulo 6 apresenta o projeto desenvolvido e implementado pelo autor e pela equipe da empresa. Nele são discutidas a implementação de cada uma das ferramentas, com uma ênfase maior ao processo de diagnóstico e direcionamento dado pela ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor associada aos indicadores de desempenho e ao Sistema de Produção da empresa.

O Capítulo 7 é dedicado a apresentação e discussão dos resultados obtidos com os projetos de melhoria desenvolvidos pela empresa, e às conclusões do trabalho, lições aprendidas e sugestões para trabalhos futuros.

2 A EMPRESA

Este trabalho é baseado em um projeto de melhoria desenvolvido durante mais de um ano na empresa Eaton Ltda, dentro da Divisão Embreagem.

A empresa é sucessora de Equipamentos Clark LTDA., que era a única subsidiária em operação da Capco Automotive Products Corporation. A Capco foi adquirida pela Eaton Corporation em Abril de 1996 e no mesmo ano a operação Eaton de Santo André foi incorporada pela Eaton LTDA., localizada em Valinhos, no Estado de São Paulo. A Eaton Corporation foi fundada em 1911, e está sediada em Cleveland, Ohio, Estados Unidos, estando presente hoje, em 25 países, com 150 unidades de manufatura. Ela é composta por cinco divisões que produzem uma grande variedade de produtos como: transmissões para caminhões, componentes para motores, equipamentos hidráulicos, distribuição e controle de energia, componente eletrônicos e uma ampla variedade de controles.

A Equipamentos Clark LTDA surgiu em 1959, mas sua história começou a ser reescrita em 1996, quando passou a fazer parte da corporação Eaton cujo número de funcionários passa de 50 mil, distribuídos nos 25 países onde atua.

A Divisão de Caminhões, da qual fazem parte a Divisão Embreagem e a Divisão Transmissões, possui duas unidades no Brasil: Valinhos, que foi estabelecida há mais de 40 anos e a nova unidade de Mogi Mirim, uma moderna fábrica concebida dentro dos mais altos padrões de qualidade e tecnologia, que iniciou suas atividades efetivamente no ano de 1999.

Desta forma a Divisão de Transmissões da Eaton iniciou suas operações no Brasil, no município de Valinhos, no primeiro semestre de 1996, quando adquiriu a Equipamentos Clark Ltda., estabelecida no Brasil desde 04 de novembro de 1959, que passou a chamar-se Eaton Truck componentes Ltda. e posteriormente, Eaton Ltda. – Divisão Transmissões.

A unidade da Divisão de Transmissões em Valinhos ocupa uma área de 346 mil metros quadrados, com cerca de 90 mil metros quadrados de área construída e conta com mais de dois mil funcionários.

As instalações da Divisão Transmissões em Mogi Mirim ocupam uma área de 200 mil metros quadrados, com cerca de 19 mil metros quadrados de área construída e está projetada para aproximadamente 350 funcionários.

A Eaton Ltda atua no segmento automobilístico e produz uma variada linha de produtos, mas o enfoque principal está relacionado à fabricação de transmissões da mais alta qualidade bem como as respectivas peças para serviço de pós-venda. Seus produtos são comercializados principalmente no Mercosul e Estados Unidos. A companhia projeta, desenvolve, fabrica e vende transmissões mecânicas para automóveis e caminhões pequenos e leves. A companhia também fabrica e vende transmissões mecânicas para caminhões médios e pesados, veículos fora-de-estrada, transmissões para tratores agrícolas 4 x 4 e transmissões para equipamentos industriais e de construção.

A mais nova fábrica de Mogi Mirim está dividida em três unidades sendo estas dedicadas a componentes para transmissões Corsa e Celta, componentes para transmissões de caminhões Mercedes e embreagens para caminhões médios e pesados Ford, Volkswagen e Volvo.

A companhia mantém uma rede de contatos dentro da indústria automobilística e trabalha com seus clientes em todas as etapas da produção, incluindo projeto, desenvolvimento de componentes, garantia de qualidade, fabricação e entrega.

A companhia goza de uma forte e bem estabelecida reputação junto a seus clientes como fornecedora de produtos de alta qualidade a preços competitivos, pela pontualidade das entregas e pela confiabilidade dos serviços. Seus bem estabelecidos programas de garantia de qualidade têm sido reconhecidos através de muitos prêmios, incluindo-se diversos Certificados de Mérito da General Motors do Brasil, Volkswagen do Brasil, Volvo e Ford. A imagem tem sido reforçada pelas certificações ISO 9001 e QS 9000 e também a ISO 14001.

A demanda de transmissões mecânicas e Embreagens é gerada por dois segmentos de compradores, isto é, os fabricantes de veículos (OEMs) e os distribuidores de peças de serviço. Investimentos significativos foram feitos nos últimos anos, e continuam sendo feitos no presente, para modernizar a fábrica com máquinas de tecnologia de ponta, tais como: centros flexíveis de usinagem Grob para fundidos, máquinas geradoras de dentes de controle numérico (CNC) Liebherr, tornos Mori Seiki, cortadoras de engrenagem Lorenz, acabadoras de dentes Gleason-Hurth, além de máquinas para torneamento duro combinadas com brunidoras, tornos com fusos duplos e máquinas de solda por feixes de elétrons.

A companhia também opera uma forjaria que lhe permite produzir aproximadamente 70% dos forjados com a tecnologia “near net shape” (quase acabado), reduzindo assim o desperdício de materiais e os tempos de fabricação. Na forjaria, a lista das máquinas mais importantes inclui prensas hidráulicas para forjamento frio, morno e quente e recaladoras de 6 e 4 polegadas.

A maioria das matrizes é feita internamente, em máquinas de alta tecnologia tais como as máquinas de eletroerosão AGIE, coordenada SIP e Centro de Usinagem HASS, que também são usadas para o desenvolvimento de protótipos. A companhia dispõe também de uma completa unidade de tratamento térmico, uma das maiores do gênero da América do Sul, com 4 fornos contínuos Surface e 2 Aichlin, 5 fornos tipo batch e 1 Aichlin. O laboratório metalúrgico está equipado com 1 espectrofotômetro de absorção atômica e 1 defactômetro de raio X Fastress. As salas de medições contam com máquinas de medição tridimensionais CNC – Zeiss e DEA. Além disso, estão disponíveis máquinas CNC para medição de engrenagem Hoefler.

Uma rede de microcomputadores opera com aplicativos CAE/CAD/CAM baseados nos princípios de engenharia simultânea. Isto tem permitido que a companhia desenvolva novos produtos em períodos de tempo significativamente curtos.

A filosofia da companhia ressalta o desenvolvimento de seus empregados, a preocupação com o meio ambiente e a qualidade de seus produtos. Assim a Eaton Ltda é reconhecida no

mercado, sendo uma das melhores na fabricação de transmissões médias e pesadas em nível mundial.

A Divisão de Embreagens ocupa uma área de 1.500 metros quadrados dentro da planta de Mogi Mirim, assumindo todos os procedimentos ambientais aplicados as suas instalações.

A história da Divisão Embreagens no Brasil teve início por volta de 1996, quando a Eaton comprou a Divisão Embreagens da Dana Corporation, situada na cidade de Gravataí, RS. A Eaton assumiu a operação no Rio Grande do Sul já em 1996, e em 1998 começou a transferência da fábrica para dentro da unidade de Mogi Mirim, onde está instalada até hoje.

A empresa fornece embreagens e garfos de acionamento tanto para montadoras como para o mercado de peças de reposição de caminhões médios e pesados. Seus produtos incluem embreagens dupla ou simples, de mola diafragma ou helicoidal, com revestimento de disco tanto orgânico como cerâmico e garfos de acionamento (com ou sem roletes). Além desses produtos que chegam ao consumidor final, existe a produção de subconjuntos (cubos para os discos e caixa de mancal para os platôs). Seus principais insumos materiais são ferro fundido, estampados, revestimentos cerâmicos e orgânicos, molas e rolamentos.

As principais tecnologias utilizadas durante os processos de manufatura são usinagem de ferro fundido e montagem de componentes. Os processos de manufatura incluem: tornear, furar, rosquear, fresar, brochar, prensar e balancear.

As máquinas estão distribuídas em células de acordo com a similaridade entre os produtos. O fluxo dentro das células é contínuo. Dentro da corporação da qual faz parte (EATON), a unidade de embreagens localizada em Mogi Mirim, SP, é a que possui a melhor avaliação em relação a todas as outras unidades espalhadas pelo mundo no que se refere à Manufatura Enxuta.

Após este breve histórico da empresa, o trabalho segue com a apresentação o Sistema de Produção Enxuta da Eaton, o *Eaton Lean System* (ELS). O próximo tópico discorre sobre o sistema, sua funcionalidade e características.

2.1. O Eaton Lean System

A Eaton vinha utilizando e incentivando, de maneira informal, suas plantas a adotar conceitos de produção enxuta como estratégia de manufatura para aumentar a competitividade e lucratividade de suas unidades. De maneira mais formal, há anos a empresa investe também na formação de *Green Belts* e *Black Belts* que desenvolvem e implementam projetos de 'Seis Sigmas', com o mesmo intuito de aumentar a competitividade e a lucratividade da empresa.

O Sistema Enxuto da Eaton têm como objetivo formalizar e instituir definitivamente os conceitos de produção enxuta como obrigatórios em todas as plantas da empresa no mundo.

Esta formalização foi realizada pelo Instituto de Qualidade da Eaton (EQI) na forma de um guia de implementação e é ao mesmo tempo um método de avaliação em relação às ferramentas de manufatura enxuta para todas as plantas ao redor do mundo.

O guia trata das oito principais ferramentas da manufatura enxuta, e apresenta uma lista de verificação para cada uma delas, descrevendo-as da forma mais básica à forma mais avançada. Quando a planta possui a forma mais básica da ferramenta, ou não a possui, ela recebe nota 1. Quando possui a forma mais avançada, recebe nota 5. Assim, cada uma das plantas pode avaliar sua situação de desenvolvimento em cada uma das ferramentas e pode também se comparar às outras unidades do mundo.

No fim do ano de 2001, todas as plantas da divisão de componentes para caminhões deveriam estar com médias acima de 2,0 nas oito ferramentas avaliadas pelo sistema. No segundo semestre do ano seguinte esta média já deveria ser pelo menos 3,0. As avaliações tornaram-se semestrais, e hoje fazem parte da pontuação para concorrer ao prêmio anual da companhia, chamado '*Eaton Business Excellence Award*' .

A primeira versão deste guia é datada de 1996, mas, no entanto, a subsidiária brasileira da empresa já utiliza, implementa e desenvolve alguns conceitos de produção enxuta, como por

exemplo células de produção e kanban, há mais de duas décadas. É então uma das plantas pioneiras dentro da corporação a utilizar conceitos e sistemas de manufatura enxuta.

As primeiras versões produzidas do ELS refletiam claramente a dificuldade pela qual a empresa passava na tentativa de desenvolver um trabalho que pudesse ser referência de implementação e avaliação nas mais diferentes unidades de negócios que a empresa possui, que vão desde sistemas de transmissão de potência de automóveis leves até componentes para a indústria aeroespacial.

Atualmente o Eaton Lean System está em sua versão 2.2.2, e conta com as 8 ferramentas de suporte à manufatura enxuta a seguir:

- 5S
- MPT
- Montagem Rápida de Máquina
- Sistemas à Prova de Erros
- Fluxo Contínuo
- Produção Puxada
- Trabalho Padrão
- Mapeamento do Fluxo de Valor

O 5S, o MPT, o Sistema à Prova de Erros e a Montagem Rápida de Máquina são ferramentas básicas da manufatura enxuta e formam a base da casa do Sistema Toyota de Produção.

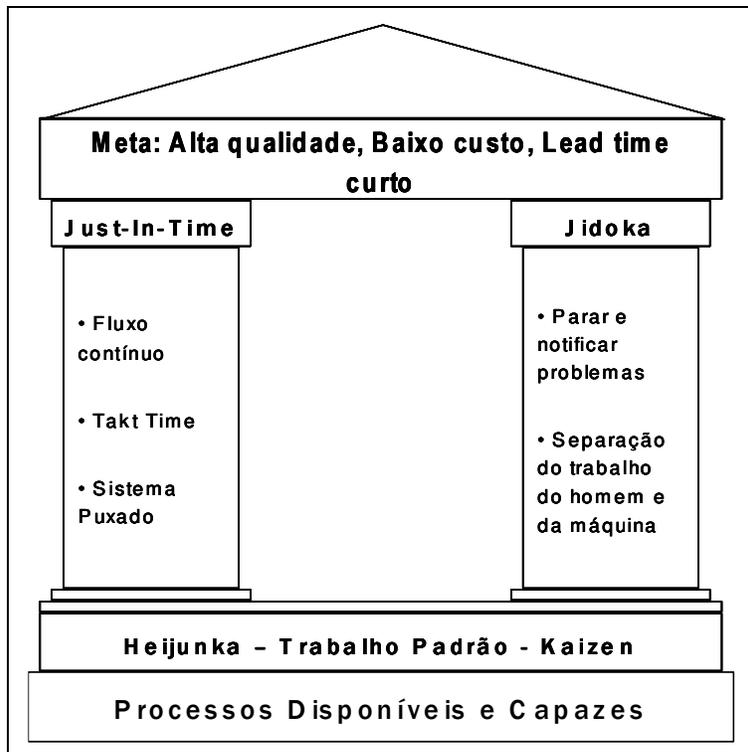


Figura 2-1 - Casa do Sistema Toyota de Produção

Sabe-se agora o que é, para que serve, e como surgiu o Sistema de Produção Enxuta da Eaton. Mais adiante será apresentado de forma mais profunda as características e a forma de implementação utilizada para cada uma das 8 ferramentas do sistema. A seguir será apresentado o sistema de indicadores de desempenho utilizado pela Divisão Embreagens, que será mais um dos elementos presentes na metodologia de desenvolvimento do projeto.

2.2. Indicadores de Desempenho

A empresa possui alguns indicadores de desempenho operacionais utilizados como parte da avaliação dos funcionários. São também a base para o Plano de Participação nos Resultados (PPR). Baseados nesses indicadores, os funcionários podem receber parte dos lucros da companhia no final de cada ano contábil.

O sistema de indicadores de desempenho também é um item de fundamental importância para o desenvolvimento dos projetos de melhoria na empresa, pois é através deles que acompanha-se o desenvolvimento do projeto e a realização dos ganhos. A seguir serão apresentados alguns dos indicadores operacionais da planta para que o leitor possa entender de forma mais completa a situação inicial da empresa.

2.2.1. Vendas por Hora Trabalhada

Este indicador foi criado fundamentalmente para o acompanhamento da produtividade da fábrica. É um indicador de produtividade muito utilizado na indústria em geral, embora sofra a influência forte da situação econômica geral do país, da sazonalidade, e do desempenho da equipe de vendas. Mas considerando a relativa estabilidade do mercado do qual trata este trabalho e da ausência de sazonalidade significativa, esse indicador reflete de forma muito satisfatória o desempenho da operação no que tange à produtividade.

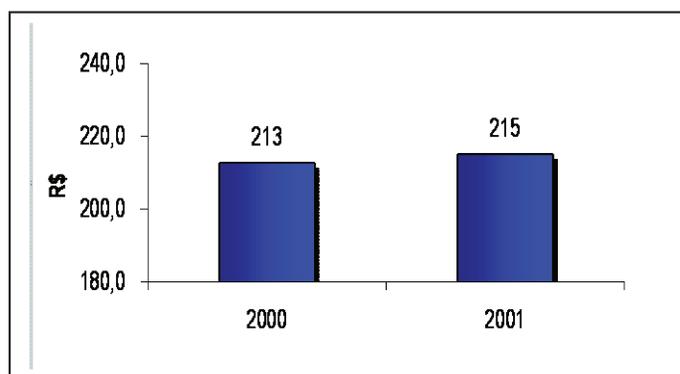


Gráfico 2.1 - Vendas vs Hora Trabalhada

2.2.2. Atendimento à Reposição

O atendimento eficiente ao mercado de reposição foi considerado uma importante estratégia para a empresa ganhar mercados. Foi observado que o cliente, no mercado de

reposição, não espera pelo produto. Em geral, o cliente que está com o caminhão parado não fica esperando para que a fábrica fabrique e entregue a embalagem. Ele compra a marca que estiver disponível na prateleira da loja. Isso faz com que o bom atendimento aos lojistas e distribuidores seja fator preponderante para a consolidação da empresa no mercado, e a conquista de novas parcelas deste mercado. O indicador representa a porcentagem de entregas ao mercado de reposição que aconteceram em menos de 48 horas.

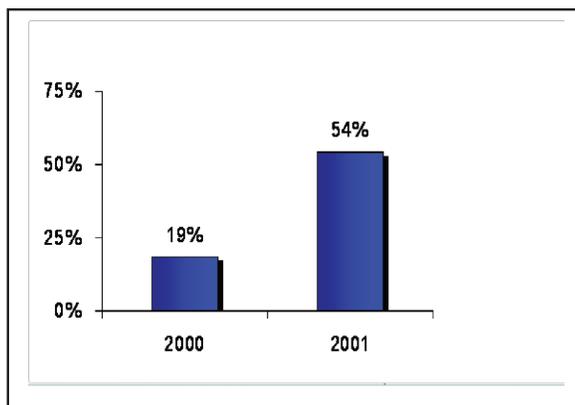


Gráfico 2.2 - Atendimento em Menos de 48hs

Dada a importância deste indicador para o mercado de reposição, pode-se concluir que 54% de nível de atendimento não é satisfatório para as operações.

2.2.3. Entrega no Tempo Correto

O indicador de entrega no tempo correto mede a porcentagem de pedidos que foram entregues aos clientes dentro do prazo de 4 dias, que é prazo previamente estabelecido com os clientes. Ou seja, este indicador visa medir o grau de satisfação do cliente quanto ao cumprimento dos prazos acordados com a empresa. O objetivo não é acompanhar o tempo que os pedidos estão demorando para serem produzidos e entregues, mas sim confirmar se a empresa está conseguindo cumprir os prazos que ela acordou com os clientes. Em segunda análise, este indicador reflete o grau de organização da empresa e, mais especificamente, o grau de organização do processo

produtivo. As barras verdes dizem respeito às montadoras. As barras azuis se referem ao mercado de reposição.

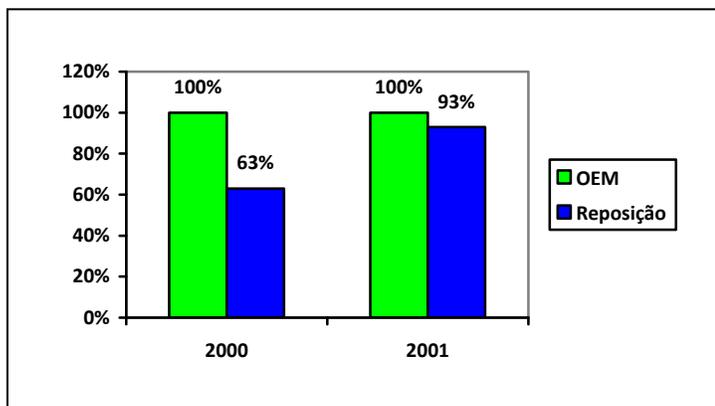


Gráfico 2.3 - Entrega no Prazo Correto

2.2.4. Rejeição

Índices de qualidade são muito comuns nas indústrias de autopeças. É através deles que usualmente reconhecemos que determinada empresa é organizada e trabalha constantemente em busca de melhorias. A qualidade também garante maior competitividade, reduzindo o custo final do produto e aumentando a satisfação dos clientes. É um dos indicadores mais importantes em toda a empresa.

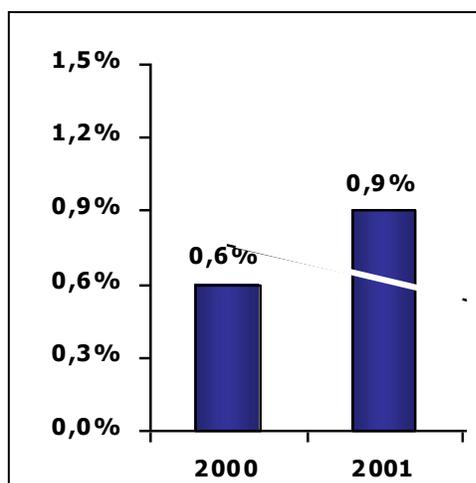


Gráfico 2.4 - Rejeição (% de Vendas)

2.2.5. Inventário

A necessidade de estoques depende muito da origem do negócio e das estratégias corporativas das empresas. Mas em geral o estoque é considerado o maior dos desperdícios. Não exatamente pelo seu custo monetário, mas sim pelo que ele pode esconder. Estoques elevados camuflam problemas nas linhas de produção, e na operação em geral. Alguns programas de melhorias nas empresas utilizam a redução dos estoques em processo como forma de encontrar, e depois solucionar, problemas. Este foi um dos indicadores mais importantes no projeto de melhoria do qual trata este trabalho. A empresa valoriza o estoque em forma de dias de faturamento. Daí o nome *Days on Hand* (“dias em mãos”)

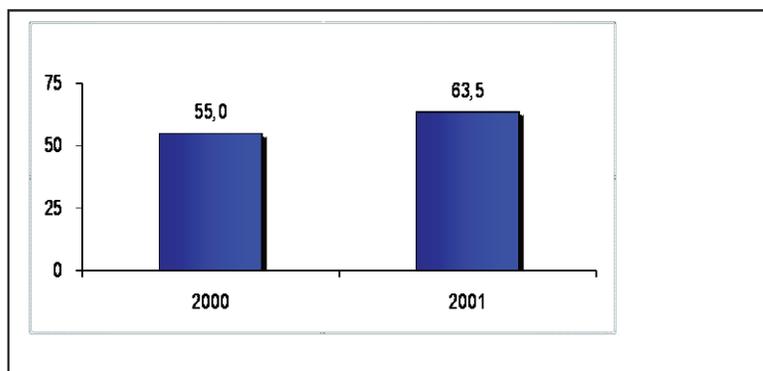


Gráfico 2.5 - Dias de Inventário

Como referência, pode-se dizer que esta fábrica poderia ficar sem comprar matéria prima por 63,5 dias no ano de 2001.

2.3. Considerações Finais

Neste capítulo vale ressaltar a análise de dois indicadores de desempenho importantes que se relacionam de maneira muito estreita, o atendimento ao cliente e os dias de inventário em mãos. O indicador de atendimento ao cliente do mercado de reposição em menos de 48 horas e o indicador de dias de inventário são complementares. Existe uma tendência natural de associar a

melhora do tempo de resposta da fábrica ao aumento de estoques de produtos acabados. No caso da fábrica de embreagens de Mogi Mirim, especificamente, pode-se ver claramente que a melhora no atendimento aos clientes do mercado de reposição veio acompanhada diretamente do aumento dos níveis de estoque. Isso mostra que a empresa, embora estivesse atendendo melhor seus clientes, não havia obtido este resultado com o ganho de agilidade da fábrica. O melhor atendimento havia sido conseguido graças ao aumento dos estoques. Esta análise se faz importante para que fique claro que a relação entre os dois indicadores é relevante para analisar a operação de forma mais abrangente.

Este capítulo apresentou a empresa e alguns componentes importantes do dia a dia da operação, como o ELS e os indicadores de desempenho. Os principais indicadores foram descritos brevemente, e foi apresentada a situação de cada um deles à época do início do desenvolvimento dos projetos de melhoria. O capítulo seguinte versa justamente sobre a situação inicial do fluxo de valor, para que ao final o leitor possa ter, junto com os indicadores apresentados neste capítulo, uma real percepção da situação inicial da empresa antes do desenvolvimento dos projetos de melhoria.

3 SITUAÇÃO INICIAL DO FLUXO DE VALOR

O objetivo do presente capítulo é apresentar ao leitor a situação em que se encontrava o fluxo de valor da empresa em estudo, utilizando-se a ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor.

Serão abordados os fluxos de informação e materiais respectivamente, mostrando os diversos itens que compõem estes fluxos além do leiaute da fábrica.

3.1. O Mapeamento do Estado Atual do Fluxo de Valor

O mapeamento do fluxo de valor de uma empresa pode ser realizado em diferentes níveis, como mostra a Figura 3-1.

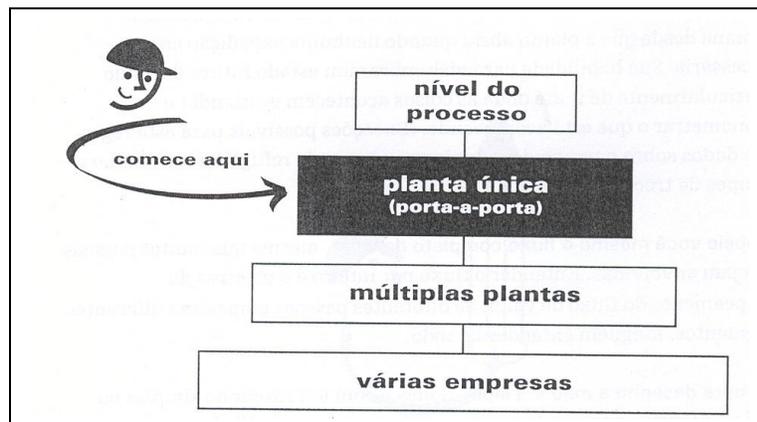


Figura 3-1 - Níveis de Mapeamento (Rother&Shook, 1999)

Neste instante o chamado nível 'porta a porta' é o mais adequado para desenvolvimento do trabalho. Neste nível de mapeamento é possível enxergar o fluxo de valor de forma geral e sem atentar muito aos detalhes de processo.

O mapeamento do estado atual é composto por duas partes: O fluxo de informações e o fluxo de materiais.

O fluxo de informações é desenhado na parte de cima do mapa, e mostra as informações fluindo do cliente para o fornecedor sempre da direita para a esquerda.

De forma oposta temos o fluxo de materiais que flui sempre na parte de baixo do mapa, da esquerda para a direita.



Figura 3-2 - Fluxo de Informação e Materiais (Rother&Shook, 1999)

3.2. O Fluxo de Informações

Neste tópico serão apresentadas as informações recebidas dos clientes, as informações enviadas para os fornecedores, as informações geradas sobre demanda dos clientes, e as geradas sobre programação de produção. Cada um desses itens será abordado em um tópico exclusivo.

Propõe-se que o cliente (ou processo cliente) deva estar sempre no canto superior direito do mapa de fluxo de valor (Rother&Shook, 1999), e que o mapeamento deve ser sempre realizado partindo inicialmente dele, o cliente, até o fornecedor.

Esta é uma estratégia utilizada para que durante todo o processo de mapeamento, o agente da mudança esteja entendendo o processo produtivo, e seu desempenho, em relação ao atendimento das necessidades do cliente. Mas esta estratégia comumente surte mais efeitos quando aplicada ao fluxo de materiais.

Por ser uma indústria fornecedora do primeiro nível (*first tier*) de diversas montadoras, por ter uma quantidade pequena de modelos diferentes de produtos e por não produzir embreagens sob encomenda, a complexidade do fluxo de informações é bem reduzida.

Temos então o seguinte fluxo de informações acontecendo na fábrica da Eaton:

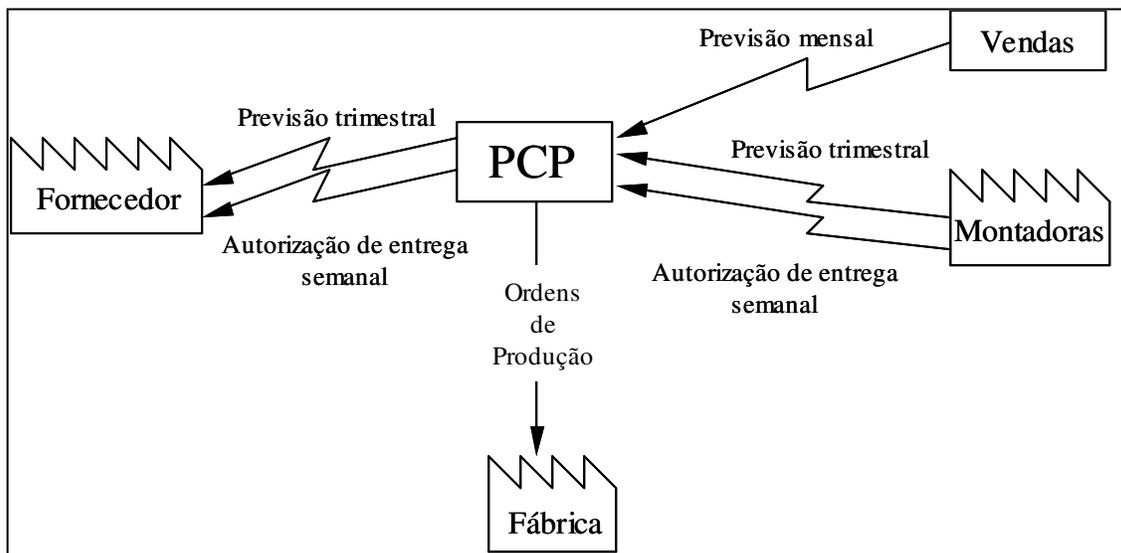


Figura 3-3 – Representação do Fluxo de Informações

3.2.1. Informações do Cliente

São três as informações sobre os clientes recebidas pela fábrica:

- *Previsão de demanda:* O cliente, baseado em análises de mercado e de vendas, elabora um documento com a quantidade de peças que ele espera consumir nos

próximos 3 meses. Este documento é atualizado e enviado mensalmente ao fornecedor para que este possa gerenciar seu sistema produtivo da melhor forma possível para atender ao cliente.

- *Autorização de entrega*: É um documento que autoriza o fornecedor a enviar ao cliente uma certa quantidade de peças. Essa quantidade pode ser a prevista em '*Previsão de demanda*' ou não. Neste caso, freqüentemente, a quantidade de peças discriminada em '*Autorização de entrega*' era a mesma da prevista em '*Previsão de vendas*'.
- *Previsão de vendas na reposição*: É um documento elaborado mensalmente pelo departamento de vendas da empresa onde, baseado no histórico de vendas passadas e no comportamento atual do mercado, é feita uma previsão de vendas no mercado de reposição para o mês corrente. Este documento é enviado à fábrica no início do mês ou, eventualmente, alguns dias antes do final do mês.

No início do processo de mudança, a fábrica ainda baseava toda a sua programação de produção nas previsões de demanda das montadoras e na previsão de demanda do mercado de reposição. Mas dois problemas se apresentavam:

- Algumas vezes o programa da montadora sofria uma alteração, para mais ou para menos, de última hora. A '*Autorização de entrega*' não confirmava a '*Previsão de demanda*'.
- A '*Previsão de demanda da reposição*' geralmente indicava um número muito diferente em relação às vendas reais no mercado de reposição daquele mês. Neste caso também acontecia o erro tanto a mais quanto a menos do previsto.

Como consequência, programação e controle da produção era comumente comprometida, e o atendimento dos pedidos dos clientes no tempo estabelecido se tornava inviável.

3.2.2. Informações para os Fornecedores

A fábrica recebia previsões de demanda do mercado para realizar sua programação de produção e gerar a necessidade de compra de materiais através de um sistema convencional de MRP. Assim também ocorria com os fornecedores. A cada três meses era repassada a eles uma previsão de demanda. A cada semana havia uma autorização de entrega.

Os mesmos problemas que a fábrica possuía quanto à falta de precisão das previsões, os fornecedores possuíam também. Mas de forma mais acentuada. Em geral, os fornecedores do início da cadeia de suprimentos sentem de forma mais significativa as variações de demanda que ocorrem no fim da cadeia. Este fenômeno é chamado de *'Efeito chicote'* da cadeia de suprimentos (Lee, Padmanabhan & Whang, 1997), e já foi amplamente estudado.

Abaixo é apresentado um exemplo do efeito chicote em uma pequena cadeia de suprimentos:

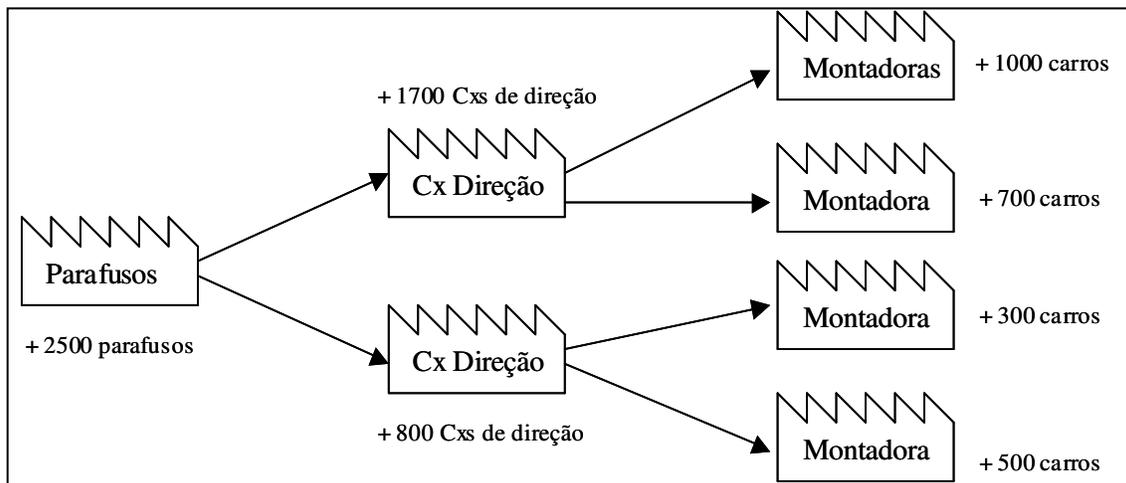


Figura 3-4 - Efeito Chicote

Tem-se então que para uma variação máxima de 1000 carros na montadora, o fabricante de caixas de direção sente uma variação de 1700 peças, e o fornecedor de parafusos para as caixas de direção sente uma variação de 2500 peças.

Ou seja, se a fábrica da Eaton já sentia muita dificuldade com reprogramações de última hora, os fornecedores dela sentiam ainda mais dificuldade de atender aos pedidos. Isso se refletiria no desempenho de entrega aos clientes finais, e em maior quantidade de estoque de segurança ao longo da cadeia de suprimentos (Lee, Padmanabhan & Whang, 1997).

3.2.3. A Demanda do Cliente (Comportamento)

Pode-se classificar em dois tipos os clientes que a Eaton possui:

- Montadoras
- Mercado de reposição

O primeiro fazia pedidos constantes, e suas previsões se confirmavam com frequência. O segundo representava um problema para a fábrica por causa das previsões erradas.

Além da dificuldade de se tentar montar previsões sobre a demanda mensal do mercado de reposição, a distribuição desta demanda durante o mês também se revelou um problema. Tem-se a seguir a distribuição da demanda semana a semana dos 12 meses do ano de 2002:

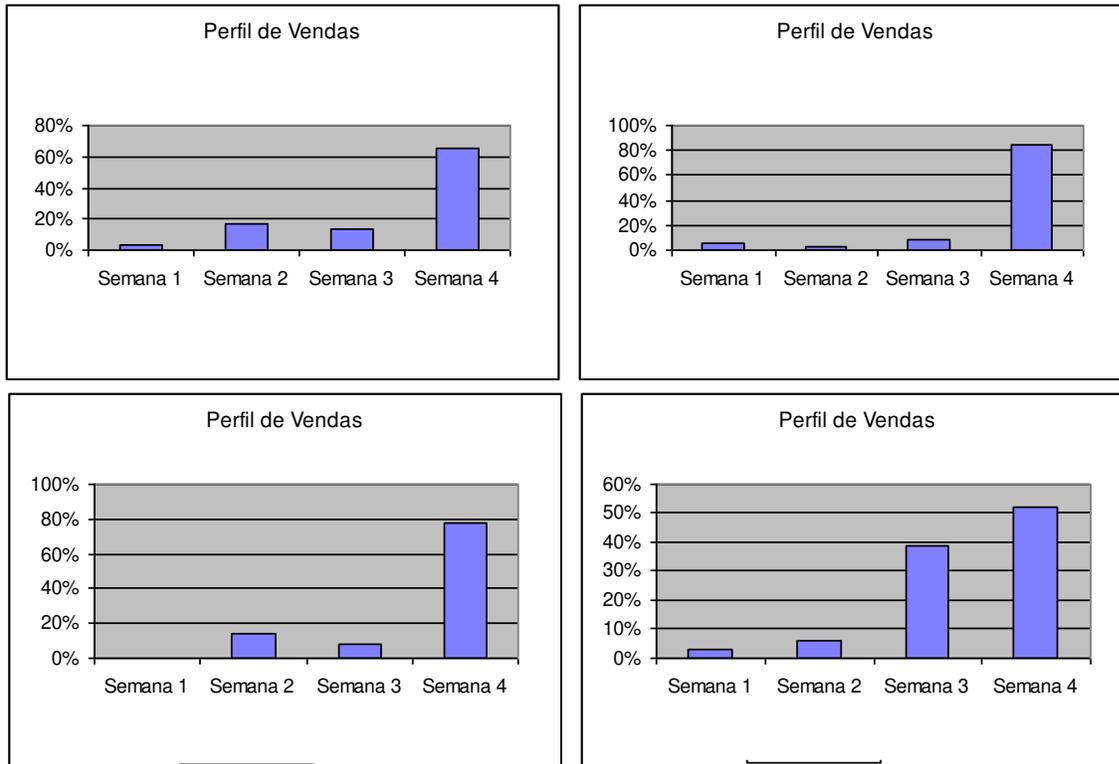


Figura 3-5 - Perfil da Demanda

Vem-se claramente que grande parte da demanda mensal se concentra na última semana do mês. Este fato tem implicação fundamental quanto ao montante de estoque necessário ao bom funcionamento da fábrica e ao atendimento aos clientes. Isso porque a fábrica possuía capacidade instalada suficiente para produção de cerca de 35 por cento da demanda média mensal. Pelos gráficos pode-se ver que em todos os exemplos, a demanda concentrada na última semana foi maior que a capacidade da fábrica de 35%. Sendo assim, a fábrica era obrigada a produzir além da demanda real durante as duas ou três primeiras semanas do mês, estocando este excesso de produção com a perspectiva de conseguir vendê-lo durante a última semana do mês. Dois grandes problemas se apresentavam nesta condição: o primeiro diz respeito ao estoque elevado em grande parte do mês para a fábrica poder atender aos clientes durante o período de maior concentração de pedidos, a última semana. Este estoque acabava por esconder os problemas da fábrica. O segundo grande problema é que trabalhando desta maneira a fábrica não conseguiria

nunca atender aos pedidos dos clientes sem que houvesse sobras de produtos acabados no fim do mês (super-produção), podendo ainda sobrar produtos de um determinado modelo e faltar de um outro, o que era ainda pior.

3.2.4. Programação da Produção

A fábrica trabalhava com o método de produção para abastecimento de estoque, e por isso a programação da produção era feita de acordo com as previsões de venda passadas pelas montadoras e pelos distribuidores. As informações recebidas sobre a previsão de vendas abasteciam o ‘Planejamento Mestre de Recursos’ que automaticamente gerava necessidades de compra baseado também nos estoques de matéria prima da empresa.

Embora o carregamento das máquinas fosse realizado manualmente pelo líder de produção, este recebia do sistema de controle as ordens de produção e as datas previstas para entrega do lote do produto.

Apresentados os componentes do fluxo de informações da planta, parte-se para o entendimento do fluxo de materiais.

3.3. O Fluxo de Materiais

O fluxo de materiais pode ter sua abrangência definida de acordo com nosso objeto de estudo. Pode-se estudar o processo desde a extração do minério de ferro até a entrega do automóvel para o consumidor dentro da concessionária. Ou pode-se estudar apenas o fluxo desde a empresa de mineração até a siderúrgica.

Neste trabalho vamos estudar o fluxo de materiais desde os fornecedores de primeiro nível da empresa até os clientes de primeiro nível da planta, passando pelo operador logístico. Como clientes de primeiro nível tem-se as montadoras de caminhões e os distribuidores de peças de reposição.

Inicia-se o entendimento do fluxo de materiais separadamente. Primeiro se demonstra o fluxo interno da planta. Depois o relacionamento com os fornecedores, o operador logístico, e por último o relacionamento com os clientes.

3.3.1. O Fluxo Interno da Planta

Inicialmente, o fluxo interno de materiais era de difícil entendimento. A fábrica possuía 8 células (células A, B, C, D, E, F, G, H) com 45 equipamentos, dispostos como mostra a Figura 3-6. Das 8 células, 4 realizavam trabalhos de usinagem e as outras 4 realizavam trabalhos de montagem. Tínhamos então:

- Célula A: usinagem de garfos
- Célula B: usinagem de carcaças e chapas intermediárias
- Célula C: usinagem de platô
- Célula D: montagem do disco da embreagem
- Célula E: usinagem de subconjuntos e peças pequenas
- Célula F e G: montagem de embreagens

As linhas vermelhas representam o fluxo ideal, ou projetado, de produção das células de usinagem e montagem de disco. As linhas azuis representam o fluxo ideal, ou projetado, das linhas de montagem de embreagens.

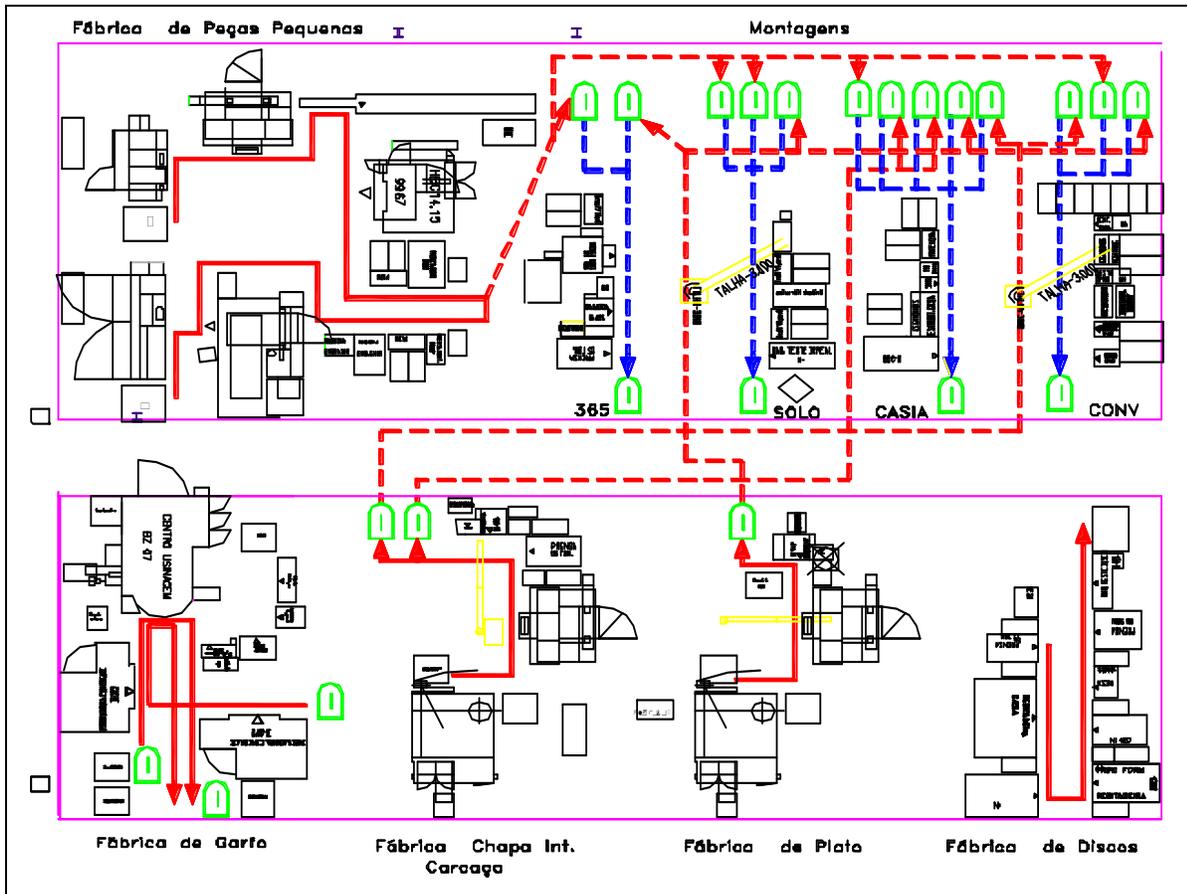


Figura 3-6 - Leiaute Inicial da Fábrica

As inicialmente chamadas células não funcionavam segundo o conceito apresentado por Rother&Harris (2002). A disposição das máquinas na fábrica lembrava um leiaute celular, mas o fluxo não era unitário. Existiam caçambas de peças de entrada e de saída em cada uma das máquinas das células de usinagem, e nas células de montagem existiam carrinhos com várias peças entre as estações de trabalho, como mostrado na Figura 3-7.

Vemos que o leiaute permitia o fluxo, sem a necessidade de estoques intermediários entre as máquinas e estações de trabalho, mas não era isso que acontecia no chão de fábrica. A fábrica havia sido anteriormente projetada para trabalhar com o conceito de células e fluxo unitário, mas estava naquele momento trabalhando com o chamado conceito de *pseudo-células*, com estoques de peças entre cada uma das estações de trabalho.



Figura 3-7 - Estoques Intermediários

Por trabalhar dessa maneira, a fábrica possuía estoques intermediários muito elevados, e a movimentação de caçambas e estrados pela fábrica era intensa. Além disso, o tempo de permanência das peças dentro da fábrica era muito alto, comprometendo o número de giros de estoque por ano da empresa.

A justificativa para que a fábrica não tivesse conseguido migrar do conceito de pseudo-células para o conceito de células era a alta quantidade de paradas para manutenção que as máquinas exigiam.

Neste momento, a manutenção das máquinas, principalmente dos centros de usinagem e máquinas de controle numérico, eram realmente críticos. O tempo médio entre falhas, MTBF (SAE, 1993), era muito reduzido e o tempo médio para reparo, MTTR (SAE, 1993), era muito elevado. O fluxo de materiais era sempre muito comprometido por causa destes problemas em manutenção. Por isso, depois de cada operação crítica, do ponto de vista de disponibilidade de máquina (geralmente dos centros de usinagem), havia um estoque pulmão para garantir a operação subsequente em caso de falha.

3.3.2. O Relacionamento com Fornecedores

O relacionamento da empresa com seus fornecedores era baseado principalmente em informações de sistema e de previsões. As informações chegavam à Eaton, que por sua vez realizava a programação da fábrica e gerava, via sistema, uma programação de compras. Baseado nesta programação de compras os fornecedores se planejavam para entregar material na data prevista e na quantidade estipulada.

Quanto à frequência de entregas, não havia uma diretriz clara para cada fornecedor. O setor de compras tentava estipular, quase empiricamente, que produtos de maior valor deveriam ser entregues à fábrica com maior frequência durante o mês, reduzindo assim o tempo de permanência nos estoques da fábrica. Produtos de menor valor poderiam ter uma frequência de entregas menor.

A maior parte dos itens (cerca de 85%) utilizados na produção das embreagens era de procedência nacional, e chegavam à fábrica por via rodoviária. Mas mesmo com um elevado índice de nacionalização, os itens importados representavam parcela significativa do custo final do produto. Em parte porque estes itens possuíam cotação em dólar americano, e durante o ano de 2002 o valor da moeda norte-americana flutuou em torno de R\$ 3,00, fato que contribuiu significativamente para o aumento do custo de inventário da fábrica. E em outra parte porque muitos dos itens importados, sem similares nacionais, eram de alto valor agregado e estavam entre os mais caros utilizados na embreagem.

Em relação à procedência dos itens importados, eles eram em sua totalidade vindos da Europa ou dos Estados Unidos. E o modal utilizado foi sempre o navio, salvo casos de extrema urgência em que o transporte era feito por avião.

Neste caso, quando o produto era embarcado em seu país de origem, ele já pertencia a Eaton do Brasil. Por causa disso, os estoques de produtos importados eram muito grandes. Além de possuir um valor comparativamente maior que os produtos nacionais por causa da

desvalorização da moeda local frente à moeda de referência utilizada na transação, os produtos importados ainda ficavam algumas semanas estocados dentro do navio. O estoque em trânsito dos produtos de procedência nacional eram desprezíveis. Já os estoques em trânsito dos produtos importados eram significativamente grandes. Ainda mais considerando-se seu valor monetário.

Comparação de Itens Comprados x Demanda - Referente a Custo Unitário (29-02-04)					
Código	Descrição	Imp.	Demanda	PART	PART ACUM
130C30	MOLA MEMBRANA 365mm	x	4000	19%	19%
114C560	REVESTIMENTO ORGANICO VALEO		11000	11%	30%
125495	SUBCONJUNTO CARCACA ESTAMPA		4500	7%	37%
C170C546	Chapa de Pressão 365mm		4500	7%	45%
130C29	MOLA MEMBRANA	x	1200	5%	49%
570945	Rolamento com pista estendi		1800	4%	53%
167C698	Chapa do disco (sem free tr		8000	3%	56%
97-482-6	Rolamento do garfo	x	6200	3%	59%
240C61	PLACA DE ARRASTE		14000	2%	62%
307C006	Mola de amortecimento axial		32000	2%	64%
167C683	PLACA DE ARRASTE		5000	2%	66%
97-482-5	ROLAMENTO DO GARFO	x	5300	2%	68%
C997152	Garfo Fundido		4500	2%	69%
307C005	MOLA DE AMORTECIMENTO AXIAL		27000	2%	71%

Figura 3-8 - Planilha ABC

Na planilha vemos que os 4 itens importados de maior valor , assinalados com um ‘X’, somam 29% de participação no volume de comprado para a necessidade de um mês de produção. É importante ressaltar que esta planilha possui mais de 150 itens cadastrados e organizados, e a Figura 3-8 é apenas uma parte da planilha original.

3.3.3. O Operador Logístico

Como já dito anteriormente, a divisão embreagens da Eaton possui dois tipos principais de clientes: as montadoras e o mercado de reposição. Em geral as montadoras possuem suas próprias transportadoras que recolhem a mercadoria nos fornecedores ou em pontos de consolidação de carga. Esse tipo de operação era realizada uma vez por semana, salvo casos de

emergência ou aumento imprevisto da demanda, quando então a fábrica entregava mais vezes durante a semana.

O processo de fornecimento para as montadoras era bem simples, e todos conheciam o seu funcionamento. A mesma coisa não acontecia com o processo de fornecimento para o mercado de reposição, pois todo o processo de transporte, consolidação de carga e distribuição era realizado por um operador logístico situado na cidade de Campinas.

O operador logístico foi, inicialmente, contratado para fornecer serviços de armazenagem, controle de estoques e expedição para a Eaton divisão transmissões, situada em Valinhos. A divisão transmissões produz uma quantidade muito grande de itens diferentes, e o mercado de reposição de transmissões, diferentemente do mercado de reposição de embreagens, pode consumir grande parte dos itens de uma transmissão de forma separada. Ou seja, cada anel, cada engrenagem, cada elemento pertencente à transmissão deve estar disponível separadamente para o mercado de reposição. Isso não acontece com embreagens. O conjunto da embreagem é muito robusto, e quando eventualmente algum item apresenta falha, toda a embreagem é trocada.

Por causa desta necessidade de gerenciar uma grande quantidade de itens de reposição e pela falta de espaço físico para abrigar as operações, a Eaton Transmissões terceirizou estas atividades. Mas a Eaton Embreagens, embora tivesse menos problemas com os itens de reposição, possuía uma enorme dificuldade quanto ao armazenamento de materiais dentro da fábrica. Com o crescimento da demanda, a fábrica ficou pequena, e não havia mais espaço para abrigar peças. A fábrica de embreagens passou então a utilizar também os serviços do mesmo operador logístico da fábrica de transmissões.

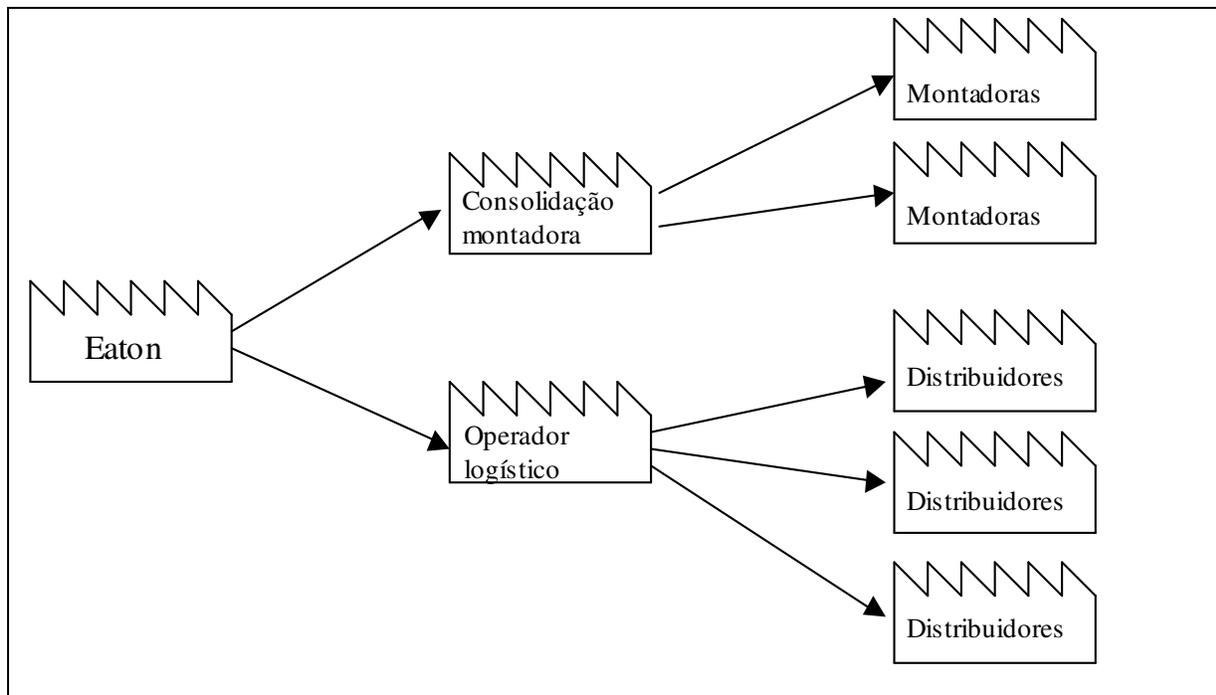


Figura 3-9 - Fluxo de Materiais para o Cliente

O Fluxo de materiais após a produção pode ser descrito como mostra a Figura 3-9. Nota-se que os processos dentro do operador logístico ainda não estavam muito detalhado, e não eram de todo conhecidos.

3.4. Considerações Finais

Este capítulo apresentou a situação inicial do fluxo de valor contemplando aspectos básicos do Mapeamento de Fluxo de Valor e mais profundamente os aspectos do fluxo de informações e materiais. O próximo capítulo traz uma revisão bibliográfica mais profunda dos itens que compõem, mais adiante, o eixo principal do trabalho.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo é apresentada uma revisão da literatura disponível sobre as principais ferramentas de melhoria utilizadas durante o trabalho. Cada um dos tópicos é tratado de maneira distinta e separada, mostrando ao leitor as particularidades pertinentes a cada uma das ferramentas.

Existe disponível uma quantidade razoável de literatura acadêmica sobre o Sistema Toyota de Produção, porém sua que origem é o chão de fábrica (Shingo, 1989).

Depois de um longo tempo de maturação dentro da fábrica, as ferramentas do STP passaram a ser estudadas e analisadas academicamente. Portanto, nunca existiu a forma certa, ou melhor, ou exata, de se implementar uma dessas ferramentas. Existia apenas a forma como a Toyota havia implementado, a visão da Toyota sobre a ferramenta.

Tanto é assim, que se pode encontrar abordagens diferentes entre autores que escrevem sobre um mesmo tema. Por este motivo o capítulo trata dos autores considerados *clássicos*, e não é dada importância às pequenas diferenças de interpretação existentes sobre cada tópico.

Cada ferramenta é analisada e descrita de forma separada. Mais adiante será apresentada a maneira como estas ferramentas foram utilizadas de forma integrada e sinérgica durante a execução do trabalho na fábrica.

4.1. Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta que tem por objetivo descrever operações, fluxos e processos de forma padronizada e universal, para que qualquer pessoa possa entender o fluxo mesmo sem conhecer os processos e as operações da empresa.

Segundo Rother & Shook (1999), o MFV é utilizado para que o fluxo de valor possa ser enxergado e entendido como um todo. Não basta conhecer o processo, é preciso entender como os processos se relacionam, e como o sistema trabalha para atender as necessidades dos clientes. O MFV permite obter uma visão sistêmica do fluxo de valor, e conseqüentemente acaba por oferecer uma visão mais clara de onde estão localizados os desperdícios.

A ferramenta utiliza ícones padrão como forma de representação gráfica e de comunicação universal. Por representarem uma idéia completa, os ícones são uma excelente forma de comunicação entre os diferentes níveis de uma empresa, permitindo que todos, independentemente do nível educacional, possam entender e descrever o fluxo de valor de maneira rápida e eficiente.

Mas apenas descrever o fluxo de valor não basta. Não há resultados de melhoria. O mapa de fluxo de valor realmente encontra sua função no processo de melhoria quando é aplicado de forma cíclica, e seguindo a seguinte ordem:

1. Mapeamento do estado atual: é a fotografia momentânea do processo produtivo, ou do fluxo de valor. A função do mapeamento do estado atual é prover os envolvidos no processo de melhoria de uma visão global do fluxo, e de informações relevantes do processo.
2. Identificação dos desperdícios no fluxo de valor: é o momento em que são encontrados os grandes desperdícios do fluxo de valor, e são também levantadas as oportunidades de melhoria do processo.
3. Mapeamento do estado futuro: é como gostaríamos que o fluxo de valor esteja no futuro. É o estado que gostaríamos que o fluxo de valor atingisse.
4. Plano de ações: é a formalização das atividades que deveremos realizar a fim de se atingir o estado futuro.

É desta forma que a ferramenta é usualmente utilizada como direcionadora de processos de melhoria contínua, sendo o suporte para que o fluxo seja entendido de uma forma global e sistêmica, e que os desperdícios presentes no fluxo de valor fiquem mais evidentes.

O mapeamento do fluxo de valor de uma empresa pode ser aplicado em diferentes níveis (*Rother&Shook, 1999*). São eles:

- Nível Processo
- Planta Única (Porta a Porta)
- Várias Plantas
- Entre Empresas

O mapeamento do fluxo de valor pode ser realizado em cada um dos níveis descritos acima, de acordo com as necessidades da empresa. Há momentos em que pode ser necessário o mapeamento do processo, para identificarmos desperdícios na menor escala do fluxo de valor. Há momentos que exigem o mapeamento de relacionamento entre plantas, onde podemos encontrar outros tipos de desperdícios, na maior escala do fluxo de valor.

4.2. 5S

O conceito de 5S apareceu no Japão há muito tempo e é considerado um dos pilares do modelo conceitual da casa do Sistema Toyota de Produção. Cada um dos 5Ss representam as iniciais de cinco palavras japonesas. São elas:

- **Seiri:** (Senso de seleção): Passo inicial do 5S que consiste basicamente em eliminar do local de trabalho tudo que é desnecessário, tomando o devido cuidado para que não seja jogado fora nada que possa ter utilidade a alguém. Os maiores ganhos da aplicação do senso de seleção são:
 - Ganho de espaço

- Facilidade de limpeza e manutenção
 - Redução de custos
 - Disposição mental para a qualidade

- **Seiton:** (Senso de ordenação): Depois da Seleção de ferramentas e materiais no local de trabalho, há a necessidade de ordenação dos itens. Deve ser determinado um local adequado para cada item de modo que, ao se necessitar deste item, não seja necessário perder tempo procurando-o. O Senso de Ordenação é, em suma, guardar os objetos de forma a facilitar sua localização e uso. Os itens de utilização mais freqüente devem estar em local de rápido alcance, enquanto que os itens de uso menos freqüente podem estar guardados em locais menos acessíveis, e onde não atrapalhem o trabalho rotineiro. Os principais ganhos provenientes da realização deste senso são:
 - Melhor disposição de móveis e equipamentos
 - Maior segurança
 - Facilidade de limpeza e manutenção
 - Redução de movimentação e desperdício de tempo
 - Melhor aproveitamento de espaço

- **Seiso:** (Senso de limpeza): O Senso de Limpeza possui dois importantes aspectos. O primeiro deles diz respeito à limpeza do ambiente físico de trabalho. O outro aspecto também importante diz respeito ao relacionamento pessoal, à transparência de intenções, e o respeito ao próximo. O senso de limpeza objetiva um ambiente de trabalho limpo, saudável, e com relacionamento pessoal mais aberto possível, criando condições de trabalho em equipe. Os maiores ganhos são:
 - Ambiente agradável e saudável
 - Melhor resultado do trabalho
 - Melhoria no relacionamento interpessoal e do trabalho em equipe
 - Redução dos desperdícios

- **Seiketsu:** (Senso de padronização): O Senso de Padronização visa manter os três primeiros S (seleção, ordenação, limpeza). Padrões visuais e de sinalização por cores, além da higiene, saúde e segurança, também fazem parte deste Senso, que também pode ser traduzido como Senso de Saúde ou Higiene. Um dos grandes objetivos deste senso é fazer com que as anomalias saltem aos olhos devido ao processo de padronização. A padronização busca criar o “Estado de Limpeza”. Não basta estar limpo, tem que parecer limpo. Os principais ganhos são:
 - Ambiente de trabalho saudável e seguro
 - Redução de movimentos e desperdícios
 - Definição do padrão ideal de trabalho
 - Ambiente menos tenso
 - Controle visual
- **Shitsuke:** (Senso de autodisciplina): O Senso de Autodisciplina visa manter todos os outros Ss através da prática e da disciplina. Os outros sentidos são trabalhados à exaustão. É o Senso da cultura, que transforma os outros Ss em parte das atividades corriqueiras do dia-a-dia do ambiente de trabalho e da vida dos funcionários.

O 5S ganha muita importância principalmente em projetos que incluem grandes mudanças culturais. O ambiente de trabalho limpo e organizado colabora em muito para que os operadores se sintam mais satisfeitos e o trabalho torna-se mais produtivo. O absenteísmo cai, e a motivação aumenta.

Segundo OSADA (1992), *“Por melhor que seja o gráfico de supervisão preparado em uma indústria, se os painéis de operação das máquinas estiverem sujos ou o chão da fábrica desorganizado e as máquinas cheias de graxa e poeira, sem demonstrar o menor sinal de manutenção recente, é impossível manter a qualidade da produção por muito tempo e a durabilidade do equipamento”*

A organização e principalmente a limpeza são fundamentais também para o sistema de manutenção das máquinas.

4.3. Manutenção Produtiva Total

Em um sistema enxuto de produção a disponibilidade de máquina é fator de fundamental importância para a redução ou eliminação dos desperdícios presentes no fluxo de valor. Associado à disponibilidade das máquinas, pode-se citar os desperdícios da espera, do estoque, qualidade e superprodução. Todos são decorrentes, de uma forma ou de outra, da falta de disponibilidade das máquinas.

Assim, os sistemas de manutenção dos equipamentos ganham importância fundamental para a implementação com sucesso do Sistema Toyota de Produção em qualquer tipo de fábrica. Tanto é assim, que a Manutenção Produtiva Total é um dos elementos da base da casa da STP.

As máquinas e equipamentos de uma instalação industrial sofrem um desgaste natural com o seu uso. Por isso é muito comum que as máquinas, depois de algum tempo de funcionamento, apresentem defeitos e falhas. E este tipo de ocorrência ocasiona a parada inesperada na operação, repercutindo de forma negativa na programação e controle da produção, já que para evitar maiores problemas de atendimento aos clientes, são criados estoques pulmão em posições onde eles não seriam necessários caso a máquina não apresentasse falhas inesperadas.

A função do MPT é fazer com que este tipo de parada, inesperada, não mais aconteça. Ou então, que aconteça com menor frequência. Para isso, o método padrão de manutenção, a manutenção corretiva, perde força. E ganham força os métodos de manutenção preventiva, manutenção preditiva e autônoma descritos a seguir (Kardec & Ribeiro, 2002):

- **Manutenção Preventiva:** É o tipo de manutenção que ocorre antes mesmo da máquina parar. Baseado no histórico de apresentação de falhas do equipamento,

definem-se a vida útil de alguns componentes, e estes são trocados antes que a falha se apresente. Desde modo, a equipe da fábrica pode se programar para fazer a parada para a troca do componente que está se aproximando do limite de sua vida útil. O problema deste tipo de estratégia é que pode ocorrer uma substituição prematura do componente caso a frequência de troca não coincida com sua vida útil, o que geralmente ocorre, causando desperdícios (Contador, 1998). Como os elementos são trocados antes de haver a falha, corre-se o risco de estar trocando um componente que ainda teria uma vida útil longa. Este método de manutenção previne contra as paradas inesperadas.

- **Manutenção Preditiva:** Diferentemente da manutenção preventiva, esta estratégia de manutenção não recorre a dados históricos da vida do elemento, e sim a indícios físicos de que a vida útil dele chegou ao fim. Isso é possível com a utilização de estudos mais aprofundados de cada um dos elementos de desgaste das máquinas. Existem várias maneiras de controlar elementos de máquinas e prever quando a vida útil chegou ao fim. O controle de vibrações, de temperatura, e de ruído estão entre os mais comumente utilizados. A grande vantagem deste método sobre a manutenção preventiva é que as peças e elementos de desgaste são trocados somente quando existe a real necessidade (Camara, 2001). A vida útil da peça é mais bem aproveitada, e os custos com manutenção tendem a cair no longo prazo. A desvantagem é que os sistemas de controle geralmente custam mais caro que as peças de reposição que eles estão controlando.
- **Manutenção Autônoma:** O sistema de manutenção autônoma é realizado pelo próprio operador da máquina, que se torna o principal responsável pelo seu bom funcionamento, adquirindo domínio sobre o equipamento, prevendo defeitos e falhas (Kardec&Ribeiro, 2002). Listas de verificação de pontos críticos das máquinas são elaboradas, e a frequência com que esses itens devem ser inspecionados é definida e colocada junto às máquinas. Os operadores então verificam, no início da jornada de trabalho, cada um dos itens da lista de

verificação. Caso encontrem algum problema mais sério, a equipe de manutenção é acionada. Pequenos problemas são responsabilidade do próprio operador da máquina, que deve estar treinado para resolvê-los. Estudos comprovam que grande parte dos problemas de máquinas são causados por falta de lubrificação, ou lubrificação incorreta. Assim sendo, o primeiro passo de grande parte dos programas de manutenção autônoma é a elaboração de procedimentos de lubrificação e de controle do lubrificante. A grande vantagem deste tipo de estratégia de manutenção é o seu baixo custo e o seu elevado nível de benefício.

4.4. Troca Rápida de Ferramenta

A troca rápida de ferramenta é um outro item da base da casa do STP que, embora não compartilhe o primeiro nível junto com o 5S e o MPT, é tão importante quanto os dois últimos para o combate ao desperdício presente no fluxo de valor.

A TRF é uma técnica que ganhou muita importância logo no início do processo de combate ao desperdício, iniciado depois da segunda guerra mundial na Toyota. O sistema de troca rápida foi desenvolvido e implementado com muito sucesso na empresa japonesa por Shigeo Shingo, e é elemento chave para reduzir o tamanho dos lotes de produção, criar células de produção e aumentar produtividade. É ferramenta indispensável para as indústrias que, não podendo criar linhas de produção dedicadas a um único produto, necessitam compartilhar o mesmo recurso para diversas linhas de produtos diferentes.

Shingo (1995) propõe que as atividades de troca de ferramentas possam ser divididas em:

- **Atividades Internas:** São todas as atividades componentes da troca de ferramentas que devem ser realizadas obrigatoriamente com a máquina fora de funcionamento. Como exemplo temos a troca de dispositivos de fixação e ferramentas de um torno.

- **Atividades Externas:** São todas as atividades componentes da troca de ferramentas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Como exemplo temos a busca dos dispositivos do torno no armário de ferramentas da máquina.

Shingo também propõe uma metodologia para a redução do tempo de troca de ferramenta, que é, de forma simplificada, o seguinte:

- **Separação das Atividades Internas e Externas:** Todas as atividades devem ser separadas de acordo com a possibilidade de serem realizadas com a máquina parada ou com a máquina em funcionamento. Atividades que exigem máquina parada são classificadas como internas. Atividades que não exigem máquina parada são classificadas como externas.
- **Redução do Tempo das Atividades Externas:** As atividades externas podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, portanto não há a necessidade de o operador parar o trabalho para realizar esse tipo de operação. Uma outra pessoa pode auxiliar o operador da máquina neste momento. Enquanto as atividades externas estão sendo executadas pelo auxiliar, a máquina continua produzindo.
- **Transformação de Atividades Internas em Externas:** Sempre que possível tentar transformar atividades internas em externas para que o tempo de trabalho da máquina seja maximizado, e o tempo de parada para o processo de troca de ferramenta seja minimizado.
- **Redução do Tempo das Atividades Internas:** Depois de cumpridas todas as etapas anteriores, os esforços devem ser direcionados para a redução do tempo das atividades internas. Esta fase costuma ser a mais custosa, e em muitos casos ela não chega a ser implementada. A relação de custo benefício não a favorece. Em geral, os ganhos de tempo são muito pequenos em relação a quantidade de investimento necessária para alcançá-los.

Seguindo esta metodologia, Shingo diz que a maioria das trocas de ferramentas pode ser realizada em menos de dez minutos. É o que foi batizado de ‘Troca de Ferramenta em 1 Dígito de Minuto’ (Shingo, 1985).

4.5. Sistemas à Prova de Erros

Os sistemas à prova de erros são conhecidos também pelo seu nome em japonês “Poka Yoke”. Em geral são dispositivos simples e de baixo custo para utilização na linha de produção, durante o processo de fabricação.

A grande vantagem deste tipo de sistema é que cem por cento das peças são inspecionadas, e nenhuma peça com defeito passa à operação posterior (Shingo, 1991). Com isso não se corre o risco de um erro causado logo na primeira etapa do processo seja descoberto apenas na montagem final, quando, então, todo o lote já estará comprometido.

Todas as embreagens produzidas na Eaton possuem características chaves e características de acoplamento especificadas em projeto. O nível 1 do guia de avaliação para o item de sistemas à prova de erros é a inexistência de sistemas desta natureza. O nível 5 corresponde à situação em que a fábrica está equipada com sistemas poka yoke para todas as características chaves e de acoplamento, para todos os códigos de embreagens ativos.

4.6. Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo de produção permite a eliminação de vários tipos de desperdício, tais como estoques intermediários, espera, superprodução, qualidade, movimentação e transporte.

Henry Ford foi um dos pioneiros no desenvolvimento de fluxo contínuo nas fábricas e linhas de montagem. Segundo Stanganelli (1995), um automóvel *Ford* poderia percorrer toda a cadeia de produção, do minério de ferro até o distribuidor, em menos de 4 dias. E isso só foi possível por causa do fluxo de produção que a Ford havia conseguido.

O fluxo de materiais dentro da planta é geralmente determinado pela forma como as máquinas estão arranjadas e dispostas no chão de fábrica. E este tipo de arranjo das máquinas, chamado também de leiaute, é o principal fator de definição do fluxo de materiais, e por isso é necessário apresentar cada um deles nesta seção. São eles:

- ***Funcional:*** Neste tipo de arranjo, as máquinas estão dispostas e agrupadas de acordo com sua função. Geralmente, cada uma das máquinas possui uma caçamba com peças esperando para serem trabalhadas, e outra caçamba com peças que já foram processadas. O fluxo de produção do produto não é sempre necessariamente o mesmo. E freqüentemente acontece que uma determinada operação pode ser realizada em qualquer das máquinas que formam o grupo funcional. Assim, muitas vezes temos que dois lotes do mesmo produto percorrem caminhos diferentes dentro da fábrica. Nota-se também, muitas vezes, que cada uma das máquinas possui um operador dedicado. Os conceitos de automação ainda não estão desenvolvidos. Este tipo de leiaute otimiza a ocupação das máquinas, gera mais estoques intermediários, aumenta o tempo de atravessamento, gera mais transporte e também maiores perdas por qualidade devido ao tamanho do lote. A Figura 4-1 ilustra um leiaute funcional.

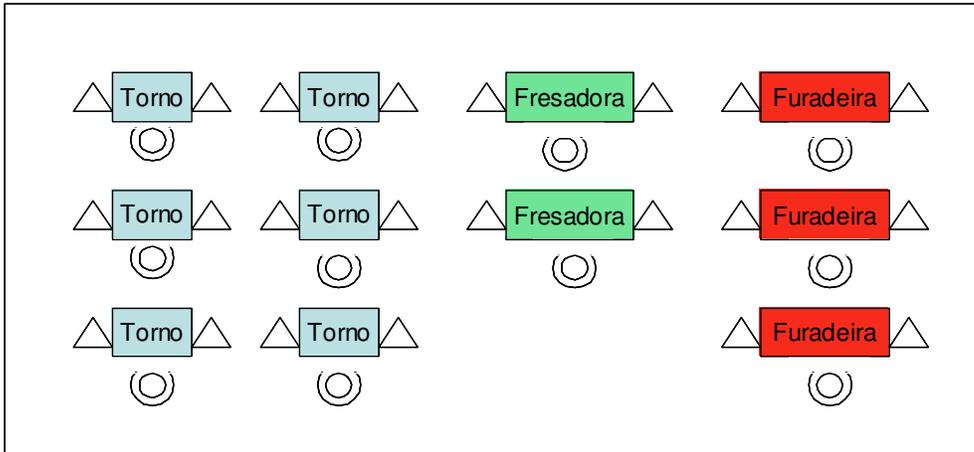


Figura 4-1 - Representação Esquemática de Leiaute Funcional

- Pseudo-Células:** Este é o tipo de arranjo que precede a formação de células de produção. As máquinas não mais estão agrupadas de acordo com sua função, mas sim de acordo com a necessidade do produto, ou da família de produtos. Ainda continuam existindo os estoques intermediários, como mostra a Figura 4-2, embora sejam reduzidos se comparados aos estoques produzidos pelo leiaute funcional. Da mesma forma o tempo de atravessamento e os problemas de qualidade também são reduzidos, mas de forma não muito significativa. Temos ainda a necessidade de um operador dedicado a operar uma única máquina.

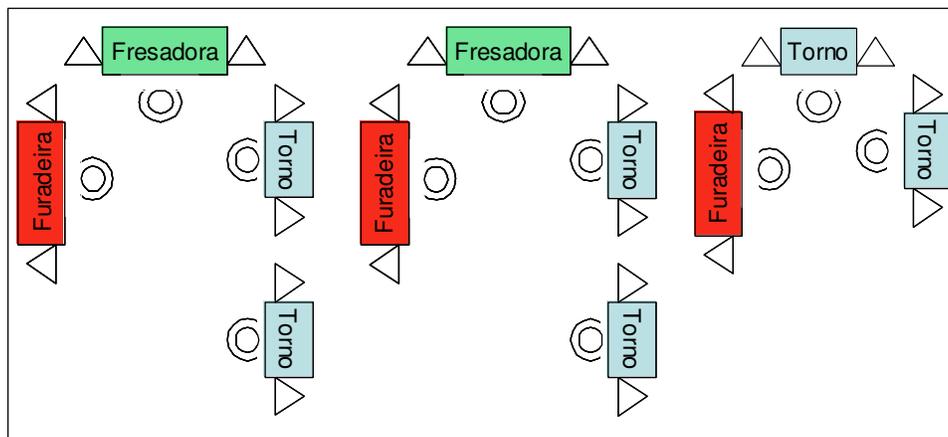


Figura 4-2 - Representação Esquemática do Leiaute de Pseudo-Células

- Células:** As células de produção são arranjos que permitem a minimização do transporte de peças, de movimentação do operador e de problemas de qualidade. O arranjo é muito parecido com as pseudo células, mas os estoques intermediários são reduzidos, e as máquinas ficam mais próximas uma das outras. Geralmente é utilizada a formação em “U”, que minimiza a área física e a movimentação do operador como mostra a Figura 4-3. Um único operador pode cuidar de mais de uma máquina. Além da otimização da ocupação da máquina, o foco da racionalização passa a ser também a otimização da ocupação do homem.

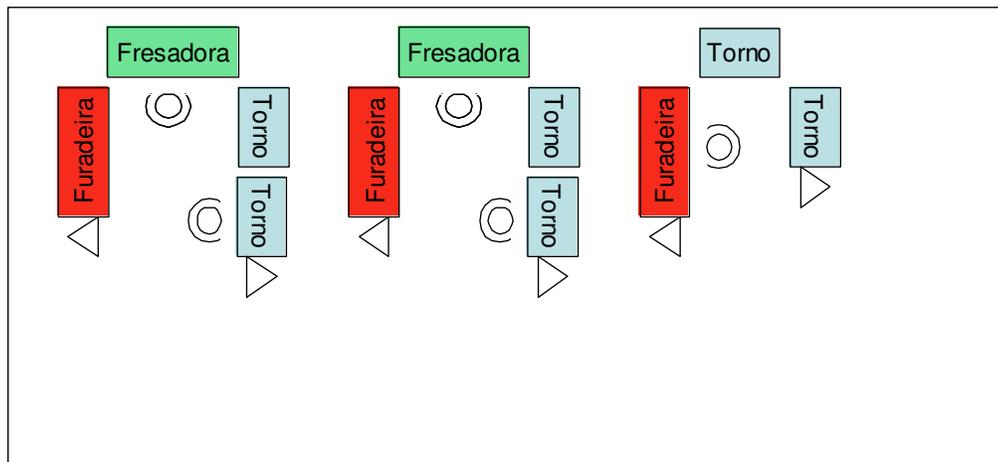


Figura 4-3 - Representação Esquemática de Layout Celular

A linha de produção criada por Ford foi a primeira grande experiência da indústria com relação ao fluxo contínuo. Segundo Stanganelli (1995), o tempo necessário para que o minério de ferro se transformasse em aço, fosse conformado, montado, pintado e entregue em forma de automóvel em algum distribuidor Ford era de 4 dias.

A pergunta que imediatamente aparece é: “Porque atualmente a Ford não consegue produzir um carro em menos de 4 dias, se ela já o fazia há mais de 70 anos atrás?”. E a resposta é: Há 70 setenta anos a Ford produzia apenas um modelo de carro, em uma única cor, sem opcionais. Atualmente são vários modelos diferentes, disponíveis em inúmeras combinações de cores e acessórios.

A necessidade de produção de modelos diferentes veio depois que a General Motors, para enfrentar os baixos preços conseguidos pela altíssima escala da Ford, adotou a estratégia de lançar diferentes modelos para atender a segmentos específicos de mercado. E assim, mesmo custando mais caro que os carros Ford, a GM começou a vender mais e em pouco tempo ultrapassou a concorrente em volume de produção e lucros. Após a segunda guerra mundial, os fabricantes japoneses de automóveis adotaram a mesma estratégia da GM, e passaram a lançar novos modelos com muita rapidez. Isso representou um grande problema para as montadoras, e um outro maior ainda para seus fornecedores, em relação aos métodos de produção. O grande volume de um único modelo foi trocado por pequenos volumes de muito modelos. E como produzir tantos modelos diferentes em uma única fábrica?

As montadoras se adaptaram à nova realidade, e hoje com a padronização dos chassis e o aumento da flexibilidade nas linhas de montagem elas conseguem seqüenciar a montagem dos carros um a um. Ou seja, os carros entram na linha de montagem de acordo com a ordem de chegada do pedido. Independentemente do modelo ou dos opcionais escolhidos pelos clientes (Ford Camaçari).

O grande problema fica por conta da operação dos fornecedores. Eles usualmente não conseguem produzir em fluxo por causa dos baixos volumes encomendados pelas montadoras, e porque esses modelos tendem a ter vida cada vez mais curta. A estratégia adotada por grande parte deles foi a de otimizar a utilização do recurso máquina em detrimento da velocidade e do fluxo. As máquinas então são considerados elementos isolados do processo. Cada máquina realiza sua operação independente do que as outras máquinas estão produzindo. Assim houve minimização dos prejuízos causados por quebras e paradas inesperadas de máquina e de problemas com trocas de ferramentas. Isso gera estoques.

A alta variedade de modelos trouxe também a necessidade de realizar mais trocas de ferramentas. Uma mesma máquina passou a produzir várias peças diferentes. Mais uma vez preferiu-se otimizar a ocupação do recurso máquina, e para reduzir a necessidade de realização

de trocas de ferramentas, o tamanho do lote de produção tornou-se maior que a necessidade momentânea. Os estoques ficaram ainda mais evidentes.

4.7. O Sistema Puxado

O sistema puxado é a ferramenta de maior exposição do STP. Conhecido também pela palavra japonesa *Kanban*, o sistema puxado virou sinônimo de manufatura enxuta (Shingo, 1989). Mas segundo a própria Toyota, o *Kanban* não é uma das ferramentas básicas do STP. Embora seja um dos pilares da manufatura enxuta, o sistema puxado necessita bases bem formadas com a utilização de outras ferramentas, como mostrado na casa do STP

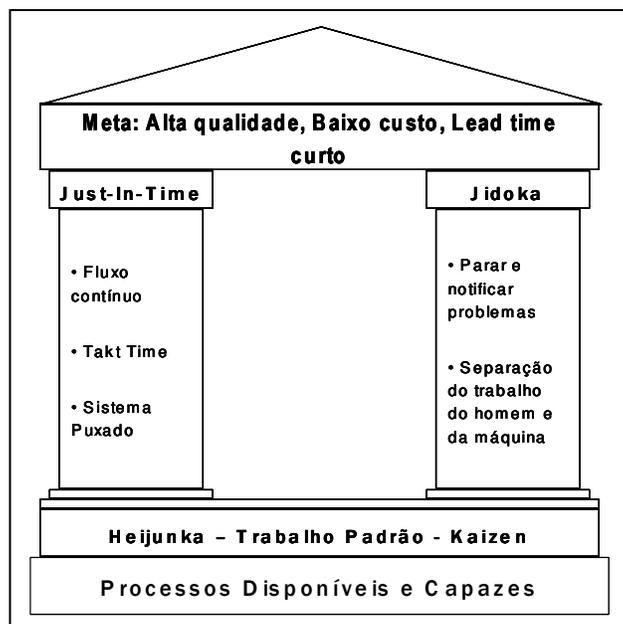


Figura 4-4 - Casa do Sistema Toyota de Produção

São duas as formas principais de programação da produção:

- **Produção Empurrada:** Otimiza a utilização da máquina. A teoria mais utilizada para controlar um sistema de produção empurrada é a Teoria das Restrições, *TOC (Theory of Constraints)*. Romantizada e popularizada por

Goldrat (1989), a TOC controla e administra o chão de fábrica baseada nos gargalos do sistema produtivo. Os gargalos são, em geral, as máquinas mais lentas do processo de produção e que, por isso mesmo, não podem parar de produzir. Segundo Goldrat, os tempos perdidos nos gargalos não se recuperam mais, e por isso eles devem receber atenção especial. Usualmente são criados estoques pulmão antes das máquinas gargalo para que elas não parem de produzir pela falta de peças provenientes dos processos anteriores em decorrência de quaisquer problemas. A utilização das máquinas é maximizada, mas o estoque em processo é grande.

- ***Produção Puxada:*** Este sistema foi criado como alternativa para a redução dos desperdícios nas fábricas do Japão após a Segunda Guerra Mundial. O sistema empurrado além de utilizar recursos financeiros elevados para manutenção dos estoques pulmão, ele também torna a programação da produção complicada e demorada demais. O sistema de produção puxada utiliza os *Kanbans* para gerenciar visualmente a produção, facilitando em muito o trabalho de programação da fábrica. Além disso, o sistema também permite que a linha de produção trabalhe com o menor nível possível de estoque, reduzindo os recursos destinados à sua operação.

O ELS entende que o bom sistema de programação e controle da produção deva ser realizado visualmente através de *Kanbans*, e a todo momento em que o fluxo não puder ser assegurado, deve-se ter um supermercado *Kanban* para que possa ser realizada a puxada física. Segundo Womack, “*onde não houver fluxo, você puxa*”.

4.8. O Trabalho Padrão

Os padrões de trabalho começaram a ser estudados mais seriamente por volta de 1850. Frederick Taylor em “Princípios da Administração Científica” apresenta os benefícios do estudo aprofundado do método de trabalho dos operários da época em relação aos ganhos de

produtividade. E estes ganhos estavam intimamente ligados à capacidade física dos operadores, na adequação do posto de trabalho à condição física dos operadores (ergonomia), e na organização do ambiente de trabalho.

Os japoneses padronizaram as operações de suas fábricas de maneira similar à que Taylor havia proposto mais de 50 anos antes, organizando o ambiente de trabalho, atendendo a requisitos de ergonomia e desenvolvendo e padronizando métodos de trabalho. Assim os japoneses ganharam produtividade e qualidade, da mesma forma que Taylor havia feito anos antes nas fábricas dos Estados Unidos.

Atualmente o nível de detalhamento das operações para a elaboração do padrão de trabalho não é tão grande quanto Taylor propunha. Colabora para isso o fato de as fábricas não possuírem tantas operações manuais quanto havia naquele tempo. Além disso, o sistema de produção não permite que os operadores sejam especialistas em uma única operação. Com a elevação dos níveis de automação e o desenvolvimento das máquinas e equipamentos, os operadores tornaram-se responsáveis por uma parte maior do processo de produção realizando movimentos mais simples em maior quantidade de máquinas. Assim, a necessidade de detalhamento profundo da operação, e dos movimentos dos operadores mais especificamente, tornou-se menos relevante.

Por outro lado, o fato de um único operador operar várias máquinas simultaneamente e de geralmente haver dois ou mais operadores controlando a mesma linha de produção fez com que a importância da padronização das atividades do processo, muito mais que a padronização dos movimentos, ganhasse importância para o aumento da produtividade do sistema.

O desenvolvimento do padrão de trabalho tornou-se ferramenta de produtividade, qualidade, e melhoria no STP. Assim, é este um dos pontos avaliados no Sistema de Produção Enxuta da empresa estudada.

4.9. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas as 8 ferramentas de melhoria do ELS, fechando assim toda a primeira parte do trabalho onde foi apresentada a empresa, a situação inicial do fluxo de valor, e os conceitos teóricos de todas as ferramentas utilizadas no Sistema de Produção Enxuta da Eaton.. O trabalho então segue com o capítulo em que é apresentado todo o desenvolvimento da metodologia utilizada para o direcionamento e acompanhamento dos projetos de melhoria realizados na planta.

5 METODOLOGIA UTILIZADA

Neste capítulo é apresentado o modelo metodológico utilizado para a condução do processo de melhoria na empresa. O fato de existir um método formal de trabalho já é, por si só, um grande avanço em relação aos métodos usuais de condução de projetos de melhoria. As ferramentas, em geral, adentram as empresas como modismos temporários e, por essa mesma razão, acabam caindo em descrédito perante os funcionários. Por muitas vezes o modelo da “roleta de ferramentas” é utilizado como método de definição de utilização de ferramentas de suporte. Neste modelo a empresa está munida de uma série de ferramentas de melhoria e desenvolvimento, mas não existe um método de definição, escolha ou priorização da utilização dessas ferramentas. A escolha é baseada na ferramenta da ‘moda’. A Figura 5-1 abaixo ilustra a questão da falta de organização metodológica nos projetos de melhoria.

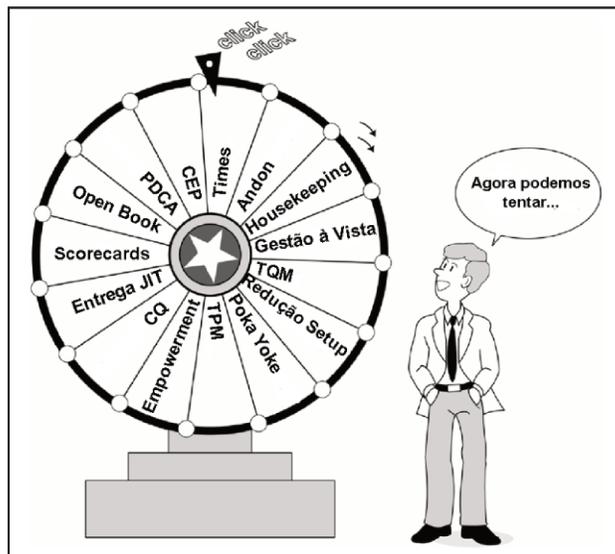


Figura 5-1 - Roleta de Ferramentas

A aplicação e utilização de qualquer destas ferramentas de melhoria, mesmo que de forma desordenada e não criteriosa, é capaz de trazer resultados significativos às organizações. Portanto, a questão fundamental que se apresenta não é a eficácia das ferramentas de melhoria utilizadas pelas empresas em geral, mas sim a forma com que são utilizadas e os critérios definidos para sua utilização. A questão para a qual buscamos uma resposta é: Será que não

existe uma maneira de desenhar um projeto de melhoria, de forma a otimizar os ganhos em relação aos esforços e recursos aplicados?

Este capítulo apresenta o modelo metodológico desenvolvido com o objetivo de otimizar os ganhos de processos de melhoria contínua nas empresas.

A seguir, cada um dos elementos a partir dos quais foi desenvolvido o modelo para o direcionamento dos projetos de melhoria na empresa é comentado. Os elementos possuem forte integração uns com os outros de forma que os elementos são apresentados separadamente e, posteriormente, de forma conjunta, com ênfase no relacionamento e na interação entre eles.

5.1. O Sistema Enxuto da Eaton

O Sistema Enxuto da Eaton talvez seja o componente mais importante dessa metodologia, uma vez que é ele que direciona e suporta o desenvolvimento e a implementação de cada uma das oito ferramentas contempladas por ele. Como já foi visto anteriormente, o Sistema Enxuto da Eaton se assemelha muito a um guia de implementação. Com ele é possível diagnosticar qual o grau de desenvolvimento de determinada ferramenta em uma dada planta ou operação, já que ele nasceu justamente com esta função: a de avaliar a operação em relação ao Sistema Enxuto de Produção. É também um bom guia de implementação por ilustrar de forma simples e direta os diferentes graus de amadurecimento que as ferramentas podem atingir, desde o estágio mais básico até os níveis mais desenvolvidos.

Por ser um sistema de avaliação adotado corporativamente pela empresa, e por ser considerado uma referência muito boa em relação ao entendimento e ao processo de implementação das ferramentas contempladas por ele, o Sistema Enxuto da Eaton é um dos três pilares da metodologia de desenvolvimento proposta por este trabalho.

O que limita a utilização deste Sistema como elemento único de direcionamento de projetos de melhoria é justamente o fato dele não ter a capacidade de priorizar as ações e a

utilização de recursos em função do retorno global para a companhia. Por isso um outro elemento, com função de direcionamento e priorização, vai acompanhar o Sistema Enxuto da Eaton como o segundo pilar da metodologia, o *Balanced Scorecard*.

5.2. O Balanced Scorecard

Os indicadores e métricas do BSC possuem relação direta com os objetivos estratégicos da empresa, e justamente por possuir essa relação direta com os objetivos maiores da organização, eles foram considerados uma forma eficaz de direcionar o projeto de melhoria em relação à priorização de atividades e recursos.

Dessa forma, quando bons resultados são conseguidos nos indicadores operacionais, o reflexo nos indicadores estratégicos da organização é imediato, fazendo do BSC a ferramenta para o controle e acompanhamento do projeto e do retorno frente aos recursos financeiros, operacionais e humanos investidos no desenvolvimento das melhorias.

Os indicadores do BSC estão voltados a quatro diferentes perspectivas do negócio (Kardec & Ribeiro, 2002), embora, segundo Kaplan & Norton (2002), elas devam ser uma referência, e não necessariamente uma regra fixa. Nada garante que estas quatro perspectivas básicas serão suficientes ou necessárias. Há casos de companhias que utilizaram apenas 3 das perspectivas, e há casos que foram utilizadas mais de 5. As quatro básicas são as seguintes:

- Financeira
- Mercado
- Processos Internos
- Aprendizado e Inovação

Não será focado qualquer destas quatro perspectivas em especial, pois foram selecionados apenas os indicadores que sofrem influência direta dos trabalhos de melhoria no chão de fábrica, independente do 'grupo' ao qual pertençam.

Mas ainda que seja uma excelente ferramenta para acompanhamento e controle do projeto, o BSC se mostra um tanto falho em relação à definição e, principalmente, à prospecção de novas oportunidades de melhoria.

Para cobrir esta lacuna, o Mapeamento de Fluxo de Valor foi inserido na metodologia como o terceiro pilar, complementando a abrangência do ELS e do BSC.

5.3. O Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor cumpre papel importante dentro da metodologia proposta, uma vez que é sua a função de enxergar o fluxo de valor, as operações e processos agregadores e não agregadores de valor, e as oportunidades de melhoria presentes no fluxo. Nesta nova forma de enxergar o relacionamento entre os três elementos da metodologia, as oportunidades de melhorias levantadas pelo MFV devem, obrigatoriamente, ter algum tipo de relação com os indicadores de desempenho, caso contrário os esforços despendidos na implementação da melhoria levantada não teriam impacto nos objetivos estratégicos da empresa.

Dessa forma, a metodologia proposta para o desenvolvimento do trabalho está baseada primordialmente em um Mapa de Fluxo de Valor que, em resumo, vai buscar oportunidades de melhoria no fluxo de valor que tenham impacto direto nos elementos do BSC, e por consequência, nos objetivos estratégicos da empresa.

5.4. O Método

De forma direta, temos os três pilares da metodologia se relacionando de forma que o Mapa de Fluxo de Valor concentre esforços somente na busca de oportunidades que possam afetar direta e positivamente os indicadores contemplados no BSC, e que, diante dessas

oportunidades, o ELS passe a atuar como um guia de implementação e desenvolvimento das ferramentas de melhoria definidas como oportunas pelo Mapeamento de Fluxo de Valor, e que causam impacto direto e positivo nos indicadores do BSC.

Na Figura 5-2 temos um diagrama esquemático da proposta de metodologia de desenvolvimento de projetos de melhoria.

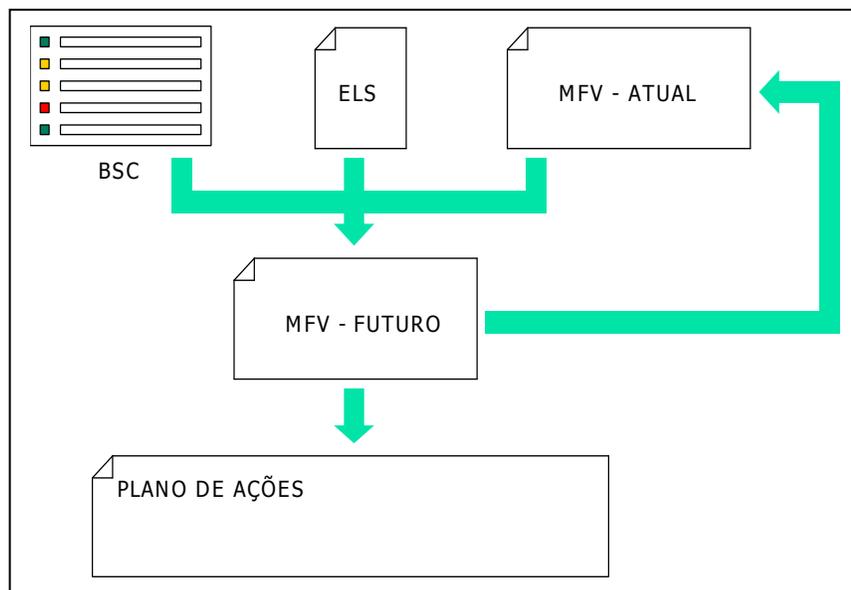


Figura 5-2 - Diagrama Esquemático do Método

O processo de melhoria passa a ser recursivo, lembrando muito um ciclo de melhoria contínua baseado no PDSA, onde a fase de *'Plan'* (planejar) é realizada pelo Mapeamento de Fluxo de Valor, a fase de *'Do'* (implementar) é representada pelo ELS e pelo plano de ações, a fase do *'Study'* (estudar) é realizada pelo BSC, e a fase do *'Act'* (Agir) é comparada ao plano de ação e pela dinâmica do Mapa de Fluxo de Valor. A cada nova rodada, um novo mapa é gerado e novas oportunidades de melhoria são identificadas.

Utilizando esse modelo metodológico não há o risco de despender tempo, esforços e dinheiro em atividades e projetos de melhoria que não vão, absolutamente, render impacto aos objetivos estratégicos da companhia. Com este método consegue-se garantir que cada atividade desenvolvida, cada oportunidade identificada, e cada melhoria realizada possua ligação direta

com os objetivos estratégicos da empresa, e diante disso, o projeto de melhoria não estará sendo direcionado para áreas que não venham a dar retorno à empresa.

A integração dos Indicadores, do Mapeamento e do ELS direcionam fortemente o processo de melhoria uma vez que permitem a utilização das ferramentas do STP para a obtenção de resultados de desempenho operacional significativos, controlados pelos indicadores, e evitam que as ferramentas sejam implementadas pura e simplesmente, sem a preocupação com resultados operacionais sólidos e consistentes.

Podemos notar que o processo de melhoria proposto é bem diferente da “roleta de ferramentas” (Figura 5-3), comentada anteriormente no início do capítulo. O método estruturado e coerente trará projetos de melhoria com resultados mais fortes e consistentes à empresa.

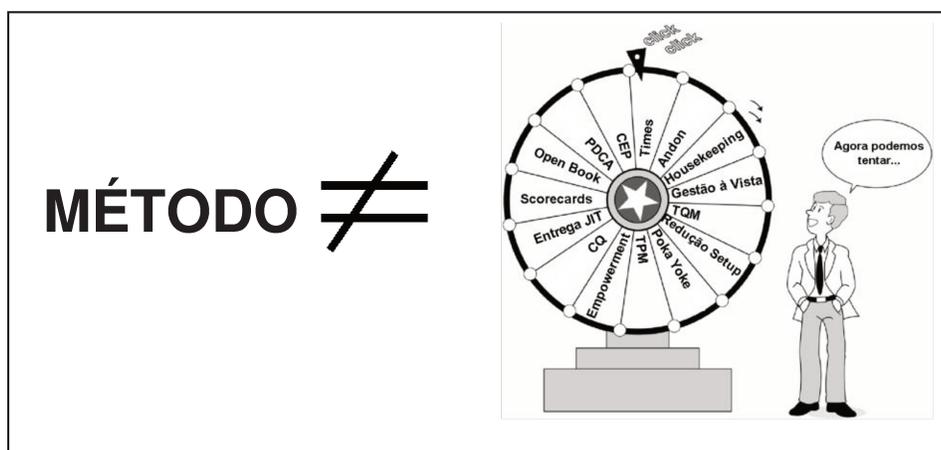


Figura 5-3 - Método vs Roleta de Ferramentas

5.5. Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado o modelo de melhoria proposto por este trabalho. Foi visto que o modelo é composto por três pilares básicos: o Mapeamento de Fluxo de Valor, o Balanced Scorecard, e o Sistema Enxuto da Eaton. Apresentou-se a importância e a aplicação de cada um destes elementos dentro do desenvolvimento de um projeto de melhoria e, ao final, foi mostrado,

através de um diagrama esquemático, como os três elementos se relacionam formando o método a ser verificado na aplicação em projetos de melhoria.

6 APLICAÇÃO

Neste capítulo é apresentado todo o desenvolvimento e implementação das ferramentas de melhoria realizados no chão de fábrica da empresa. Dar-se-á enfoque a uma das famílias de produtos, as embreagens de 365 mm. Este produto é considerado estratégico para a empresa, pois possui um novo projeto, bem diferente do anterior, que vem substituindo o antigo modelo em toda a Europa. Além de apresentar um desempenho melhor em campo, esta nova embreagem possui características construtivas muito favoráveis à manufatura. À época do início dos trabalhos que deram origem a esta dissertação, a embreagem 365 mm era apenas um bom projeto ainda em fase de testes pelas montadoras. Sua participação no mercado ainda era pouco significativa, em ralação ao antigo modelo do produto. Atualmente, as embreagens 365 mm já são as mais vendidas pela empresa, e elas vêm, sistematicamente, conquistando fatias maiores do mercado.

Como já apresentado anteriormente, o Mapeamento de Fluxo de Valor vai ser utilizado como direcionador do projeto de melhoria da empresa tendo como suporte os indicadores de desempenho e o sistema de produção enxuto da empresa.

O início do trabalho se dá com a apresentação do mapa do estado atual e a construção do mapa de estado futuro. O estado futuro, como já discutido, foi elaborado de acordo com as metas corporativas representadas pelos indicadores. Apresentado o mapa futuro, passaremos então à apresentação e discussão da implementação de cada uma das ferramentas utilizadas.

6.1. O Mapeamento do Estado Atual

O mapeamento de fluxo de valor costuma ser a primeira ferramenta a ser utilizada em projetos de melhoria que seguem o Sistema Toyota de Produção. A metodologia básica de mapeamento descrita por Rother&Shook (1999) em *'Aprendendo a Enxergar'* define uma

seqüência de atividades para a elaboração do mapa. Dentre elas estão a definição e escolha de uma família de produtos, a identificação do nível que queremos enxergar, a construção do mapa atual, a identificação de desperdícios, e a construção do mapa futuro. O trabalho concentra-se na família de embreagens de 365 mm, porque é esta a linha mais promissora de produtos da empresa. Segue daí o processo de mapeamento do estado atual da fábrica, do relacionamento com fornecedores e do relacionamento com clientes.

O primeiro passo do trabalho de melhoria na empresa foi o desenvolvimento do mapa do estado atual. Foi mapeada, primeiramente, a família das embreagens 365 mm por ser um produto promissor da empresa, e um dos fluxos de valor mais completos e compridos, com operações de usinagem, montagem e inspeção.

Foi definido o nível porta a porta de mapeamento, e coletaram-se informações no chão de fábrica. Logo no primeiro momento foi percebido que o fluxo de materiais idealizado, projetado, não era o mesmo fluxo que acontecia dentro da fábrica. O fluxo ideal e correto estava na cabeça dos engenheiros e técnicos do processo, mas não era cumprido no chão de fábrica. Houve certa dificuldade de realizar o primeiro mapeamento devido a essa grande disparidade. A família de embreagens 365mm estava sendo mapeada, mas a célula de usinagem que deveria estar produzindo peças para este produto estava, na realidade, produzindo peças de outros tipos de embreagens. E pior ainda, as peças não estavam percorrendo o fluxo correto dentro da célula. Em vez de estarem todas as máquinas produzindo a mesma peça, cada máquina estava produzindo uma peça diferente. Isso causou um certo transtorno, pois dificultou muito a coleta de dados para o mapa e acabou impossibilitado a construção da régua de tempo de atravessamento e agregação de valor.

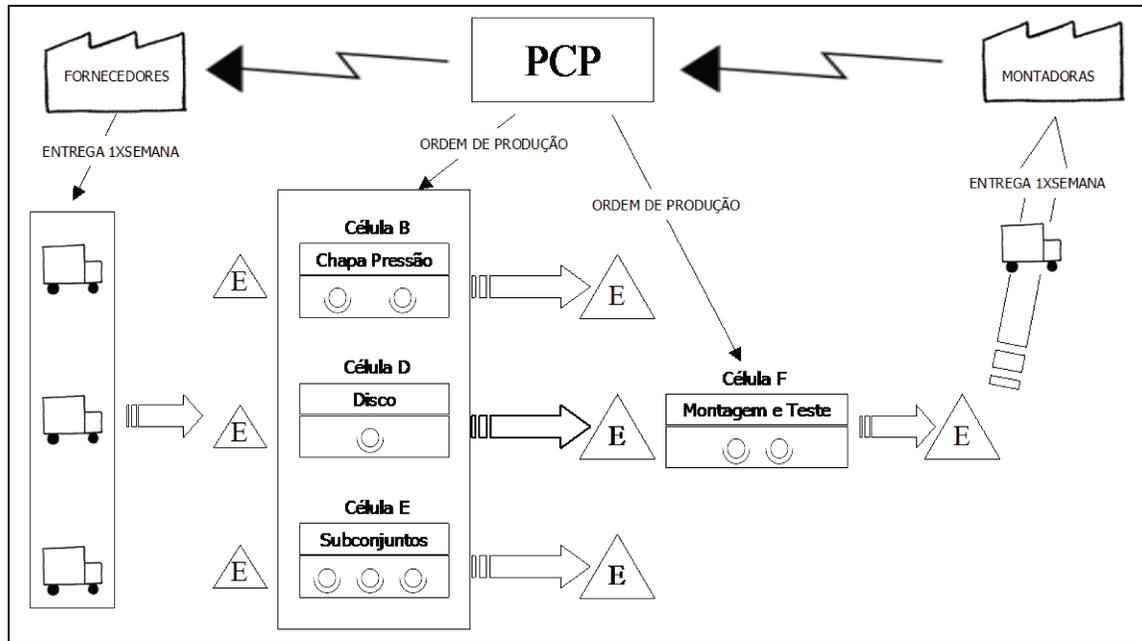


Figura 6-1 - Mapa do Estado Atual

A Figura 6-1 mostra o mapa de fluxo de valor da embreagem 365mm. Participam do fluxo as células de chapa de pressão, disco e subconjuntos que fornecem componentes para a linha de montagem. Neste estágio o mapa está bem simplificado e nos serve para entender o fluxo básico de materiais e informações do produto. Têm-se os estoques de matérias primas, os estoques intermediários antes da linha de montagem, e os estoques finais.

O fluxo de materiais pareceu muito mais simples no papel do que na realidade era. Os estoques antes da linha de montagem possuíam diversos tipos de peças, e havia muitas caçambas cheias de peças faltando operações dentro da fábrica. Muitas dessas caçambas saíram no meio do processo para dar lugar a outras peças que foram consideradas de produção ‘mais urgente’ em algum momento. Logicamente, essas caçambas voltarão a ser processadas quando chegar a vez delas serem consideradas ‘urgentes’.

Todas essas caçambas, com operações faltantes, no meio da fábrica causavam uma movimentação excessiva de empilhadeiras, e as pessoas estavam sempre procurando peças que haviam iniciado o processo de produção mas não haviam ainda se tornado embreagens. A fábrica

era muito ‘nervosa’. Concluiu-se que era necessário descer mais um nível no mapeamento, e entender melhor os processos que ocorriam dentro das células.

A Figura 6-2 mostra apenas o fluxo de materiais, sem o fluxo de informações, de forma mais detalhada. Percebe-se que o fato de algumas máquinas estarem agrupadas e próximas umas das outras não fazia desse grupo uma célula, e nem mesmo uma pseudo-célula, em conceito. Havia estoques intermediários entre cada uma das máquinas, e estes estoques, não raro, eram de peças diferentes umas das outras, evidenciando que o conceito de célula de manufatura e o princípio de processo em fluxo não estavam sendo seguidos.

O mapa mais detalhado da Figura 6-2 também mostra que apenas duas máquinas de todo o fluxo de valor das embreagens 365mm estavam com sua capacidade utilizada em mais de 50 por cento do tempo. Chamou a atenção que uma linha de produtos com tão pouca ocupação gerava tanto desgaste dentro da fábrica.

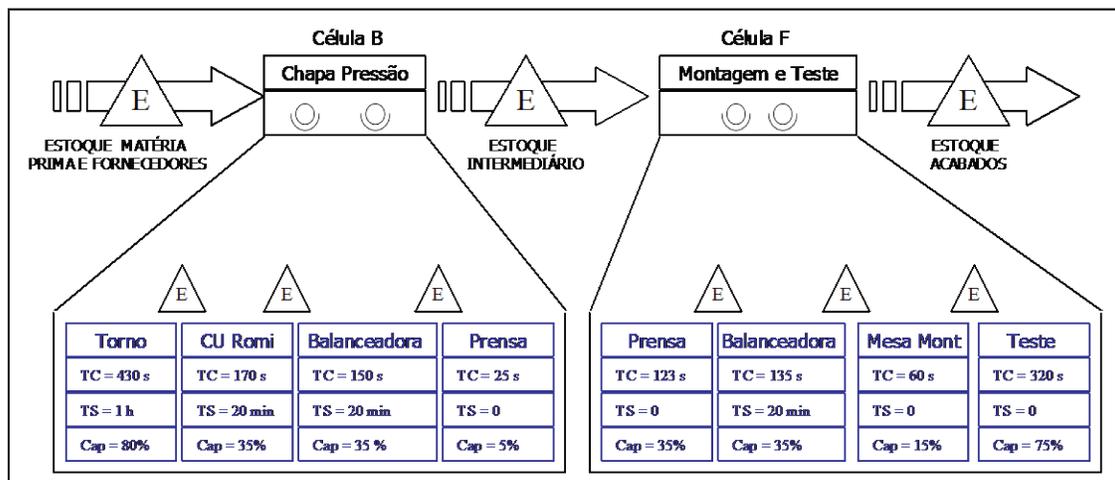


Figura 6-2 - Mapa do Estado Atual - Nível Processo

Foi por causa desta quantidade de caçambas com peças diferentes dentro da célula que decidiu-se que era necessário detalhar um pouco mais o processo de programação da fábrica. Era curioso que um leiaute desenvolvido para permitir fluxo contínuo, somada a certa capacidade ociosa da maioria das máquinas, pudesse produzir uma desorganização tão grande na fábrica.

Ao se detalhar o processo de programação, como mostrado na Figura 6-3, passou-se a entender porque haviam tantas caçambas com produtos inacabados dentro da fábrica, e porque havia tanta movimentação de empilhadeira.

O facilitador recebia diariamente uma lista de urgências vinda do PCP, juntamente com uma lista da produção real versus a previsão de vendas. Ele então verificava pessoalmente o que havia de produtos no estoque final, o que havia de peças no estoque antes da montagem e em processo dentro das células. De posse destas informações, o facilitador programava a fábrica. Muitas vezes as peças que possuíam operações faltantes voltavam para o processo para serem terminadas porque tinham se tornado urgentes. E o processo de outras peças que estavam sendo produzidas parava na estação de trabalho que estivesse e as peças eram encaminhadas para o estoque como produtos não acabados.

Por causa desta programação diária baseada na urgência dos pedidos dos clientes, e a falta de fluxo contínuo das peças dentro da fábrica, a utilização de empilhadeiras era muito grande e as caçambas ocupavam um grande espaço na fábrica devido à quantidade que representavam.

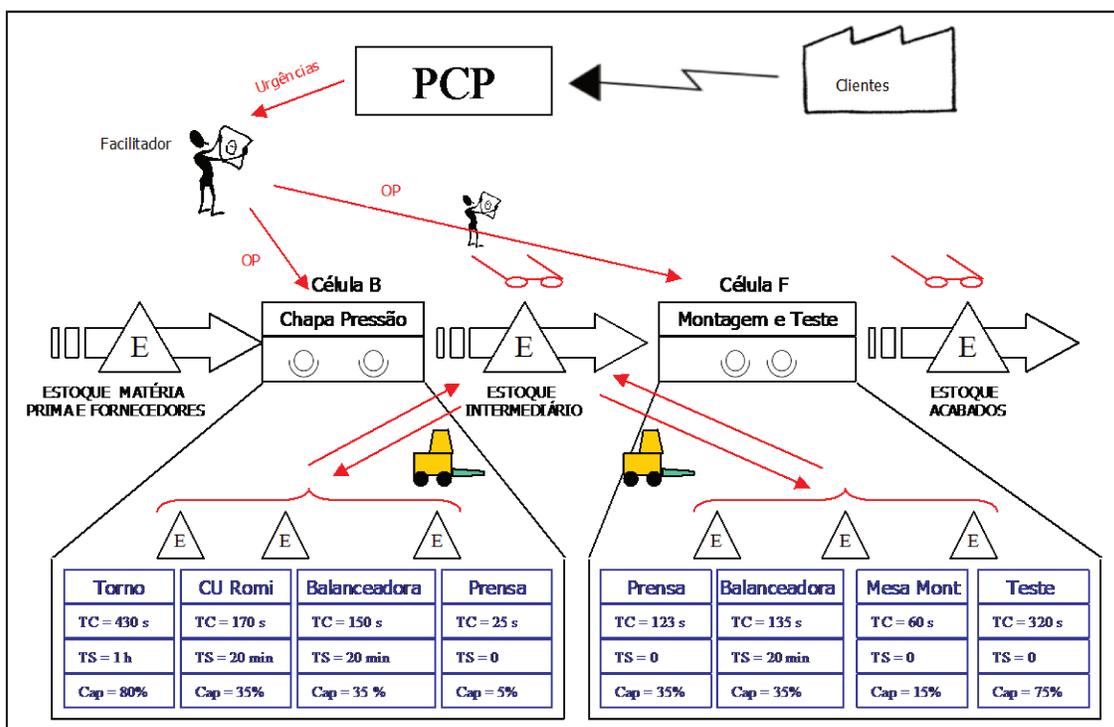


Figura 6-3 - Detalhe do Processo de Programação da Fábrica

Através destes mapas conseguiu-se ter uma visão global da produção das embreagens de 365mm. Tem-se o mapa em um nível superior e em detalhe no que se refere à programação da produção. A seguir será detalhado o relacionamento com os fornecedores.

6.1.1. Relacionamento com Fornecedores

A Figura 6-1 mostra o relacionamento da fábrica com os clientes de forma muito superficial. Não se enxerga através do mapa, e de visitas à fábrica, a razão pela qual as linhas de produção constantemente param por falta de matéria prima. O objetivo deste tópico é tentar entender um pouco mais profundamente como a fábrica se relaciona com seus principais fornecedores.

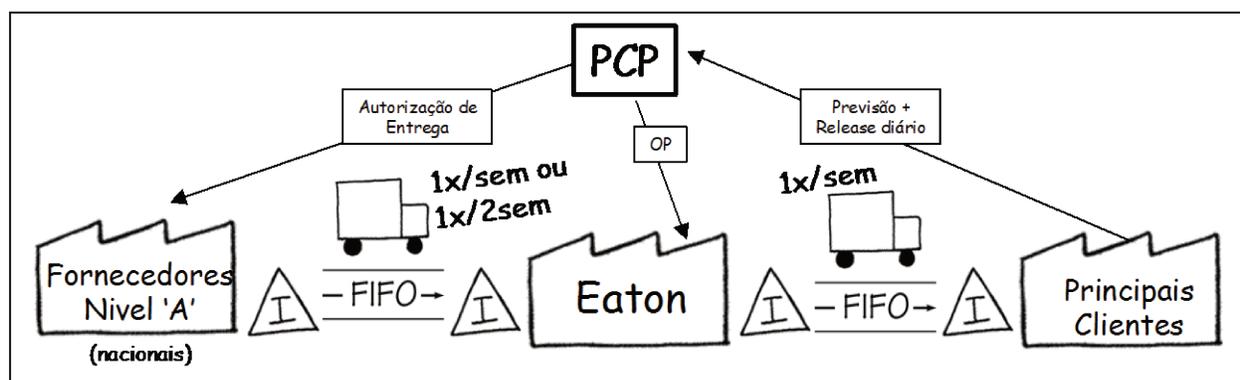


Figura 6-4 - Mapa Estado Atual - Fornecedores Nível 'A'

Na Figura 6-4 é apresentado o mapa atual do relacionamento entre empresa, fornecedor e cliente. É um mapa pouco detalhado, mas já possibilita enxergar melhor o fluxo de informações e a frequência de entrega de matéria prima por parte dos fornecedores de nível 'A', ou seja, daqueles cujos produtos apresentam peso mais significativo no total de compras da empresa.

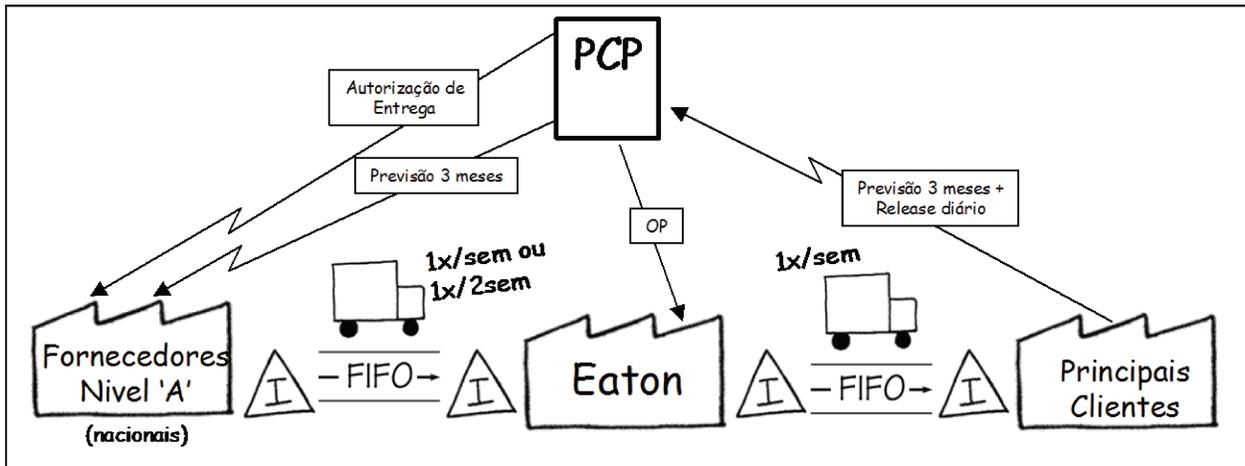


Figura 6-5 - Mapa do Detalhe do Estado Atual - Fornecedores

O mapa mais detalhado oferece uma pista do que poderia ser um problema no relacionamento com os fornecedores. Da mesma forma que a Eaton recebia de seus clientes uma previsão de vendas com um horizonte de três meses, ela também repassava aos fornecedores uma previsão de compras com o mesmo horizonte. Mas, como já vimos anteriormente, as vendas da Eaton eram muito baixas nas duas primeiras semanas do mês, e muito alta na última do mês. E era justamente na última semana do mês que havia uma pressão muito grande sobre o setor de compras para que a empresa terminasse o mês com um nível de inventário baixo. O que acontecia era que o setor de compras cancelava os pedidos de entrega de material programados para a última semana do mês baseado no histórico de vendas das três primeiras semanas. Só que a fábrica acabava vendendo muito nesta última semana, e como não havia matéria prima suficiente, sobravam pedidos em carteira para o início do outro mês.

O fornecedor entregava normalmente os pedidos nas três primeiras semanas do mês, na última semana o pedido era cancelado, e nos primeiros dias do mês seguinte usualmente chegavam pedidos de máxima urgência. Com razão, o fornecedor acabava se perdendo e não conseguia programar sua fábrica para atender de maneira satisfatória a Eaton durante o mês todo.

A seguir é apresentado em detalhe o relacionamento com os clientes.

6.1.2. Relacionamento com os Clientes

O relacionamento com os clientes é algo fundamental para as empresas que querem se manter competitivas nos dias de hoje. Especificamente no caso da Eaton, o atendimento ao cliente é, inclusive, parte importante dos indicadores de desempenho da empresa. Nos mapas anteriores foi mostrado o relacionamento com o cliente de maneira muito superficial, insuficiente para entender com mais profundidade e tentar enxergar as fontes de desperdícios.

Como já foi dito em outra oportunidade, a Eaton possui dois tipos de clientes: os clientes do mercado de reposição e as montadoras. O atendimento às montadoras é realizado com muita eficiência, se aproximando da perfeição. Mas o atendimento ao mercado de reposição não ocorre da mesma maneira. Os índices de atendimento à reposição em menos de 48 horas não estavam muito bons, embora o processo parecesse muito simples aos olhos de todos (Figura 6-6). O Fluxo de Valor depois que o material sai da fábrica e é entregue às montadoras ou aos distribuidores da reposição será mais detalhado adiante.



Figura 6-6 - Mapa Estado Atual - Relacionamento com Cliente

Logo no início do detalhamento do relacionamento com o cliente, surpreende o fato de se utilizar um entreposto de armazenamento na cidade de Campinas e, mais ainda, o fato de se utilizar duas transportadoras. Uma das transportadoras entrega material para as montadoras e a outra entrega para os clientes do mercado de reposição. A utilização de duas empresas de transporte diferente é explicada pelo fato de que uma delas somente realiza entregas dentro do estado de São Paulo, e mais algumas poucas localidades no Brasil. A outra realizava entregas no

país inteiro. Como a primeira possuía preços mais competitivos para entrega às localidades das montadoras, e a segunda possuía melhores preços para entregas aos distribuidores, decidiu-se por utilizar o serviço das duas.

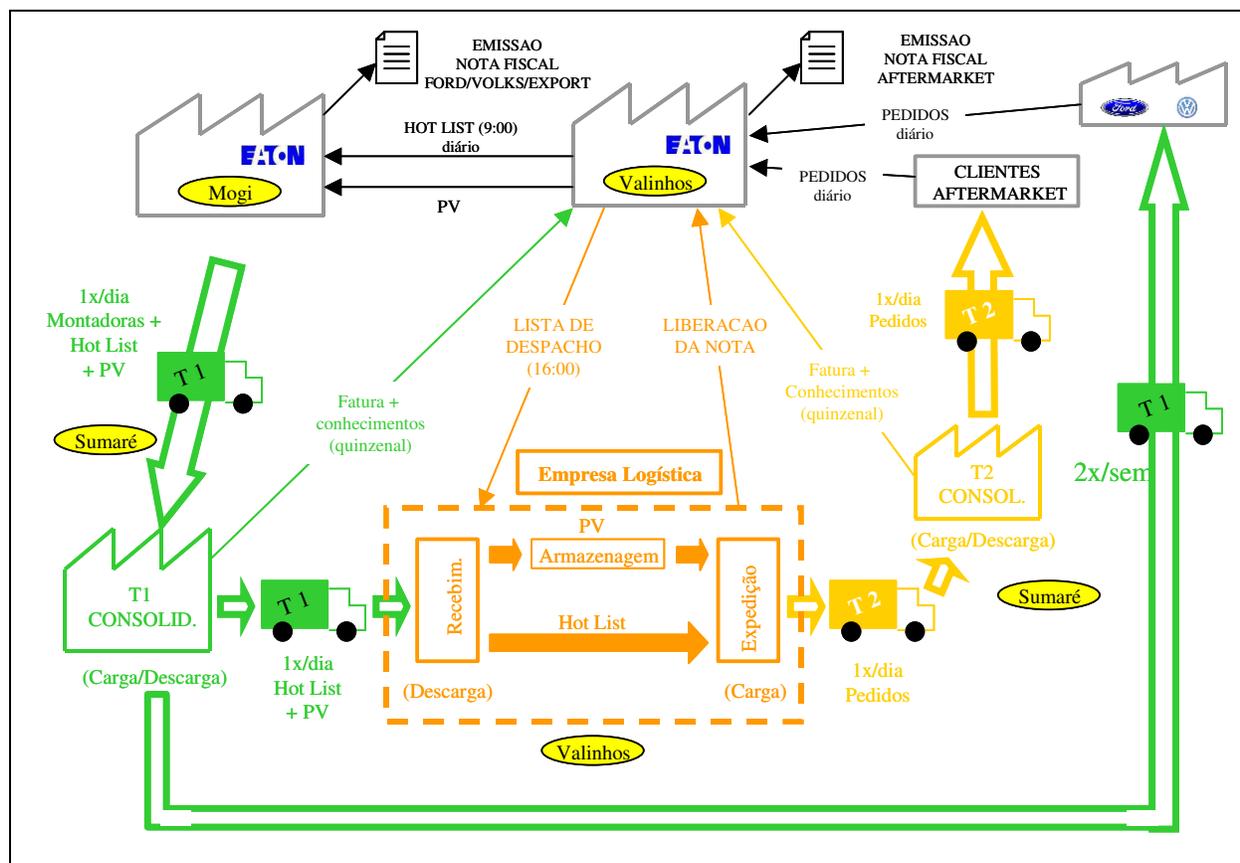


Figura 6-7 - Mapa Estado Atual Detalhado - Relacionamento com Clientes

A Figura 6-7 mostra o mapeamento de todo o processo de relacionamento com o cliente, desde o momento da chegada dos pedidos no departamento de vendas, em Valinhos, até a entrega dos produtos para as montadoras, pela transportadora T1, e para os clientes do mercado de reposição, pela transportadora T2.

Em linhas gerais, os pedidos são recebidos em Valinhos, onde são consolidados e repassados para a planta de Mogi Mirim. Da fábrica, a transportadora T1 leva os produtos, tanto das montadoras quanto da reposição, para o seu armazém de consolidação de cargas na cidade de Sumaré, onde a transportadora recebe produtos de todos os seus clientes. Depois de consolidada,

a carga pode percorrer dois caminhos distintos: é entregue às montadoras pela mesma transportadora T1, ou é levada para um armazém de uma Empresa de Logística (EL) situada em na cidade de Valinhos. Neste armazém, o produto novamente pode percorrer dois caminhos distintos: ou ele realiza somente a operação de *cross-docking* (se for um pedido urgente), ou ele vai para o armazenamento nas prateleiras. O envio para os clientes da reposição é feito em caminhões da transportadora T2, que leva os produtos para um armazém de consolidação de cargas na cidade de Sumaré. Depois de consolidada a carga, a transportadora T2 entrega os pedidos para todos os clientes do mercado de reposição.

Ao visitar as duas empresas de transporte, T1 e T2, nota-se um detalhe curioso: as duas empresas possuem seus armazéns de consolidação de carga na mesma cidade de Sumaré, e os dois armazéns ficam a uma distância de um quarteirão um do outro.

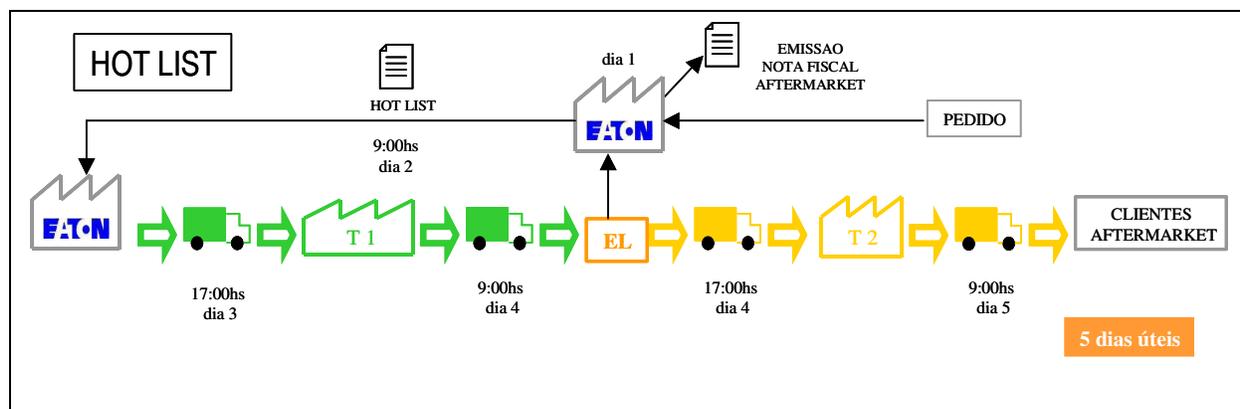


Figura 6-8 - Mapa Estado Atual - Tempo de Atendimento ao Cliente I

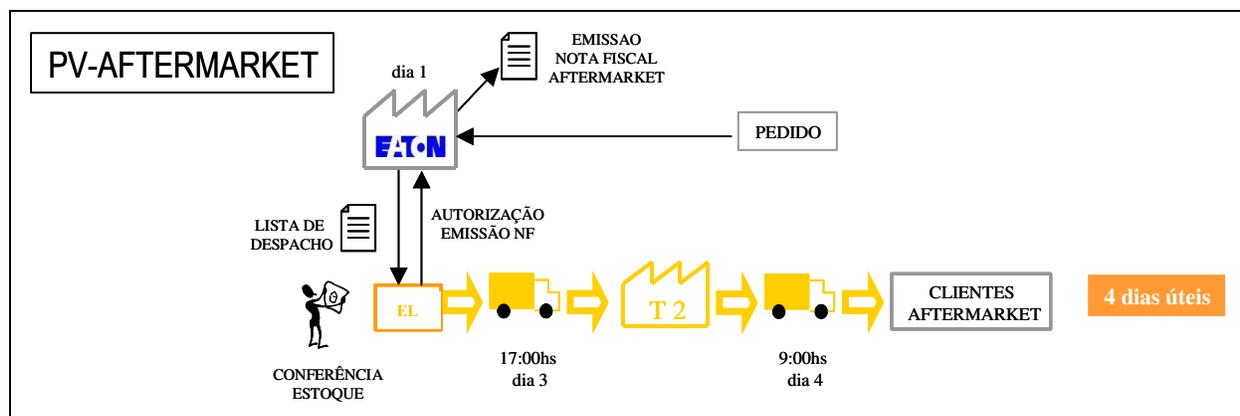


Figura 6-9 - Mapa Estado Atual - Tempo de Atendimento ao Cliente II

A Figura 6-8 e a Figura 6-9 mostram o tempo teórico que a empresa demorava para atender aos pedidos dos clientes do mercado de reposição. ‘*Hot List*’ são os pedidos urgentes que não estão disponíveis nos estoques do operador logístico. ‘*PV – Aftermarket*’ se refere aos pedidos de peças que estão disponíveis nos estoques do operador logístico.

A seguir, o desenvolvimento do mapeamento do estado futuro para o fluxo de valor das embreagens 365mm.

6.2. O Mapeamento do Estado Futuro

O objetivo do presente tópico é apresentar o desenvolvimento do mapeamento do estado futuro do fluxo de valor tomando como base os mapas do estado atual desenhados anteriormente. Será seguida a mesma lógica de desenvolvimento do trabalho de mapeamento do estado atual, apresentando primeiramente o desenvolvimento do mapa do estado futuro para a planta no nível porta a porta, depois desenvolvendo-se o mapeamento do relacionamento com os fornecedores, e por último apresenta-se o desenvolvimento do mapa de estado futuro do relacionamento com os clientes.

O desenvolvimento dos mapas de estado futuro estavam intimamente ligados aos indicadores de desempenho e ao ELS. Ao mesmo tempo em que se despendia energia e esforços para atingir metas corporativas representadas pelos indicadores de desempenho da fábrica, eram necessários também esforços em relação à todas as 8 ferramentas contempladas no ELS, pois a planta seria avaliada em relação ao desenvolvimento de *todas* essas ferramentas.

Havia uma certa dúvida sobre a real necessidade de implementar as oito ferramentas do ELS para conseguir atingir as metas nos indicadores de desempenho. Foi desenhada uma tabela relacionando os indicadores de desempenho com as ferramentas do ELS.

	Vendas/hora trabalhada	Atendimento à reposição	Entrega em tempo correto	Rejeição	Inventário	Participação de mercado	Venda líquida	Lucro operacional
MFV						-	-	-
5S						-	-	-
MPT						-	-	-
PokaYoke						-	-	-
Fluxocontínuo						-	-	-
Sistema puxado						-	-	-
Trabalho padrão						-	-	-
Setup rápido						-	-	-

Figura 6-10 - Contribuição das Ferramentas nos Indicadores de Desempenho

Pode-se então visualizar que cada uma das ferramentas do ELS é imprescindível em relação à melhoria de alguns dos indicadores de desempenho da fábrica. Em relação aos indicadores de *'Participação de Mercado'*, *'Venda Líquida'*, e *'Lucro Operacional'*, entende-se que todas as ferramentas em conjunto poderiam contribuir para a redução de custos e para o aumento da competitividade da empresa, o que naturalmente contribuiria para o aumento de vendas e do lucro, considerando-se que o produto da empresa é considerado uma *commodity*, e o desenvolvimento de novos produtos ainda não significa um diferencial competitivo.

Solucionada a dúvida quanto à influência da implementação com sucesso de todas as ferramentas do ELS no resultado final dos indicadores de desempenho, seguiu a elaboração do mapa do estado futuro da empresa.

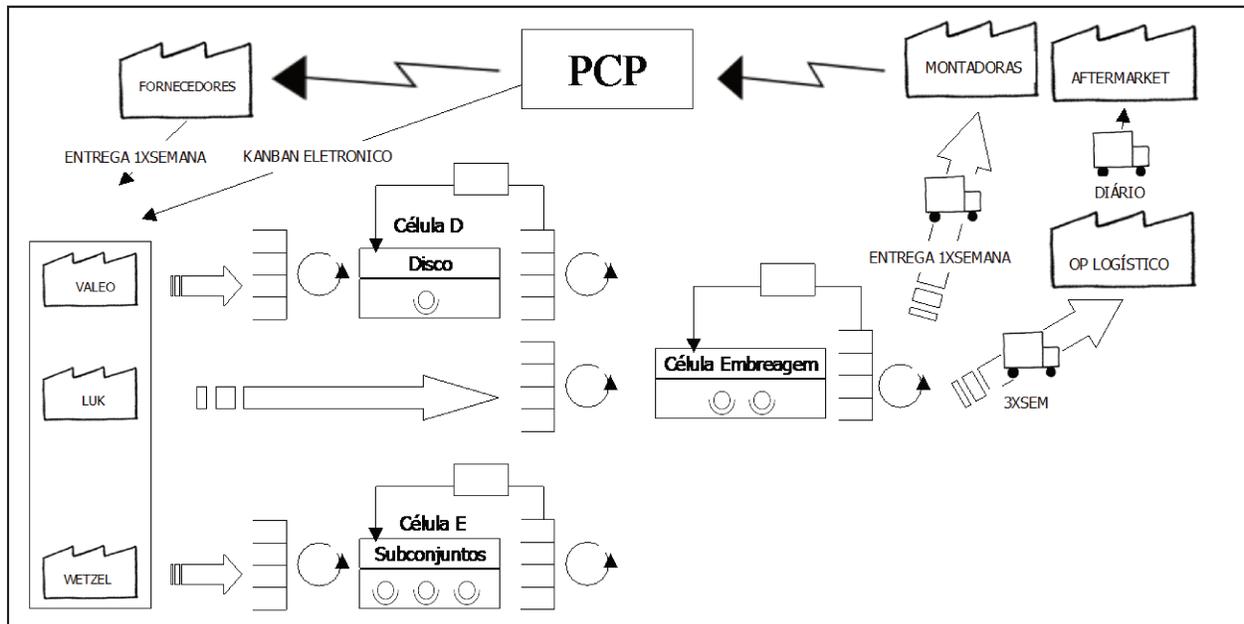


Figura 6-11 - Mapa Estado Futuro - Embreagem 365mm

Observa-se na Figura 6-11 uma mudança significativa em relação à produção de embreagens 365mm. O que anteriormente eram duas células de produção, uma de usinagem e outra de montagem, agora podem se fundir formando uma única célula de manufatura capaz de produzir uma embreagem completa. Em uma das pontas da célula entram as matérias primas fundidas e na outra ponta saem as embreagens montadas e embaladas. Este processo de união das linhas de usinagem e montagem aumenta significativamente a produtividade, já que anteriormente havia a necessidade de dois operadores na célula de montagem e mais dois na célula de usinagem.

A formação de uma única célula de produção de embreagem, com fluxo contínuo e unitário de peças, não seria um processo fácil. Mas, como visto na Figura 6-10, a ferramenta de fluxo unitário é uma das que influenciam maior número de indicadores de desempenho. Era de fundamental importância para a fábrica que a ferramenta de fluxo contínuo fosse implementada com êxito.

E não foi somente nas células de embreagens que esta ferramenta deveria ser implementada. Embora o mapa de estado futuro não mostre, a célula de subconjuntos não estava

organizada de forma a permitir o fluxo contínuo e unitário de peças. Seria necessária uma reformulação completa no leiaute e uma reestruturação nos processos de produção para que a célula passasse a ser realmente capaz de produzir com fluxo contínuo.

Para a implementação do fluxo nestas duas áreas, outras ferramentas de suporte precisariam ser implementadas também. Para o fluxo contínuo ser implementado com êxito, outras ferramentas de suporte ao fluxo deveriam também ser implementadas. A MPT teria importância fundamental, já que quando estamos com fluxo unitário e contínuo de peças na linha de produção, ter uma única máquina parada por problemas de manutenção significa ter de parar a produção de todas as outras máquinas da célula também.

Outra ferramenta importantíssima é a definição do trabalho padrão. É o trabalho padrão que define como um operador pode operar diversas máquinas na mesma célula sem perder produtividade em relação a forma de trabalhar anterior em que ele operava menos máquinas.

Também são importantes, embora em menor escala, as ferramentas de 5S e os sistemas à prova de erros. A primeira pela organização e disciplina que impõe. A segunda pela possibilidade de eliminação de postos de controle e medição dentro do processo produtivo da célula.

Outros pontos também foram entendidos como desperdícios a serem eliminados. Os estoques intermediários entre as linhas de usinagem e montagem deveriam passar a ser controlados por quadros e cartões kanban, e deveriam ter seu tamanho reduzido ao máximo. Isso poderia ser conseguido com a ajuda de outra ferramenta, a troca rápida de ferramenta. A troca rápida de ferramenta é considerada uma das mais importantes do Sistema Toyota de Produção, já que é ela que permite a redução do tamanho dos lotes, reduzindo assim o tamanho dos estoques também.

Da mesma forma, as compras dos fornecedores principais também deveriam ser controladas por quadros kanban.

Desta forma, quando a fábrica conseguisse atingir o estado futuro anteriormente desenhado, ela seria capaz de se programar sem o auxílio de ferramentas computacionais, e muitos dos desperdícios existentes seriam reduzidos ou eliminados com a aplicação e implementação de ferramentas como o 5S, o MPT, o Poka Yoke, o kanban, o fluxo unitário, o setup rápido, e o trabalho padrão.

A seguir detalha-se o mapa de estado atual do relacionamento da empresa com seus principais fornecedores.

6.2.1. Relacionamento com Fornecedores

Também foram encontrados desperdícios e formas melhores de trabalhar o relacionamento com os fornecedores. Como dito anteriormente, os fornecedores possuíam alguma dificuldade de se organizar para entregar matérias primas para a empresa. Principalmente por causa das grandes variações de demanda que ocorriam dentro do mês, de uma semana a outra, e a preocupação excessiva em se chegar ao fim do mês com um nível de estoque de matérias primas baixo.

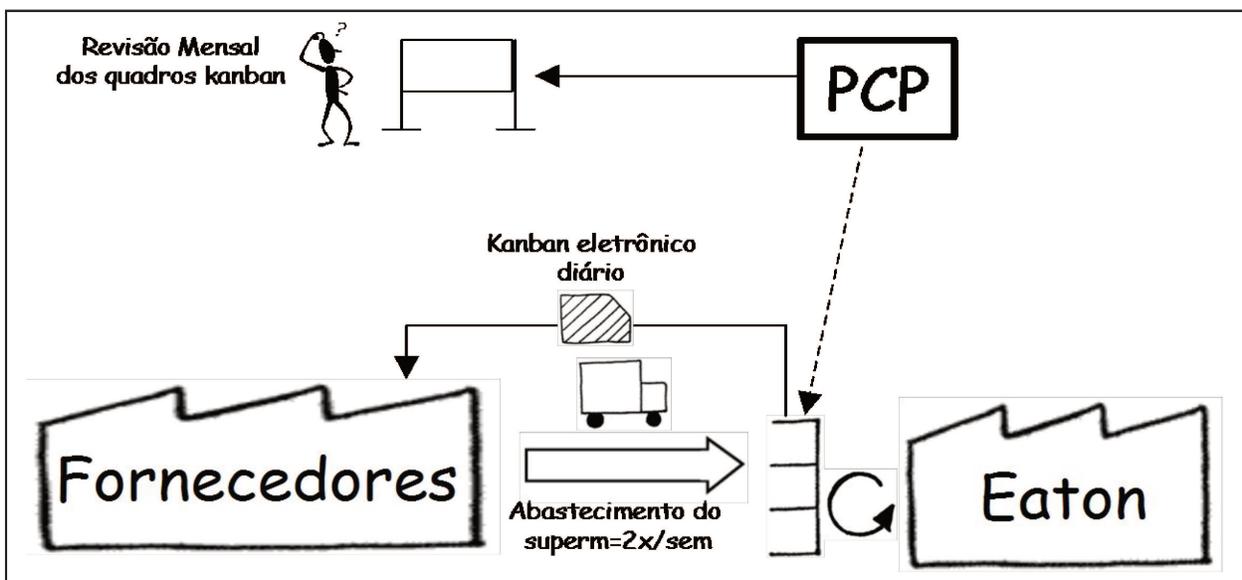


Figura 6-12 - Mapa Estado Futuro - Relacionamento com os Fornecedores

O relacionamento com os fornecedores nível 'A' deveria ocorrer via kanban. O kanban eliminaria a necessidade de controle intensivo sobre os estoques de matéria prima. A responsabilidade pelo controle do estoque seria transferida para os próprios fornecedores. O número de kanbans e a quantidade de matéria prima por kanban deveria ser calculado considerando-se uma frequência de entrega de duas, ou mais, vezes por semana para que a quantidade de peças no estoque se mantivesse sempre mais baixa.

Dessa forma, acredita-se que os fornecedores poderão se programar melhor para atender à empresa, já que estarão baseando sua produção em informações de demanda real. E os ganhos para a empresa são as reduções de parada de linha por falta de matérias primas sem a necessidade de investimento em estoques.

6.2.2. Relacionamento com Clientes

O mapeamento do fluxo de valor no relacionamento com os clientes visou basicamente a melhoria dos indicadores de atendimento à reposição em menos de 48 horas. Foi dito anteriormente que o atendimento à reposição, especificamente, não estava suficientemente bom, embora ninguém entendesse exatamente onde a empresa estava perdendo tempo no atendimento aos clientes.

O mapa do estado atual mostrou muitos desperdícios e pontos onde o processo poderia ser melhorado. Foi desenvolvido então um mapa de estado futuro tendo em mente a meta de conseguir entregar todos os pedidos do mercado de reposição em menos de 48 horas sem prejudicar o atendimento e a entrega de pedidos às montadoras.

Foram realizadas diversas visitas às empresas envolvidas no processo de atendimento aos pedidos do mercado de reposição a fim de entender com mais clareza o fluxo de valor do processo, e principalmente entender por que as coisas estavam funcionando daquela maneira. Enxergavam-se muitos desperdícios, mas não se sabia exatamente porque eles existiam. Entendido o processo, e os porquês de cada item do fluxo, foi desenhado um mapa do estado futuro do processo de entrega de pedidos aos clientes.

A Figura 6-13 mostra o mapa de estado futuro do relacionamento com o cliente. A proposta é que se utilize apenas uma empresa transportadora para realizar a entrega dos pedidos tanto das montadoras quanto do mercado de reposição. A idéia é que o controle do sistema, com apenas uma transportadora, fique mais simples e o ganho de escala do fornecedor pode representar uma significativa redução de custos para a Eaton.

Além de se eliminar uma das transportadoras, também é eliminado o operador logístico. As melhorias no fluxo de produção interno acarretariam mudanças de leiaute que deixaria a fábrica mais compacta, liberando espaço livre que poderia ser utilizado para montar um supermercado de produtos acabados controlado por kanban, e eliminar o entreposto logístico que consumia muito tempo e não fornecia um serviço eficiente.

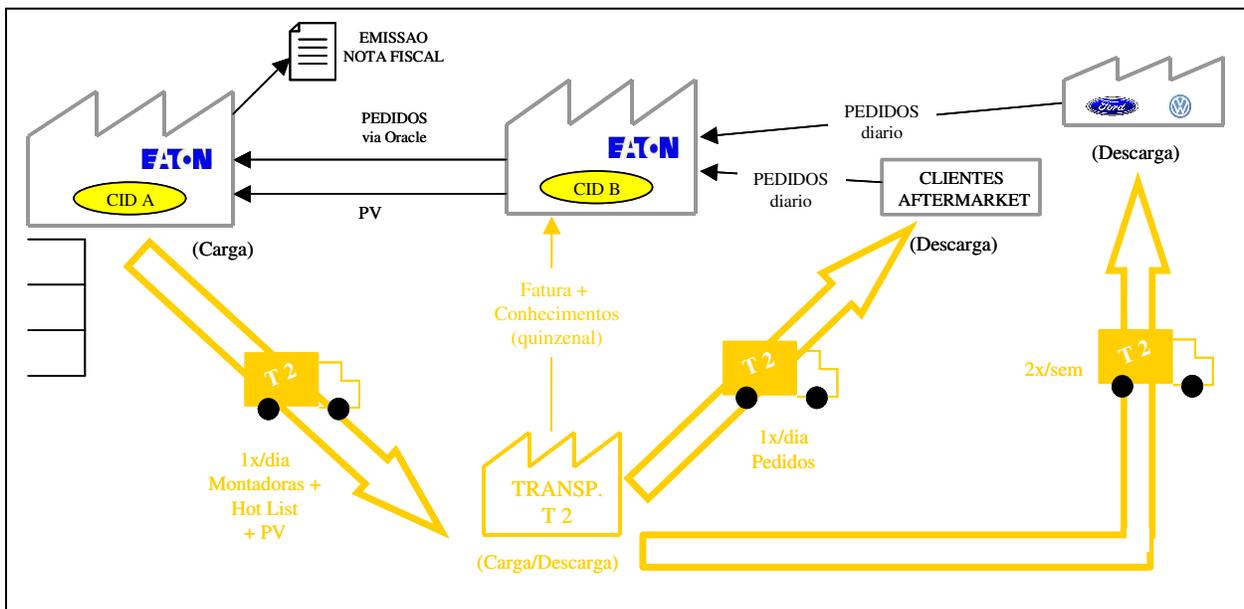


Figura 6-13 - Mapa do Estado Futuro - Relacionamento com Clientes

Estas propostas de melhoria gerariam uma melhoria muito significativa no tempo de atendimento aos clientes do mercado de reposição, principalmente. Foram desenhados outros mapas detalhando o processo de fornecimento de produtos e estimando o tempo relativo a estas entregas.

Os tempos relativos às entregas para o mercado de reposição poderiam cair de atuais 4 ou 5 dias (Figura 6-8 e Figura 6-9) para menos de 24 horas (Figura 6-14) em uma situação futura melhorada. As propostas de melhoria para o processo de relacionamento com o cliente não são simples e a construção de um supermercado de peças controlado por kanban dentro da fábrica é um desafio grande. Mas, novamente, considerando que embreagens de caminhão são consideradas *commodities* pelos clientes, os ganhos em tempo de atendimento ao mercado de reposição podem representar ganhos de fatias de mercado dos concorrentes.

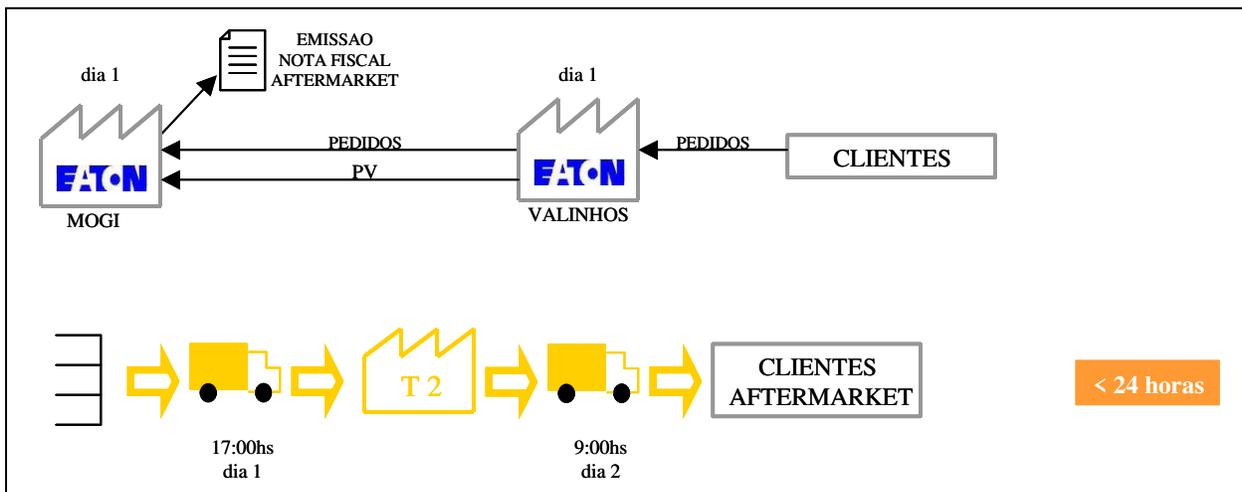


Figura 6-14 - Mapa do Estado Futuro - Tempo de Atendimento ao Cliente

Diante dos mapas do estado futuro, o trabalho segue com a aplicação das ferramentas que permitiram que estes estados futuros pudessem ser atingidos.

6.3. Migrando para o Estado Futuro

Nos próximos tópicos vamos demonstrar como diversas ferramentas da Manufatura Enxuta foram desenvolvidas e implementadas para que a fábrica pudesse migrar da situação representada pelos mapas de estado atual para as situações representadas pelos mapas de estado futuro.

6.3.1. 5S

A ferramenta 5S é a base e alicerce para qualquer programa de melhoria que pretenda desenvolver os conceitos do Sistema Toyota de Produção. Por este motivo, esta ferramenta foi implementada em toda a fábrica e também nos escritórios. A função principal dela é prover aos funcionários um local de trabalho limpo e organizado, e com isso angariar ganhos em produtividade e qualidade, além de desenvolver a disciplina dos funcionários. A disciplina é fundamental no desenvolvimento e aplicação de outras ferramentas da Manufatura Enxuta. E este é o motivo de o 5S ser considerada uma ferramenta de base.

Já foi dito que a Eaton é uma empresa que trabalha com alguns conceitos e ferramentas do Sistema Toyota de Produção há muitos anos. O 5S é uma dessas ferramentas. No início dos trabalhos na empresa, estava em pleno curso um programa chamado ‘Programa SOL’. A palavra ‘SOL’ vem da junção das iniciais dos três primeiros ‘S’ da ferramenta 5S. São eles ‘Seleção’, ‘Organização’, e ‘Limpeza’. Por resultado deste programa, o ambiente fabril já estava em condições muito boas em relação à organização e limpeza, podendo ser até considerada uma referência para outras empresas.

Mas os ganhos atingidos até aquele momento com a ferramenta não eram ganhos perenes. As atividades de seleção, organização e limpeza ainda dependiam muito das auditorias internas. Elas ainda não haviam sido incorporadas como atividades corriqueiras dos funcionários, e não faziam parte da cultura deles, muito embora, como já dito, a empresa já poderia ser considerada uma referência nesta área.

A menor pontuação do ELS considerava que o programa de 5S havia acabado de começar. A maior pontuação seria recebida somente se o 5S tivesse atingido a maturidade em todas as áreas, e se já fizesse parte da cultura das pessoas. O quinto ‘S’, manutenção dos padrões, deveria ter sido alcançado e esse processo deveria estar evidenciado. Claramente, a empresa estava no meio do caminho. A fábrica já contava com o ‘Programa SOL’ bem desenvolvido, mas ainda não contava com os dois últimos ‘S’. E são justamente os dois últimos ‘S’ que são de importância fundamental para a implementação e utilização de outras ferramentas do Sistema Toyota de Produção como o Fluxo Contínuo, o Trabalho Padrão, e a Manutenção Produtiva Total.

O trabalho então teve foco na consolidação e elaboração de evidências de que os três primeiros ‘S’ haviam sido atingidos e, mais do que isso, já haviam se tornado parte da cultura da empresa. Aprofundou-se então um pouco mais os conceitos de seleção, organização e limpeza no ambiente de chão de fábrica. Demarcação de áreas específicas, construção de quadros de ferramentas, sistema de gestão visual, avaliação e melhoria de sistemas ergonômicos, e definição de padrões de limpeza e organização foram algumas das atividades mais importantes na implementação desta ferramenta na fábrica.

Vale também salientar que os escritórios também passaram por treinamentos e muitos trabalhos também foram desenvolvidos para implementar os três primeiros ‘S’ de forma mais profunda. Atualmente, tanto a área fabril quanto os escritórios estão muito bem estruturados em seus programas de 5S, e cada vez mais isso se torna parte da cultura organizacional da empresa.

6.3.2. Manutenção Produtiva Total

O sistema de manutenção da empresa no início de nossos trabalhos seguia o conceito tradicional de manutenção. A empresa contava com uma equipe de técnicos e engenheiros que era chamada sempre que havia um problema com alguma máquina. Mas esta equipe não estava dedicada exclusivamente à divisão de embreagens da empresa. Ela era compartilhada por toda a unidade de Mogi Mirim. E isso trazia alguns problemas para a nossa unidade, pois a equipe dava prioridade aos problemas maiores. Os problemas maiores estavam nas linhas que ‘faturavam’ mais. E a divisão de transmissões da unidade de Mogi Mirim sempre teve um faturamento muito maior que o da divisão embreagens. Assim sendo, o tratamento dado pela manutenção à divisão embreagens não era muito eficaz.

Logo no início dos trabalhos essa diferença de atenção por parte da equipe de manutenção foi percebida e entendida. A necessidade de uma equipe própria se tornou evidente e passou-se a planejar a formação dessa equipe.

A pseudo-célula responsável pela usinagem de componentes para as embreagens 365 mm, juntamente com a linha de montagem desde modelo, não apresentavam desempenho compatível com o projetado, e tampouco produziam como deveriam. E estes problemas, em boa parte, se deviam a quebras inesperadas de máquinas e equipamentos. Não era raro ver a pseudo-célula de usinagem das 365 mm produzindo outros produtos. Isso acontecia freqüentemente porque, ao ter uma das máquinas parada por um problema qualquer de manutenção, a linha de produção deixava de operar como uma pseudo-célula, com algum fluxo definido, e passava a operar como máquinas avulsas. Ou seja, em vez de todos os equipamentos estarem operando com peças da embreagem 365mm, por exemplo, cada uma das máquinas acabava produzindo peças para um modelo diferente. Isso claramente gerava estoques muito grandes no meio do processo, e a movimentação de materiais se intensificava muito. Além, é claro, dos problemas de controle e programação da produção.

Com o intuito de iniciar o processo de melhoria da disponibilidade das máquinas, foi definido que haveria a contratação de um técnico mecânico e que as empresas fabricantes dos equipamentos participariam do processo de manutenção das máquinas. Foi elaborado um planejamento para manutenções preventivas a cada 6 meses nas máquinas críticas do processo com a participação desses fabricantes.

Esse programa de manutenções preventivas previa que a equipe de manutenção do fornecedor do equipamento participaria da manutenção da máquina juntamente com o técnico contratado para esta função e os funcionários da área produtiva em questão. A finalidade de chamar a equipe do fornecedor do equipamento era justamente fazer com que todas as pessoas envolvidas com a máquina fossem ensinadas a fazer manutenções preventivas pelos técnicos do próprio fabricante. A idéia era que todos passassem a conhecer os pontos vitais da máquina.

Um semestre após a ‘primeira rodada’ de manutenções, outra manutenção preventiva estaria agendada. Nesta ‘segunda rodada’, os técnicos do fabricante viriam participar novamente, mas agora com uma função muito mais orientativa. Os funcionários e o técnico deveriam realizar a manutenção, e os representantes do fabricante ficariam apenas observando se o trabalho estava

sendo feito corretamente, e em caso de dúvidas eles estariam lá para ensinar a todos o procedimento correto.

Estas rodadas de manutenção preventivas foram realizadas com sucesso durante os dois semestres com a presença dos técnicos dos fabricantes de equipamentos, e posteriormente passaram a ser realizadas apenas pela equipe interna de manutenção e produção com resultados muito significativos.

Um passo seguinte aos trabalhos de manutenção preventiva foi o início dos trabalhos em manutenção autônoma. Cada máquina passou a ter sua própria lista de verificação de itens de manutenção. Estes trabalhos de manutenção autônoma começaram de maneira muito tímida, mas alcançaram um nível muito bom de participação dos funcionários, e os resultados permitiram que a fábrica aumentasse em muito a disponibilidade das máquinas a ponto de realmente viabilizar a formação de células de manufatura com fluxo unitário e contínuo de peças.

Os trabalhos de 5S também foram muito importantes para o sucesso da implementação da ferramenta de MPT. A organização, a limpeza e a gestão visual foram fundamentais para a formação da base de sustentação de um programa de manutenção mais eficiente. Na Figura 6-15 temos um exemplo de como o desenvolvimento de trabalhos em limpeza e gestão visual puderam ajudar o programa de manutenção autônoma na empresa.

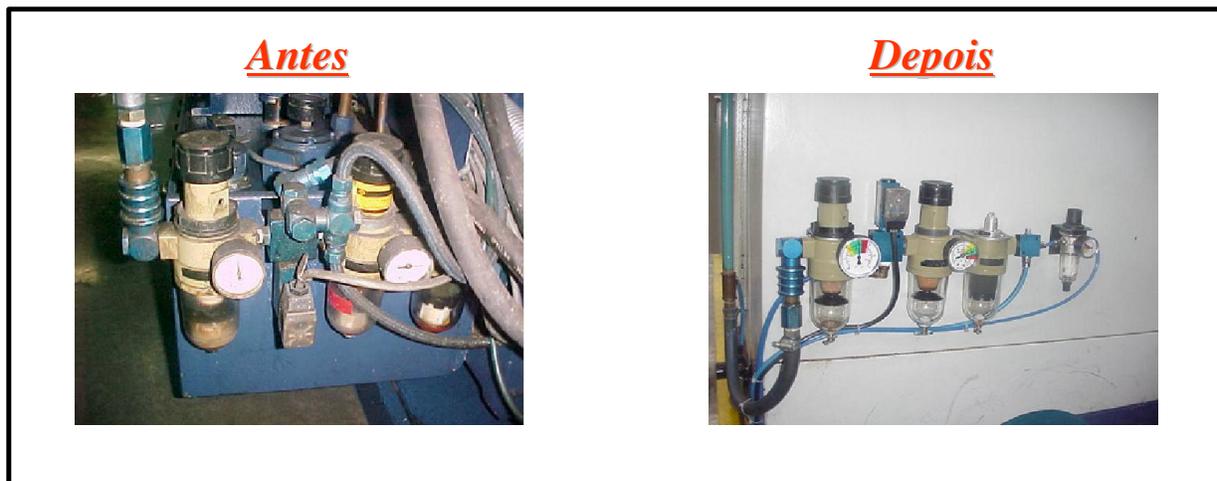


Figura 6-15 - Exemplo de 5S Aplicado ao MPT

6.3.3. Troca Rápida de Ferramenta

A troca de ferramentas, ou montagem de máquina, é um dos fatores fundamentais para a criação de fluxo e a redução dos estoques intermediários do processo produtivo. O próprio Sistema Toyota de Produção enfatiza muito a questão do tempo de troca de ferramenta e montagem de máquina como um fator alavancador de melhoria e eliminação de desperdícios na fábrica.

A variedade de equipamentos presentes na empresa acabou causando situações curiosas. Enquanto em algumas máquinas já se havia conseguido atingir o chamado OTED (*One Touch Exchange of Dies*), em outras o processo de montagem de máquina e troca de ferramentas era muito lento e atrapalhava demais o fluxo de produção.

O grande objetivo, inicialmente, foi o de reduzir os tempos de troca de ferramentas nas máquinas de usinagem das células de embreagens. A célula de produção da embreagem 365 mm possuía duas máquinas de usinagem: um torno vertical, e um centro de usinagem horizontal. As duas máquinas demoravam, cada uma, cerca de uma hora e meia, em média, para que a mudança de ferramental de um modelo para outro pudesse ser concluída. E além do tempo de troca ser relativamente elevado em relação às outras máquinas da célula, a variabilidade deste processo era muito grande. Às vezes o processo de troca de ferramenta podia durar trinta minutos. Outras vezes esse mesmo processo se alongava por mais de três horas.

O primeiro grande problema que foi identificado era em relação à parte técnica. E foi nesta área que os trabalhos ganharam ênfase. Encontraram-se soluções para os problemas com o ferramental de máquina. Foram desenvolvidos novos dispositivos de fixação, algumas padronizações foram implementadas, e foram desenvolvidas ferramentas especiais para minimizar o tempo de preparação e de usinagem.

O segundo passo foi trabalhar no processo de troca de ferramenta em si. Foram seguidas as técnicas propostas por Shingo para a redução de tempos de montagem de máquina. O trabalho rendeu resultados muito expressivos, tanto no que diz respeito ao tempo de montagem quanto à

variabilidade do processo. A montagem tornou-se mais rápida, e a variação do tempo de uma montagem para outra foi reduzida. O processo passou a ser mais estável.

Mas a melhoria exigia operadores mais treinados. Anteriormente, havia apenas algumas pessoas treinadas na fábrica para realizar montagem de máquinas. Essas pessoas realizavam as montagens de todas as máquinas mais complexas. Como não estavam em número suficiente, elas acabavam sendo sobrecarregadas, e por vezes as células de produção ficavam paradas porque não havia nenhum técnico disponível para realizar as montagens. Com o novo processo de preparação, todos os operadores passaram a montar as máquinas que operavam. Em um primeiro momento essa mudança exigiu treinamento de todos os operadores. E por estarem sendo treinados, o desempenho em relação ao tempo de montagem dos equipamentos caiu significativamente. Mas com o passar do tempo, os operadores foram conhecendo melhor as máquinas nas quais trabalhavam e foram desenvolvendo a habilidade de montá-las em tempos cada vez menores.

Os ganhos com este novo processo de preparação de máquinas não se resumiu ao tempo de montagem, mas também foi muito significativo na melhora da formação profissional dos operadores, na motivação deles, e no nível de refugos e retrabalhos dentro da fábrica.

O passo seguinte à redução do tempo de montagem das máquinas foi a própria eliminação deste processo. Este foi um complicado trabalho desenvolvido por técnicos e engenheiros de processo para que as máquinas estivessem preparadas para receber diferentes modelos de peças sem a necessidade de haver troca e ajuste do ferramental. Alguns tornos e centros de usinagem conseguiram chegar ao ponto em que o processo de troca de modelos da linha de produção poderia ser feito apenas carregando na máquina o programa de controle numérico correspondente ao próximo produto. Os ganhos deste tipo de desenvolvimento foram sentidos imediatamente, mas esse trabalho não conseguiu ser replicado na fábrica toda. Em muitos casos ainda há limitações técnicas ou financeiras que impedem que o processo de troca de ferramentas seja completamente eliminado.

6.3.4. Sistema à Prova de Erros

O sistema a prova de erros é uma ferramenta que já vinha sendo desenvolvida há algum tempo pelos funcionários da empresa. Isso não significa que não havia mais o que ser desenvolvido nesta ferramenta, mas sim que alguns funcionários já haviam sido treinados, e que já havia experiências de sucesso na aplicação desta ferramenta.

A meta da empresa é que sejam desenvolvidos e implementados sistemas a prova de erros em todas as operações que envolvem as características chaves e as características chave de acoplamento do produto.

O processo de desenvolvimento de dispositivos e sistemas que eliminem a possibilidade de uma peça ruim passar adiante no processo produtivo nem sempre é fácil. Diversas vezes deparou-se com características muito difíceis de serem inspecionadas na totalidade das peças produzidas. O trabalho se torna muito mais de engenharia e ferramentaria que um trabalho de processo propriamente dito. A Figura 6-16 mostra um exemplo de Poka Yoke utilizado em uma máquina de testes.



Figura 6-16 - Exemplo de Poka Yoke Utilizado na Máquina de Testes

No final do desenvolvimento deste trabalho, a totalidade das características chave do produto e mais da metade das características de acoplamento já estavam sendo monitoradas através de dispositivos à prova de erros.

6.3.5. Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo foi uma das ferramentas mais importantes para o processo de melhoria da empresa. Isso porque é o fluxo contínuo e unitário que permite que os estoques intermediários do processo possam ser reduzidos de forma drástica, e com isso o tempo de atravessamento da peça na linha de produção também é reduzido de forma muito significativa.

A implementação do fluxo contínuo e unitário na fábrica foi um processo relativamente longo e difícil. O primeiro passo foi definir as famílias de produtos que eram produzidas. Seis grandes famílias foram identificadas. São elas:

- Disco de embreagem
- Garfo de embreagem
- Embreagem 365 mm
- Embreagem CASIA
- Chapa Intermediária
- Subconjunto

A produção da família de embreagem 365 mm era realizada em duas células distintas. Uma primeira célula de usinagem, que produzia a chapa de pressão e, eventualmente, a chapa intermediária (Figura 6-17). E uma outra célula que fazia as operações de montagem e teste das embreagens (Figura 6-18).

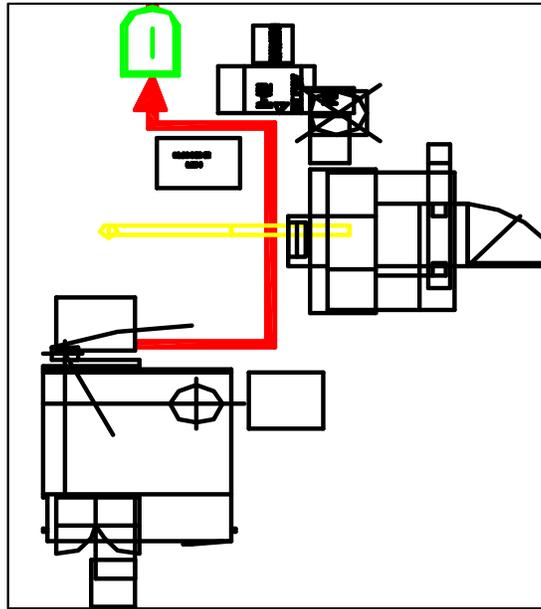


Figura 6-17 - Célula de Usinagem de Chapas de Pressão

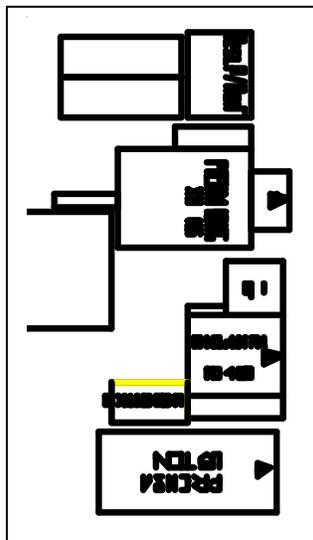


Figura 6-18 - Célula de Montagem e Teste de Embreagem

No caso específico das células das embreagens 365 mm, havia um desbalanceamento de tempos de processamento entre as células de usinagem e montagem das embreagens. A célula de usinagem possuía menor capacidade de produção que a célula de montagem, e por este motivo

ela trabalhava dois turnos completos enquanto a célula de montagem trabalhava apenas um. Isso acabava acarretando a necessidade de se produzir peças usinadas para estoque.

Para eliminar os problemas de estoques e, conseqüentemente, os problemas de organização e movimentação de peças no chão da fábrica identificados pelo Mapeamento do Fluxo de Valor, foi proposta uma solução de criação de fluxo unitário de peças nas células de usinagem e montagem de embreagens 365mm. E para tornar este fluxo unitário possível, o leiaute foi modificado, unindo então as células de usinagem e montagem.

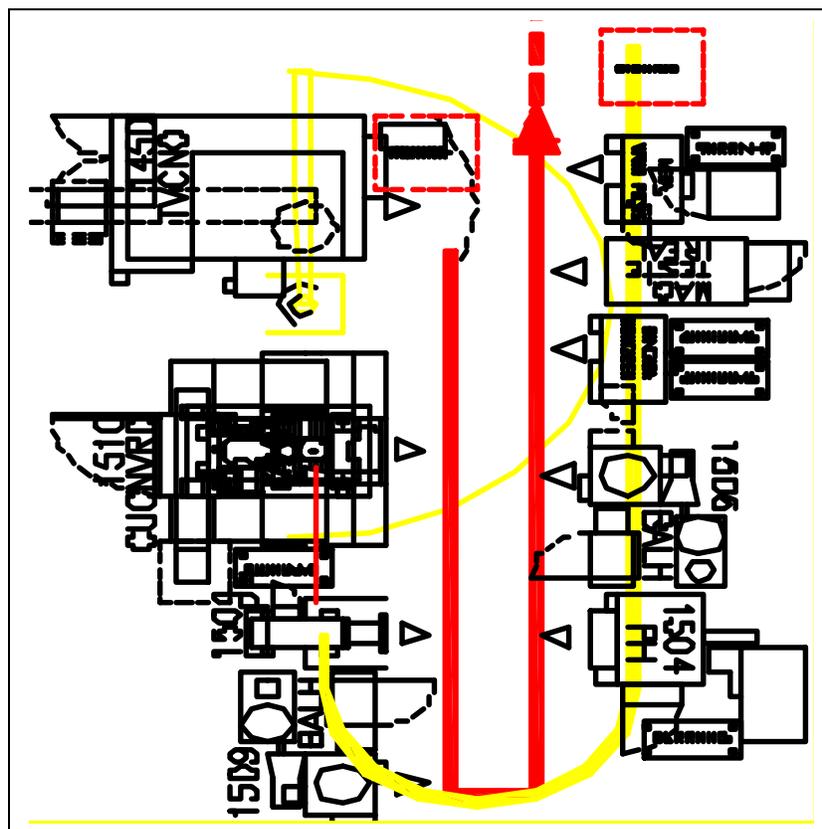


Figura 6-19 - Célula de Usinagem/Montagem de Embreagem

O novo leiaute (Figura 6-19) permitiu que a peça avançasse de estação em estação de trabalho sem que houvesse a necessidade de estoques intermediários entre as máquinas. Os estoques intermediários diminuíram sensivelmente, e a movimentação de peças dentro da fábrica diminuiu sensivelmente também. Foi liberado mais espaço dentro da fábrica, seja pela eliminação dos estoques de peças, seja pela compactação da linha de produção. A movimentação

dos operadores caiu, e o tempo de atravessamento da embreagem dentro do processo produtivo caiu consideravelmente também.

Foram obtidos resultados expressivos com a criação de fluxo unitário na célula de produção das embreagens 365mm. Mas as etapas de desenvolvimento do processo que houveram que ser cumpridas para que fosse possível a criação deste fluxo unitário exigiram muito trabalho e planejamento. Isso porque a formação de uma célula de produção com muitas máquinas exige uma confiabilidade relativamente grande dos processos. Ferramentas como a manutenção produtiva total, 5S, ergonomia, e padronização do trabalho tiveram de ser aplicadas para o fluxo unitário se tornasse realmente viável. Uma célula de produção dificilmente é produtiva, e efetiva seus ganhos, se não houver um trabalho sério de manutenção das máquinas e equipamentos. Quando há fluxo unitário em uma célula de produção, a parada de uma máquina se reflete em prejuízo para todas as demais.

E além de todas as dificuldades e do trabalho técnico envolvido para que a implementação do fluxo unitário se tornasse viável, um outro fator dificultou muito o trabalho de criação de fluxo de peças. Houve muita dificuldade em convencer as pessoas do chão da fábrica de que seria realmente importante que as unidades de produção trabalhassem com fluxo unitário de peças. Por vezes as pessoas insistiam em colocar carrinhos de peças entre as estações de trabalho da célula. Mas esses problemas acabaram por ser superados por meio de treinamentos e também porque os resultados começaram a aparecer de forma rápida e consistente. As pessoas passaram a ver que o trabalho de criação de fluxo unitário, embora difícil e cansativo, trazia resultados muito bons para a empresa e para os próprios operadores, já que a operação se tornava mais tranqüila.

6.3.6. Sistema Puxado

O sistema puxado, ou *kanban* como é mais conhecido, é quase um sinônimo do Sistema Toyota de Produção. Em geral as empresas pensam que o *kanban* é a ferramenta que vai solucionar todos os problemas relativos ao relacionamento com os clientes, à entrega, e à dinâmica da fábrica. E isso não é bem verdade. Todo o desenvolvimento necessário para

implementar o sistema puxado é que faz com que a fábrica passe a atender melhor à demanda dos clientes.

O ELS contemplava, no tópico do sistema puxado, não só o kanban na produção de materiais como também o sistema puxado para compras de matérias primas. E além do kanban, o ELS contemplava também outras formas de controle visual da produção, diferentes do kanban (Monden, 1997).

A situação inicial da fábrica quanto ao sistema puxado era ruim. Não havia nenhum indício de utilização de sistemas puxados ou de controles visuais de programação. Isso, apesar de já haverem pseudo-células e linhas de montagens bem organizadas.

A programação da produção era inteiramente baseada em sistemas computacionais que gerenciavam o saldo em estoque de matéria prima, a previsão de demanda dos clientes, e o saldo em estoque de produtos acabados. Baseado nestas informações, o sistema emitia previsões de demanda e autorizações de entregas para os fornecedores.

O início da implementação do sistema puxado na empresa se deu depois de concluída a formação da primeira célula de produção com fluxo unitário de peças. Foi projetado um quadro kanban que controlaria o estoque (supermercado) das peças de maior volume produzidas na célula. A célula de discos foi estrategicamente escolhida para ter o primeiro quadro kanban (Figura 6-20) por ser uma área produtiva de complexidade relativamente baixa, e por ser muito ágil. Essa agilidade seria muito importante no caso de haver problemas com a operação do quadro.

A experiência com o quadro kanban na célula de discos foi muito importante e serviu como alerta sobre alguns itens fundamentais no projeto de sistemas puxados, como por exemplo as embalagens.

Foram desenvolvidas embalagens apropriadas para acondicionamento dos discos no supermercado, foi desenvolvida uma planilha básica para o cálculo do número de kanbans de

cada item no quadro, foram também desenvolvidos os cartões e construído o quadro propriamente dito.

Este quadro nos serviu de ‘cobaia’ por algumas semanas. Com ele foi possível aprender os detalhes e as especificidades da construção, da operação e do controle dos quadros kanban e dos supermercados de peças. Com ele, pudemos construir uma base sólida de conhecimento e experiência que utilizamos posteriormente para o projeto e construção dos vários outros quadros kanbans, de material acabado, dentro da fábrica.

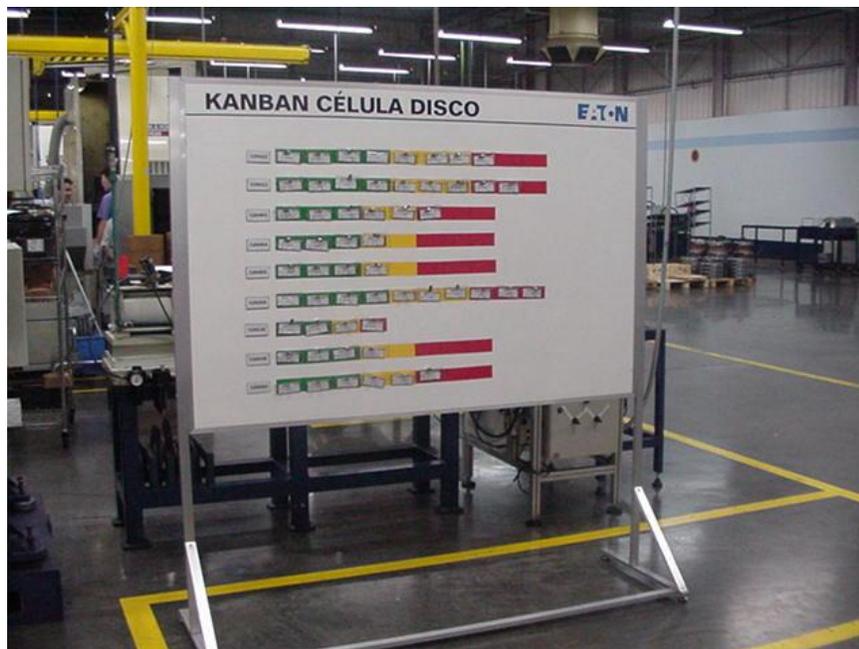


Figura 6-20 - Quadro Kanban

No total, foram desenvolvidos implementados quatro quadros kanban para produtos finais prontos para entregar para os clientes, e mais um quadro kanban de produtos intermediários, os subconjuntos de caixa de mancal, para serem utilizados internamente nas células de embreagens.

Depois de implementados todos os quadros, a fábrica não precisava mais das ordens de produção emitidas pelo sistema. A produção das células era disparada pelo quadro kanban,

baseada na demanda real do cliente. Só o fato de não ser mais necessária a emissão de ordens de produção já deixou o chão de fábrica mais tranquilo.

Mas somente a implementação de supermercados de produtos acabados não era suficiente para se obter uma boa nota no quesito ‘Sistema de Puxar’ do ELS. Era preciso que houvessem sistemas semelhantes de controles visuais disparando a compra de matérias primas. Neste caso, não era necessário que o sistema utilizado fosse o quadro kanban. Poderia ser utilizado um sistema visual mais simples.

Para as peças grandes e de alto valor agregado, foi definida a utilização da ferramenta kanban para controlar os estoques. O primeiro fornecedor com o qual estabeleceu-se um sistema de controle e disparo de compras por kanban foi a Valeo. A Valeo fornece para a Eaton o revestimento orgânico dos discos de embreagem. Embora a lógica do quadro kanban fosse a mesma, o relacionamento com a Valeo aconteceria através de um quadro kanban eletrônico (Figura 6-21). Todos os dias a Eaton deveria enviar à Valeo uma planilha eletrônica mostrando a posição dos estoques de revestimentos orgânicos. O fornecedor abasteceria este estoque quando julgasse necessário.

O sistema funcionou muito bem e trouxe ganhos significativos em flexibilidade para os dois lados. A Eaton conseguiu reduzir seus estoques de revestimentos orgânicos de discos, que possuem um valor muito elevado, e a Valeo passou a administrar melhor seus estoques e a produção de sua fábrica, já que sabia diariamente a exata posição dos estoques de seu cliente.

Esta bem sucedida experiência também serviu de base para o desenvolvimento de relacionamento de compra via kanban eletrônico com outros importantes fornecedores.

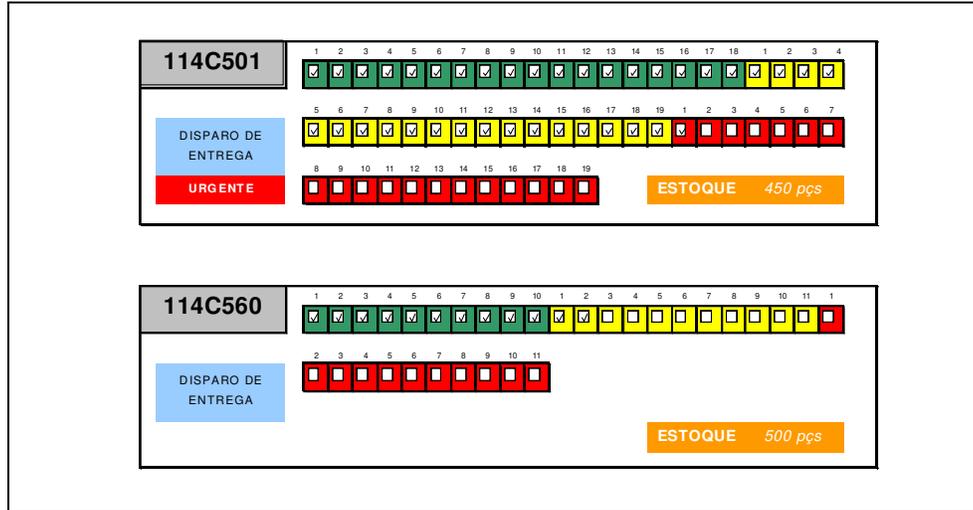


Figura 6-21 - Planilha do Kanban Eletrônico

Para os produtos pequenos e de menor valor, decidiu-se por utilizar o sistema de ponto de disparo de compra de material, aliado a um controle visual mais apurado no estoque, como mostrado na Figura 6-22. Neste sistema, cada peça possui um lugar definido no estoque e um cartão junto à prateleira. Neste cartão estão informações sobre a quantidade mínima de produto que deve estar disponível na prateleira. Caso a quantidade de produto disponível esteja abaixo do ponto mínimo, o abastecedor leva o cartão para a área de compras que se encarrega da reposição independentemente do valor saldo no sistema para aquele produto. Este procedimento evita paradas de linha por falta de material causada por erros de saldo no sistema.



Figura 6-22 - Cartão de Ponto de Disparo de Compra

Materiais indiretos também foram tratados de maneira especial. A gestão visual na área de material indireto facilitou muito a organização e coordenação de compras. Na maioria dos casos foi instalada uma régua colorida ao lado da prateleira indicando os pontos onde o estoque estaria abaixo do mínimo (vermelho), dentro do tolerável (amarelo) e em nível bom (verde). No exemplo da figura, temos o estoque de folha de instruções controlado pela régua colorida. Conforme as folhas vão sendo consumidas e retiradas da prateleira, a pilha vai se aproximando do nível crítico, como mostrado na Figura 6-23, e os abastecedores já comunicam a área de compras para que realizem a reposição do material.



Figura 6-23 - Gestão Visual para Compra de Material Indireto

Os sistemas de régua colorida, cartão de disparo de compra, kanban eletrônico, e quadro kanban foram suficientes para que a maioria quase absoluta dos processos de abastecimento e produção pudesse ser realizada sem a interferência de sistemas computacionais avançados. Estes sistemas também possibilitaram maior confiabilidade de entregas e maior utilização das linhas de produção, já que a falta de matéria prima passou a ser um problema com menor índice de ocorrência.

6.3.7. Trabalho Padrão

O trabalho padrão foi uma ferramenta muito importante no processo de melhoria. Foi ela que permitiu desenvolver trabalhos mais profundos de melhoria que conseguissem aumentar a produtividade da fábrica.

Inicialmente, existiam praticamente dois tipos de operadores: os operadores das linhas de montagem e os operadores das linhas de usinagem. Aqueles das linhas de montagem estavam habilitados a operar qualquer uma das linhas. Os da usinagem estavam habilitados a operar qualquer uma das máquinas de usinagem das linhas de embreagem. A rigor, dado aos grandes estoques intermediários do processo e à baixa disponibilidade das máquinas, os operadores eram mudados constantemente de posição. Devido, novamente, aos estoques intermediários do processo, as operações não seguiam um padrão muito rígido de trabalho.

A ferramenta de trabalho padrão começou a ser trabalhada logo após as grandes mudanças de leiaute da fábrica que criaram as células de embreagem. Naquele ambiente de usinagem-montagem, ficou evidente que os operadores não seguiam um padrão de trabalho previamente definido, e que essa falta de padrão estava gerando muito desperdício.

Podemos entender por desperdício, neste caso, como a perda do ciclo da máquina. Acontecia muito frequentemente o caso dos operadores perderem o ciclo da máquina gargalo do processo. Ou seja, em todo ciclo a máquina gargalo acabava ficando alguns segundos parada porque os operadores estavam realizando outras atividades que consideravam prioritárias naquele momento. Isso se dava pela total falta de organização e entendimento do processo produtivo.

Uma das primeiras atividades foi estabelecer qual a máquina gargalo dentro do processo para que ficasse claro aos operadores qual seria a prioridade em caso de dúvidas sobre a operação da linha. Logo em seguida definiu-se, ainda que de forma empírica e não formal, posições de trabalho para cada um dos operadores.

O cálculo do tempo takt também foi muito importante naquele momento para que os operadores entendessem que muitas vezes não havia necessidade de produzir com tanta velocidade, já que o cliente não estava consumindo os produtos. E este entendimento seria fundamental na etapa de elaboração do processo padrão em que definiríamos o número de funcionários que seria suficiente para que a célula produzisse no mesmo ritmo de consumo do cliente.

Enfim, depois do cálculo do tempo takt, da definição dos gargalos, das posições dos operadores, a elaboração formal do padrão de trabalho foi o próximo passo.

A folha de trabalho padrão é constituída das informações do tempo manual, do tempo de processo automático, e do tempo de caminhada do operador em cada uma das operações pertencentes ao processo. Cada um desses tempos é indicado graficamente de modos diferentes, e são desenhados na folha de trabalho padrão de forma seqüenciada, operação após operação, na mesma seqüência de produção real.

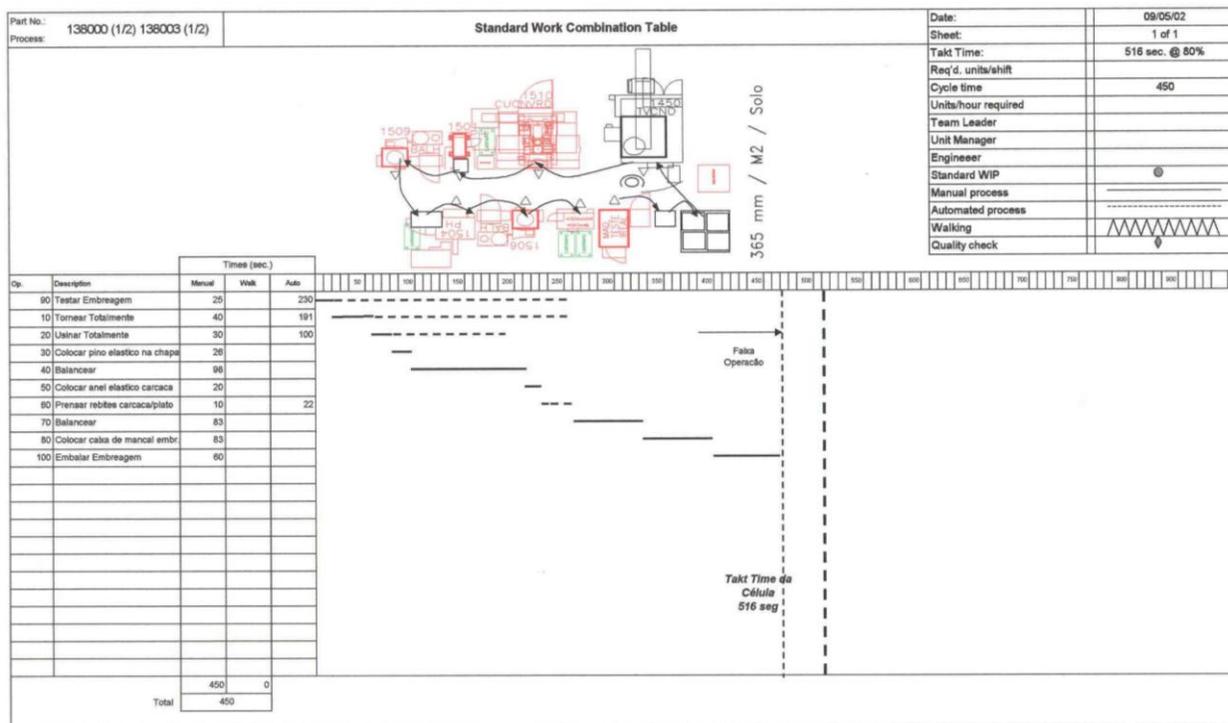


Figura 6-24 - Gráfico Trabalho Padrão para Um Operador

Com esta folha de trabalho padrão, todos os envolvidos no processo produtivo podiam entender a operação, e mais que isso, saber se ela estava bem dimensionada ou não. Esta ferramenta possibilitou definir melhor os trabalhos dentro da célula, e aproveitar melhor o tempo dos operadores, aumentando a produtividade da fábrica.

Também foram desenvolvidas outras folhas de trabalho padrão para a mesma área de trabalho considerando a variação de demanda do cliente. Cada célula de manufatura possuía pelo menos duas folhas de trabalho padrão. Uma para cada faixa de demanda do cliente. A Figura 6-24 mostra uma folha de trabalho padrão para demandas menores que uma peça a cada 475 segundos. Para esta taxa de demanda, um operador é suficiente para atender ao cliente. A Figura 6-25 mostra a folha de trabalho padrão para a mesma peça, mas considerando a utilização de dois operadores. Neste caso, a célula tem capacidade de atender a taxas de demandas que variam de 259 a 475 segundos por peça.

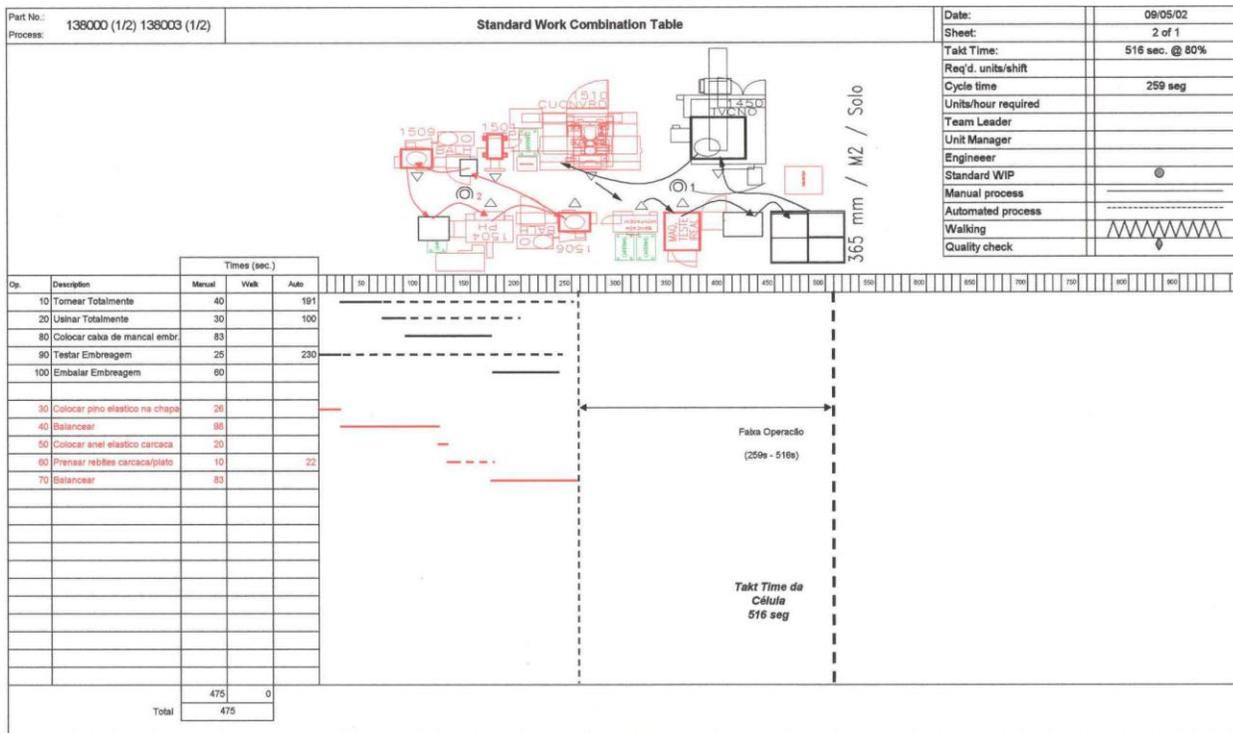


Figura 6-25 - Gráfico de Trabalho Padrão para Dois Operadores

7 RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÃO

No presente capítulo serão mostrados e analisados os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto de melhorias na empresa. Os dados serão apresentados e comentados a fim de dar um panorama do impacto dos resultados nos negócios da companhia.

7.1. Inventário

Como já foi dito anteriormente, a empresa possui uma métrica própria para contabilizar seu estoque. Nesta contabilidade entram tanto os estoques de matéria prima quanto o estoque em processo e de produtos acabados. A soma do valor desses estoques é dividida pelo faturamento do mês corrente, formando o índice chamado de *Days on Hand*, que nada mais é que a representação em dias de produção do valor do estoque.

Os estoques vêm caindo sistematicamente desde 2001 em virtude dos esforços pela criação de fluxo unitário, dos quadros kanbans implementados para controlar melhor estoques de matérias primas e produtos acabados, e também da maior confiabilidade das linhas de produção.

Atualmente, os níveis de estoque estão quase 50% menores que em 2001. Isso representa maior agilidade da fábrica, com menores tempos de atravessamento. Além disso, o custo de estoque caiu significativamente, juntamente com a necessidade de movimentação e armazenagem de peças dentro da fábrica.

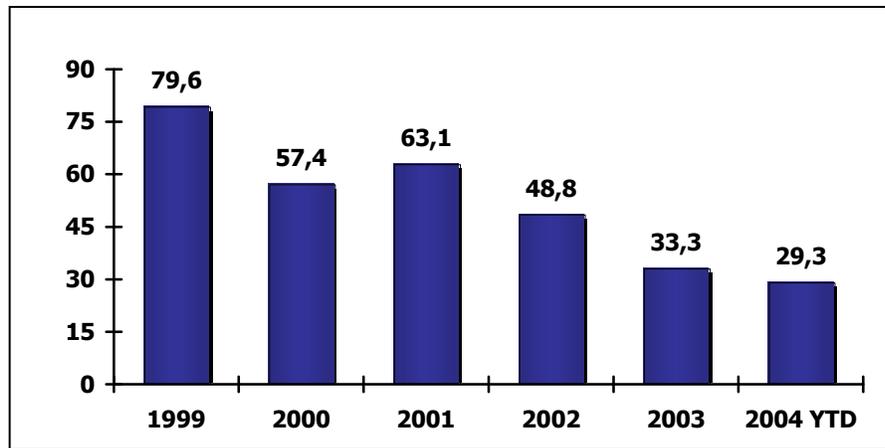


Gráfico 7.1 - Resultado Obtido em Inventário

7.2. Entregas no Tempo Correto

Mesmo com os estoques gerais da planta caindo de forma significativa, a porcentagem de entregas no tempo correto manteve-se em bom nível, sofrendo até uma pequena melhora. Isso demonstra que a crença de que grandes estoques representam bom atendimento ao cliente pode não ser inteiramente verdadeira. O trabalho comprova que o bom atendimento está muito mais relacionado a organização do processo, do que ao tamanho do estoque

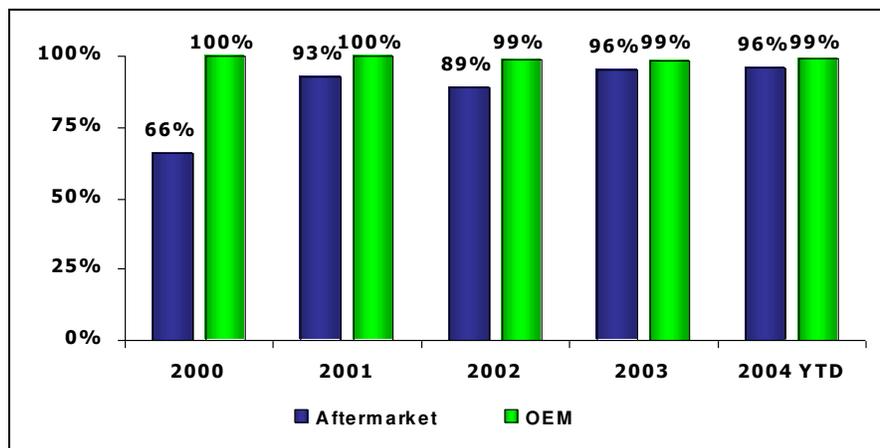


Gráfico 7.2 - Resultado Obtido em Entregas

7.3. Atendimento à Reposição <48hs

Este indicador, assim como o anterior, também está muito relacionado à crença de que grandes estoques provêm bom atendimento aos clientes. Temos que, desde 2001, os níveis de estoques caíram quase 50% até os dias de hoje. Mas mesmo assim vemos que a quantidade de pedidos atendidos em menos de 48 horas subiu mais de 30% no mesmo período. Estes resultados também são fruto da aplicação de ferramentas de criação de fluxo unitário de peças, controle de estoques via kanban, etc...

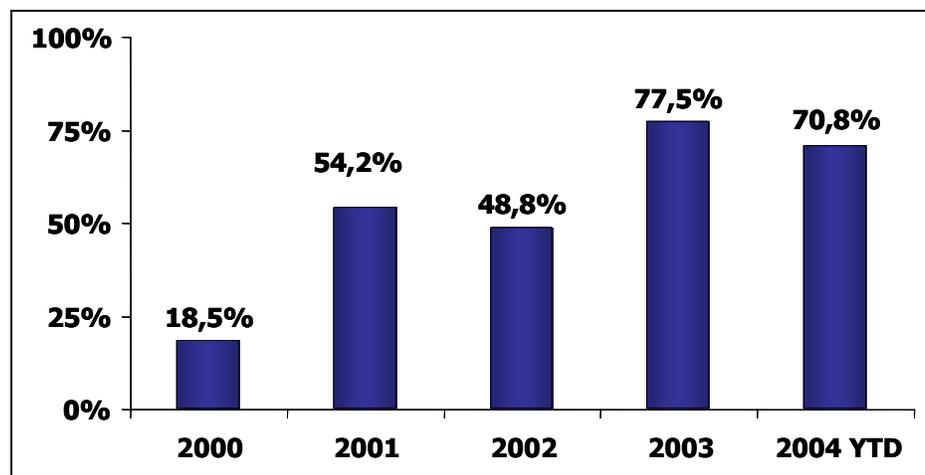


Gráfico 7.3 - Resultado Obtido na Reposição

7.4. Rejeição

Os níveis de rejeição da empresa são aqui apresentados como uma porcentagem em relação às vendas. Vemos que a rejeição caiu mais de 70% entre os anos de 2001 e 2004. Parte significativa destes ganhos foram decorrentes da utilização de sistemas à prova de erros desenvolvidos para todas as características chave dos produtos fabricados pela empresa. Outro fator de contribuição significativa à redução dos níveis de rejeição foi a criação de fluxo unitário em muitas áreas da fábrica. E a contribuição maior do baixo índice de rejeição para a empresa é o aumento da credibilidade frente aos clientes e a redução dos custos, permitindo assim que a empresa se torne mais forte e competitiva.

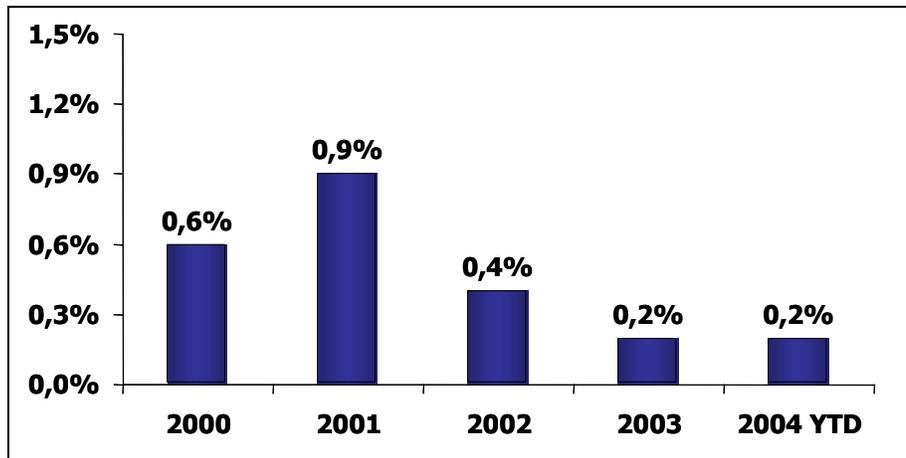


Gráfico 7.4 - Resultado Obtido no Índice de Rejeição

7.5. Produtividade

O indicador de produtividade utilizado é vendas por hora trabalhada. Notamos melhora de mais de 70% entre os anos de 2001 e 2004, influenciadas em grande parte pelo forte trabalho de construção de fluxo unitário via células de manufatura em “U”, e aos desenvolvimentos dos padrões de trabalho dos operadores. Aliados a esses fatores temos também os ganhos de disponibilidade de máquina conquistados através dos trabalhos na área de manutenção.

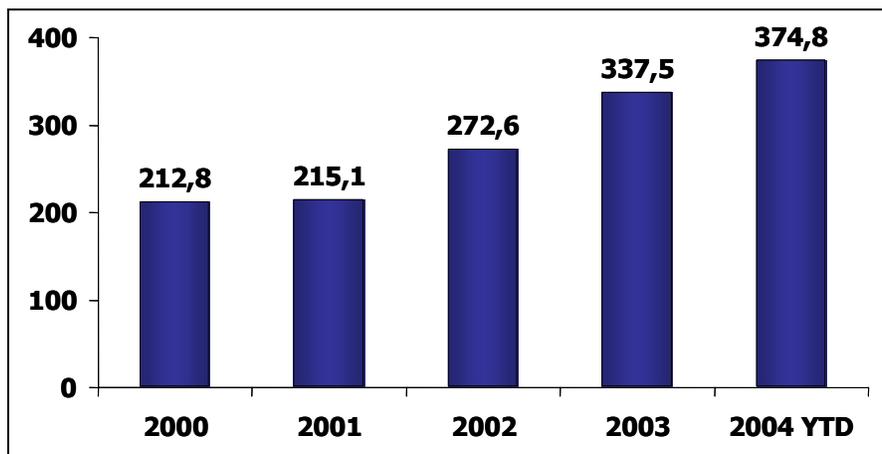


Gráfico 7.5 - Resultado Obtido em Produtividade

7.6. Participação de Mercado

Todos os ganhos descritos anteriormente se refletem no aumento da competitividade da empresa, e conseqüentemente na obtenção de parcelas de mercado cada vez maiores. Obtivemos um ganho de mais de 100% de participação de mercado nos últimos 3 anos, motivados principalmente pelos ganhos significativos de qualidade, atendimento ao cliente, e custo de produção. Esses três fatores acabaram por alavancar as vendas e a participação no mercado. E essa presença mais forte no mercado gera ganhos de escala para a empresa, tornando-a ainda mais competitiva.

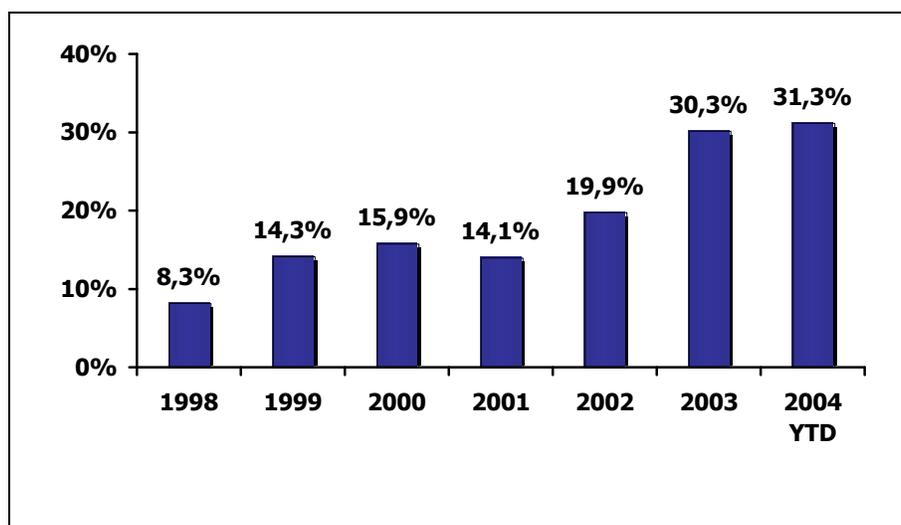


Gráfico 7.6 - Evolução da Participação de Mercado

7.7. Venda Líquida

Por todos os fatores já descritos anteriormente, tivemos entre os anos de 2001 e 2004 um aumento de mais de 100% de vendas em reais, e de mais de 50% de vendas em dólares americanos.

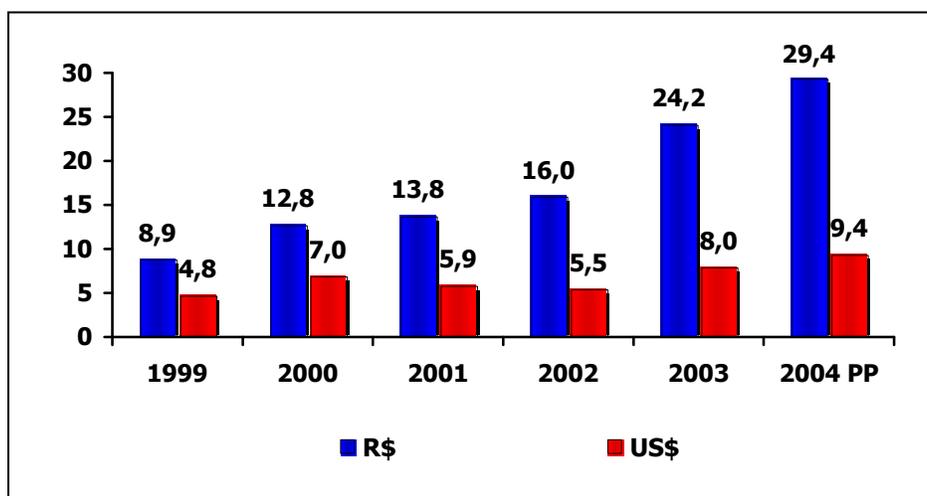


Gráfico 7.7 - Evolução das Vendas

7.8. Lucro Operacional

Todos os indicadores discutidos anteriormente acabam por se refletir neste último índice de lucro operacional. O índice é dado como a porcentagem das vendas a que corresponde o lucro operacional da empresa. Ou seja, se este valor tivesse permanecido constante ao longo do tempo, a empresa já teria tido um aumento do volume de lucros baseado somente no aumento das vendas líquidas. Mas além de ter suas vendas aumentadas, a parcela dessas vendas a que corresponde o lucro também aumentou em mais de 30% nos últimos 3 anos. A empresa passou a ganhar mais, percentualmente, sobre cada produto vendido.

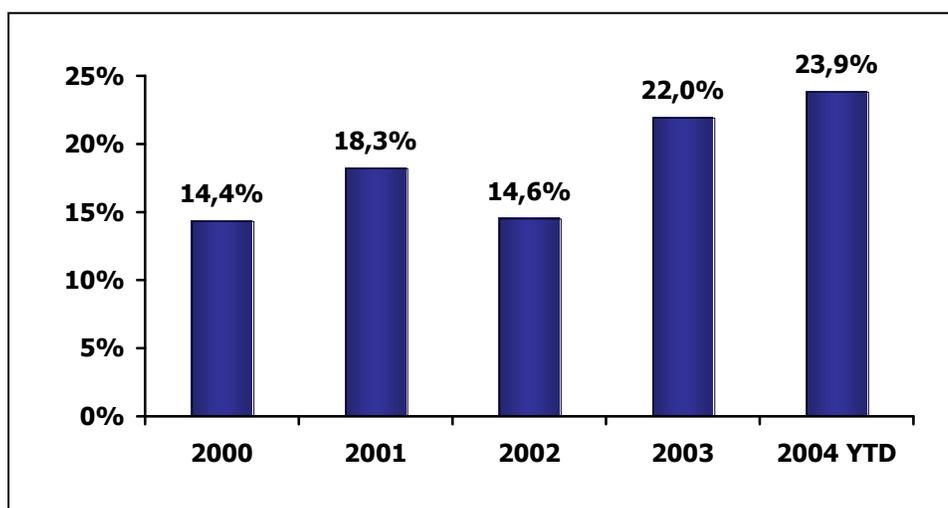


Gráfico 7.8 - Evolução do Lucro Operacional

7.9. Conclusão

O processo de melhoria e desenvolvimento da metodologia foi sendo compreendido e assimilado ao longo de todo o processo de mudança. Nem sempre de maneira tranqüila e confortável. Toda mudança gera desconforto e apreensão, e o caso deste projeto não foi diferente. A grande dificuldade encontrada, desde o início dos trabalhos, foi convencer as pessoas a aceitar mudanças. Testes, mudanças experimentais e mudanças temporárias foram realizadas sem muitos problemas. Os grandes questionamentos aconteceram no momento em que as mudanças testadas apresentavam bons resultados, e eram encaminhadas para que se tornassem perenes. A mudança radical do modelo de trabalho, que atravessou de um sistema conhecido e seguro para um sistema novo e desconhecido, foi a causadora de muita discussão. E nestes momentos, o apoio da média e alta gerência foi fundamental para o desenrolar dos trabalhos e a aplicação dos novos métodos de trabalho.

É interessante notar que, após o primeiro impacto das grandes mudanças, as pessoas passaram a entender melhor o que representa a cultura de melhoria contínua, e passaram a enxergar as operações da planta de forma diferente. Para isso, contribuíram também os programas de melhoria implantados pela empresa, e muito incentivados nos últimos tempos.

Este trabalho teve como objetivo apresentar uma metodologia para direcionamento de projetos de melhoria onde pudesse haver otimização dos ganhos em relação aos recursos aplicados, e desenvolver um caso real da indústria tendo o autor como um dos agentes facilitadores da mudança. Sob este aspecto, pode-se dizer que o projeto obteve pleno êxito já que os resultados alcançados foram muito expressivos.

Mas mesmo atingindo resultados significativos, e seguindo os preceitos básicos da melhoria contínua onde “tudo pode ser melhorado, sempre”, deixamos como sugestão de tema a ser mais explorado em futuros trabalhos a utilização do *Axiomatic Design* (Projeto Axiomático) para a definição dos indicadores de desempenho da empresa, juntamente com o desenvolvimento de uma metodologia de cálculo de potencial de ganhos financeiros em projetos de implementação de produção enxuta.

Referências

Contador, J., *Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1998. 593 p.

Camara, J., Araújo, I., Santos, C., *Manutenção Elétrica Industrial: apostila virtual*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia Elétrica. 2001.
www.cae.ufrn.br/manut/index1.htm

Goldratt, E., Cox, J., *A meta*. São Paulo: IMAM, 1992, 260p

Goldratt, E., Cox, J., *A corrida pela vantagem competitiva*. São Paulo: IMAM, 1989, 175p

Hines, P., Lamming, R., Jones, D., Cousins, P., Rich, N., *Value stream management: strategy and excellence in supply chain*. London: Prentice Hall, 2000, 440p

Imai, M., *Gemba kaisen: a commonsense, low-cost approach to management*. New York: MacGraw-Hill, 1997

Jones, D., Womack, J., *Seeing the whole: mapping the extended value stream*. Brookline: The Lean Enterprise Institute, 2002, 96p

Kaplan, R., Norton, D., *The balanced scorecard: translating strategy into action*.

Kardec, A., Ribeiro, H., *Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma*. Rio de Janeiro: Qualitymark: ABRAMAN, 2002

Lee, H., Padmanabhan, V., Whang, S., *The Bullwhip Effect in Supply Chains*. Sloan Management Review, vol. 38, n. 3, pp. 93-102, 1997

Lobo, C., Lima, P., Favaro, C., Marcondes, A., *Desingning measurement systems using tools to support the development of balanced scorecard*. Guimarães: 1st International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Ecomomy, 2003

Monden, Y., *Toyota production system: an integrated approach to just in time*. Norcron: Engineering and Management Press, 1997, 479p

Ohno, T., *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997, 149p

Osada, T., *Housekeeping, 5S's : seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke : cinco pontos-chaves para o ambiente da qualidade total*. São Paulo: IMAM, 1992, 212p

Rother, M., Shook, J., *Aprendendo a enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999, 97p

Rother, M., Harris, R., *Criando fluxo continuo*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002

S.A.E. *Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment*. Michigan: National Center for Manufacturing Sciences, Inc., 1993.

Shingo, S., *A study of toyota production system from an industrial engineering viewport*. Portland: Productivity Press, 1989, 257p

Shingo, S., *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge: Productivity Press, 1985

Shingo, S., *Zero quality control: source inspection and the Poka-Yoke system*. Portland: Productivity Press, 1991

Stanganelli, R., *Henry Ford por ele mesmo*. São Paulo: Editora Martin Claret, 1995, 183p

Tapping, D., Luyster, T., Shuker, T., *Value stream management: eight steps to planning, mapping and sustaining lean improvements*. New York: Productivity Press, 2002, 167p

Taylor, F., *Princípios da administração científica*. São Paulo: Editora Atlas, 1970, 134p

Womack, J., Jones, D., Roos, D., *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro, 1992, 347p

Womack, J., Jones D., *A mentalidade enxuta nas empresas*, Editora Campus, 1998, 427p

Womack, J., Jones, D., *From lean production to lean enterprise*. Harvard Business Review, March-April, pp 93-103, 1994

Womack, J., *Gerenciamento lean da informação*. São Paulo: Lean Institute Brasil, www.lean.org.br, 2004

Womack, J., Jones, D., *Lean Consumption*. Harvard Business Review, March, pp 59-68, 2005