



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC

JOSÉ RENATO L. PAGANO

**TRANSFORMAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS CONVENCIONAIS EM
PROCESSOS ENXUTOS: CASO DA LINHA DE MONTAGEM DE
TRANSMISSÕES**

Florianópolis
Agosto de 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC

JOSÉ RENATO L. PAGANO

**TRANSFORMAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS CONVENCIONAIS EM
PROCESSOS ENXUTOS: CASO DA LINHA DE MONTAGEM DE
TRANSMISSÕES**

ORIENTADOR: Prof. João Carlos Souza, Dr

Florianópolis
Agosto de 2009

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de pesquisa primeiramente a Deus que me deu força, saúde e disciplina; a todos os meus familiares e amigos, que souberam entender minha ausência em certos momentos; principalmente, à minha amada esposa Andresa e a meu filho Gabriel, que sempre me apoiaram e acreditaram que este sonho pudesse tornar-se realidade.

AGRADECIMENTOS

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, em especial ao Prof. Dr. João Carlos Souza, por me ajudar a organizar as ideias de forma simples durante a orientação, sempre, mostrando o melhor caminho a ser seguido.

A todos os funcionários do ICE (Instituto de Competências Empresariais), pelo apoio e assistência durante o curso, em especial para a Sra. Silvana Rizioli, que além de ter viabilizado a criação desta parceria com a UFSC, que originou este mestrado, possui uma característica muito bonita de sempre passar otimismo e alegria às pessoas a sua volta.

Aos meus pais e demais familiares, que estiveram sempre atentos ao andamento do trabalho, encorajando-me e alertando sobre a importância de sua conclusão.

À minha esposa Andresa e ao meu filho Gabriel que se privaram muitas vezes de minha companhia, mesmo estando eu presente, mas que tiveram sempre a compreensão, a dedicação e a paciência necessárias.

Aos amigos do trabalho que acreditaram e contribuíram efetivamente para a realização deste projeto, principalmente, à liderança da linha de montagem transmissões, em especial ao Eng. Marcos César, que acreditou no trabalho e não mediu esforços para garantir a implantação prática das ideias.

Aos amigos e companheiros de curso Eng. Geraldo Barra e Eng. César Rocha, pela amizade que se consolidou durante o mestrado e pelo apoio e parceria durante e após o curso.

A todo o corpo diretivo da FPT (Fiat Powertrain Technologies) por ter acreditado e apoiado a realização do projeto. Em especial, ao Eng. Agnaldo Correia, pelo apoio e credibilidade incontestáveis.

SUMÁRIO

CAPITULO 1	16
INTRODUÇÃO	16
1.1 Motivação e contribuição do trabalho.....	18
1.2 Apresentação do problema	19
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo geral	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 Expectativas de resultados	20
1.5 Delimitações do Trabalho	20
1.6 Estrutura da Pesquisa	20
CAPITULO 2	22
REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 O pensamento enxuto	22
2.1.1 Origem e evolução	22
2.1.2 Os cinco princípios da mentalidade enxuta	25
2.1.3 Os desperdícios na cadeia de valor	30
2.2 Ferramentas Para Implantação do Pensamento Enxuto	35
2.2.1 Técnicas de priorização e organização de ideias	35
2.2.2 Diagrama de 4M's.....	41
2.2.3 Mapa de fluxo de valor (VSM)	42
2.2.4 Formulário A3.....	44
2.2.5 TPM como estabilidade básica	45
2.2.6 Os 5S's	50
2.2.7 Os 3M's	54
2.2.8 Dispositivos à prova de erro (<i>Poka-Yoke</i>)	55
2.2.9 <i>Layout</i> : formas e aplicações.....	57
2.2.10 Balanceamento de processo	61
2.2.11 Supermercado de produção	64
2.2.12 O conceito do melhoramento contínuo (<i>KAIZEN</i>).....	67
CAPÍTULO 3	69
METODOLOGIA DE PESQUISA	69
3.1 Tipologia metodológica de pesquisa	69

3.2	Fases da pesquisa	70
3.2.1	Planejamento da pesquisa	70
3.2.2	Implantação das soluções	71
3.2.3	Avaliação dos resultados	71
3.2.4	Padronização das soluções	72
3.2.5	Formação do grupo de trabalho	72
3.2.6	Mapeando o estado atual do processo piloto	73
	CAPÍTULO 4	74
	APLICAÇÃO PRÁTICA	74
4.1.1.1	Apresentação da empresa	75
4.1.1.2	Apresentação da área específica da pesquisa	76
4.2.4	Criando o estado futuro da área piloto	87
4.2.4.1	Calculando o supermercado de produto acabado	88
4.2.5.2	Construindo métricas, metas e plano de ação	92
4.3	Implantação prática na área piloto	95
4.3.1	Alterando o estoque final atual para supermercado de produção	95
4.3.2	Modificações do <i>layout</i> das áreas de preparação	98
4.3.3	Melhorando a eficiência global do gargalo e organização da área	99
4.3.4	Sequenciando a produção na linha de montagem	100
4.4	Avaliação dos resultados	104
4.5	Padronização das soluções	105
	CAPÍTULO 5	107
	CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Parâmetros de avaliação de Gravidade	36
Quadro 2 – Parâmetros de avaliação de Urgência.....	36
Quadro 3 – Parâmetros de avaliação de Tendência.	37
Quadro 4 - Matriz de decisão G.U.T.....	38
Quadro 5 – Parâmetros de avaliação de Resultado.....	38
Quadro 6 – Parâmetros de avaliação de Execução	39
Quadro 7 – Parâmetros de avaliação de Investimento.....	39
Quadro 8 – Matriz de decisão R.E.I.	40
Quadro 9 – Matriz de organização 5W2H	41
Quadro 10 - 7 Passos do TPM.....	47
Quadro 11 – Programa 5S	51
Quadro 12 - Folha de estudo do processo	62
Quadro 13 – Exemplo Quadro de estratégia para supermercado.....	65
Quadro 14 – motores de responsabilidade da empresa para o mercosul	76
Quadro 15 – Loop's.....	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama 4M's	42
Figura 2 – Padrão para construção do VSM	43
Figura 3 – Exemplo de VSM.....	44
Figura 4 – Formulário A3.....	45
Figura 5 – Matriz para cálculo do OEE.....	49
Figura 6 – 1º Senso do 5S	52
Figura 7 – 2º Senso do 5S	52
Figura 8 – 3º Senso do 5S	53
Figura 9 – 4º Senso do 5S	54
Figura 10 – Exemplo de aplicação de <i>Poka-Yoke</i> de bloqueio	56
Figura 11– Exemplo de aplicação de <i>Poka-Yoke</i> de alerta.....	57
Figura 12 – Exemplo de aplicação de <i>Layout</i> posicional.....	59
Figura 13 – Exemplo de aplicação de <i>Layout</i> por processo	60
Figura 14 – Exemplo de aplicação de <i>Layout</i> por produto	60
Figura 15 – Exemplo de aplicação de <i>Layout</i> celular	61
Figura 16 – Diagrama para estoque.....	66
Figura 17 – Tradução de <i>KAIZEN</i>	67
Figura 18 – Fases de um processo <i>KAIZEN</i>	68
Figura 19 – Mapa de fluxo de valor – Estado Atual.....	73
Figura 20 – Foto ilustrativa da transmissão C-513	77
Figura 21 – Foto ilustrativa das transmissões C-510	77
Figura 22 – Foto ilustrativa do mix da FIAT.....	78
Figura 23 – Macro processo de produção de transmissões.....	79
Figura 24 – Macro processo de produção UTE 2921.....	80
Figura 25 – Modelo de produção com aplicação de supermercado	82
Figura 26 – Mapa de fluxo de valor – Estado Futuro.....	92
Figura 27 – A3 do projeto-piloto	95
Figura 28 – <i>Kaizen</i> do <i>layout</i> do supermercado de produção.	96
Figura 29 – Cartão <i>Kanban</i> para Supermercado.....	97
Figura 30 – Quadros <i>Kanban</i> para Supermercado.....	97
Figura 31 – Fluxo <i>Kanban</i> para Supermercado.....	98
Figura 32 – <i>Kaizen layout</i> preparação eixos	99

Figura 33 – Padrão de trabalho para operação gargalo	100
Figura 34 – Sensores de sequenciamento da produção	101
Figura 35 – Melhoria Ergonômica	102
Figura 36– Gravitacionais ergonômicos	102
Figura 37 – Rota de abastecimento criada para linha de montagem	103
Figura 38 – <i>Kaizen</i> de implantação do <i>kit</i> de abastecimento	104
Figura 39 – Lição de um ponto para utilização do <i>Kanban</i>	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de cálculo do <i>Tack Time</i>	81
Tabela 2 – Demanda FIASA.....	83
Tabela 3 – Tabela de estatística da demanda FIASA	86
Tabela 4 – Tabela criação supermercado	90
Tabela 5 – Tabela comparativo estoque atual x calculado ²	91
Tabela 6 – 5W2H projeto piloto	93
Tabela 7 – Indicadores do projeto-piloto	94
Tabela 8 – Indicadores do projeto de pesquisa-ação.....	105

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Exemplo de Quadro de Yamazumi – Inicial.....	63
Gráfico 2 – Exemplo de Quadro de Yamazumi – Proposto.....	63
Gráfico 3 – Evolução de produção de transmissões	78
Gráfico 4– Demanda média total - 2007.....	84
Gráfico 5 – Demanda mensal por tipo - 2007.....	84
Gráfico 6 – Demanda diária por tipo – set/07	84

GLOSSÁRIO

- FPT** Fiat Powertrain Technologies – Empresa do Grupo FIAT responsável pela produção de motores e transmissões.
- JIT** *Just in Time* - Sistema de administração da produção que determina a hora exata em que um produto deve ser produzido, transportado ou comprado.
- TPS** Toyota Production System ou Sistema Toyota de Produção – Sistema de produção desenvolvido pela Toyota.
- KANBAN** Registro ou Cartão visível – Sistema de controle de produção com a utilização de cartões que servem como ordens de produção.
- Takt Time** Um termo originado do alemão, onde takt significa compasso, ritmo - É o grau de necessidade do cliente dividido pelo tempo disponível de produção.
- Jidoka** Palavra japonesa que significa automação inteligente ou automação com toque humano.
- VSM** Value Stream Mapping – Mapeamento do fluxo de valor – Ferramenta utilizada no Lean Manufacturing para mapeamento de processos.
- TPM** Total Productive Maintenance ou Manutenção Produtiva Total – Sistema Japonês dedicado ao gerenciamento da parte de manutenção e desempenho de máquinas e equipamentos.
- OEE** Overall Equipment Effectiveness ou Eficiência global do equipamento – Indicador que monitora os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade em equipamentos.
- Layout** Expressão de origem inglesa que denomina a forma como uma área ou processo é desenhado.
- Lead Time** Tempo de fabricação ou entrega de um produto ou serviço.
- KAIZEN** Palavra de origem japonesa que significa melhoramento contínuo.
- Motor Tetrafuel** Motores predispostos para funcionar com utilização de quatro tipos de combustíveis diferentes, podendo ser puros ou misturados entre si.
- UTE** Unidade Tecnológica Elementar – Denominação utilizada pela FPT para denominar uma célula de produção.
- FIASA** Denominação do grupo Fiat para a FIAT Betim.

Peças *Buy* Peças provenientes de fornecedores externos, ou seja, não são fabricadas pela FPT.

RESUMO

A abordagem deste trabalho baseou-se no estudo e aplicação dos conceitos e ferramentas do pensamento enxuto que estão intimamente ligados ao controle de produção, gestão e dimensionamento de estoques, mapeamento do fluxo de valor, criação de fluxo contínuo, produção puxada, nivelamento e sequenciamento da produção, com o propósito de gerar um embasamento teórico que poderia promover a transformação de sistemas de produção convencionais em sistemas de produção enxutos através de aplicações práticas. A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho foi a pesquisa-ação, onde o pesquisador interfere e participa integralmente da aplicação prática, verificando em tempo real o resultado do trabalho proposto. A pesquisa consistiu-se no levantamento de dados documentais sobre a situação atual da linha de montagem que operava sob a sistemática de produção tradicionalmente empurrada e a aplicação prática dos conceitos e ferramentas do pensamento enxuto estudados na revisão bibliográfica, objetivando a criação de um sistema de produção enxuto que possibilitasse uma transformação na forma de produção e assim criar um diferencial competitivo para a linha de montagem de transmissões na Fiat Powertrain Technologies (FPT). O trabalho realizado na FPT proporcionou uma experiência teórica e prática capaz de permitir discussões e questionamentos sobre Logística. Ao final pôde-se concluir que os processos de planejamento logísticos, quando pensados e aplicados de forma metódica, são de fundamental importância para o bom desempenho de uma empresa. Pode-se concluir ainda que tanto os objetivos gerais quanto os objetivos específicos para o trabalho foram atingidos, podendo ser evidenciados da revisão bibliográfica aos resultados práticos alcançados na área. Finalmente fica a expectativa que o presente trabalho de implementação de técnicas, ferramentas e conceitos do pensamento enxuto para transformação de processos produtivos tradicionais convencionais em processos enxutos, possa servir de base para novos trabalhos de pesquisa.

Palavras-chave: Mentalidade enxuta; Fluxo contínuo; Produção puxada.

ABSTRACT

This work is a study based on application of concepts and tools of lean thinking, which are closely related to production control, management and design of inventory, the value stream mapping, creating continuous flow, pull production system, leveling and sequencing production, with the aim of generating theoretical foundation that could promote the transformation of conventional production systems in lean systems through practical applications. The methodology for the development of this study was action-research where the researcher intervenes and participates fully in the implementation, checking in real time the result of the proposed work. The research was based on survey data documented in the current situation of the assembly line which operated under the system of production traditionally pushed and practical application of concepts and tools of lean thinking studied in the literature, aiming to establish a production system lean to allow the transformation in the way of production and thus create a competitive advantage for the assembly line communications at Fiat Powertrain Technologies (FPT). The work done in FPT provided a theoretical and practical experience that would allow discussion and questions about logistics. At the end of the work, was concluded that the planning of logistics, when designed and applied in a methodical manner, of fundamental importance for the high performance of a company. It's also concluded that both the general goals and specific goals for the work have been achieved and can be evidenced from literature to the practical results in the area. Finally is the expectation that this work of action research to implement the techniques, tools and concepts of lean thinking on the assembly line transmission and transformation of traditional production processes in conventional lean processes, can be used as a basis for further research work.

Key words: Lean Thinking, Continuous flow, Pull production system.

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

Seja no campo automobilístico, tecnológico, da automação, da informação, da gestão de pessoas, da gestão de materiais, de serviços, dentre tantos outros, a competitividade de mercado é algo inegável e em constante crescimento.

Há uma busca desenfreada para obtenção de melhores índices de qualidade, de produtividade, de criação de valor, de redução de custos e, principalmente, de uma fatia maior de mercado. Como a tendência dessa competitividade é de cada vez aumentar, devemos preparar-nos continuamente para ter condições de propor melhorias de forma constante e assim garantir o futuro de nossas empresas através de um conceito já explorado pela Toyota há cinquenta anos que é o do *KAIZEN*, ou seja: “hoje melhor do que ontem e amanhã melhor do que hoje”.

Até o final dos anos oitenta, a situação relativamente fechada da maior parte dos mercados garantia maior previsibilidade ao funcionamento dos sistemas econômicos, sustentada na menor concorrência interempresarial e nos ciclos mais longos dos produtos. Nesse ambiente, a rentabilidade dos negócios requeria o gerenciamento eficiente de atividades isoladas como compras, transportes, armazenagem, produção e distribuição.

Essa trajetória registrou uma mutação radical na década de noventa com a intensificação articulada dos fenômenos da liberalização comercial, especialmente dos mercados emergentes, e da globalização produtiva e financeira em escala mundial. Esses dois movimentos vêm conferindo novos contornos à disputa competitiva entre as empresas em face das necessidades de enfrentamento e superação dos desafios impostos à expansão, a garantia de posição e/ou mesmo sobrevivência em estruturas de mercado altamente competitivas.

Fatores relacionados à sobrevivência das empresas em mercados altamente competitivos estão ligados à forma como as organizações planejam estrategicamente seus negócios. Infelizmente, no Brasil as empresas não contemplavam em seus planejamentos estratégicos as questões associadas aos sistemas de produção, direcionando-os para as áreas de marketing e/ou finanças, onde potencialmente, em mercados caracterizados, os ganhos são rápidos e maiores. (TUBINO, 1999, p. 20)

Em função desse cenário hostil, as empresas estão procurando, cada vez mais, introduzir inovações voltadas para a multiplicação dos ganhos de competitividade, resultando na proliferação de fusões, incorporações e celebrações de alianças estratégicas. As grandes organizações e as empresas, de modo geral, que produzem tantos produtos quanto serviços, buscam constantemente esgotar sua capacidade produtiva e, paralelamente a esse fato, reduzir seus custos em função de uma competição cada vez mais acirrada entre as mesmas. Nos dias atuais, passou a ser necessário muito mais do que simplesmente se ter uma grande capacidade produtiva, uma vez que o mercado passou a exigir cada vez mais qualidade e menores preços, levando os gestores das organizações a reverem o seu processo de gestão, intensificando cada vez mais a busca por processos mais eficientes e pela adoção de sistemas de gestão mais modernos. As organizações empresariais passaram a adotar estratégias de potencialização de oportunidades e de minimização de riscos, mediante tentativas de rápido cumprimento dos requisitos e/ou referenciais ligados, sobretudo, à atualização tecnológica e à reestruturação gerencial.

Dentre as várias opções existentes na indústria onde podemos obter reduções de custo, otimizações de processos e conseqüentemente aumento de competitividade do produto, vem se destacando o conceito e as ferramentas da mentalidade enxuta. Essa filosofia possibilita a obtenção de resultados satisfatórios, tornando os processos mais simples, seja através de modificações de *layout* ou de formas de gerenciamento da parte operacional e logística do fluxo produtivo da empresa. Isso torna a mentalidade enxuta um tema muito interessante a ser estudado, por se tratar da maneira definitiva sob a qual todo o fluxo produtivo, também conhecido como fluxo de valor, seguirá de uma ponta à outra da cadeia produtiva, ou seja, da matéria-prima até ao cliente final, proporcionando uma verdadeira transformação do processo produtivo convencional em um processo enxuto, eficiente e lucrativo.

Uma empresa que consegue desenvolver uma sistemática enxuta sem comprometer o normal funcionamento do processo, tanto quanto a segurança, tende a garantir uma sobrevivência de mercado. Terá cada vez menores tempos de entregas aos clientes (lead time), menor capital imobilizado em estoques e conseqüentemente maior capital disponível para investimentos em melhorias de resultados. Já a empresa que não se preocupar com a correta aplicação de seus recursos, não

dimensionando e enxugando corretamente seus fluxos produtivos, seus estoques e não possuindo um controle eficiente que impeça o aparecimento de acúmulo de materiais obsoletos em seus almoxarifados, corre um grande risco de perder mercado, pois fica com parte de seu capital de investimento imobilizado desnecessariamente no processo sob a forma de atividades que não agregam valor e assim impedindo de ser utilizado em outras áreas, como por exemplo: a modernização de máquinas e equipamentos e isso conseqüentemente acarretará em perda de competitividade

A competitividade é um conceito dinâmico. Para acompanhar o complexo processo concorrencial, as empresas devem ter um olho no passado – para fortalecer os acertos e não repetir erros; os pés firmes no presente – para posicionar-se com segurança diante da instabilidade do mercado; e um olhar atento para o futuro – para promover os ajustes necessários. A capacidade de competir está relacionada à compreensão sobre onde, por que e como se está competindo (SILVA, 2001).

1.1 Motivação e contribuição do trabalho

As indústrias em todo o mundo passam por um processo de adequação, principalmente o setor automotivo. O sistema de produção desenvolvido pelos japoneses caracteriza-se por maior qualidade e resultado do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional, onde os sistemas tradicionais de produção não estão atendendo mais às necessidades das organizações e às exigências do mercado.

Baseado no contexto competitivo atual e na necessidade de criação de novos meios de gestão e fabricação para sobrevivência das empresas no mercado, aliado à importância da constante atualização no meio acadêmico, este trabalho dar-se-á no âmbito de pesquisa e aplicação do conceito e de ferramentas da mentalidade enxuta em processos produtivos industriais.

Espera-se que este trabalho possa contribuir tanto para o incentivo para a criação de novas frentes de pesquisas acadêmicas na área de otimização de *layout* e fluxo de valor, auxiliando o desenvolvimento de formas práticas e alternativas de transformação dos processos produtivos seriados convencionais em processos produtivos seriados enxutos, tornando-os mais lucrativos e competitivos.

1.2 Apresentação do problema

O problema que se pretende estudar neste trabalho está relacionado com a necessidade de desenvolver uma forma alternativa ao modelo de produção (sistema empurrado) utilizado na FPT (*Fiat Powertrain Technologies*) – responsável pela produção de transmissões que equipam os carros da linha FIAT. Sistema que está constantemente ameaçado tanto pelos concorrentes nacionais como pela concorrência internacional, principalmente pela recente concorrência asiática instalada no Brasil.

Outro problema evidente é a capacidade produtiva da fábrica que precisa ser incrementada para atender o aumento da demanda do mercado em função do crescimento econômico que o país está atravessando.

Dessa forma, entende-se que será fundamental promover uma transformação radical nos moldes atuais de produção e gestão da produção, a começar pela alta direção até chegar ao piso de fábrica, para isso será necessário um estudo aprofundado das ferramentas e conceitos da mentalidade enxuta.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar os impactos da implementação de técnicas de ferramentas e conceitos da manufatura enxuta na linha de montagem de transmissões da FIAT Powertrain Technologies.

1.3.2 Objetivos específicos

1. realizar o mapeamento da situação atual da linha de montagem de transmissões;
2. implantar os conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta na linha de montagem de transmissões;
3. avaliar os resultados da aplicação na prática;
4. comparar o modelo anterior com o proposto.

1.4 Expectativas de resultados

Com o resultado deste trabalho, espera-se incentivar novas pesquisas acadêmicas na área de gestão logística e produção industrial baseadas na mentalidade enxuta, tendo em vista que esta é uma área muito vasta com grande potencial a ser explorado academicamente. No âmbito profissional e corporativo, espera-se que este trabalho de pesquisa possa proporcionar uma transformação no modelo de gestão e produção atual e trazer resultados satisfatórios para a área de montagem de transmissões da FPT.

1.5 Delimitações do Trabalho

O presente trabalho de pesquisa ocorrerá única e exclusivamente na área de montagem de transmissões da FPT, possibilitando a análise das influências na aplicação dos conceitos e das ferramentas da mentalidade enxuta em uma das áreas mais complexas da fábrica, tanto em fluxo quanto em logística. Dessa forma, ao final do trabalho, será possível traçar um paralelo entre o resultado anterior e posterior à aplicação dos conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta e assim chegar à conclusão sobre a aplicabilidade dos mesmos.

1.6 Estrutura da Pesquisa

Para facilitar o entendimento e melhor compreensão, esta dissertação está dividida em seis (06) capítulos, alocados da seguinte maneira:

O primeiro capítulo refere-se à introdução do trabalho: são descritos aspectos gerais do cenário macroeconômico, dando ênfase ao atual acirramento da concorrência entre as empresas de um modo geral. Demonstrando também as motivações para execução do trabalho, a importância e sua contribuição acadêmica e, por fim, os objetivos gerais, específicos e as expectativas para a realização do trabalho.

No segundo capítulo, realizou-se uma revisão bibliográfica dos conceitos e ferramentas utilizados pela Toyota com seu sistema de produção que há cinquenta

anos originou o que posteriormente foi disseminado para o resto do mundo como sendo a mentalidade enxuta, seguindo pelos princípios básicos, chegando aos pilares de sustentação do modelo e finalizando com um estudo das ferramentas utilizadas no modelo japonês, construindo assim as bases teóricas necessárias para a aplicação prática.

O terceiro capítulo trata da metodologia que será aplicada. Nele descreve-se o tipo de pesquisa a ser realizado, bem como a forma de coletas de dados e tratamento para aplicação prática no estudo de caso.

No quarto capítulo, descreve-se o estudo de caso propriamente dito, mostrando como os conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta serão aplicados na prática, possibilitando a verificação da eficácia da transformação de modelo produtivo esperado.

No quinto capítulo, apresenta-se a análise dos resultados obtidos no trabalho, bem como as devidas considerações e conclusões do mesmo.

Finalmente às referências bibliográficas que nortearam a execução do trabalho de pesquisa.

CAPITULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo trata da pesquisa bibliográfica sobre a filosofia do pensamento enxuto desde a sua origem, no Japão, até os dias atuais, quando a Toyota, com seu modelo de produção, tornou-se um fenômeno de lucratividade, produtividade e qualidade em nível global. Para que possa entender o conceito que na realidade é uma filosofia de trabalho e de vida e aplicá-los na prática, possibilitando uma transformação na forma de gestão e controle da produção, tomando os processos de fabricação atuais mais rentáveis, produtivos e competitivos. Foram pesquisadas e apresentadas também algumas ferramentas, utilizadas na implantação prática desses conceitos na área de montagem de transmissões da Fiat Powertrain Technologies (FPT).

2.1 O pensamento enxuto

2.1.1 Origem e evolução

Segundo Ohno (1988) no ano de 1926, Toyoda Sakichi funda a Toyoda Spinning & Weaving e a Toyoda Automatic Loom Works Ltda. A Toyoda Sakichi foi para os EUA pela primeira vez em 1910, quando a indústria automobilística estava começando (o modelo T de Ford estava no mercado há dois anos). A popularidade dos carros estava em alta e muitas empresas queriam produzi-los. Permaneceu na América por quatro meses e, em seu retorno ao Japão, dizia que o mundo estava na era dos automóveis.

Segundo Ohno (1988) em 1936, o governo japonês criou uma lei de proteção aos fabricantes domésticos de automóveis frente à concorrência externa e, em 1937, Toyoda Kiichiro funda a Toyota Motor Company.

Em 1942, a Toyoda Spinning & Weaving, empresa do ramo têxtil, fundada por Toyoda Sakichi (o pai da Toyota), foi dissolvida e, um ano depois, em 1943, Taiichi Ohno (mentor do sistema Toyota de produção) foi transferido para a Toyota Motor Company.

Segundo Ohno (1988), o Sistema Toyota de Produção (TPS) nasceu da necessidade e das restrições de mercado que requeriam a produção de pequenas quantidades de muitas variedades de itens, sob condições de baixa demanda. Sua implementação começou logo após a Segunda Guerra Mundial, mas despertou atenção da indústria japonesa depois da crise do petróleo ao final de 1973.

O dia 15 de agosto de 1945, dia em que o Japão perdeu a Guerra, marcou também um novo começo para a Toyota. Seu presidente à época, Toyota Kiichiro, lançou o seguinte desafio: "Alcançar a América em três anos". De outra maneira, a indústria automobilística japonesa não sobreviveria. (OHNO, 1988).

Ohno (1988) relata que, em 1937, um trabalhador alemão produzia três vezes o que fazia um japonês. A razão entre americanos e alemães era a mesma. Isso fazia com que a razão entre a força de trabalho japonesa e americana ficasse em 1 para 9. Ou seja, o povo japonês estava perdendo algo. O pensamento que vingou no país era de que, se pudesse eliminar a perda, a produtividade poderia multiplicar-se por dez. Essa ideia marcou o início do Sistema Toyota de Produção.

Segundo Ohno (1988), como a meta estava clara, a atividade na Toyota mostrou-se focalizada e vigorosa: buscar um novo método de produção que poderia eliminar perdas e ajudar a alcançar a América em três anos. Essa meta não foi atingida em três anos. Toyota e Ohno levaram mais de 20 anos para implementar completamente essas ideias, mas o impacto foi enorme, com consequências positivas para a produtividade, qualidade e velocidade de resposta às demandas de mercado. E em 80, já era hegemônico o modelo japonês. Em 1947, as máquinas começaram a ser arranjadas de forma que um operador trabalhasse em três ou quatro máquinas ao longo do processo (operador multifuncional), o que gerou sérias resistências por parte dos trabalhadores.

Após a Segunda Guerra, pressionada pela depressão, a Toyota demitiu um quarto de sua força de trabalho, gerando uma enorme crise (houve três meses de disputas trabalhistas devido a reduções de mão de obra). Essa atitude teve duas consequências: o afastamento do presidente da empresa (pedido de demissão de Toyoda Kiichiro) e a construção de um novo modelo de relação capital-trabalho que acabou se tornando a fórmula japonesa, com seus elementos característicos como emprego vitalício, promoções por critérios de antiguidade e participação nos lucros. (MONDEN, 1984).

Com a guerra da Coreia, em 1950, a indústria japonesa começa a recuperar

seu vigor. Na primavera de 1950, o jovem engenheiro Eiji Toyoda empreendeu uma visita de três meses às instalações da Ford em Detroit. De volta ao seu país, Toyoda e o seu especialista em produção, Taiichi Ohno, refletiram sobre o observado na Ford e concluíram que a produção em massa não poderia funcionar bem no Japão. Dessa reflexão nasceu o que ficou conhecido por Sistema Toyota de Produção. (OHNO, 1988).

Por décadas, na sequência da Segunda Guerra, os ocidentais cortaram custos pela produção em massa de pouca variedade de carros. Isso era um estilo americano de trabalho, não japonês. O problema do Japão era como cortar custos, produzindo um pequeno número de muitos tipos de carros. (OHNO, 1988).

Segundo Ohno (1988), os problemas para a produção em larga escala no Japão seriam: o mercado doméstico era pequeno e exigia uma gama muito grande de tipos de produtos; a compra de tecnologia no exterior era economicamente impraticável; a possibilidade de exportação era remota. Para contornar parte das dificuldades, o Ministério da Indústria e Comércio japonês (MITI) propôs uma série de planos protegendo o mercado interno e forçando a fusão das indústrias locais. Em 1956, Ohno visitou, nos EUA, as plantas da GM, Ford e outras empresas. Sua maior impressão, porém, foi com o sistema de supermercados prevalecente na América, que tinha chegado ao Japão por volta de 1950 e já era pesquisado no país anteriormente. Fez, então, uma conexão entre supermercado e *Just in Time* (JIT), surgindo a ideia do sistema *KANBAN*, que levou dez anos para se estabelecer por completo na Toyota Motor Company. Em 1963, configurou-se o início do *KANBAN* externo, ou seja, com partes entregues pelos fornecedores (os conceitos de JIT e *KANBAN* serão explicados detalhadamente no item 2.2).

O interesse pelo sistema Toyota de produção surgiu após a crise do petróleo em 1973, que afetou governos, empresas e sociedades no mundo inteiro. Nesse período, no qual a maioria das empresas japonesas havia caído para um nível zero de crescimento; na Toyota, apesar de ter diminuído os lucros, ganhos maiores foram mantidos em 1975. Após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento na produção de carros e, segundo Ohno (1988), quando o rápido crescimento parou, tornou-se óbvio que uma empresa não lucraria, usando o sistema convencional de produção em massa americano que havia funcionado tão bem por tanto tempo.

Desde então, o TPS (Sistema Toyota de Produção) vem sendo aperfeiçoado ano após ano pela própria Toyota através do conceito do *KAIZEN* (melhoramento

contínuo) e estudado por várias pessoas ao redor do mundo a fim de entender-se o que parece ser um milagre de eficiência, produtividade e rentabilidade para a indústria.

Atualmente imbatível, a Toyota tem seu modelo de produção como arma secreta para enfrentar a guerra industrial em nível global, sistema denominado de mentalidade ou produção enxuta (*Lean Manufacturing*) por J. Womack e D. Jones (1992) no livro: “A máquina que mudou o mundo”, no qual é citada também a necessidade de todas as empresas assimilarem esse novo e revolucionário modelo de produção japonês, pois se trata de uma evolução do então conhecido modelo de produção em massa desenhado por Henry Ford. Basta verificar o resultado da Toyota que, no ano de 2007, quebrou uma hegemonia de décadas e ultrapassou a General Motors, a maior empresa automobilística do planeta em valor de mercado, produção e volume de vendas, para saber que o modelo de produção enxuto será realmente a chave da sobrevivência no mercado, como verifica na reportagem retirada da revista Veja:

a número 1 do mundo: A Toyota foi protagonista de duas revoluções em menos de vinte anos. Na primeira, no início dos anos 90, seus métodos de trabalho revolucionaram em escala mundial o conceito de linha de produção. A segunda, na semana passada, revirou a ordem estabelecida no mundo das grandes corporações. De janeiro a março, a empresa japonesa vendeu 2,35 milhões de veículos, enquanto a General Motors, líder entre os fabricantes de automotores desde 1931, só chegou aos 2,26 milhões. Pela primeira vez desde que os modelos Ford T começaram a sair da fábrica, em 1908, uma companhia estrangeira ousou quebrar a hegemonia americana” (VEJA, 2007, p. 90).

2.1.2 Os cinco princípios da mentalidade enxuta

O pensamento enxuto é um antídoto ao desperdício. Segundo Womack et al (2004), é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-la de forma cada vez mais eficaz. Pode-se dizer que é enxuto porque é uma metodologia de fazer cada vez mais com cada vez menos, menos esforço humano, menos equipamentos, menos espaço, menos tempo e com capacidade de oferecer aos clientes o que eles desejam.

Conforme Womack et al (2004), a grande diferença entre o produtor enxuto e

o produtor em massa é a constante busca pela perfeição, seja ela no processo ou produto. A empresa enxuta combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando os altos custos dessa primeira e a rigidez desta última, tornando-se um modelo de produção altamente flexível e adaptável que segue basicamente cinco princípios:

1º - Valor: Esse é o ponto de partida para iniciar a aplicação da Mentalidade Enxuta, porém, ao contrário que muitos podem pensar, o valor não consiste nos ativos e bens da empresa e sim nos seus produtos e serviços que são percebidos pelos clientes, ou seja, valor é tudo aquilo que o cliente final está disposto a pagar por um produto ou serviço. Tudo aquilo que realmente agrega às expectativas e necessidades do cliente pode ser considerado valor, o restante deve ser considerado desperdício (partes que não agregam valor) e deve ser eliminado ou minimizado ao máximo para que possa ser maximizada a lucratividade do negócio. De acordo com Womack. et al (2004), a tentativa consciente de definir precisamente valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos é através do diálogo com clientes específicos. É necessário ignorar os ativos e as tecnologias existentes e repensar as empresas com base em uma linha de produtos com equipes de produtos fortes e dedicadas. Exige também a redefinição do papel dos especialistas técnicos da empresa e uma nova análise de onde no mundo deve-se criar valor, porque oferecer o bem ou o serviço errado da forma certa é desperdício.

2º - Fluxo de valor: É o caminho percorrido pelo valor por toda a cadeia de suprimentos (*Supply Chain*), caracterizada pelo conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio. A tarefa de solução de problemas vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia; a tarefa de gerenciamento da informação, que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma e a tarefa de transformação física, que vai da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente. A identificação do fluxo de valor inteiro para cada produto é considerada o próximo passo para o pensamento enxuto, um passo que, segundo Womack. et al (2004), as empresas raramente tentam dar, mas que quase sempre expõe quantidades enormes de desperdício. Relata Womack. et al (2004) que o pensamento enxuto precisa ir além da empresa, unidade padrão de

acompanhamento dos negócios no mundo inteiro e olhar o todo: o conjunto inteiro de atividades envolvido na criação e na fabricação de um produto específico, da concepção à sua disponibilidade, passando pelo projeto detalhado, da venda inicial à entrega, passando pelo registro do pedido e pela programação da produção e da matéria-prima reduzida distante, e fora do alcance da empresa, até as mãos do cliente.

Segundo Womack et al (2004), o fluxo de valor consiste em dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor; aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focalizar em reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de valor, pois olham apenas para números e indicadores, no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (e por vezes o pós venda).

3º - Fluxo contínuo: Esse princípio consiste em fazer com que as etapas, que criam valor, fluam, uma vez que já se tenha especificado com precisão fluxo de valor de determinado produto totalmente mapeado pela empresa e as etapas que geram desperdício tenham sido eliminadas. Isso exige muito das pessoas envolvidas, pois são necessárias várias mudanças de comportamento e de mentalidade, ou seja, todos devem deixar de lado as ideias de produção em massa ou por departamentos e se concentrarem na criação do fluxo contínuo que nada mais é do que alinhar em sequência, no decorrer do processo, as atividades que agregam valor para a busca do “ideal olímpico” que é o fluxo por uma peça (*one piece flow*), pois estuda-se mais adiante que quanto menor os lotes melhor é o desempenho da área produtiva e o menor lote possível é o de uma peça. Quando implantado o fluxo contínuo, observa-se imediatamente a redução nos tempos de concepção do produto, de processamento (Lead Time) e de estoques, ou seja, passa-se a ter um diferencial bastante interessante no mercado, atender às demandas dos clientes quase que imediatamente (Lean Institute Brasil, 1988 – 2008).

A implantação de um fluxo contínuo de produção torna necessário um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação/montagem. A abordagem da Toyota para o balanceamento das operações difere diametralmente

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

4º - Produção Puxada: Esse princípio consiste em inverter o fluxo produtivo pregado nos moldes da produção em massa de Ford, as empresas passarão a não mais empurrar seus produtos para os estoques ou para os consumidores (isso na maioria das vezes não é tão fácil e os produtos acabam ficando mesmo no estoque) ou tendo que fazer promoções e descontos para literalmente “desovar os estoques” e assim minimizar as perdas. É nessa etapa que deve eliminar ou dimensionar todos os estoques do fluxo de valor de acordo com a estabilidade do processo. Com a mudança para a mentalidade enxuta, toda a produção é puxada, ou seja, deve-se entregar apenas o que os clientes precisam e assim os estoques serão minimizados ou eliminados e os lucros serão maximizados. Segundo Site do Lean Institute Brasil (1998 – 2008) sempre que não se consegue estabelecer o fluxo contínuo, a alternativa é conectar os processos através dos sistemas puxados.

Ghinato (2000) relata que, na Toyota, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *TAKT TIME*, ou seja, o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Em outras palavras, o *TAKT TIME* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada” pelo cliente, o fornecedor produzirá, somente quando houver demanda de seu cliente. A lógica é “produzir ao ritmo da demanda”, o tempo de ciclo de cada operador deve ser idealmente igual ao *TAKT TIME*.

O *TAKT TIME* pode ser mensurado através da equação:

$$T_t(s/pç) = \frac{T_d(s)}{D(pç)} \quad (1)$$

Onde:

T_t = *Tempo takt*

T_d = Tempo de trabalho disponível por período (turno, dia *etc.*)

D = Demanda do cliente por período (turno, dia *etc.*)

$(s/pç)$ = Unidade de *Tempo takt* em segundo por peças

$pç$ = Unidade de Demanda em peças

s = Unidade de Tempo em segundos

Considerando como exemplo, um cliente precisa receber 2.000 peças de um determinado produto com uma frequência diária e o fornecedor possui disponível dois turnos de oito horas cada para a produção, o *Takt Time* seria, segundo a equação (1), de 28,8 segundos por peça para atendimento do cliente, conforme solução abaixo:

$$Tt(s/pç) = \frac{Td(s)}{D(pç)} = \frac{(2 \times 8 \times 3600)}{2000} \Rightarrow Tt = 28,8(s/pç)$$

A produção puxada viabiliza-se através do *KANBAN*, um sistema de sinalização entre cliente e fornecedor que informa ao processo-fornecedor exatamente o que, quanto e quando produzir. O sistema *KANBAN* tem como objetivo controlar e balancear a produção, eliminar perdas, permitir a reposição de estoques, baseado na demanda, e constituir-se num método simples de controlar visualmente os processos. Através do sistema *KANBAN*, o processo subsequente (cliente) vai até o supermercado do processo anterior (fornecedor) de posse do *KANBAN* de retirada que lhe permite retirar desse estoque exatamente a quantidade do produto necessária para satisfazer suas necessidades. O *KANBAN* de retirada então retorna ao processo subsequente acompanhando o lote de material retirado. No momento da retirada do material pelo processo subsequente, o processo anterior recebe o sinal para iniciar a produção desse item através do *KANBAN* de produção, que estava anexado ao lote retirado.

5º - Perfeição: Esse é o quinto e último princípio da Mentalidade Enxuta e deve ser perseguido constantemente e incansavelmente por todos os envolvidos no processo enxuto e no fluxo de valor. Esse princípio consiste em buscar o melhoramento contínuo em busca da excelência, canalizando todos os esforços em toda a cadeia de suprimentos (fornecedores e fabricantes, distribuidores e revendedores em todos os níveis) para disseminar por completo o profundo conhecimento de todo o processo para que o diálogo e discussões possam existir com propriedade em qualquer nível e assim buscar sempre novas formas de criar valor (WOMACK et al, 2004).

2.1.3 Os desperdícios na cadeia de valor

Ohno (1988), executivo da Toyota, identificou os sete (07) primeiros tipos de desperdício (*muda*), o que significa que existe mais desperdício ao seu redor do que você jamais imaginou. Os sete (07) desperdícios que o sistema visa a eliminar: perda por superprodução, a maior fonte de desperdício; tempo de espera, refere-se a materiais que aguardam em filas para serem processados; transporte, nunca geram valor agregado no produto; processamento, algumas operações de um processo poderiam nem existir; estoque e sua redução ocorrerá através de sua causa raiz; movimentação; defeitos, produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, mão-de-obra, movimentação de materiais defeituosos.

Todo e qualquer desperdício deve ser combatido com tolerância zero para que possa caminhar para um sistema enxuto de produção. Deve-se aprender a enxergar os desperdícios e isso se torna uma tarefa muito difícil ainda mais quando já esteja acostumado com eles em nosso dia a dia na empresa, mas com perseverança e disciplina pode-se identificá-los e eliminá-los, basta entendê-los, conforme explicação detalhada de cada um abaixo, segundo Ohno (1988), Shingeo (1996) e Ghinato (2000):

1ª - Perda por superprodução: dentre as sete perdas, essa é considerada como a mais danosa. Ela tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada. Existem dois tipos de perdas por superprodução: a perda por produzir demais: superprodução por quantidade - é a perda por produzir além do volume programado ou requerido (sobram peças/produtos) e a perda por produzir antecipadamente: superprodução por antecipação - é a perda por produzir além do volume programado ou requerido.

2ª – Perda por espera: o desperdício com o tempo de espera origina-se de um intervalo de tempo no qual nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado. O lote fica “estacionado” à espera de sinal verde para seguir em frente no fluxo de produção. Pode destacar basicamente três tipos de perda por espera: perda por espera no processo - o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspeção ou transporte); perda por espera do lote - é a espera a que cada peça, componente de um lote, é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas

para, então, seguir para o próximo passo ou operação. Essa perda acontece, por exemplo, quando um lote de 1000 peças está sendo processado e a primeira peça, após ser processada, fica esperando as outras 999 peças passarem pela máquina para poder seguir no fluxo com o lote completo. Essa perda é imposta sucessivamente a cada uma das peças do lote. Supondo que o tempo de processamento na máquina “M” seja de 10 segundos, a primeira peça foi obrigada a aguardar pelo lote todo por 2 horas e 47 minutos (999 pçs. x 10 segundos) desnecessariamente e perda por espera do operador - ociosidade gerada, quando o operador é forçado a permanecer junto à máquina, de forma a acompanhar/monitorar o processamento do início ao fim, ou devido ao desbalanceamento de operações.

3ª – Perda por transporte: é uma atividade que não agrega valor, e como tal, pode ser encarada como perda que deve ser minimizada. A otimização do transporte é, no limite, a sua completa eliminação. A eliminação ou redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução de custos, pois, em geral, o transporte ocupa 45% do tempo total de fabricação de um item. As melhorias mais significativas em termos de redução das perdas por transporte são aquelas aplicadas ao processo de transporte, obtidas através de técnicas de roteirização e alterações de *layout* que dispensem ou eliminem as movimentações de material. Somente depois de esgotadas as possibilidades de melhorias no processo é que, então, as melhorias nas operações de transporte são introduzidas. É o caso da aplicação de esteiras rolantes, transportadores aéreos, braços mecânicos, talhas, pontes rolantes *etc.*

4ª – Perda no próprio processamento: são parcelas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto/serviço. Podem ainda ser classificadas como perdas no próprio processamento, situações em que o desempenho do processo encontra-se aquém da condição ideal. Exemplos: a baixa velocidade de corte de um torno por força de problemas de ajuste de máquina ou manutenção; o número de figuras estampadas em uma chapa metálica menor do que o máximo possível devido a um projeto inadequado de aproveitamento de material e as atividades que não agregam valor ao processo propriamente dito.

5ª - Perda por estoque: é a perda sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. Uma grande barreira ao combate às

perdas por estoque é a “vantagem” que os estoques proporcionam de aliviar os problemas de sincronia entre os processos.

6ª - Perda por movimentação: relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Esse tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos. Tipicamente, “a introdução de melhorias como resultado do estudo dos movimentos pode reduzir os tempos de operação em 10 a 20%”. A racionalização dos movimentos nas operações é obtida também através da mecanização de operações, transferindo para a máquina atividades manuais realizadas pelo operador. Contudo, vale alertar que a introdução de melhorias nas operações via mecanização é recomendada somente após terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação dos operários e eventuais mudanças nas rotinas das operações.

7ª - Perda por fabricação de produtos defeituosos: é o resultado da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que, por essa razão, não satisfaçam a requisitos de uso. No Sistema Toyota de Produção, a eliminação das perdas por fabricação de produtos defeituosos depende da aplicação sistemática de métodos de controle na fonte, ou seja, junto à causa-raiz do defeito.

2.1.4 – Automação, *Just in Time* e suas influências no processo

O Sistema Toyota de Produção (TPS) tem como base a eliminação absoluta do desperdício. Seus pilares são: *Just-in-time* Automação com toque humano. Ohno (1988) descreve *Just-in-time* como um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançaram a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Nesse procedimento, a empresa estabelece um fluxo com estoque zero. Segundo Ohno (1988), *Just-in-time* é mais que um sistema de redução de estoque, mais que redução de tempo de preparação, mais que usar *KANBAN*, mais que modernizar uma fábrica. É fazer uma fábrica operar para a empresa, assim como o corpo humano opera para o indivíduo. O sistema nervoso autônomo responde quando surge um problema no corpo. O mesmo ocorre numa fábrica: deve haver um sistema que responde automaticamente

quando problemas ocorrem, essa função é cumprida pelo *Just-in-time* (JIT).

O outro pilar do TPS é chamado automação ou Jidoka, que não pode ser confundida com automação. A automação consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de interromper a operação sempre que ocorrer alguma situação anormal ou quando a quantidade planejada de produção for atingida. Pode ser aplicada em operações manuais, mecanizadas ou automatizadas. A origem histórica do conceito de automação vem de um questionamento de Ohno acerca da razão por que uma pessoa na Toyota Motor Company operava apenas uma máquina, enquanto na Toyota Spinning & Weaving uma mulher era capaz de cuidar de 40 a 50 teares automatizados. Surgiu, então, a ideia de elaborar teoricamente a prática iniciada por Toyoda Sakichi na Toyota têxtil.

No TPS, automação busca Qualidade Assegurada, pois permite que a linha seja parada no caso de detecção de peças defeituosas, gerando ação imediata de correção da anormalidade. Um sistema de controle visual que indique as paradas é essencial para a orientação das ações corretivas. Utiliza-se, para isso, um painel luminoso em cada linha, fixado em posição de visibilidade total, com lâmpadas de indicação da condição da linha e de chamada de assistência, acionado por qualquer operador da linha. Esse sistema de controle visual da linha é chamado de *Andon*.

Conforme Ohno (1988), como resultado da automação, tem-se mudanças no gerenciamento do “chão-de-fábrica”. O operador não é necessário, enquanto a máquina trabalha normalmente. Apenas quando a máquina para, por uma situação anormal, é requerida a atenção humana. Dessa forma, um operador pode atender várias máquinas (operador multifuncional), flexibilizando a mão de obra nas células de trabalho (*Shojinka*), tornando possível reduzir o quadro, melhorar a qualidade (menor produção de defeitos), e daí aumentando a eficiência da produção. A chave da automação é dar à máquina a inteligência humana e, ao mesmo tempo, adaptar o movimento humano às máquinas autônomas.

Ohno (1988) faz uma analogia com um time de baseball para definir a relação entre os dois pilares do TPS, colocando a automação como a habilidade e o talento individual dos jogadores e o *Just-in-time* (JIT) como o time que joga bem, jogando junto. O time está envolvido pelos mesmos objetivos comuns (JIT) e a automação elimina perdas importantes: superprodução, espera e fabricação de produtos defeituosos. Um time campeão combina o jogo de equipe com a habilidade individual, e aí está a força da sinergia desses dois fatores.

Segundo Ghinato (2000), a expressão em inglês "*Just-In-Time*" foi adotada pelos japoneses, mas não se sabe precisamente a partir de quando ela começou a ser utilizada. Fala-se do surgimento da expressão na indústria naval, sendo incorporada, logo a seguir, pelas indústrias montadoras. Portanto já seria um termo conhecido e amplamente utilizado nas indústrias antes das publicações que notabilizaram o *JIT* como um desenvolvimento da Toyota Motor Co. No entanto, Ohno (1988) afirma que o conceito *JIT* surgiu da ideia de Kiichiro Toyoda de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização.

O termo *Just-in-time* significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do *JIT* é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do *JIT* depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, *TAKT TIME* e produção puxada. O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time* de produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e rearranjo do *layout* fabril, convertendo os tradicionais *layouts* funcionais (ou *layouts* por processos) – onde as máquinas e recursos estão agrupados de acordo com seus processos (ex.: grupo de fresas, grupo de retíficas, grupo de prensas *etc.*) – para células de manufatura compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos.

O conceito de produção puxada, segundo Ghinato (2000), confunde-se com a própria definição de *Just-In-Time*, que é produzir somente os itens certos, na quantidade certa e no momento certo. No conceito da mentalidade enxuta, o ritmo da demanda do cliente final deve repercutir ao longo de toda a cadeia de valor, desde o armazém de produtos acabados até os fornecedores de matérias-primas. A informação de produção deve fluir de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo dos materiais, isso é, do processo-cliente para o processo-fornecedor. Um sistema de produção, trabalhando sob a lógica da produção puxada produz somente o que for vendido, evitando a superprodução. Ainda, sob essa lógica, a programação da produção é simplificada e autorregulável, eliminando as contínuas reavaliações das necessidades de produção e as interferências das instruções verbais, características da produção empurrada.

Pode-se observar que esses dois pilares de sustentação do conceito da

mentalidade enxuta influenciam diretamente no fluxo de valor de uma empresa, controlando e nivelando o processo em vários níveis e possibilitando assim sua maximização em eficiência e minimização em custos, o que propiciará um produto (valor) mais competitivo e lucrativo (WOMACK et al., 2004).

Jidoka (Automação) Transferência da inteligência humana para equipamentos automatizados de modo a permitir que as máquinas detectem a produção de uma única peça defeituosa e suspendam imediatamente seu funcionamento enquanto se solicita ajuda. (WOMACK et al., 2004).

2.2 Ferramentas Para Implantação do Pensamento Enxuto

Segundo Sun Tzu (2003, p. 53): "em geral, dirigir muitos é quase igual a dirigir poucos. Depende somente de organização." Em qualquer situação, seja ela pessoal ou profissional, sempre depara-se com a necessidade de tomar decisões e, muitas vezes, toma-se decisões erroneamente por abrir mão de métodos e técnicas de auxílio à organização da situação para facilitar o entendimento completo da mesma a assim possibilitar a tomada de decisões mais acertadas. Para auxiliar a realização de qualquer tipo de trabalho, precisa utilizar as ferramentas corretas.

2.2.1 Técnicas de priorização e organização de ideias

Nas grandes corporações, em função muitas vezes da complexidade das decisões e das muitas variáveis relacionadas, ferramentas específicas tornam-se essenciais e indispensáveis para organização das ideias e priorização nas tomadas de decisões. Existem várias ferramentas para tal, mas, para este estudo, abordar-se-á três, em específico, que podem auxiliar em processos decisórios complexos.

Uma delas é a Matriz de decisão G.U.T. que, segundo Grimaldi (1994), significa: Gravidade; Urgência e Tendência e possui o objetivo de separar problemas que devem ser atacados prioritariamente, principalmente quando são interrelacionados, o que dificulta a decisão de qual problema atacar primeiro. A aplicação da matriz consiste em pontuar de 1 a 5 cada problema, conforme o

seguinte critério:

O parâmetro Gravidade deve ser avaliado e pontuado, conforme (Quadro 1), e refere-se ao grau de prejuízo que a empresa pode sofrer em caso de não atuação no referido item.

GRAVIDADE	
NOTA	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO
5	O resultado será gravemente comprometido
4	O resultado será bastante comprometido
3	O resultado será comprometido moderadamente
2	O resultado será pouco comprometido
1	O resultado não sofrerá impacto considerável

Quadro 1– Parâmetros de avaliação de Gravidade
Fonte: Material interno da FPT – Autor desconhecido.

O parâmetro Urgência deve ser avaliado e pontuado, conforme (Quadro 2), e refere-se ao tempo que deve dispor para atuação no referido item.

URGÊNCIA	
NOTA	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO
5	Requer ação imediata
4	Requer ação a curto prazo
3	Ação poderá ser executada no médio prazo
2	Ação poderá ser executada no longo prazo
1	Não existe prazo definido, pode ser reprogramado

Quadro 2 – Parâmetros de avaliação de Urgência
Fonte: Material interno da FPT – Autor desconhecido.

O parâmetro Tendência deve ser avaliado e pontuado, conforme (Quadro 3), e refere-se ao nível de agravamento da situação em caso de não atuação no referido item.

TENDÊNCIA	
NOTA	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO
5	A situação se agravará muito
4	A situação se agravará
3	A situação poderá se agravar
2	A situação se manterá estável
1	A situação se resolverá automaticamente

Quadro 3 – Parâmetros de avaliação de Tendência.
Fonte: Material interno da FPT – Autor desconhecido.

Pontuando as situações com os devidos critérios, formam-se os parâmetros necessários para uma correta priorização através da multiplicação dos critérios $G \times U \times T$, conforme demonstrado no exemplo da (Quadro 4), no qual o projeto “B” deve seguir em frente, podendo também ser estendido para os projetos: “D” e “F”, dependendo da disponibilização de recursos.

Outra técnica utilizada para auxiliar na tomada de decisões é a Matriz R.E.I. que significa: Resultado, Execução e Investimento e possui o objetivo de separar soluções que devem ser executadas prioritariamente em função da variável custo, geralmente é aplicado essa técnica após a definição das possíveis soluções para os problemas evidenciados na Matriz G.U.T.. A aplicação da matriz consiste em pontuar de 1 a 5 cada projeto:

MATRIZ DE DECISÃO G.U.T.						
PROJETO		GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	GxUxT	PRIORIZ.
Nº	NOME					
1	A	2	3	1	6	6º
2	B	5	4	5	100	1º
3	C	2	2	3	12	5º
4	D	3	5	5	75	2º
5	E	5	5	2	50	4º
6	F	3	6	3	54	3º

Quadro 4 - Matriz de decisão G.U.T.
 Fonte: Material interno da FPT – Autor desconhecido.

O parâmetro Resultado deve ser avaliado e pontuado, conforme (Quadro 5), e refere-se ao resultado financeiro direto ou indireto que a empresa terá na atuação da solução proposta.

RESULTADO	
NOTA	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO
5	○ resultado será muito satisfatório
4	○ resultado será bastante satisfatório
3	○ resultado será moderado
2	○ Apresentará algum resultado
1	○ Não apresentará alteração de resultado

Quadro 5 – Parâmetros de avaliação de Resultado
 Fonte: Material interno da FPT – Autor Desconhecido.

O parâmetro Execução deve ser avaliado e pontuado, conforme (Quadro 6), e refere-se ao nível de dificuldade necessário para execução da solução proposta.

EXECUÇÃO	
NOTA	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO
5	Fácil execução
4	Execução com dificuldade moderada
3	Difícil execução
2	Execução muito difícil
1	Execução muito difícil e complexa

Quadro 6 – Parâmetros de avaliação de Execução
 Fonte: Material interno da FPT – Autor desconhecido.

O parâmetro Investimento deve ser avaliado e pontuado, conforme (Quadro 7), e refere-se ao nível capital necessário para execução da solução proposta.

INVESTIMENTO	
NOTA	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO
5	A execução requer baixíssimos investimentos
4	A execução requer baixos investimentos
3	A execução requer investimentos moderados
2	A execução requer altos investimentos
1	A execução requer investimentos muito altos

Quadro 7 – Parâmetros de avaliação de Investimento
 Fonte: Material interno da FPT – Autor desconhecido.

Pontuando as situações com os devidos critérios, formam-se os parâmetros necessários para uma correta priorização através da multiplicação dos critérios R x E x I, conforme demonstrado no exemplo da (Quadro 8), onde o projeto “B” deve seguir em frente, podendo também ser estendido para os projetos: “C” e “E”,

dependendo da disponibilização de recursos.

MATRIZ DE DECISÃO R.E.I.						
PROJETO		RESULTADO	EXECUÇÃO	INVESTIMENTO	RxEI	PRIORIZ.
Nº	NOME					
1	A	4	1	4	16	4º
2	B	5	3	4	60	1º
3	C	5	3	3	45	2º
4	D	3	1	4	12	5º
5	E	4	4	2	32	3º
6	F	2	5	1	10	6º

Quadro 8 – Matriz de decisão R.E.I.

Fonte: Material interno da FPT – Autor desconhecido.

Com as matrizes de decisões realizadas e as tarefas já definidas, é necessário que sejam organizadas de forma a não se perder o controle no momento da execução de cada uma, para isso é muito interessante a utilização da matriz de organização 5W2H (*What – O que? / Why – Por quê? / Who – Quem? / When – Como? / Where - Onde / How – Como? /How Much – Quanto Custa?*), essa matriz (Quadro 9) consiste em discriminar o que deverá ser realizado ou atingido (a meta), por que ela deverá ser executada, quem será o responsável pela execução, quando será executada ou até quando deverá ser executada, onde especificamente dar-se-á a execução, como se pretende executar a referida tarefa (método a ser utilizado) e, finalmente, quanto custará a execução da mesma. Dessa forma, sabe-se exatamente como está o andamento de cada tarefa do projeto.

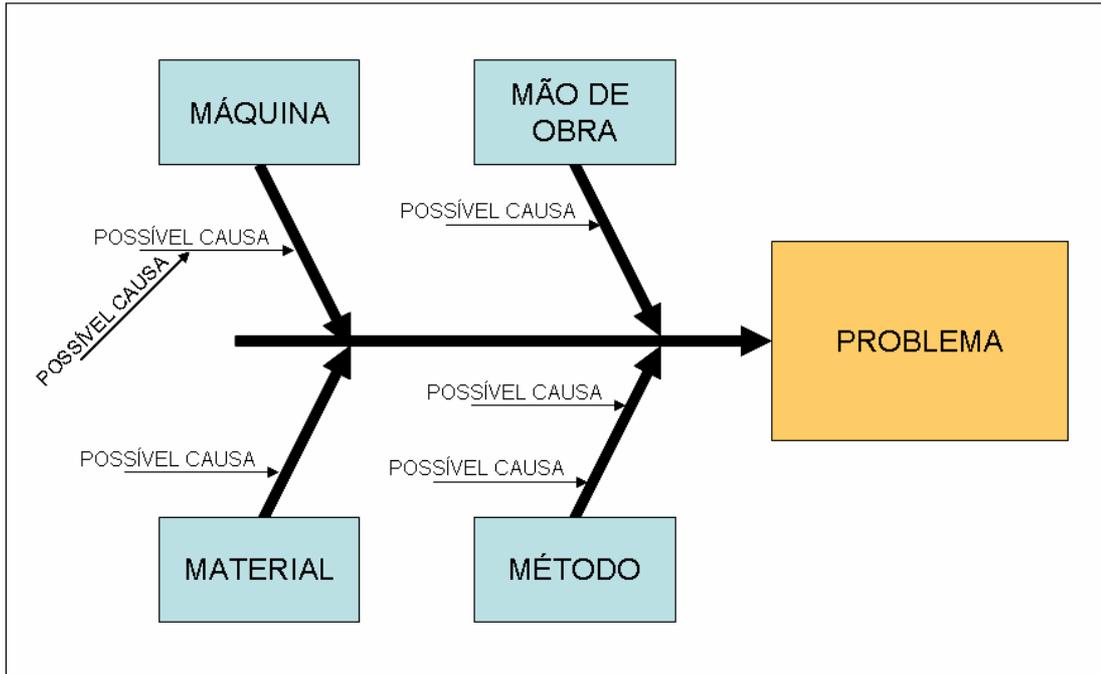


Figura 1 – Diagrama 4M's

Fonte: Adaptação do modelo original de Ishikawa, 1943.

2.2.3 Mapa de fluxo de valor (VSM)

Segundo Womack et al. (2004), o Mapa do fluxo de valor também conhecido como VSM (*Value Stream Mapping*) é uma ferramenta utilizada dentro da mentalidade enxuta com o objetivo de descrever de maneira simples e em forma gráfica um esquema que retrate toda e qualquer atividade de um processo (que agregue ou não valor), ou seja, é um retrato desenhado a mão de todo o fluxo de valor, com utilização de símbolos específicos e padronizados, para facilitar o entendimento de todos os envolvidos nos projetos. O VSM auxilia na visualização do processo como um todo, ajudando a enxergar mais facilmente os desperdícios do processo que estão inerentes ao piso de fábrica. O VSM mapeia também o fluxo de informação e isso é um diferencial no momento da tomada de decisões importantes, ou seja, no momento da decisão, você terá em mãos todo o fluxo de materiais e também de informações.

Um ponto que pode ser desfavorável na aplicação dessa ferramenta é a necessidade de visão espacial e destreza manual de quem fará o VSM, pois, mesmo com simbologia padrão (Figura 2), após a execução todos deverão entender completamente para discutir as propostas de melhorias (ROTHER e SHOOK, 2003).

O VSM (Figura 3) pode ser aplicado tanto para uma cadeia de suprimentos quanto para uma operação em específico da empresa, isso fica a cargo e decisão do time de acordo com as diretrizes da organização.

Segundo Rother e Shook (2003), sempre deve-se desenhar o VSM para o estado atual e posteriormente desenhar um VSM para o estado futuro, evidenciar as oportunidades de melhoria e então criar um projeto e oficializar em um Formulário A3 (Seção 2.2.4)

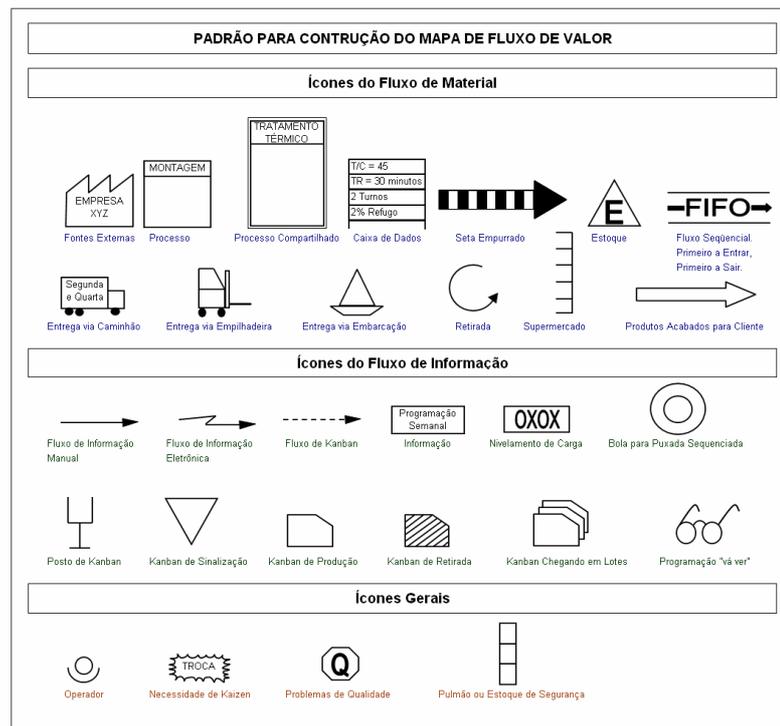


Figura 2 – Padrão para construção do VSM
Fonte: Rother e Shook, 2003.

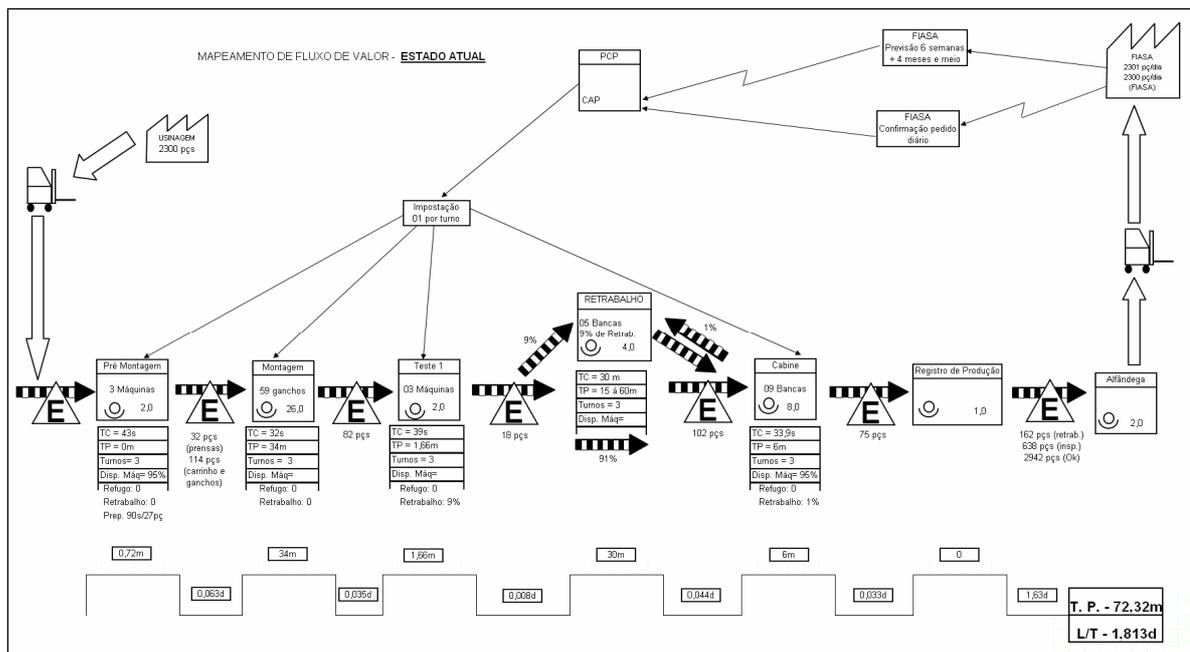


Figura 3 – Exemplo de VSM

Fonte: Autor, 2009. - Adaptação do material de Rother e Shook, 2003.

2.2.4 Formulário A3

O formulário A3 recebeu este nome devido a ser formatado no papel A3 (297x420mm) é uma ferramenta utilizada pela Toyota para propor soluções para os problemas, transmitir relatórios sobre andamento de projetos, enfim, é um formulário de uma única folha, no qual estão todas as informações de um projeto como: problema, análises, metas, ações e planejamento de execução, devidamente documentados. Esse documento faz parte do DNA da Toyota, sendo utilizado em larga escala pela sua simplicidade e facilidade de interpretação (DUWARD e SMALLEY, 2008).

Para compor o Formulário A3, adaptado pela FPT, é necessária a colocação de um tema central (projeto), descrever o time de trabalho que irá participar do projeto em conjunto com uma descrição dos pontos mais relevantes da situação a ser trabalhada e, em seguida, desenhar um fluxograma que pode também ser um mapa de fluxo do valor atual (Seção 2.2.3), no qual fica documentado de maneira gráfica todas as fases do processo a ser melhorado, então facilitando a análise e definição das metas a serem alcançadas. Em sequência desenha-se um novo mapa, contendo estado futuro planejado onde será inserido os *KAIZEN*'s que deverão ser

executados para viabilizar o planejamento. Fazendo todo esse mapeamento, insere-se as ações previamente definidas por alguma ferramenta auxiliar (REI, 4M etc.) com seus respectivos prazos e responsáveis, conforme definição em um 5W2H (Seção 2.2.1) e por último, mas não menos importante, faz-se a definição dos indicadores que servirão para medição da evolução e resultado do projeto, ficando assim todas as informações necessárias para a execução do projeto de forma visual, em uma única folha e de acesso a todos. Para finalizar o Formulário A3 (Figura 4) e torná-lo oficial para a organização, todos os envolvidos no projeto, em ato solene com o corpo diretivo, executam a cerimônia de assinatura do A3, estando o formulário devidamente assinado, passa a ser um compromisso firmado e todos devem empenhar-se ao máximo para executar todas as tarefas no tempo determinado e trazer assim a situação futura planejada para a realidade.

 FORMULÁRIO A3		Diretoria	Gerência	Líder do Fluxo de Valor	Coordenador Lean
FAMÍLIA PILOTO: TIME DE TRABALHO:		4 - SITUAÇÃO ALVO - MISSÃO			
1 - SITUAÇÃO ATUAL (Background)					
2 - OBJETIVOS		5 - ESTADO FUTURO			
3 - ESTADO ATUAL		6 - PALNO DE AÇÃO MACRO			
		7 - INDICADORES			

Figura 4 – Formulário A3
 Fonte: Material interno utilizado pela FPT.

2.2.5 TPM como estabilidade básica

O TPM (*Total Productive Maintenance*) ou Manutenção Produtiva Total é, na verdade, uma metodologia de trabalho, porém, nesse caso especificamente, será tratada como ferramenta pelo fato de auxiliar na obtenção de uma das fases mais importante na implantação do pensamento enxuto que é a garantia da estabilidade

básica do processo, ou seja, um dos objetivos principais da mentalidade enxuta é a eliminação ou minimização de estoques para aplicação do processo em fluxo contínuo ou puxado e isso se torna muito difícil, quando o processo possui um elevado índice de quebras e manutenções corretivas.

Segundo Yosikazu (2003), o TPM foi utilizado pela primeira vez na década de 50 no Japão, após ser trazida dos Estados Unidos e a primeira empresa a implantar o TPM e a ser certificado pelo Instituto Japonês de Engenheiros de Planta (JIPE) foi a Nippondenso que pertencia a Toyota.

O TPM é uma metodologia que consiste em identificar e eliminar as causas raízes das perdas existentes e inerentes aos processos produtivos em todos os níveis da organização, alinhando os esforços na garantia de criação e geração de produtos e serviços com excelência em qualidade, produtividade e custos. Propicia também o desenvolvimento de conhecimento, habilidade e atitude das pessoas no sentido de trabalhar em prol da prevenção e na geração de ideias de melhoria rumo ao melhoramento contínuo dos equipamentos, elevando sua confiabilidade e conseqüentemente, gerando a estabilidade básica tão importante para a implantação da mentalidade enxuta (MIRSHAWKA & OMEDO, 1993).

O TPM tecnicamente ou metodologicamente falando objetiva, segundo Nakajima (1989), a interação entre homem / máquina / empresa divide-se em duas grandes frentes, ou seja, uma ligada diretamente aos operadores e as atividades executadas por eles que pode ser entendida como Manutenção autônoma e outra frente muito importante que é a parte das áreas de apoio como a engenharia e equipes de manutenção que se constituem na Manutenção profissional. Essas duas frentes de trabalho unem-se para resgatar as condições básicas de funcionamento dos equipamentos através da implantação dos sete passos do TPM em busca da quebra zero conforme (Quadro 10).

Os passos do TPM sustentam-se sob os conceitos de “Quebra Zero” e “Da minha máquina cuido eu”, para atingir o primeiro conceito é necessário ter pelo menos os quatro primeiros passos dos sete existentes na Manutenção Autônoma, bem fundamentados e aplicados no equipamento e o segundo é o lema que rege todas as pessoas que trabalham nas máquinas durante a implantação dos passos necessários para se chegar ao resultado esperado, a quebra Zero.

ETAPAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PILAR DE MANUTENÇÃO DO TPM		
PASSO	DESCRIÇÃO	ATIVIDADES
1	Limpeza e Inspeção Inicial	Eliminação completa de poeiras e sujeiras nos equipamentos e nas áreas ao redor; lubrificação e reaperto; detecção de problemas (cartões) e correção de inconvenientes.
2	Medidas contra fontes de sujeira e eliminação de locais de difícil acesso	Melhorias nas fontes de poeira e sujeira; medidas contra o espalhamento de sujeira; melhoria nos locais de difícil acesso para limpeza, lubrificação e inspeção visando a redução no tempo dos mesmos.
3	Elaboração de normas provisórias de Manutenção Autônoma	Elaboração de normas e procedimentos para os trabalhos de limpeza, inspeção e lubrificação sejam realizados de maneira consistente e padronizada.
4	Inspeção geral	Educação e treinamento específico para capacitação técnica em inspeção com base nos manuais técnicos de inspeção, detecção e correção de falhas no equipamento.
5	Inspeção autônoma	Revisão das normas e procedimentos provisórios de limpeza, lubrificação e inspeção que passam a ser observados de modo eficaz e consistente; confecção e utilização de formulários da manutenção autônoma.
6	Padronização	Padronização dos vários itens controlados no posto de trabalho visando a sistematização completa da manutenção da gestão (produtividade, custo, segurança, logística e qualidade, etc).
7	Controle autônomo pleno	Desenvolvimento de diretrizes e metas da empresa; incorporação da atividade de melhoria contínua; análise e registro preciso dos indicadores de desempenho do equipamento.

Quadro 10 - 7 Passos do TPM

Fonte: Adaptação do material interno da FPT.

A eficiência global do equipamento, mais conhecida como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), é um indicador importantíssimo para verificação da estabilidade básica necessária para implantação da mentalidade enxuta em uma linha de produção, pois é através desse indicador que determina-se muitas vezes a aplicação do fluxo contínuo ou sistema puxado com supermercado em um processo.

Segundo Jonsson e Lesshmmar (1999), pode-se utilizar o OEE para analisar os pontos fracos de uma célula ou equipamento e assim canalizar os esforços para solução ou potencialização desses pontos fracos, tornando o todo mais eficiente.

O OEE ou eficiência global do equipamento, segundo NAKAJIMA (1989) dá-se em função da estratificação das seis grandes perdas (quebras, *set-up*, pequenas

paradas, queda de velocidade, refugio e retrabalho) e calculado pelo produto de três fatores: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade.

O índice de Disponibilidade refere-se à capacidade que o equipamento possui em estar em funcionamento, ou seja, realmente trabalhando. Para isso é necessário levar em consideração as perdas por gestão (aguardando peças da operação anterior, falta de mão de obra, falta de ferramentas de trabalho *etc.*) e as perdas corretivas ou paradas não programadas (quebras, *setup*, aguardando relatório de controle, falta de alimentação *etc.*).

O índice de disponibilidade é calculado pela equação (2):

$$D(\%) = \frac{TRD(h)}{TC(h)} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

D (%) = Disponibilidade Percentual

TC = Tempo de Carga = Tempo Teórico Disponível – Paradas programadas em horas.

TRD = Tempo Real Disponível = Tempo de Carga (TC) – Paradas não programadas em horas.

O índice de desempenho refere-se à capacidade que a máquina possui em trabalhar na velocidade em que foi fabricada ou aprovada para trabalho e pode ser mensurada pela equação (3):

$$P(\%) = \frac{PP(pçs)}{TS(\frac{pçs}{h}) \times TRD(h)} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

P (%) = Desempenho Percentual

PP = Peças Produzidas

TS = Tempo Standard = Produção horária de aprovação do equipamento

TDR = Tempo Real Disponível = Tempo de Carga (TC) – Paradas não programadas em horas.

O índice de Qualidade refere-se à capacidade que o equipamento possui de fabricar peças dentro das especificações de qualidade e é calculado pela equação (4):

$$Q(\%) = \frac{PP(p\zeta s) - PRf(p\zeta s) - PRt(p\zeta s)}{PP(p\zeta s)} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

Q (%) = Qualidade Percentual
 PP = Peças Produzidas
 PRf = Peças refugadas
 PRt = Peças Retrabalhadas

O cálculo do OEE (Figura 5) pode ser realizado pela equação (5):

$$OEE (\%) = D(\%) \times P(\%) \times Q(\%) \quad (5)$$

Onde:

OEE (%) = Eficiência Global do Equipamento
 D (%) = Disponibilidade Percentual
 P (%) = Desempenho Percentual
 Q (%) = Qualidade Percentual

MATRIZ PARA CÁLCULO DO OEE				
TPM	TEMPO TOTAL DISPONÍVEL			
D(%)	A	TEMPO DISPONÍVEL PARA PRODUÇÃO		PARADAS PROGRAMADAS
	B	TEMPO REAL DE PRODUÇÃO	OCIOSIDADE FALHAS	PERDAS
P(%)	C	DESEMPENHO IDEAL DO EQUIPAMENTO		
	D	DESEMPENHO REAL	PERDA DE VELOCIDADE PEQUENAS PARADAS	
Q(%)	E	PRODUÇÃO TOTAL BRUTA		
	F	PRODUÇÃO TOTAL BOA	REFUGO RETRABALHO	
OEE = B/A x D/C x F/E				

Figura 5 – Matriz para cálculo do OEE.

Fonte: Autor, 2009. – adaptação material interno FPT

A parte mais importante do cálculo do OEE é o correto levantamento das perdas, para a garantia de atuação no ponto certo no caminho da criação da estabilidade básica necessária para a implantação do pensamento enxuto que, segundo orientações do *Lean Institute Brasil*, para se pensar em estabilidade básica, não pode-se aceitar equipamentos e processos com índices de OEE inferiores a 85%.

2.2.6 Os 5S's

Os 5S's, assim como o próprio Pensamento Enxuto e o TPM, é uma filosofia de vida e trabalho. Neste estudo, tratar-se-á o 5S's como ferramenta, ele auxiliar-nos-á na implantação da mentalidade enxuta. Os 5S's são compostos por cinco sentidos (Utilização, ordenação ou padronização, limpeza, higiene ou asseio e autodisciplina) que serão detalhados posteriormente. Segundo Lapa (1998), os 5S's originaram-se no Japão, após a 2ª Guerra Mundial, para combater a sujeira nas fábricas e que, no Brasil, formalmente foi instituído em 1991 pela Fundação Cristiano Ottoni, quando apenas os três primeiros sentidos foram aplicados. Posteriormente os outros dois também foram difundidos. Atualmente fala-se em mais outros quatro Sentidos (Firmeza, Dedicção, Relato com ênfase e Ação simultânea) que não serão abordados nesta pesquisa. Apenas os cinco primeiros serão utilizados na aplicação prática, porém aos interessados em aprofundar saibam que existem e podem ser pesquisados e utilizados.

O programa 5S's tem o propósito de organizar, simplificar e doutrinar o pensamento das pessoas em prol de um ambiente mais saudável e eficiente. Segundo Silva (1996), o 5S deve ser implantado com o objetivo específico de melhorar as condições de trabalho e criar o ambiente de qualidade.

As metas do programa 5S são: a satisfação dos clientes internos e externos - quando fala-se de clientes internos referiu-se às relações cliente-fornecedor dentro da própria organização e, quando falou-se em cliente externo, está-se referindo aos clientes finais ou do consumidor do produto da organização; a qualidade assegurada dos bens e serviços; a segurança das pessoas na organização bem como sua saúde ocupacional, a lucratividade e a produtividade. Conforme Campos (1994), o 5S promove a interação das pessoas a um ambiente de economia, organização, limpeza, higiene e disciplina, sendo esses fatores fundamentais à elevada produtividade.

O grande segredo para o sucesso na implantação desse programa com resultados duradores está na capacidade de aculturação e de disciplina das pessoas envolvidas, ou seja, todas as pessoas da organização. Elas devem entender os benefícios do programa e internalizá-los, conforme Silva (1996), somente quando todos se sentirem orgulhosos por terem criado um local de trabalho digno e sentirem vontade automática de realização do melhoramento contínuo é que

estará entendida a essência do 5S.

Pode-se observar (Quadro 11) o significado de cada senso do programa 5S de forma geral e, em seguida, serão explorados senso a senso para maior entendimento.

PROGRAMA 5S			
SENSO	JAPONÊS		PORTUGUÊS
1º S	整理	SEIRI	UTILIZAÇÃO ORGANIZAÇÃO
2º S	整頓	SEITON	PADRONIZAÇÃO ORDENAÇÃO
3º S	清掃	SEISO	LIMPEZA ZELO
4º S	清潔	SEIKETSU	HIGIENE ASSEIO
5º S	躰	SHITSUKE	AUTODISCIPLINA COMPROMETIMENTO

Quadro 11 – Programa 5S
Fonte: Autor, 2009.

1º Senso (Seiri ou Senso de utilização e organização): esse senso é a base do programa 5S no qual deverão serem utilizados os recursos disponíveis da organização, para retirada de tudo em excesso e desnecessário existente no posto de trabalho e em seu entorno e manter somente o que for estritamente necessário para realização das atividades pertinentes ao mesmo, sempre com bom senso e discernimento, para não correr o risco de desatualizações e/ou insuficiências. Deve-se separar as coisas necessárias das desnecessárias, segundo critérios de estratificação previamente definidos pelo time da área onde será aplicado o 1º senso (Figura 6). Segundo Silva (1996), esse senso favorece a eliminação do desperdício de inteligência e tempo de matéria-prima.

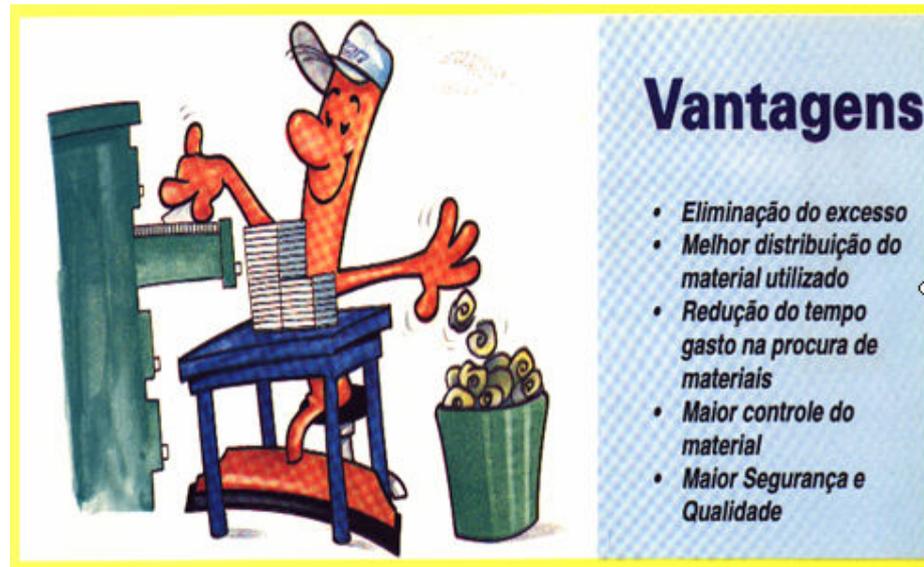


Figura 6 – 1º Senso do 5S

Fonte: Material de treinamento interno da FIAT.

2º Senso (Seiton ou Senso de padronização e ordenação): esse senso trata de se ter um lugar para cada item e cada item em seu lugar, ou seja, após se ter definido tudo que realmente necessita para realização de uma determinada atividade, deve-se ordená-las de forma lógica e identificá-las de forma padronizada, alterando inclusive o *lay out* (item 2.2.13) da área se for o caso a fim de diminuir o tempo de busca e facilitar a localização. Segundo Osada (1992), o 2º Senso (Figura 7), denominado por ele como arrumação, significa posicionar os elementos nos devidos lugares e de forma adequada para eliminar o desperdício de procura ou espera por estes elementos, ou seja, deve-se ter o que quer e precisar prontamente no momento em que for necessário.

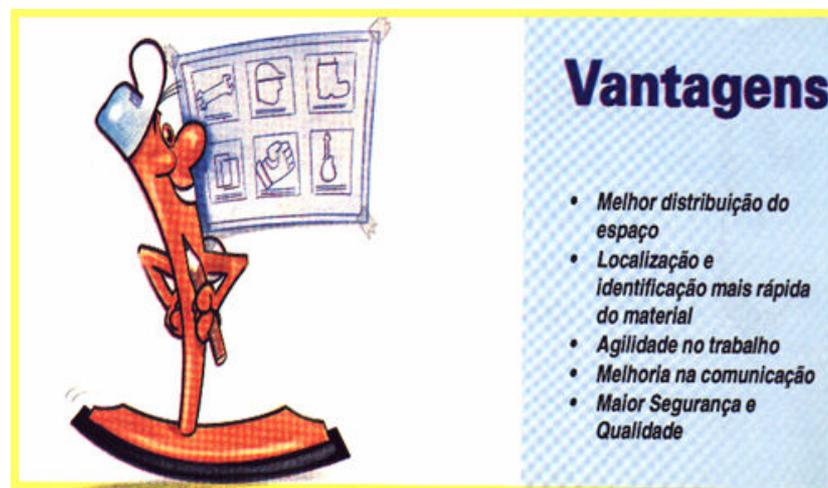


Figura 7 – 2º Senso do 5S

Fonte: Material de treinamento interno da FIAT.

3º Senso (Seiso ou Senso de limpeza e zelo): esse senso (Figura 8) tem o significado de eliminação da sujeira através da limpeza, porém uma limpeza consciente e não puramente mecânica, deve-se inspecionar no ato da limpeza, ou seja, não basta apenas limpar e limpar, pois a limpeza em seu sentido literal é uma atividade que não agrega valor, é necessário limpar e inspecionar para que as fontes de sujeira possam ser identificadas e eliminadas e assim passou-se a ter uma área agradável, saudável e limpa sem necessariamente ter que executar a limpeza em todo momento, pois ela já estará limpa simplesmente porque não suja (Silva, 1996).



Figura 8 – 3º Senso do 5S
 Fonte: Material de treinamento interno da FIAT.

4º Senso: (Seiketsu ou Senso de higiene e asseio): desse senso (Figura 9), pode-se dizer que é um reflexo da boa aplicação dos três primeiros, tanto que, segundo Silva (1996), esse é considerado um estágio alcançado após três anos de prática dos três primeiros sentidos, adicionados de aculturação de boas práticas de segurança do trabalho, hábitos consistentes e cotidianos de higiene corporal e mental.



Figura 9 – 4º Senso do 5S
 Fonte: Material de treinamento interno da FIAT.

5º Senso (Shitsuke ou Senso de autodisciplina e comprometimento): Este senso está diretamente ligado à criação do hábito de observar, entender e seguir normas, procedimentos, padrões e especificações, porém, de maneira inteligente, ou seja, deve-se ter em mente que padrões e normas existem para ser seguidos e é nossa obrigação segui-los, mais isso não quer dizer que não possam ser questionados, melhorados e modificados, pelo contrário, sempre que possível devem ser questionados para que possamos entrar em um ciclo de melhoramento contínuo (Silva, 1996). Mas uma coisa deve estar clara na mente de todos, apesar de questionado, modificado ou não, sempre serão procedimentos e esses sempre devem ser seguidos.

Pode-se dizer ainda, segundo Lapa (1998), que o senso de autodisciplina e comprometimento transcende o cumprimento de normas e procedimentos, pois consiste em ter autocontrole, ser paciente e persistente na busca de seus anseios e sonhos, respeitando sempre o espaço e a vontade alheia e isto requerem a prática constante e principalmente deve-se querer ou se predispor para que esse senso funcione corretamente.

2.2.7 Os 3M's

Os 3M's constituem em três palavras de origem japonesa que caracterizam as três formas de desperdícios que são encontradas em um processo produtivo ou

organização. Identificados. Segundo Ohno (1988), essas formas de desperdícios, podem ser definidas da seguinte maneira:

Muda: segundo Ohno (1988), qualquer atividade que consuma recursos sem agregar valor ao cliente. Dentro dessa categoria geral, é útil distinguir entre muda tipo 1 que consiste nas atividades que não podem ser eliminadas imediatamente e muda tipo 2, as atividades que podem ser rapidamente eliminadas por KAIZEN (item 2.2.12), ou seja, *Muda* é toda e qualquer perda identificada em um processo e está diretamente ligada às sete grandes perdas identificadas por Taiichi Hono e detalhadas no item 2.1.3 desta pesquisa.

Mura: conforme Ohno (1988), é a falta de regularidade ou inconsistência em uma operação, como os altos e baixos na programação causados não pela demanda do cliente final, mas, na verdade, pelo sistema de produção, ou um ritmo de trabalho irregular em uma operação, fazendo com que os operadores tenham picos de trabalho intensos e depois momentos de espera. Podemos entender esse tipo de desperdício como todo desbalanceamento existente entre as operações, atividades e processos dentro do fluxo de valor de uma organização que dificultam a criação do fluxo contínuo e uma forma de combatê-lo é a aplicação de padronização do trabalho / atividades nos postos de trabalhos e criação da estabilidade básica (Item 2.2.5).

Muri: de acordo com Ohno (1988), refere-se à sobrecarga em equipamentos ou operadores, exigindo-se que operem em um ritmo mais intenso ou acelerado, empregando mais força ou esforço, por um período maior de tempo do que aquele que o equipamento pode suportar ou o que permite um gerenciamento adequado do pessoal. Essas perdas estão muito ligadas aos fatores ergonômicos, que gerem fadiga física, mental e emocional dos funcionários, prejudicando o ritmo e a correta realização das atividades, comprometendo assim tanto a eficiência da área quanto a segurança da mesma.

2.2.8 Dispositivos à prova de erro (*Poka-Yoke*)

Conceito desenvolvido no Japão em 1961 pelo então conhecido como o “Gênio da engenharia”, Shigeo Shingo. Os dispositivos à prova de erros ou *Poka-Yoke*, tornou-se uma forte ferramenta no combate aos desperdícios dentro do processo produtivo através de alertas ou bloqueios. São utilizados em larga escala

dentro da mentalidade enxuta. O princípio básico dessa ferramenta é o de parar o sistema ou máquina no momento em que um defeito ou falha é encontrado, evitando que siga para o cliente e facilitando a análise e solução do problema na fonte de origem. Segundo Shingo (1996), existem duas formas de aplicação de *Poka-Yoke* no combate a defeitos e falhas em processos: de bloqueio e de alerta.

No *Poka-Yoke* de bloqueio, o processo, máquina ou equipamento para quando um defeito ou falha ocorre, minimizando a necessidade de avaliação humana que em geral é passível de erros, facilitando e tornando mais rápida a tomada de ação para correção do problema. Esse processo também ocorre de forma a impedir que o erro ou falha seja produzidos, conforme pode ser observado no exemplo abaixo (Figura 10).

- *Poka-Yoke* de alerta: essa forma consiste em avisar ou lembrar o trabalhador sobre os possíveis erros ou falhas potenciais de uma determinada atividade a ser executada. Esse lembrete ou aviso pode acontecer sob forma de gestão à vista, sinal luminoso e ou recurso auditivo. Pode-se verificar um exemplo de aplicação na ilustração abaixo (Figura 11).

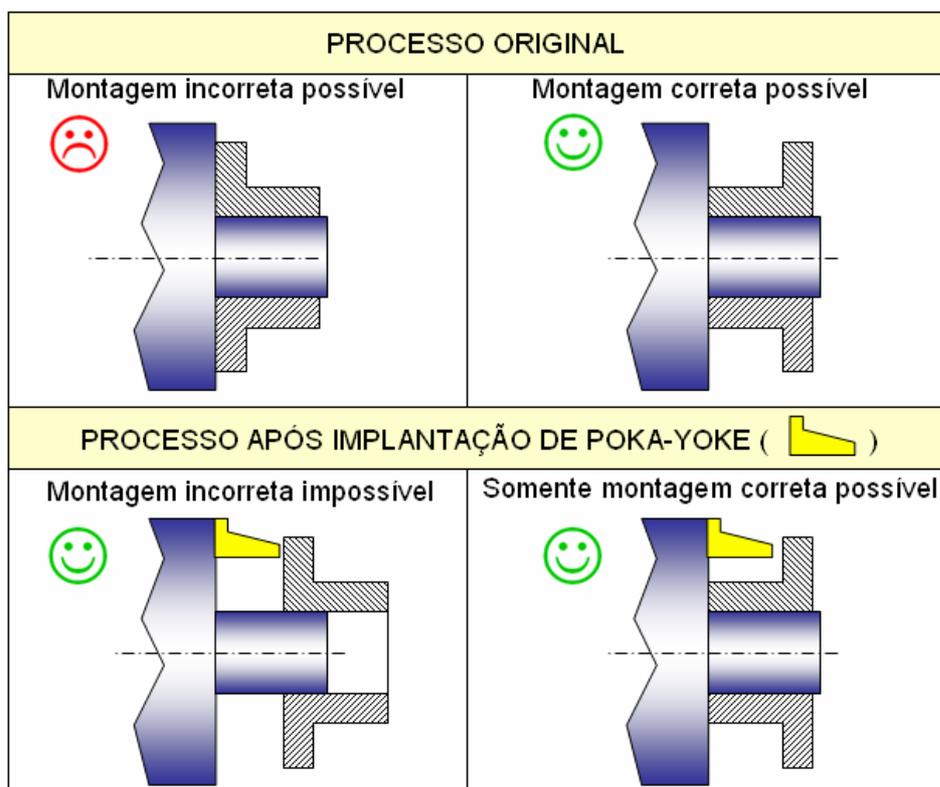


Figura 10 – Exemplo de aplicação de *Poka-Yoke* de bloqueio
Fonte: Autor, 2009.

Após análise dos exemplos (Figura 10 e Figura 11), pode-se chegar à conclusão que o dispositivo à prova de erros da categoria de bloqueio é mais robusto e eficaz do que o de alerta porque paralisa a situação no momento da falha, impedindo a propagação da mesma para o fluxo produtivo e o de alerta permite que a falha prossiga no fluxo produtivo em caso da não observação do lembrete pelo trabalhador. Essa é uma análise que pode ser feita, porém, deve-se atentar que, no pensamento enxuto, deve-se combater os desperdícios e isso inclui desperdícios com investimentos desnecessários, ou seja, deve-se avaliar situação quanto a frequência e a relevância da falha para melhor aplicação da ferramenta. Se a falha é frequente, de difícil detecção e de difícil correção, a aplicação do bloqueio faz-se necessária, mas se a falha é de baixa ocorrência, de fácil detecção e correção pode-se aplicar um sistema de alerta. Cabe ao time de trabalho avaliar e decidir a melhor forma de acordo com cada situação específica.

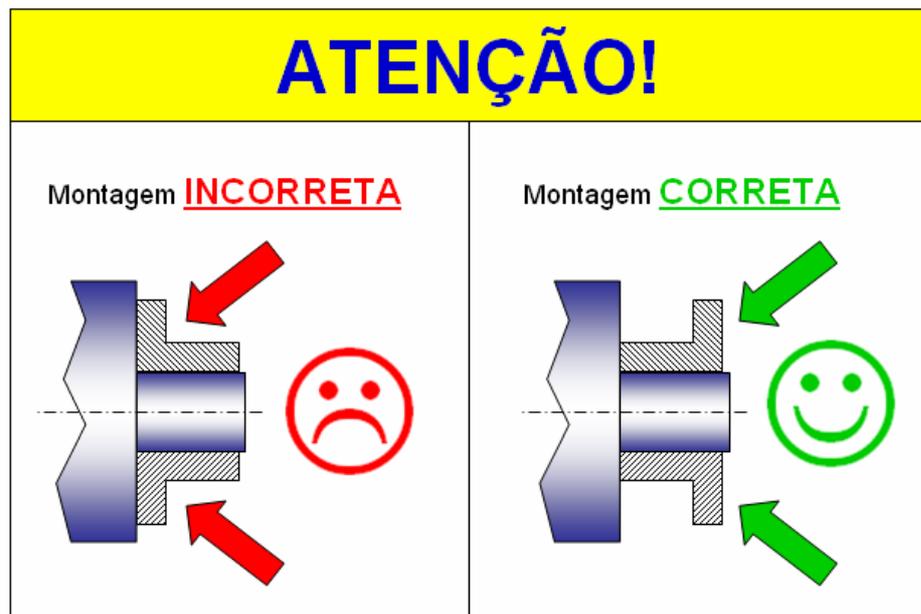


Figura 11– Exemplo de aplicação de *Poka-Yoke* de alerta
Fonte: Autor, 2009.

2.2.9 *Layout*: formas e aplicações

Desde o início de sua existência, o homem procura uma maneira de se adaptar melhor ao ambiente em que vive rearranjando as coisas ao seu redor, passando pela fase de produção artesanal, tomando força e importância com o advento das técnicas de produção em massa aplicadas por Ford, por volta de 1915.

Desde então, os estudos de *layout* vêm sofrendo constantes adaptações e evoluções, como é o caso mais recente, onde toda a indústria volta-se para a forma e organização do TPS (*Toyota Production System*) ou mentalidade enxuta.

O *layout* também conhecido como arranjo físico é a forma, organização ou a disposição física dos postos de trabalho dentro de um ambiente fabril, onde segundo Souza (2003) é fundamental estabelecer um fluxo racional de trabalho, evitando deslocamentos desnecessários de pessoas, produtos e informações, proporcionando um ambiente de segurança e bem estar a todos os envolvidos.

Para execução de um projeto de *layout*, segundo Harding (1992), deve ser observado algumas fases importantes: levantamentos, planejamento, crítica do planejamento, implantação e controle de resultados.

Na fase de levantamentos, a mais importante de todo o projeto envolve o diagnóstico detalhado de todas as características da área: expectativas dos colaboradores nelas presentes; disposição dos materiais; fluxo do processo; equipamentos existentes e os que serão comprados; aspectos e impactos ambientais presentes na área; segurança dos postos de trabalho e vizinhanças; Interferências físicas; Área existente e a área disponível (HARDING, 1992).

Na fase de planejamento das soluções deve-se estudar detalhadamente todos os potenciais pontos de melhoria, levantadas as propostas de melhoria e identificadas às intervenções físicas a serem aplicadas, segundo proposta de novo projeto de *layout* (HARDING, 1992).

Na fase de crítica do planejamento deve-se confrontar a solução projetada com as expectativas do nosso cliente (pessoal da área) e encontrar um ponto em comum (HARDING, 1992).

Na fase de implantação, devem-se executar as devidas alterações físicas (movimentações de máquinas e equipamentos) propostas no projeto, respeitando as normas de segurança locais. Um ponto importante para o sucesso dessa fase é o acompanhamento direto do projetista na obra, fazendo o corpo a corpo com os executores para garantir a fidedignidade do projeto (HARDING, 1992).

Na fase de controle de resultados devem-se medir os parâmetros e indicadores após a modificação do *Layout* e comparar com os resultados medidos antes da modificação, documentar o balanço econômico da modificação e apresentar aos clientes (HARDING, 1992).

A forma do *layout* dentro de uma organização é um ponto muito importante a

ser estudado também antes de propor um projeto de modificação, pois, está diretamente ligado à atividade desenvolvida pela empresa. Para Martins (2003), existem quatro formas de arranjo físico: Posicional, Por processo, Por produto e Celular.

Na forma Posicional, o produto fica posicionado de forma fixa enquanto os equipamentos, máquinas, instalações e mão de obra movem-se para execução do processamento necessário. Esse tipo de arranjo pode ser aplicado quando o produto em questão seja muito grande ou muito frágil para ser manipulado na linha de fabricação. Essa forma de arranjo tem a característica de baixa produção (Martins, 2003). Um exemplo de aplicação desse tipo de arranjo físico é uma linha de montagem de aviões (Figura 12).

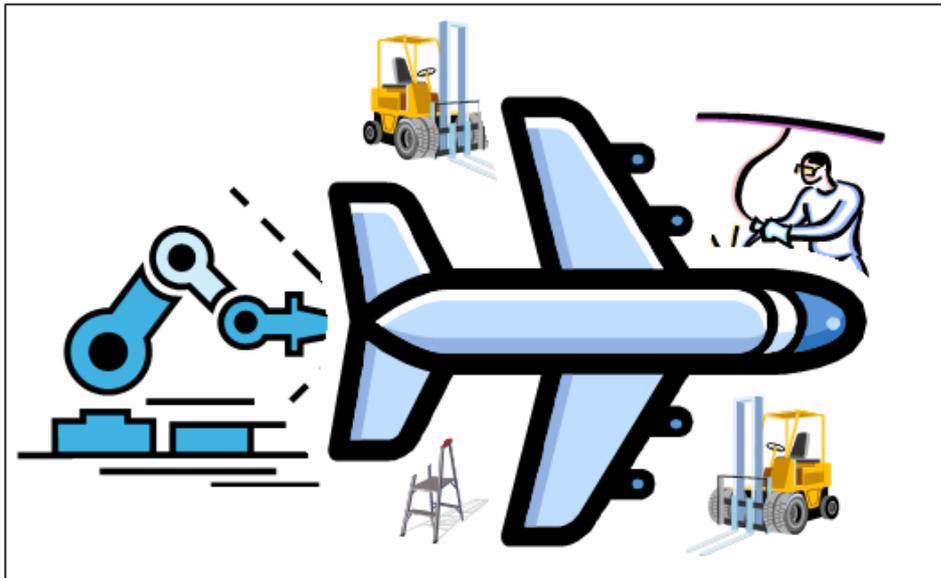


Figura 12 – Exemplo de aplicação de *Layout* posicional
Fonte: Autor, 2009.

Segundo Martins (2003), na distribuição física por processo, as instalações, máquinas e equipamentos são dispostos de acordo com a função que desempenham: grupo de troncos, de fresas, de retíficas, caracterizando-se pela flexibilidade em fabricação de produtos e pelo fluxo intermitente através de ordens isoladas de trabalho (Figura 13).

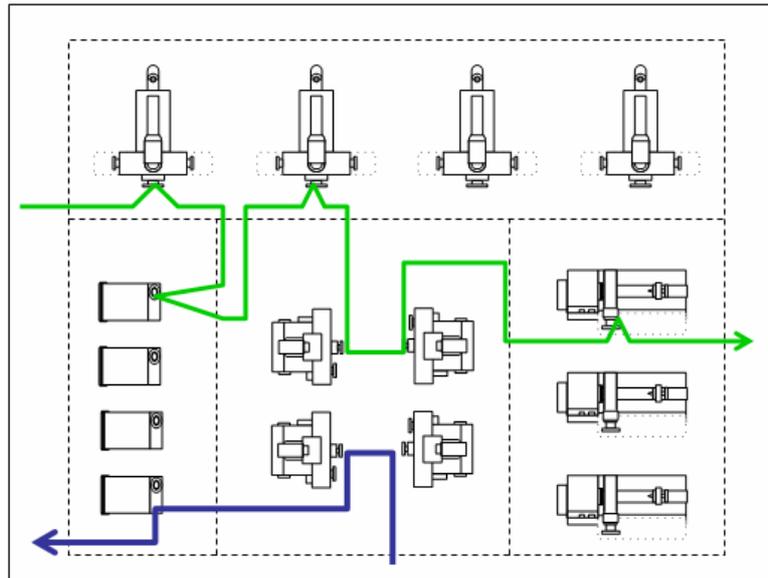


Figura 13 – Exemplo de aplicação de *Layout* por processo
Fonte: Autor, 2009.

Na distribuição por produto, segundo Martin (2003), é utilizado o conceito linear de produção, reunindo mão de obra e equipamentos de acordo com a sequência lógica das operações, tendo como característica principal a produção em grande escala (Figura 14)

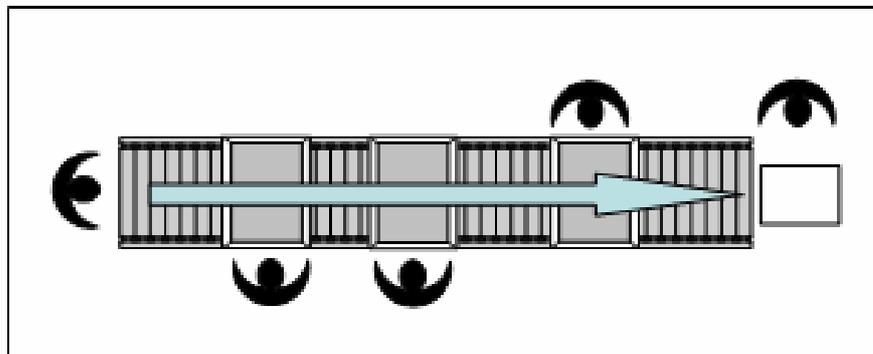


Figura 14 – Exemplo de aplicação de *Layout* por produto
Fonte: Autor, 2009.

No arranjo Celular, a principal característica se dá pela geometria de disposição das máquinas, podendo ser em linha, em “S”, em “L” ou em “U”, sendo este tido no pensamento enxuto como o de melhor resultado operacional (Figura 15). O arranjo físico celular pode ser formado por processo ou por produto (Martins, 2003).

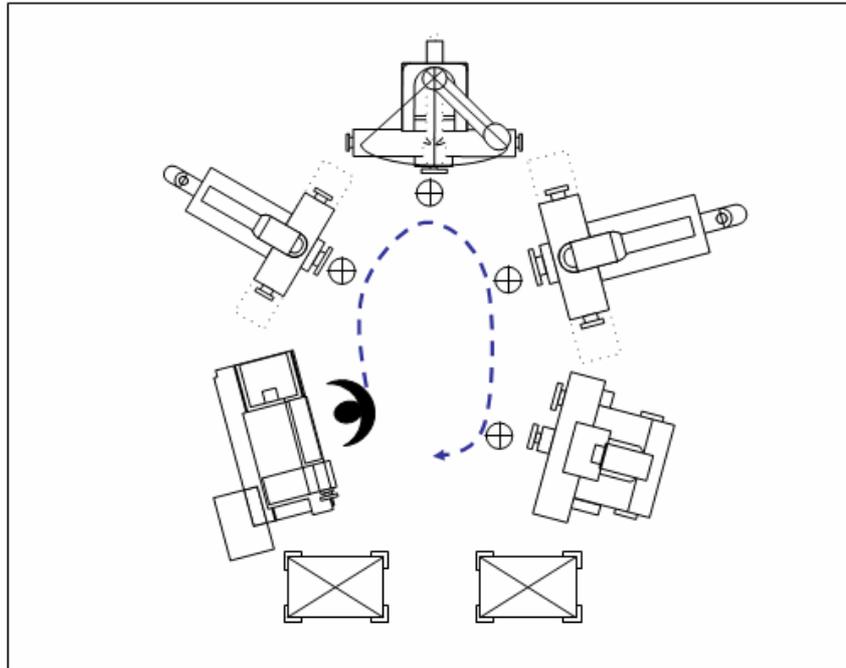


Figura 15 – Exemplo de aplicação de *Layout* celular
 Fonte: Autor, 2009.

Segundo Rother e Harris (2002) uma célula é um arranjo lógico de pessoas, máquinas, materiais e métodos onde existe a proximidade das operações de um processo em forma sequencial buscando o fluxo contínuo de forma consistente, onde a forma mais conhecida é o “U”, apesar de existirem muitas outras formas possíveis.

O *layout* é uma ferramenta fundamental para a redução de *Lead Time*, de estoques e de mão de obra em um processo produtivo. Deve ser estudado detalhadamente e cuidadosamente para obtenção dos resultados esperados.

2.2.10 Balanceamento de processo

Segundo Rocha (2005), cada posto ou estação de trabalho consome determinado tempo para execução da atividade que lhe compete, porém o balanceamento de um processo faz-se necessário somente quando os tempos para execução dessas atividades e ou operações possuem tempos e frequências diversas, caso contrário o balanceamento depende apenas da cadência ou velocidade imposta ao sistema. Partindo de uma situação onde os tempos são diversos, deve-se estudar e entender com profundidade o funcionamento do

possibilitar tal balanceamento (ROTHER e HARRIS, 2003).

O balanceamento de um processo consiste em distribuir e nivelar o tempo total das operações em relação ao tempo homem máquina, para as pessoas em seus respectivos postos de trabalho (MARTINS e LAUDGEN, 2000).

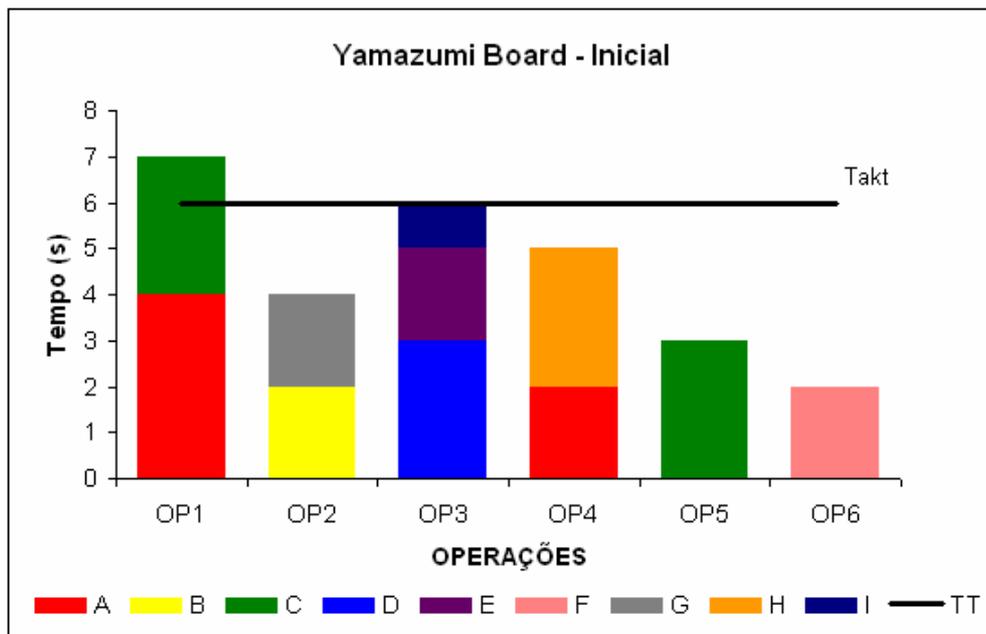


Gráfico 1– Exemplo de Quadro de Yamazumi – Inicial.
Fonte: Rother e Harris, 2003

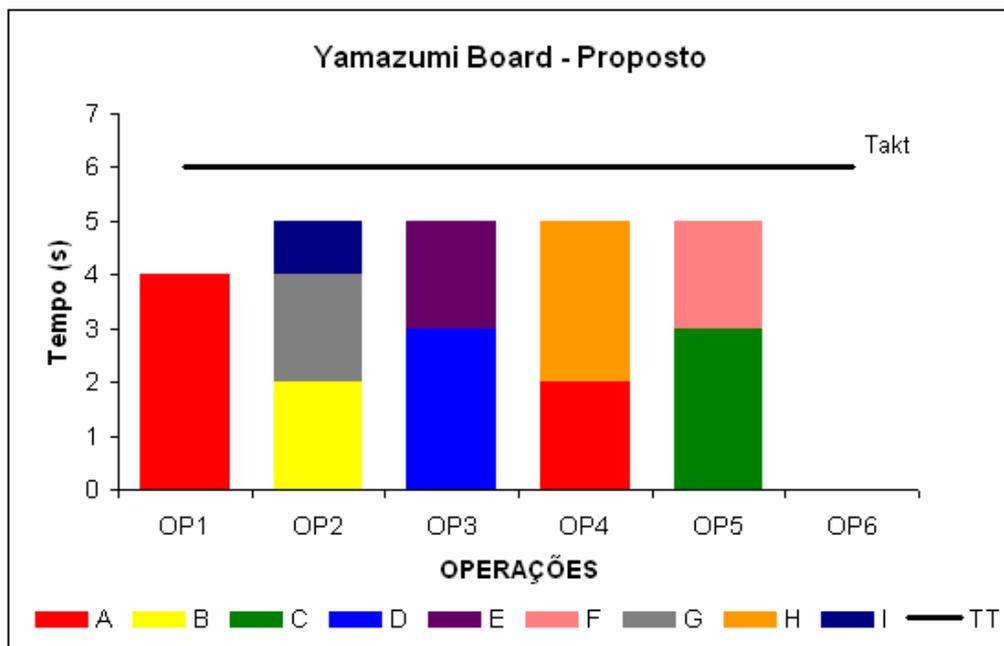


Gráfico 2 – Exemplo de Quadro de Yamazumi – Proposto.
Fonte: Rother e Harris, 2003

2.2.11 Supermercado de produção

O conceito de supermercado de produção industrial é praticamente o mesmo utilizado nos supermercados para compras de alimentos e utilidades domésticas onde os inúmeros itens ficam expostos em gôndolas a disposição dos clientes e são repostos na medida em que são consumidos, pois, foi em uma de suas visitas aos Estados Unidos que Taiichi Ohno, ao observar o funcionamento dos mesmos, começou a criar o conceito de produção puxada (Liker, 2004).

Pode-se ter supermercado de produção para produtos acabados para atendimento ao cliente final ou de produtos intermediários onde é utilizado para conectar processos onde não é possível estabelecer o fluxo contínuo ou fluxo de uma peça. O fluxo ou movimentação do supermercado é administrado por cartões que são também ordens de produção mais conhecidos como cartões *Kanban*.

O *Kanban*, que em sua origem japonesa significa sinalização visual, possui a função de gerenciar e organizar o fluxo de entrada e saída de materiais do supermercado tanto para o tempo quanto para a quantidade, em função dos sinais dados pelos clientes, evitando a movimentação e fabricação excessiva de materiais no processo (SMALLEY, 2004).

O *Kanban* pode ser definido como um mecanismo ou ordem de trabalho pela qual os postos de trabalhos informam a necessidade produto para o processo precedente ou fornecedor. (LUBBEN, 1989).

Para criação de um supermercado de produção, deve-se modificar a forma de programação e controle de produção, passando da tradicional produção empurrada, onde as ordens de trabalho são realizadas sobre previsões de demandas e os produtos são simplesmente armazenados no estoque para o sistema de produção puxada, onde as ordens de produção são realizadas sobre uma demanda real (SMALLEY, 2004). Contudo, segundo o autor, é necessária uma análise minuciosa dos níveis de estabilidade e nivelamento do processo antes de partir para ação.

A estabilidade na produção ocorre quando se consegue produzir de acordo com o planejado, isso é, primeiramente calculando-se o *Takt Time* e determinando quais são os recursos necessários (quando se fala “necessário”, entenda-se a quantidade de pessoas, máquinas e materiais definidos pelo *Takt*) para se produzir com o menor desperdício possível, sem afetar a segurança e garantindo a qualidade. (KAMADA, 2008)

Outro importante ponto para implantação de um supermercado é a classificação dos itens em função da demanda por produto, podendo ainda ser estratificado por volume e frequência de pedido, de acordo com cada realidade (SMALLEY, 2004). Essa classificação pode ser realizada rotulando os itens em A, B e C de acordo com critérios previamente definidos pelo time de implantação, o que não pode ser confundida com uma prática muito utilizada pelas empresas para a classificação A, B e C dos materiais em estoques de acordo com o custo anual.

Pode-se fazer um comparativo sobre as várias formas de manter os itens classificados no estoque para facilitar a tomada de decisão sobre a estratégia a ser tomada (Quadro 13).

Após definição da estratégia e sistema de gerenciamento, deve-se iniciar os cálculos para definição das quantidades de cada produto dentro do supermercado em função da demanda do cliente (SMALLEY, 2004).

QUADRO DE ESTRATÉGIA PARA SUPERMERCADOS			
OPÇÕES ESTRATÉGICAS	SISTEMA	PRÓS	CONTRAS
Manter todos os produtos (A,B eC) em estoque.	Puxado de reposição.	Prontidão na expedição de qualquer item em pouco tempo	Requer estoque para cada item, muito espaço e alto investimento.
Não manter estoques de produto acabado e fazer todos os produtos sobre encomenda.	Puxado sequenciado.	Menor estoque e menor perda a ele associado.	Requer elevada estabilidade do processo e curto Lead Time.
Manter os produtos Cs no estoque e fazer os As e Bs sob encomenda.	Puxado misto.	Menor estoque.	Requer um controle de produção misto e estabilidade diária.
Manter os produtos As e Bs no estoque acabado e fazer os Cs sob encomenda.	Puxado misto.	Estoque moderado.	Requer um controle de produção misto e visibilidade no ítems C.

Quadro 13 – Exemplo Quadro de estratégia para supermercado.
Fonte: Smalley, 2004.

Deve-se dimensionar o estoque de produtos acabado, considerando três fatores (Figura 16):

Estoque de ciclo que é a demanda média x *Lead Time* de reposição. Determina-se a demanda diária para cada tipo de produto em um intervalo de tempo

previamente definido, podendo ser mais longo ou mais curto em função da sazonalidade e de mudanças de mercado e multiplica-se pela frequência de reposição (*Lead Time de reposição*) para cada produto por unidade de tempo (SMALLEY, 2004).

Estoque Pulmão que é variação da demanda (%) do estoque de ciclo: Utiliza-se de técnica estatística dos desvios padrões para calcular a probabilidade de oscilação da demanda durante o período de reposição. Segundo o Lean Institute Brasil, dois desvios sobre o estoque de ciclo são suficientes, porém caso seja julgado necessário, deve calcular o desvio padrão da demanda por produto (SMALLEY, 2004).

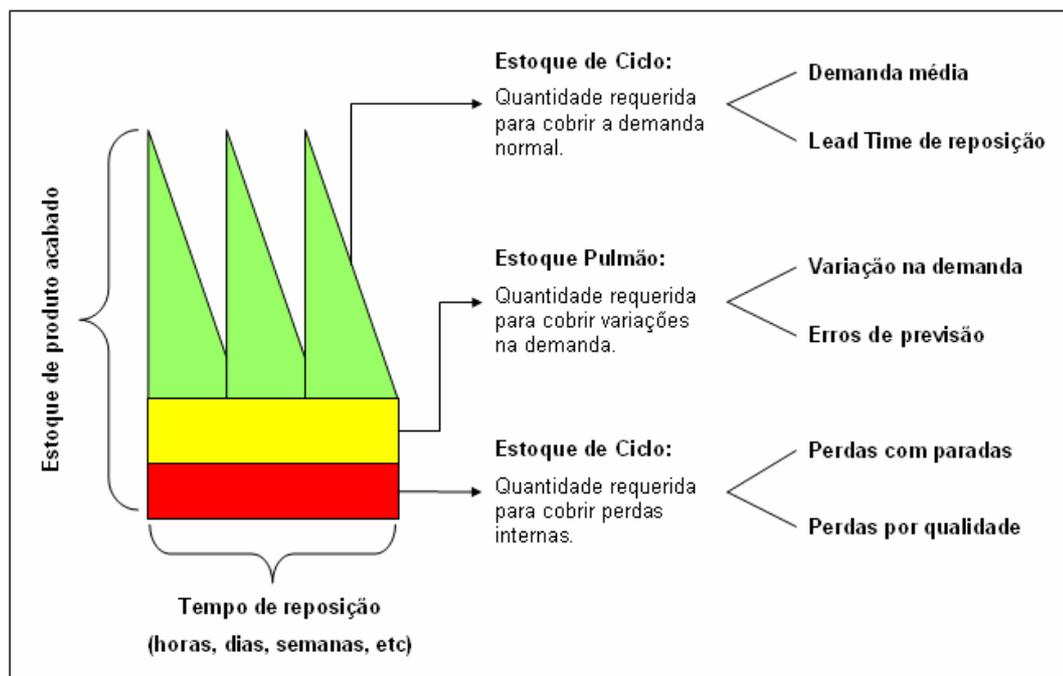


Figura 16 – Diagrama para estoque.
Fonte: Smalley, 2004.

Estoque de segurança que é o fator de segurança como (%) (Estoque de ciclo + estoque pulmão): Esse fator de segurança depende diretamente dos dados históricos, da estabilidade do processo de fabricação e da experiência do time de implantação, podendo ser maior ou menor de acordo com a estratégia. À medida que o nível de estabilidade for aumentando, o percentual de segurança deve ser diminuído (SMALLEY, 2004).

Começar com o estoque mais alto é um problema muito menor do que começar com estoque muito baixo (SMALLEY, 2004).

A grande vantagem do supermercado de produção é a possibilidade de

nivelamento do estoque de forma a manter os níveis mínimos necessários para atendimento ao cliente e dessa forma reduzindo custos e área de estoque para a empresa.

2.2.12 O conceito do melhoramento contínuo (*KAIZEN*)

Segundo Imai (1988), *KAIZEN* significa melhoramento em todos os sentidos, seja na vida pessoal, na doméstica, na social, do trabalho e quando aplicado na área industrial, significa melhoramento contínuo em todos os níveis da organização e para isso, depende do envolvimento e comprometimento geral e total, da diretoria ao operador do piso da fábrica. A prática de melhoramento contínuo originou-se no Japão pós-guerra na década de 50, onde as indústrias tinham que se reerguer do zero, fazendo da necessidade de sobrevivência a criação de um novo modo de vida. Essas práticas foram difundidas de forma global e atualmente são amplamente utilizadas em todos os setores industriais, destacando-se na indústria automobilística em função da Toyota e seu conceito de manufatura enxuta.

A tradução de *KAIZEN* dá-se da seguinte forma: *Kai* - significa mudança e *ZEN* - significa melhor, ou seja, mudar para melhor, daí o conceito de melhoramento contínuo (Figura 17):

KAIZEN		
"KAI"	改	Mudança
"ZEN"	善	Melhor

Figura 17 – Tradução de *KAIZEN*
Fonte: Adaptação de material interno FPT.

Quando fala-se de melhoramento contínuo, fala-se de melhoramento de tudo o que está ao nosso redor a todo instante, não importando o quanto está melhorando e sim se está realmente melhorando. Cada pessoa da organização deve internalizar este pensamento para que os resultados apareçam.

Segundo Cardoso, Battaglia e Ferro (2007), um processo de melhoramento

contínuo pode ser definido por três fases distintas: estado atual, melhoramento (*Kaizen*), estado futuro; fazes estas que devem se repetir infinitamente em ciclos contínuos e podem ser ilustradas conforme Figura 18:

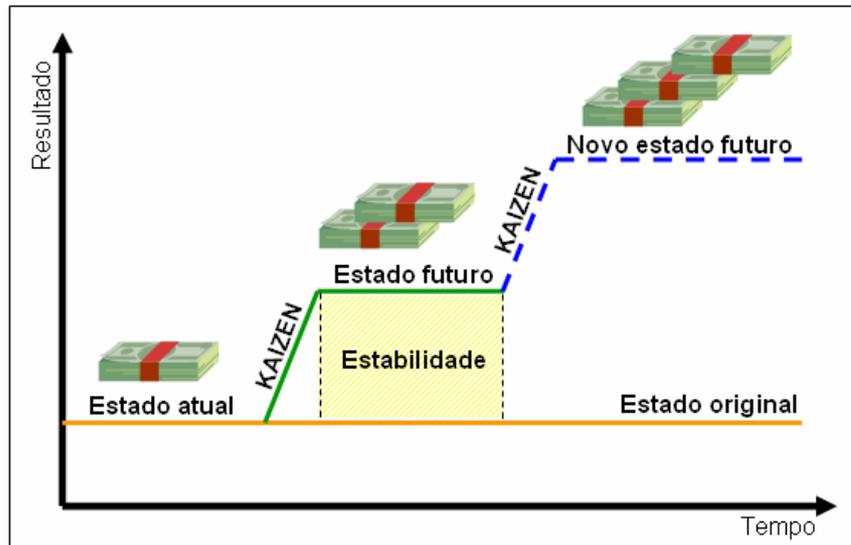


Figura 18 – Fases de um processo *KAIZEN*
 Fonte: Adaptação de material interno FPT.

Quando optou-se por trabalhar com a ferramenta *KAIZEN*, decidiu-se passar a reinventar a maneira de ser e de fazer as atividades em todo momento, buscando torná-las cada vez mais rápidas, seguras, eficientes e lucrativas. Nunca deve contentar com o resultado obtido, pois se já foi obtido virou passado e deve ser superado. Segundo Fujio Cho, citado por May (2007), se não está ocupado reinventando a empresa continuamente, certamente estará andando para trás e será engolido pela concorrência.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo, será apresentado de forma resumida o método e tipo de pesquisa, a base de coleta de dados e as formas de consolidação dos mesmos, a estratégia de acompanhamento das ações previstas para garantir suas respectivas aplicações práticas e as conclusões sobre os resultados alcançados. Optou-se por uma pesquisa focada em uma linha de produção em série que opera nos moldes de produção empurrada área piloto para teste e experimentos dos conceitos e ferramentas estudados. Espera-se que ao final do trabalho possa-se evidenciar através de indicadores de atividades e de desempenho, a transformação no conceito de trabalho da linha piloto, passando da forma tradicional de produção empurrada para a forma enxuta de produção puxada. Os detalhes de cada fase serão evidenciados e trabalhados detalhadamente no capítulo seguinte que é realmente onde será evidenciada a transformação ocorrida na área piloto.

3.1 Tipologia metodológica de pesquisa

A metodologia de pesquisa aplicada neste trabalho é do tipo pesquisa-ação devido à necessidade observada de interação direta com a área pesquisada através da participação planejada e estruturada do pesquisador e dos representantes participativos na situação problemática a ser investigada. Os dados iniciais foram levantados através de pesquisa de fontes documentais existentes na área, no entendimento prático da situação de produção através de pesquisa de campo e na análise de indicadores e metas existentes na área. Segundo Thiollent (1997), esse tipo de pesquisa consiste em um método de aplicação orientado para a elaboração de diagnósticos da situação, identificação do problema e procura de soluções.

A pesquisa-ação também é caracterizada como um método incisivo que permite ao pesquisador testar hipóteses sobre o fenômeno de interesse implantando e acessando as mudanças no cenário prático (LINDGREN et al., 2004). Embasado nesse conceito e com a massa de dados formada, executou-se a consolidação para entendimento da situação como um todo e criação do mapa de fluxo de valor para o

estado futuro que proporcionasse o cenário de transformação do sistema produtivo atual, tornando-o mais enxuto.

Quanto mais se aprofundava no entendimento do funcionamento da área de montagem de transmissões, mais era a certeza da necessidade de codivisão dos conhecimentos adquiridos na pesquisa bibliográfica com as pessoas envolvidas para gerar um alinhamento conceitual de forma profunda para garantia da transformação primeiramente no pensamento das mesmas e posteriormente na realidade prática da área. Conforme Godoi et al. (2006) e Lindgren et al. (2004), nesse tipo de pesquisa, o pesquisador não apenas assume a responsabilidade de assistir as partes envolvidas através da geração de conhecimento como também na aplicação desse conhecimento.

3.2 Fases da pesquisa

Executar uma pesquisa-ação, segundo Kemmis e Mc Taggart (1988), significa planejar o que deve ser feito durante o projeto, implantar as soluções propostas, avaliar os resultados e padronizar os resultados.

Para Kemmis e McTaggart (1988) fazer pesquisa-ação significa planejar e observar o que faz com a experiência diária, agir e refletir sobre isso de maneira mais consciente, mais sistemática e mais rigorosa.

Em geral, duas ideias definem um bom trabalho de pesquisa:

- que se possa reivindicar que a metodologia utilizada está adequada à situação, e
- que se possa garantir, de certa forma, um acréscimo no conhecimento que existe sobre o assunto tratado.

3.2.1 Planejamento da pesquisa

Juntamente com os envolvidos, foram definidas delimitações da área de atuação e aplicação da pesquisa. Nesse momento foram levantados os dados necessários para criação de um diagnóstico preciso da situação de produção, de disponibilidade de máquinas e equipamentos, sobre a demanda do cliente, do *mix* produtivo, de desempenho de fornecedores, sempre através de análise de gráficos, tabelas e documentação técnica existente na área. Outro ponto importante do

momento de coleta de dados foi a pesquisa de campo, na qual as informações foram coletadas literalmente ao “pé da máquina” na empresa e no período de realização da pesquisa e depois confrontada com a documentação levantada anteriormente.

Com os dados formados e consolidados, possibilitou-se a realização do mapeamento do processo com o auxílio da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor (VSM) que permitiu uma visualização detalhada e, ao mesmo tempo global, do fluxo de informações e de fluxo de valor que coordenavam o funcionamento prático da área piloto. Com o conhecimento adquirido, foi possível criar o mapa de fluxo de valor do estado futuro (VSM), traçar os objetivos a serem alcançados ao final do trabalho e iniciar o plano de ações proposto (*Kaizen*) para gerar a transformação conceitual e prática esperada da área piloto. As ações foram devidamente priorizadas através das ferramentas (G.U.T. e R.E.I.) e monitoradas com a aplicação da ferramenta (5W2H), estudadas na revisão bibliográfica, e também através da criação de novos indicadores de resultado e de atividades, tornando possível a verificação dos resultados, passo a passo, durante a fase de implantação e, por conseguinte, possibilitando eventuais ajustes.

Dando continuidade, submeteu-se o plano de soluções bem como prazos e metas à aprovação do corpo diretivo da organização para oficialização do compromisso de todos e da garantia dos recursos necessários para a execução do trabalho.

3.2.2 Implantação das soluções

Conforme Thiollent (1997) relata, nessa fase, realizou-se a aplicação prática dos cenários, até então hipotéticos, através das soluções propostas, segundo o 5W2H, bem como a difusão de resultados, a evolução frente aos objetivos traçados, e as negociações e ajustes entre as partes interessadas para o atendimento dos prazos e das metas.

3.2.3 Avaliação dos resultados

Nesta etapa realizou-se, segundo o método de pesquisa-ação, a análise crítica do trabalho no que tange aos resultados obtidos bem como as dificuldades e

facilidades encontradas durante a fase de execução, suas influências em curto, médio e longo prazo na área afetada pelas ações e, por último, uma reflexão sobre as lições e ensinamentos aprendidos durante o trabalho para proporcionar um maior nível de assertividade em trabalhos e pesquisas futuras.

3.2.4 Padronização das soluções

Após a certificação dos resultados, foram criados os padrões para as ações aplicadas que tiveram êxito, tornando-as oficiais perante a organização ou instituição como uma forma de garantia de sustentabilidade dos resultados alcançados (CAMPOS, 1991).

Segundo Yamashina¹, a padronização das atividades ou melhorias garantem não somente que a energia despendida pelo grupo na execução do trabalho não se perca no tempo como também promove um incremento no desenvolvimento contínuo do processo produtivo (Gráfico 03). Como se pode observar, em ambas as situações, a energia despendida para execução das melhorias foi a mesma, porém a diferença no resultado final fica clara e evidente do processo sem padronização e o com padronização, através de nível de performance.

3.2.5 Formação do grupo de trabalho

Com o conhecimento mais aprofundado da área a ser trabalhada, ficou mais fácil prosseguir com o projeto-piloto. Devido à complexidade da área, ficou definido que para o sucesso do projeto, seria necessário criar um grupo de trabalho composto por várias pessoas de várias áreas da empresa para fazer da interfuncionalidade e da interdepartamentalidade uma força.

Os integrantes foram negociados com os respectivos departamentos para liberação de alguns em tempo parcial e outros para dedicação exclusiva. Foi criado então o grupo com participantes da área de engenharia de processos, engenharia de manufatura, segurança do trabalho, engenharia do produto, ecologia e meio ambiente, produção, qualidade, manutenção, recursos humanos, custos e logística.

Para impor velocidade na implantação da transformação da cultura de produção tradicional para a cultura de produção enxuta proposta como objetivo do

¹ Yamashina, Hajime Dr. - Professor Emeritus, Kyoto University.

trabalho na linha de montagem de transmissão fez-se necessário o alinhamento do conhecimento através de treinamentos de todos os integrantes a respeito dos conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta.

3.2.6 Mapeando o estado atual do processo piloto

Para seguir com a pesquisa, foi necessário um levantamento dos dados referente à montagem de transmissão, para entender o fluxo de informação e o fluxo de valor do processo e então desenhar o estado atual do processo com o auxílio da ferramenta VSM estudada anteriormente. Conforme Rother, Mike e Shook, John (2003) o mapeamento do processo foi realizado iniciando-se pela expedição final, ou seja, entrega de transmissões para o cliente e finalizando no início da linha de montagem de transmissões, passando por cada fase do processo e medindo os tempos ciclos e tempo de processamento para execução de cada atividade realizada, quantidade de mão de obra empregada, níveis de estoque, pesquisando a disponibilidade de máquinas e equipamentos, os turnos de trabalho, o lead time, como chegam as informações de programação e requisição de materiais, formando assim subsídios técnicos para desenho do mapa de fluxo de valor atual (Figura 19).

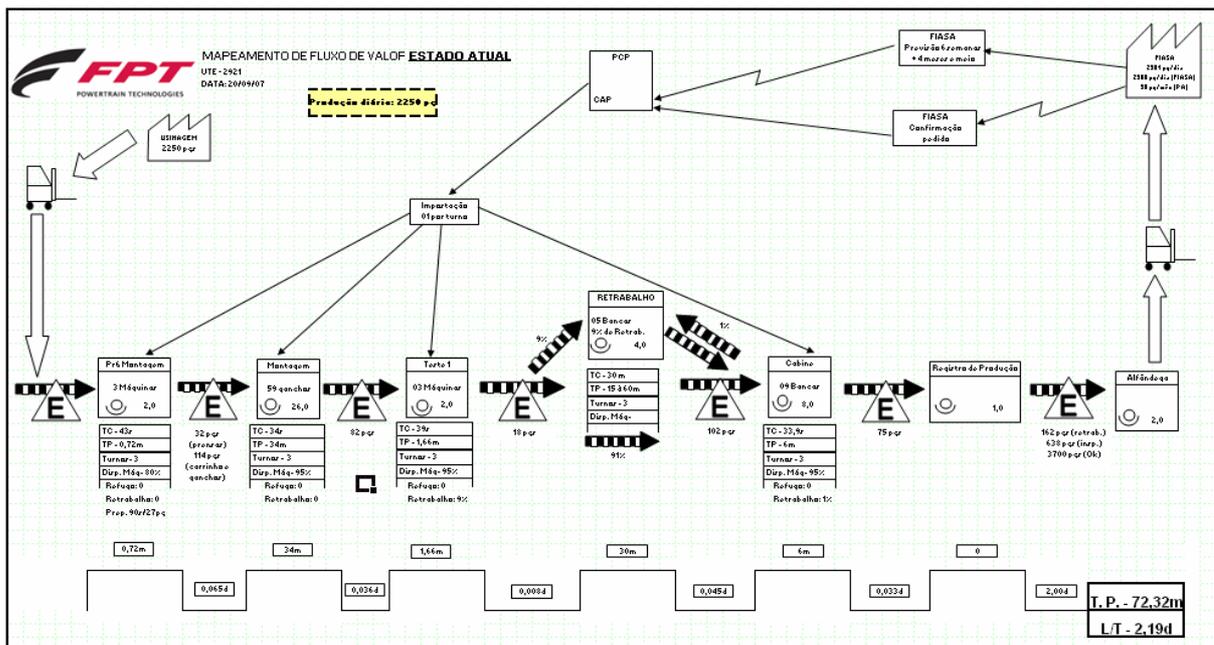


Figura 19 – Mapa de fluxo de valor – Estado Atual
 Fonte: Adaptação de Aprendendo a enxergar – Rother & Shook, 2003

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO PRÁTICA

O trabalho de pesquisa-ação proporcionou o crescimento de todas as pessoas envolvidas por permitir o conhecimento profundo do funcionamento da área a ser estudada além de possibilitar a interação prática na transformação do conceito de produção existente com características fortemente tradicionais para um sistema inovador como o pensamento enxuto. Para realizar a referida transformação foi necessário um empenho por parte de todos, pois vencer a inércia da mudança de comportamento das pessoas não costuma ser uma tarefa fácil assim como não foi, porém ao entender melhor os conceitos da mentalidade enxuta, começa-se, ou melhor, aprende-se a enxergar as coisas de um modo diferente, o que facilita na motivação e no poder de convencimento das pessoas, conforme a própria afirmação do Yamashina¹, “A identificação das perdas depende de seus olhos [...] As pessoas melhoram seus olhos tal como elas aprendem”.

4.1 Planejamento do trabalho

A área de montagem de transmissões (UTE-2921) possui um parque de 80 máquinas e equipamentos e um total de 228 colaboradores escritos sendo: 03 líderes responsáveis de área, 01 tecnólogo responsável pela manutenção e gestão dos equipamentos, 01 tecnólogo de qualidade do produto, 10 condutores de time de produção, 40 controladores de processo de montagem e 173 operadores de produção. Esse efetivo é distribuído em três turnos de produção, perfazendo 22 horas de trabalho por dia e 5,81 dias por semana.

4.1.1 Conhecendo o ambiente do trabalho

Seguindo o método de pesquisa-ação, começa-se a primeira parte da fase do planejamento do trabalho detalhando a área a ser estudada. O trabalho de pesquisa teve seu desenvolvimento na planta de Betim da Fiat Powertrain Technologies (FPT), que é responsável pela produção de motores e transmissões que equipam a

linha de automóveis da FIAT. Especificamente, o referido trabalho de pesquisa acontecerá na área de montagem de transmissões da FPT Betim.

4.1.1.1 Apresentação da empresa

Criada em 2005, a FPT – Powertrain Technologies reúne toda a expertise do Grupo Fiat no desenvolvimento, produção e comercialização de motores e transmissões. Com três fábricas no Brasil e uma na Argentina, a FPT Mercosul é hoje a maior produtora de sistemas de propulsão da América Latina. No mundo, são 16 unidades presentes em nove países.

A planta de Betim (MG) é a maior unidade e soma uma produção anual superior a 1,4 milhões de unidades entre motores e transmissões para carros de passeio. Já a fábrica de Sete Lagoas (MG) representa um modelo de flexibilidade produtiva, com uma gama de quatro famílias de motores diesel (Famílias S, C e N e 8140) destinados às indústrias de veículos comerciais leves e pesados, ônibus, máquinas agrícolas e de construção e geradores de energia.

A unidade de Córdoba (Argentina), que se prepara para a produção das transmissões para a PSA Peugeot Citroën, produz os motores Torque 1.6L e o novo 1.9L 16V, além da transmissão C513. Já Campo Largo, na Região Metropolitana de Curitiba (PR), adquirida em 2008 pela FPT, será responsável pela produção de uma nova gama de motores médios (midsize) nas versões gasolina e flexfuel, em fase final de desenvolvimento.

Sinônimo de tecnologia e confiabilidade, os produtos FPT estão nas empresas do Grupo Fiat, tais como Fiat Automóveis, Iveco, Lancia, Alfa Romeo, Case IH, New Holland, Iveco Motors e Irisbus. Com 22% de clientes não-cativos em todo o mundo, a companhia fornece também diversas aplicações para Ford, PSA Peugeot Citroën, Tata-Daewoo, Suzuki, Mitsubishi, General Motors e Beijing Public Transportation Corporation (BPTC), entre outras. Além disso, possui *joint ventures* estratégicas firmadas com a Tata, na Índia; com a Saic, na China e com a Severstal, na Rússia. Na América Latina, a FPT inicia a produção de transmissões para a PSA Peugeot-Citroën, além de ter concluído acordos de fornecimento de motores para a TAC - Tecnologia Automotiva Catarinense, Materfer / Agrinar e Technew China.

A FPT desenvolve, produz e comercializa motores e transmissões para as mais diversas aplicações. Os propulsores da marca podem ser encontrados em

veículos de passeio e comerciais, máquinas agrícolas e de construção, além da indústria náutica e de geração de energia.

No Mercosul, a empresa é responsável pelos seguintes produtos:

Betim	Motores: Fire Economy 1.0L 8V Flex, Fire 1.0L 8V Flex, 1.3L 8V Flex, 1.4L 8V Flex e Tetrafuel Transmissões: C510, C510 Dualogic, C510 Locker e C513.
Sete Lagoas	Motores: 8140, F1A 2.3L, F1C 3.0L, NEF (4 a 6L), Cursor 8, Cursor 9 e Cursor 13
Córdoba	Motores: 1.7L diesel, Torque 1.6L 16V, 1.9L 16V Transmissões: C513 e PSA
Campo Largo	Motores médios (midsize)

Quadro 14 – motores de responsabilidade da empresa para o mercosul
Fonte: o autor, 2009.

A FPT conta com mais de 20 mil empregados no mundo, dos quais 3.500 no MERCOSUL, sendo 2.960 distribuídos pelas três unidades brasileiras. No total, são produzidos, mundialmente, 2,9 milhões de motores e 2,4 milhões de transmissões, dos quais 1,5 milhões foram fabricados no MERCOSUL.

A FPT possui 11 centros de Pesquisa e Desenvolvimento no mundo: Brasil: Betim (MG); EUA: BurrRidge; França: Feca Map; Espanha: Barcelona; Suíça: Arbon; Itália: Arese, Torino, Mirafiori, Sangone, Via Puglia, Pomigliano e Pregnana; Grã-Bretanha: Bassildon; China: Xangai e na Índia: Pune.

4.1.1.2 Apresentação da área específica da pesquisa

A área de aplicação da pesquisa, responsável pela fabricação de transmissões, está situada no galpão nove (09) do complexo produtivo da planta FPT Betim e ocupa uma área de 26.000 m² onde são fabricados em linhas gerais dois grandes tipos de transmissões: os modelos C-513 e C-510.

O modelo C-513 (Figura 20) de cinco velocidades ou marchas para torques entre 13 ~ 15 Kgm equipa os veículos com motorização FIRE e demais modelos 1.6, 1.7 e 1.9.



Figura 20 – Foto ilustrativa da transmissão C-513
Fonte: FPT

O modelo C-510 (Figura 21) de cinco velocidades ou marchas para torques entre 17 ~ 21 Kgm equipam os veículos 1.8, 1.9 e 2.4, que também contam com novas tecnologias: Dualogic (veículos –1.8/1.9): sistema inteligente de troca de marchas; Locker (veículos –1.8): sistema de travamento do diferencial (4x2); Dualogic/Locker (veículos –1.8): transmissão mais completa da linha FPT.

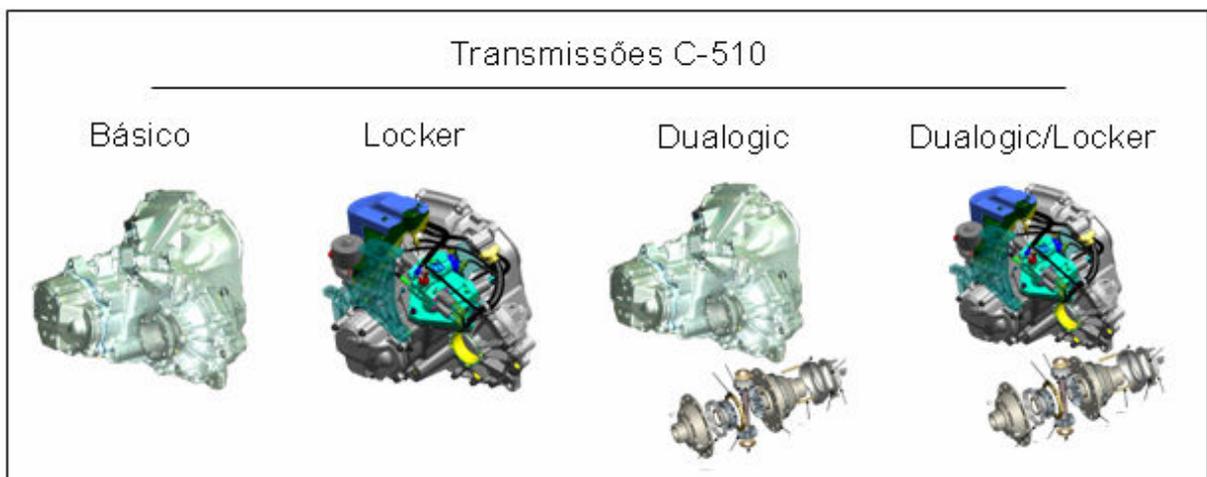


Figura 21 – Foto ilustrativa das transmissões C-510
Fonte: FPT.

Dos modelos C-513 e C-510 derivam, em nível de relação de transmissão das engrenagens internas do conjunto, um total de 50 tipos (desenhos) de transmissões formando o mix total para atendimento da gama de veículos dos clientes (Figura 22).

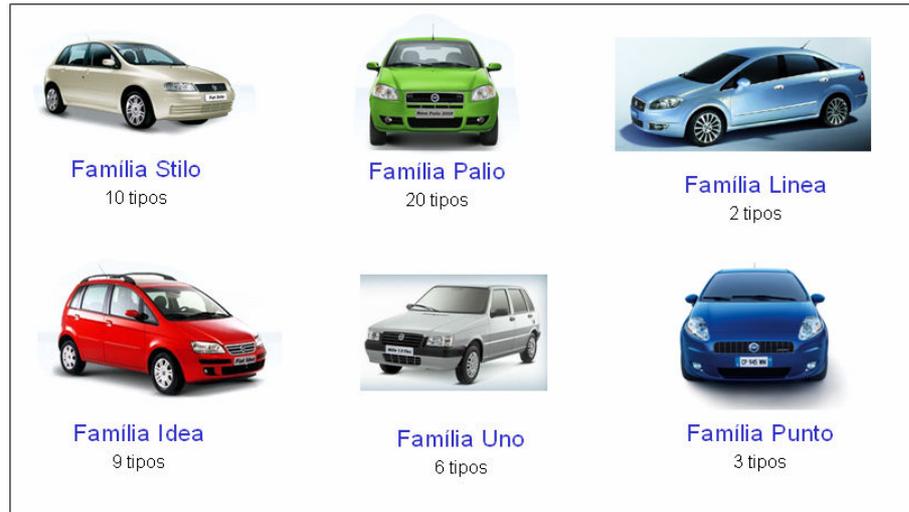


Figura 22 – Foto ilustrativa do mix da FIAT
Fonte: material interno FPT.

Cada transmissão possui, em média, 240 peças divididas entre peças de fornecimento interno (*make*) e de fornecimento externo (*buy*), das quais 20% são fornecedores importados e 80% fornecedores nacionais, demonstrando a complexidade do trabalho a ser realizado.

A área de fabricação de transmissões já produziu mais de nove milhões de unidades até 2008 (Gráfico 3).



Gráfico 3 – Evolução de produção de transmissões
Fonte: FPT

O fluxo produtivo da área de fabricação de transmissões pode ser resumido em cinco grandes processos, sendo eles: fornecimento de materiais, usinagem

funcionamento em 100% das transmissões. As transmissões reprovadas na sala-prova são encaminhadas para a área de reparação que avalia o problema e efetua o reparo ou refugo da transmissão. As transmissões reparadas são novamente encaminhadas para a sala-prova para novo teste de aprovação. A sala-prova envia as transmissões aprovadas para o estoque de produto acabado, ficando à disposição do cliente, caracterizando o sistema tradicionalmente empurrado.

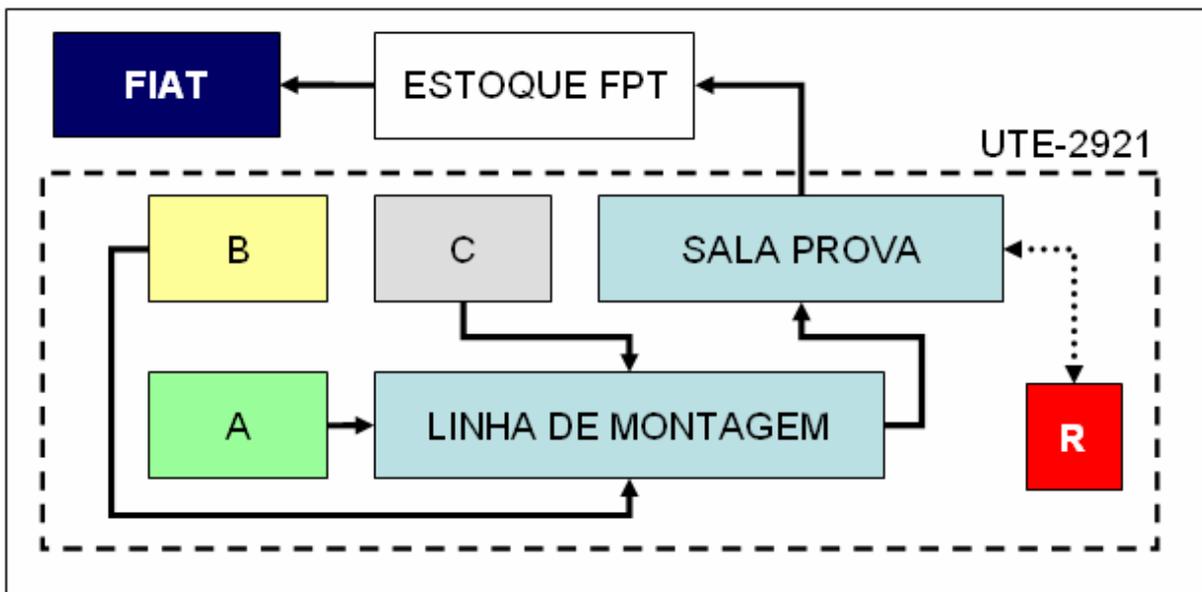


Figura 24 – Macro processo de produção UTE 2921
Fonte: Autor, 2009.

Com base nos dados levantados e consolidados no VSM de estado atual, pode-se concluir que o tempo total de processamento da área de montagem de transmissões era de 72,32 minutos e o lead time era de 2.19 dias para uma produção requerida de 2250 transmissões. Pela cobertura em dias do estoque de 2 dias, podemos prever a existência de uma quantidade significativa de perdas ou atividades que não agregam valor dentro do processo. Outro ponto relevante também é que a informação de produção ou ordem de produção vem do setor de programação (PCP) que abastece vários pontos da fábrica, o que torna o fluxo de informação bastante confuso. No conceito enxuto de produção puxada, essa informação deve partir de um único ponto denominado de processo puxador (Pacemaker).

Outro dado importante para o entendimento da situação é a medida do *Tack Time* para conhecimento de qual a velocidade a linha deve trabalhar para

acompanhar a demanda atual do cliente de 2.250 transmissões por dia (Tabela 1).

Tabela 1 – Tabela de cálculo do *Tack Time*

TABELA PARA CÁLCULO DO TACK TIME E O PLH REQUERIDO					
Turnos (disponíveis)	Horas (disponíveis)	Tempo Disponível (Segundos)	Demanda do cliente (pçs/dia)	Tack Time (seg/pç)	PLH (pç /h)
3	22	79.200	2.250	35,20	102

Fonte: Autor, 2009.

Com os dados levantados do VSM do estado atual e do Tempo *Tackt*, verificou-se que a área de montagem de transmissões possuía um tempo ciclo menor que o tempo takt, ou seja, possuía uma capacidade produtiva de 105 peças por hora ao passo que o cliente possuía uma demanda de 102 peças por hora, o que garante em parte o atendimento, porém abaixo do ideal referenciado no material estudado, no qual um bom índice para se trabalhar, garantindo a estabilidade do processo, é de 85% do Tempo Tack e por esse lado a situação ficava complicada e requisitaria uma atenção especial no momento do plano de ação.

Outro ponto estudado foi referente à demanda do cliente e suas possíveis variações. Para essa situação, foi concedido, pelo departamento de programação de materiais, um histórico da demanda diária consolidada pelo cliente, o que possibilitou a consolidação dos dados com frequência mensal (Tabela 15) para que fosse realizada uma análise da variabilidade e assim entender os motivos pelos quais existiam tamanhas alterações na programação diária da produção, o que gerava um grande desconforto e instabilidade para o sistema produtivo da FPT. Esse estudo também possibilitou o planejamento do supermercado de produção que funcionaria como uma barreira protetora da variabilidade da demanda (Figura 25) e definição do processo puxador.

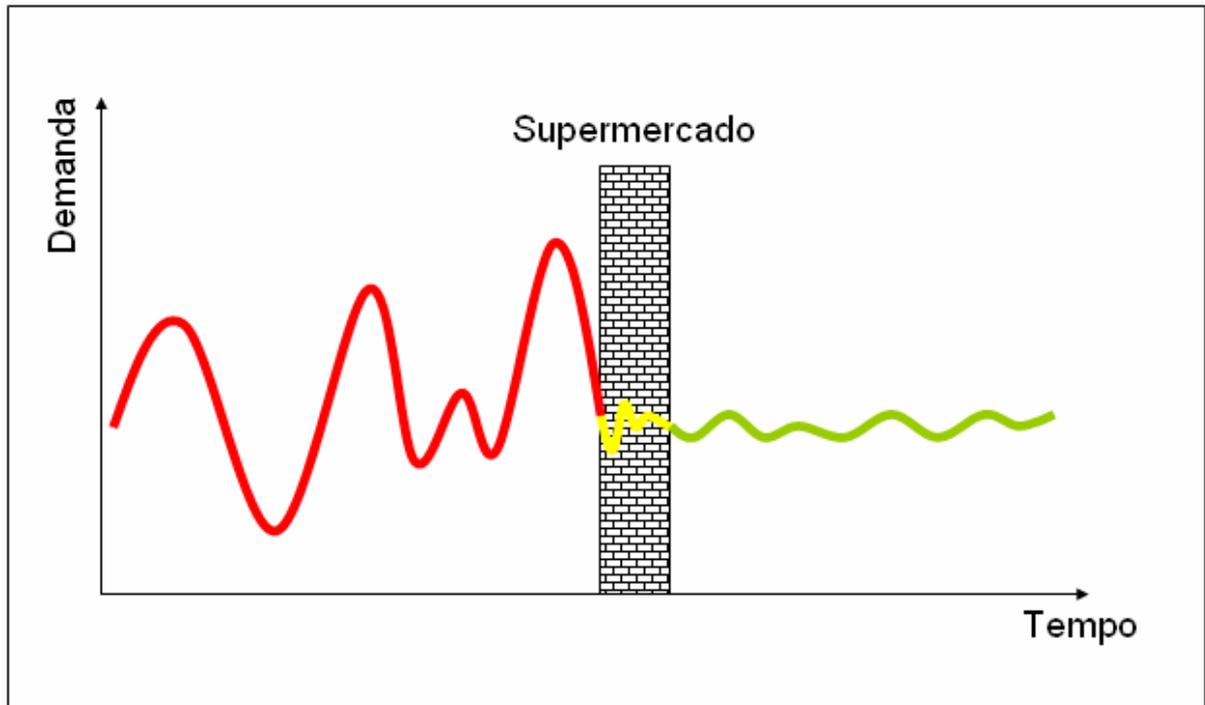


Figura 25 – Modelo de produção com aplicação de supermercado
Fonte: Autor, 2009.

Dentro do conceito da mentalidade enxuta, o supermercado é aplicado, quando não é possível implantar o fluxo de uma peça (*One piece flow*) e tem o objetivo de proteger a produção das variações de demanda do mercado, possibilitando trabalhar de forma balanceada e nivelada.

Tabela 2 – Demanda FIASA

		FPT POWERTRAIN											2007	
RELAÇÃO	Tipo FPT	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
	PROD. MÉD / DIA	2222	2068	2236	2258	2386	2306	2384	2322	2340	2443	2428	2204	2.300
14.56	C-513	11849	12620	14791	11744	14643	14082	15375	16050	16040	16134	16578	11425	171331
15.23	C-513	2944	3634	6394	4170	6057	6045	5094	4583	5299	6198	5292	4519	60229
15.12	C-513	5950	3984	1213	6814	4468	5129	3051	1477	3266	5050	5699	5738	51838
15.24	C-513	2813	1597	2110	3205	3514	3806	4268	4281	1897	2924	4575	3543	38532
18.34	C-510	4315	2820	2625	1657	2933	1317	2195	1700	1836	1955	1844	1337	26533
18.37	C-510	2294	2042	2149	2192	1678	1908	1876	1360	1983	1233	2141	1856	22715
15.28	C-513	669	672	688	677	659	688	766	3087	2982	1656	2104	3086	17720
15.13	C-513	1657	1519	2407	1835	1196	1234	1890	1413	1689	970	897	983	17689
18.38	C-510	1503	1707	1260	1602	1616	1527	1791	890	1390	745	898	1448	16180
15.20	C-513	1151	871	1223	1499	1348	1927	1520	1290	1234	1295	1521	1073	15955
18.35	C-510	1575	1580	1198	1575	1575	1575	1575	980	678	982	577	1613	15486
18.57	C-510	1287	1287	1060	1287	987	879	1287	1287	1287	890	287	1287	13102
18.60	C-510	1040	834	1190	671	789	669	994	560	714	1242	257	757	9716
18.54	C-510	785	939	915	1111	860	812	678	907	598	954	658	280	9498
18.59	C-510	822	778	698	677	850	747	580	896	996	722	565	542	8866
18.62	C-510	340	362	367	376	342	383	469	1203	900	1238	789	1055	7816
21.63	C-510	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	234	645	7333
18.65	C-510	315	315	315	323	718	721	590	777	952	868	571	495	6959
21.33	C-510	375	387	387	387	404	415	450	555	634	850	980	525	6354
18.44	C-510	491	518	547	514	490	503	580	506	494	497	395	482	6010
18.37	C-510	674	422	529	572	681	288	612	592	363	613	421	236	6004
18.63	C-510	341	353	353	353	370	381	416	521	600	816	896	491	5893
18.15	C-510	461	460	495	512	496	481	503	462	487	478	456	525	5813
15.29	C-513	305	305	312	358	566	613	458	542	547	504	404	553	5469
18.55	C-510	600	538	696	522	346	300	456	270	292	271	348	241	4882
18.38	C-510	285	489	442	384	398	309	573	423	340	527	480	230	4881
21.59	C-513	367	367	367	472	480	369	367	367	367	367	367	367	4629
18.58	C-510	403	549	387	320	400	328	123	547	220	328	536	419	4560
18.45	C-510	387	471	531	476	290	222	476	444	262	262	289	297	4403
21.53	C-510	305	305	306	316	311	322	310	304	327	321	314	305	3746
18.36	C-510	153	264	699	308	365	291	407	242	273	263	129	128	3525
18.58	C-510	286	255	167	327	360	312	289	168	288	369	303	328	3432
15.21	C-513	222	222	222	231	252	242	235	324	243	240	230	244	2903
18.56	C-510	211	237	256	265	211	220	229	238	230	229	238	211	2772
15.25	C-513	222	207	306	312	315	89	177	178	177	177	177	177	2516
18.53	C-510	145	144	179	196	180	165	187	146	171	162	267	209	2146
18.64	C-510	123	123	123	123	127	187	163	158	142	141	202	186	1801
18.32	C-510	140	140	140	140	140	56	150	143	151	140	145	144	1632
18.29	C-510	82	123	154	105	89	105	113	122	99	82	92	82	1243
15.21	C-513	69	69	69	78	99	89	202	171	90	87	77	91	1188
14.59	C-513	81	96	54	72	78	87	85	76	92	80	83	84	968
18.21	C-510	75	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	784
14.40	C-513	34	78	45	65	32	87	88	32	21	70	42	22	616
14.48	C-513	12	33	45	57	26	25	32	30	26	15	55	40	396
15.10	C-513	33	33	33	36	33	33	33	33	33	33	33	33	396
15.12	C-513	0	0	13	24	10	18	4	22	43	34	47	49	264
18.47	C-510	6	4	5	8	6	5	11	12	12	17	25	21	132
14.57	C-513	11	33	8	12	10	22	0	5	8	3	8	12	132
15.13	C-513	34	12	8	5	0	8	12	12	4	9	18	10	132
TOTAL		48.878	45.499	49.181	49.676	52.499	50.732	52.452	51.086	51.478	53.741	53.408	48.490	607.120

Fonte: PCP FPT

Analisando a tabela de demanda (Tabela 2), não fica muito claro, porém, quando observa-se graficamente (Gráfico 4, 5, 6) os tipos de transmissões de maior volume (maior influência no volume total do estoque), a demanda mensal e geral anual não possui grandes variações e sazonalidades. Mas, quando analisamos os

gráficos de demanda diária, observa-se que a variação aumenta consideravelmente o que nos levará a dimensionar o supermercado pela condição diária e não pela mensal ou anual.

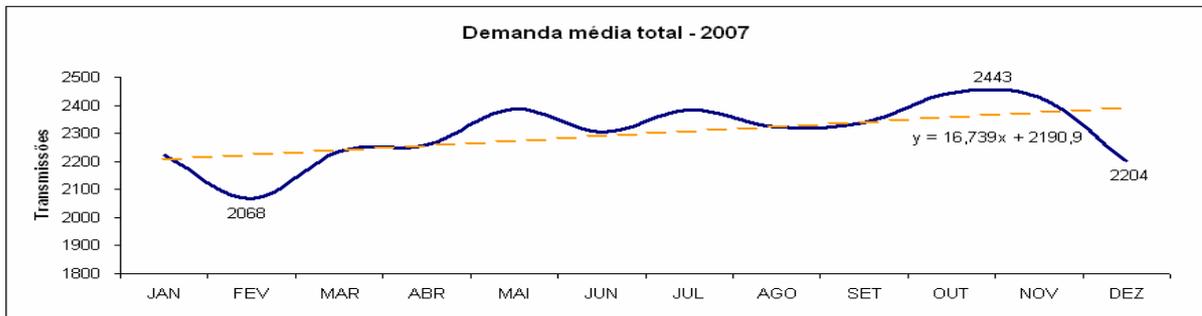


Gráfico 4– Demanda média total - 2007
Fonte: Autor, 2009.

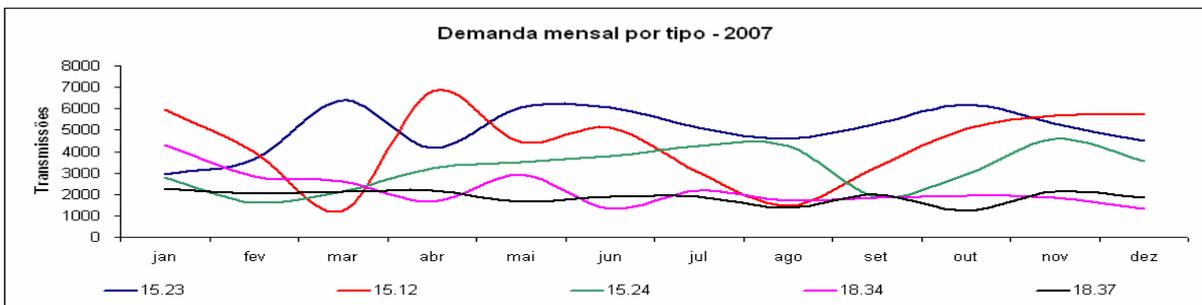


Gráfico 5 – Demanda mensal por tipo - 2007
Fonte: Autor, 2009.

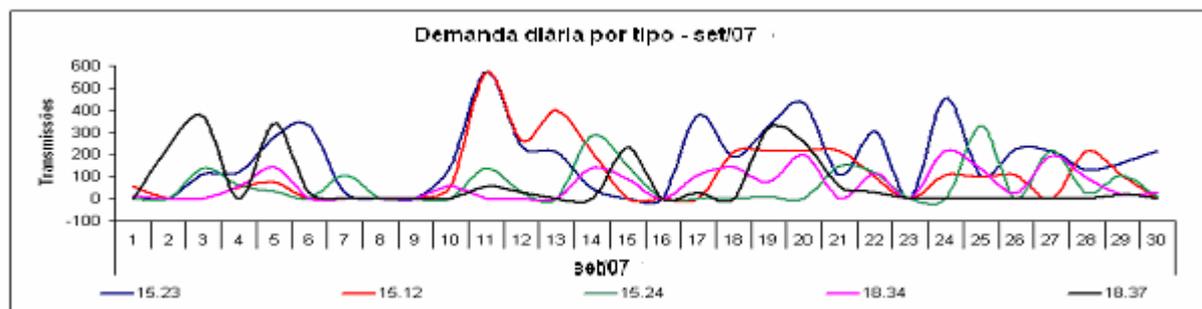


Gráfico 6 – Demanda diária por tipo – set/07
Fonte: Autor, 2009.

Um dado relevante e que chamou a atenção foi a de tendência de incremento da demanda (Gráfico 4) e que permanece crescente, segundo informações gerenciais da FPT, chegando a patamares de 2400 transmissões por dia para final de 2008 e estabilizando-se em 2009~2010. Essa informação possui grande importância no momento de criação dos objetivos do trabalho. Os dados históricos de demanda foram tratados estatisticamente (Tabela 3) para viabilizar o

planejamento do supermercado.

Pode-se tirar algumas conclusões interessantes da Tabela 3, como o fato de todos os tipos de transmissões, quando analisadas sob a frequência diária, possuírem dias com ausência produtiva, independente do volume mensal. Pode-se constatar que, assim como evidenciado na análise gráfica, os desvios padrões diários são muito mais evidentes percentualmente do que os mensais, demonstrando o caminho a ser seguido. Pode-se observar ainda que quatro tipos de transmissões correspondem a 50% do total produzido e que 3% dos tipos de transmissões correspondem a menos de 10 unidades por mês, dando um sinal da variabilidade entre os tipos de produto.

Tabela 3 – Tabela de estatística da demanda FIASA

FPT POWERTRAIN											
RELAÇÃO	Tipo FPT	Média Mensal	Média Diária	Mínimo Diário	Máximo Diário	Desv. Pad. Mensal	Desv. Pad. Diário	% Desv Mensal	% Desv Diário	% Prod.	% Prod. Acum.
14.56	C-513	14278	649	0	1245	1903	350	13,33%	53,96%	28,22%	28,22%
15.23	C-513	5019	228	0	480	1085	125	21,62%	54,96%	9,92%	38,14%
15.12	C-513	4320	196	0	867	1773	178	41,04%	90,58%	8,54%	46,68%
15.24	C-513	3211	146	0	315	975	69	30,37%	46,99%	6,35%	53,03%
18.34	C-510	2211	101	0	279	851	75	38,48%	74,66%	4,37%	57,40%
18.37	C-510	1893	86	0	277	327	61	17,28%	70,79%	3,74%	61,14%
15.28	C-513	1477	67	0	207	1055	62	71,46%	92,26%	2,92%	64,06%
15.13	C-513	1474	67	0	225	449	54	30,49%	80,23%	2,91%	66,97%
18.38	C-510	1348	61	0	225	373	59	27,70%	96,42%	2,66%	69,63%
15.20	C-513	1330	60	0	180	268	33	20,16%	54,67%	2,63%	72,26%
18.35	C-510	1290	59	0	296	391	83	30,27%	141,53%	2,55%	74,81%
18.57	C-510	1092	50	0	117	303	83	27,80%	166,70%	2,16%	76,97%
18.60	C-510	810	37	0	107	276	23	34,09%	63,54%	1,60%	78,57%
18.54	C-510	792	36	0	90	216	17	27,31%	47,43%	1,56%	80,14%
18.59	C-510	739	34	0	95	138	22	18,64%	66,30%	1,46%	81,60%
18.62	C-510	651	30	0	125	361	25	55,48%	84,81%	1,29%	82,88%
21.63	C-510	611	28	0	54	119	13	19,43%	45,46%	1,21%	84,09%
18.65	C-510	580	26	0	72	230	14	39,70%	52,19%	1,15%	85,24%
21.33	C-510	530	24	0	81	199	14	37,63%	57,61%	1,05%	86,28%
18.44	C-510	501	23	0	72	44	13	8,73%	55,17%	0,99%	87,27%
18.37	C-510	500	23	0	53	150	13	30,05%	57,93%	0,99%	88,26%
18.63	C-510	491	22	0	70	189	17	38,55%	75,70%	0,97%	89,23%
18.15	C-510	484	22	0	45	22	32	4,62%	144,50%	0,96%	90,19%
15.29	C-513	466	21	0	63	114	13	25,00%	64,73%	0,90%	91,09%
18.55	C-510	407	18	0	59	151	11	37,07%	59,08%	0,80%	91,90%
18.38	C-510	407	18	0	54	103	10	25,29%	55,82%	0,80%	92,70%
21.59	C-513	386	18	0	54	42	16	10,99%	92,46%	0,76%	93,46%
18.58	C-510	380	17	0	81	129	15	34,03%	86,35%	0,75%	94,21%
18.45	C-510	367	17	0	54	108	14	29,36%	81,74%	0,73%	94,94%
21.53	C-510	312	14	0	63	8	14	2,51%	97,17%	0,62%	95,56%
18.36	C-510	294	13	0	54	154	14	52,51%	106,37%	0,58%	96,14%
18.58	C-510	286	13	0	26	62	18	21,83%	141,42%	0,57%	96,70%
15.21	C-513	242	11	0	27	28	7	11,38%	60,21%	0,48%	97,18%
18.56	C-510	231	11	0	27	17	6	7,43%	58,46%	0,46%	97,64%
15.25	C-513	210	10	0	18	69	4	32,78%	45,80%	0,41%	98,05%
18.53	C-510	179	8	0	18	34	3	19,23%	38,87%	0,35%	98,40%
18.64	C-510	150	7	0	9	29	3	19,26%	50,30%	0,30%	98,70%
18.32	C-510	136	6	0	18	25	4	18,75%	67,94%	0,27%	98,97%
18.29	C-510	104	5	0	18	22	5	20,82%	110,36%	0,20%	99,18%
15.21	C-513	99	5	0	9	42	6	42,86%	141,42%	0,20%	99,37%
14.59	C-513	81	4	0	10	11	6	13,24%	150,26%	0,16%	99,53%
18.21	C-510	65	3	0	11	3	3	4,42%	93,59%	0,13%	99,66%
14.40	C-513	51	2	0	4	25	3	48,50%	137,77%	0,10%	99,76%
14.48	C-513	33	2	0	3	14	2	42,76%	141,42%	0,07%	99,83%
15.10	C-513	33	2	0	3	1	2	2,62%	141,42%	0,07%	99,89%
15.12	C-513	22	1	0	2	18	1	80,80%	141,42%	0,04%	99,93%
18.47	C-510	11	1	0	1	7	1	62,14%	141,42%	0,02%	99,96%
14.57	C-513	11	1	0	1	9	1	80,20%	141,42%	0,02%	99,98%
15.13	C-513	11	1	0	1	9	1	78,01%	141,42%	0,02%	100,00%
TOTAL		50.593	2.300							100,00%	

Fonte: Autor, 2009.

4.2.4 Criando o estado futuro da área piloto

Analisando e estudando a situação atual, foram evidenciados alguns pontos como: grande variação no programa de produção diário/horário, o excesso de estoque em trânsito sobre os transportadores aéreos da linha de montagem, o excesso de material ao lado da linha, a forma de abastecimento de materiais ao lado da linha, o *layout* das pré-montagens desfavorável ao fluxo contínuo, a forma de controle de produção da linha, falta de 5S nos postos de trabalho, estoque por produção empurrada, *layout* da área de estoque de produtos acabados, pontos estes onde poderá ser aplicados os conceitos e ferramentas aprendidos para promover o melhoramento do processo produtivo dentro dos conceitos de produção enxuta.

Conhecendo os pontos a serem trabalhados, partiu-se para a geração de ideias para possíveis soluções e como o número de ideias de melhorias apresentadas foi muito elevado, houve a necessidade de estabelecer um filtro para a confirmação das viabilidades de aplicação através da aplicação, em primeiro passo, da ferramenta G.U.T. que avalia a gravidade da situação; a urgência que a empresa deve atuar e a tendência de agravamento da situação, caso não sejam tomadas ações. Depois de filtradas, as ideias devem passar ainda pela análise de dificuldade de realização (autonomia do grupo), o resultado que a ideia proporcionará ao projeto e o investimento necessário para execução das mesmas, através da ferramenta R.E.I.

Ao passar por esses dois crivos de seleção e priorização, ficaram definidas três fases da implantação, denominadas de: Loop 1, Loop 2 e Loop 3. Cada fase contou com certo número de ideias, dispostas da seguinte maneira:

Item	Discriminação	Objetivos
LOOP 1	<ul style="list-style-type: none"> - modificar o <i>layout</i> da pré-montagem dos eixos primário/secundário; - implantar o fluxo contínuo entre linha de montagem e a cabine de teste; - passar impostação (programação de produção) de 8 para 4 horas; - criar o supermercado de produtos acabados para situação atual; - treinar os supervisores e líderes nos conceitos do Sistema Puxado; - implantar o sistema <i>Kanban</i> para peças <i>Buy</i>; - criar quadro para controle de produção horária; - adquirir gravacionais para material do lado da linha; - aplicar os conceitos de 5s na área; - melhorar a eficiência global do gargalo da linha de montagem: apertadeira TM Bevo através da aplicação dos conceitos de manutenção autônoma (TPM). 	<p>O objetivo da primeira fase (Loop 1) foi a implantação das ideias com menor grau de dificuldade e investimento que pudessem proporcionar uma redução do estoque em processo para melhorar a estabilidade e o Lead Time da linha de montagem, possibilitando a primeira redução no volume de peças do supermercado de produtos acabados.</p>
LOOP 2	<ul style="list-style-type: none"> - criar grupo de qualidade específico para atuar junto aos problemas de porosidades no alumínio e assim reduzir os índices de retrabalho na linha de montagem; - criar sistemática de parada de linha em caso de reparação acima de 10%; - revisar os volumes do supermercado; - treinar os operadores nos conceitos do Sistema Puxado. 	<p>O objetivo da fase 2 (loop 2) foi a melhoria nos índices qualitativos relativos aos índices de retrabalho para incremento dos índices de produtividade líquida da área.</p>
LOOP 3	<ul style="list-style-type: none"> - modificar o <i>layout</i> do transportador aéreo da sala prova transmissões; - sequenciar os testes de transmissões da sala prova; - treinar os operadores nos conceitos do Sistema Puxado; - instalar linha automática nas pré-montagens; - criar <i>kit's</i> para redução de material ao lado linha na pré-montagem dos eixos; - unificar os bancos de teste na sala prova. 	<p>O objetivo da fase 3 (Loop 3) é o de fechamento do trabalho e de implantação das ideias de maior impacto financeiro, em nível de investimento e de maior dificuldade de execução.</p>

Quadro 15 – Loop's
Fonte: o autor, 2009

4.2.4.1 Calculando o supermercado de produto acabado

Seguindo os passos para cálculo do supermercado da produção (Tabela 4), segundo Smalley (2004), foi montada uma tabela para cálculo dos estoques de ciclo,

pulmão e de segurança para cada tipo de transmissão fabricada e assim foi possível classificar as transmissões como: A – Transmissões de elevada rotatividade e elevado volume de pedidos; B – Transmissões de média rotatividade e volume moderado de pedidos; C – Transmissões de baixa rotatividade e baixo volume de pedidos (Tabela 5). Sendo para os dois primeiros (itens A e B), definido ser mantidos em estoque no supermercado de produto acabado em função da variabilidade na demanda do cliente e o terceiro (itens: C) a partir de encomendas, pois são produtos que montam relativamente pouco e consegue-se junto ao fornecedor, através de negociação uma previsibilidade maior para os mesmos, caracterizando segundo Smalley (2004) um sistema de puxado misto.

O cálculo do supermercado de produção mostrou que o volume necessário para manter o escudo protetor deveria ser de 4047 transmissões, cerca de 500 transmissões a menos que o volume atual levantado pelo VSM do estado atual, porém um estoque ainda elevado e que deveria ser reduzido à medida que os conceitos e ferramentas estudados fossem sendo implantados na área de montagem de transmissões. Aplicando a teoria, segundo Smalley (2004), começar com o estoque mais alto é um problema muito menor do que começar com estoque muito baixo (SMALLEY, 2004).

Comparando a qualidade do estoque atual, ou seja, o volume de cada tipo de transmissão com a qualidade do estoque previsto no cálculo do supermercado, pode-se visualizar uma disparidade nos volumes de calculados e os aplicados na prática e isso necessitaria de uma adequação na fase de implantação prática na área.

Tabela 4 – Tabela criação supermercado²

SUPERMERCADO - TRANSMISSÕES - FPT								Classif. A, B, C
RELAÇÃO	Tipo FPT	Média	Desv. Pad.	Estab. Proc.:	80%	Lead Time:	0,19 dias	
		Diária	Diário	Ciclo	Pulmão	Segurança	TOTAL	
14.56	C-513	649	320	126	640	153	919	A
15.23	C-513	228	115	44	231	55	330	
15.12	C-513	196	126	38	252	58	348	
15.24	C-513	146	49	28	97	25	151	
18.34	C-510	101	55	20	110	26	156	
18.37	C-510	76	61	15	122	27	164	
15.28	C-513	67	62	13	124	27	164	
15.13	C-513	57	44	11	88	20	118	
18.38	C-510	61	59	12	118	26	156	
15.20	C-513	60	43	12	86	20	117	
18.35	C-510	49	63	9	126	27	163	
18.57	C-510	50	83	10	165	35	210	
18.60	C-510	37	23	7	47	11	65	
18.54	C-510	36	17	7	34	8	49	
18.59	C-510	34	22	7	45	10	61	B
18.62	C-510	20	25	4	50	11	65	
21.63	C-510	28	13	5	25	6	37	
18.65	C-510	26	14	5	28	7	39	
21.33	C-510	24	14	5	28	6	39	
18.44	C-510	23	13	4	25	6	35	
18.37	C-510	23	13	4	26	6	37	
18.63	C-510	22	17	4	34	8	46	
18.15	C-510	22	32	4	64	14	82	
15.29	C-513	21	13	4	27	6	37	
18.55	C-510	18	11	4	22	5	31	
18.38	C-510	18	10	4	21	5	29	
21.59	C-513	18	16	3	32	7	43	
18.58	C-510	17	15	3	30	7	40	
18.45	C-510	17	14	3	27	6	37	
21.53	C-510	14	14	3	28	6	36	
18.36	C-510	13	14	3	28	6	37	
18.58	C-510	13	18	3	37	8	47	
15.21	C-513	11	7	2	13	3	18	
18.56	C-510	11	6	2	12	3	17	
15.25	C-513	10	4	2	9	2	13	
18.53	C-510	8	3	2	6	2	9	C
18.64	C-510	7	3	1	7	2	10	
18.32	C-510	6	4	1	8	2	12	
18.29	C-510	5	5	1	10	2	14	
15.21	C-513	5	6	1	13	3	16	
14.59	C-513	4	6	1	11	2	14	
18.21	C-510	3	3	1	6	1	7	
14.40	C-513	2	3	0	6	1	8	
14.48	C-513	2	2	0	4	1	5	
15.10	C-513	2	2	0	4	1	5	
15.15	C-513	1	1	0	3	1	4	
18.47	C-510	1	1	0	1	0	2	
14.57	C-513	1	1	0	1	0	2	
TOTAL				439	2.931	674	4.045	

Fonte: Autor, 2009.

² Maiores explicações das tabelas 4 e 5 encontram no item 2.2.11

Tabela 5 – Tabela comparativo estoque atual x calculado²

COMPARATIVO - TRANSMISSÕES - FPT					
RELAÇÃO	Tipo FPT	Ref. Jan-dez/07			Classif. A, B, C
		Supermercado	Estoque atual	Delta	
14.56	C-513	919	834	(85)	A
15.23	C-513	330	626	296	
15.12	C-513	348	550	202	
15.24	C-513	151	226	75	
18.34	C-510	156	244	88	
18.37	C-510	164	60	(104)	
15.28	C-513	164	46	(118)	
15.13	C-513	118	172	54	
18.38	C-510	156	49	(107)	
15.20	C-513	117	125	8	
18.35	C-510	163	54	(109)	
18.57	C-510	210	44	(166)	
18.60	C-510	65	102	37	
18.54	C-510	49	84	35	
18.59	C-510	61	86	25	B
18.62	C-510	65	33	(32)	
21.63	C-510	37	215	178	
18.65	C-510	39	176	137	
21.33	C-510	39	98	59	
18.44	C-510	35	12	(23)	
18.37	C-510	37	60	23	
18.63	C-510	46	19	(27)	
18.15	C-510	82	20	(62)	
15.29	C-513	37	30	(7)	
18.55	C-510	31	66	35	
18.38	C-510	29	49	20	
21.59	C-513	43	18	(25)	
18.58	C-510	40	20	(20)	
18.45	C-510	37	95	58	
21.53	C-510	36	87	51	
18.36	C-510	37	80	43	
18.58	C-510	47	10	(37)	
15.21	C-513	18	2	(16)	
18.56	C-510	17	66	49	
15.25	C-513	13	9	(4)	
18.53	C-510	9	10	1	C
18.64	C-510	10	2	(8)	
18.32	C-510	12	5	(7)	
18.29	C-510	14	3	(11)	
15.21	C-513	16	2	(14)	
14.59	C-513	14	5	(9)	
18.21	C-510	7	1	(6)	
14.40	C-513	8	0	(8)	
14.48	C-513	5	0	(5)	
15.10	C-513	5	1	(4)	
15.15	C-513	4	4	0	
18.47	C-510	2	0	(2)	
14.57	C-513	2	0	(2)	
TOTAL		4.045	4.500	455	

Fonte: Autor, 2009.

Com o supermercado dimensionado e embasado nas melhorias propostas (KAIZEN's) foi possível a criação do desenho da situação futura da área de montagem de transmissões através da utilização da ferramenta do mapa de fluxo de valor para criação do estado futuro (Figura 26).

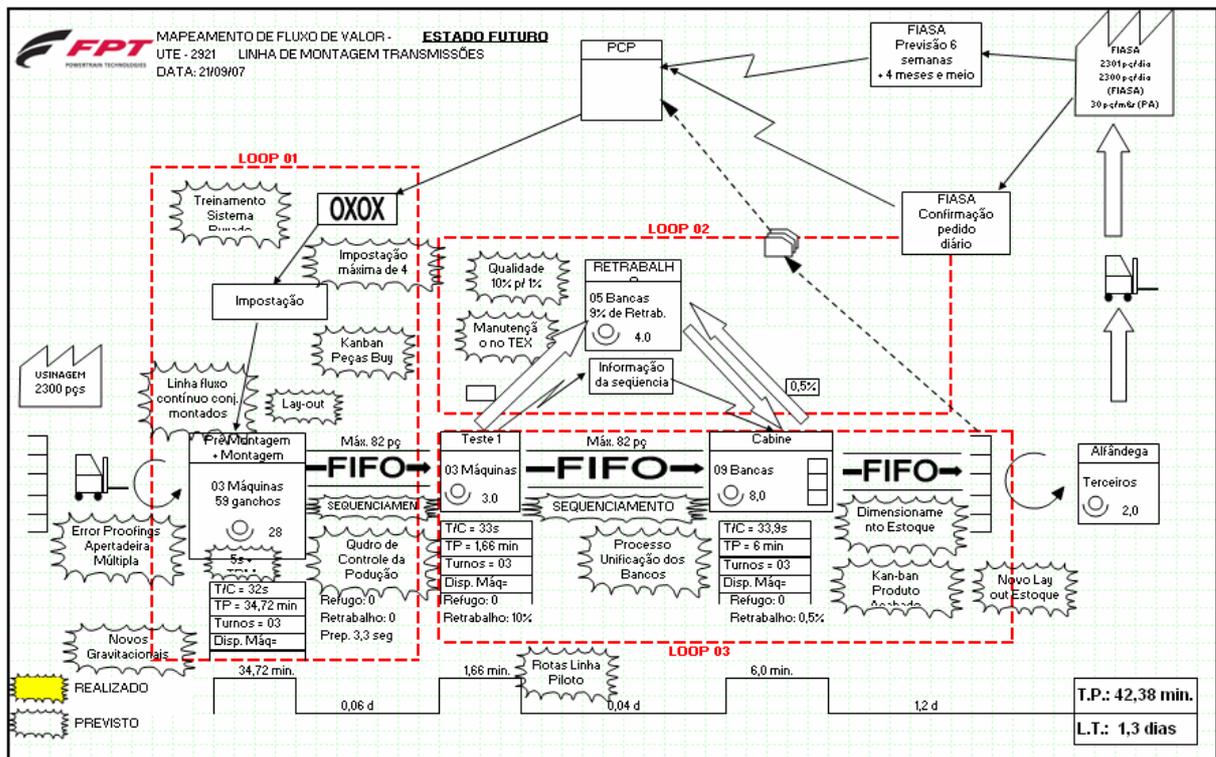


Figura 26 – Mapa de fluxo de valor – Estado Futuro
 Fonte: Adaptado Rother & Shook (2003)

4.2.5.2 Construindo métricas, metas e plano de ação

Com o estado futuro criado, as ideias foram ordenadas em um plano de ação, segundo a ferramenta do 5W2H (Tabela 6), delegando responsabilidades e prazos a serem trabalhados. Possibilitou também a criação de métricas ou indicadores que facilitaríamos o acompanhamento dos resultados durante a fase de execução e implantação das ações propostas (Tabela 7).

Tabela 6 – 5W2H projeto-piloto

MATRIZ DE ORGANIZAÇÃO - 5W2H						Data
Projeto:		Piloto produção enxuta UTE-2921				09/07
What? O que?	Why? Por Quê?	Who? Quem?	When? Quando?	Where? Onde?	How? Como?	How much? Quanto?
Modificar o layout da pré-montagem dos eixos	Lay out desfavorável	TDU	Mar/08	UTE.2921	Conforme FPT procedimento	1,23%
Implantar o fluxo contínuo entre linha de montagem e a SPC	sequenciar a produção.	TTP	Nov/07	UTE.2921	Instalação de sensores	0,10%
Passar a programação de produção para 4 horas	Aumento de flexibilidade	PC&L	Dez/07	UTE.2921	Alterar padrão atual	0,01%
Criar o supermercado de produtos acabados 1ª versão	Criação de proteção	Produção PC&L	Fev/08	UTE.2921	Aplicação conceitos	0,40%
Treinamento dos líderes nos conceitos do Sistema Puxado	Alinhamento de conceitos	RH	Nov/07	UTE.2921	Preparação e divulgação	0,16%
Implantação de sistema Kanban para peças Buy;	Organizar o fluxo	Produção PC&L	Set/08	UTE.2921	Cartão e rota de abastecim.	0,12%
Criação de quadro para controle de produção horária	Monitoramento à vista	Líder UTE	Nov/07	UTE.2921	Construção interna	0,03%
Aquisição de gravitacionais para materiais lado linha	Fluxo de recebimento	TPP PC&L	Ago/08	UTE.2921	Comprar gravitacionais	0,37%
Aplicação dos conceitos de 5s na área	Ganhar velocidade	Líder TDU	Fev/08	UTE.2921	Aplicação conceitos	0,08%
Melhorar a eficiência global do gargalo da linha de montagem:	Capacidade e estabilidade	TDU	Mai/08	UTE.2921	Aplicação do TPM	0,45%
Melhorar índices de retrabalho na sala prova câmbio	Capacidade e estabilidade	Produção CQF	Jul/08	UTE.2921	Intervenção no fornecedor	0,16%
Criar sistema de parada de linha p/ reparação acima de 10%.	Velocidade de análise	Líder UTE	Set/08	UTE.2921	Criar procedimento	0,00%
Revisão dos volumes do supermercado.	Redução no volume	Produção PC&L	Set/08	UTE.2921	Rever cálculos	0,04%
Treinamento dos operadores nos conceitos do Sist. Puxado.	Alinhamento de conceitos	RH	Jun/08	UTE.2921	Preparação e divulgação	0,07%
Modificação do lay out do transportador aéreo SPC	Fluxo produtivo	TDU TPP	Out/08	UTE.2921	Conforme FPT procedimento	0,31%
Seqüenciamiento nos teste de transmissões da sala prova.	Fluxo produtivo	Líder TDU	Nov/08	UTE.2921	Implantação de sensores	61,54%
Instalação de linha automática nas pré-montagens.	Fluxo produtivo	TPP TDU	Mar/09	UTE.2921	Aquisição de nova linha	34,87%
Criação de kit's para redução de material ao lado linha	Materiais lado linha	TPP PC&L	Abr/09	UTE.2921	Aquisição de pallets	0,25%
Unificação dos bancos de teste na sala prova.	Fluxo produtivo	TPP TDU	Jun/08	UTE.2921	Ajuste de dispositivos	0,14%

Fonte: Autor, 2009.

Tabela 7 – Indicadores do projeto-piloto

INDICADORES LINHA DE MONTAGEM	ORIGINAL	META
Capacidade produtiva da linha de montagem	2310	2420
Nível de serviço ao Cliente	100%	100%
Estoque médio (supermercado)	4500	3312
Lead Time Estoque (em dias)	2,00	1,38
Lead Time da linha (em dias)	0,19	0,12
Lead Time da linha+Estoque (em dias)	2,19	1,50
Seqüenciamento da produção	80%	100%
Eficiência Global gargalo 2921	80%	85%
PLH UTE-2921	105	110
Retrabalho	10%	1%
Custo do Estoque	X	0,685 X
Rotatividade do Estoque (Câmbio Completo)	110	160

Fonte: Autor, 2009., 2009

Com os objetivos traçados e o planejamento estruturado, foi calculado o balanço econômico geral do projeto, no qual foi obtida uma relação benefício / custo estimado de 1,5, ou seja, com este índice, tinha-se grandes possibilidades de conseguir a aprovação do corpo diretivo e poder transformar a até então pesquisa e ideias para aplicação prática, o que possibilitaria a confirmação da aplicabilidade e resultados dos conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta, conforme proposto no objetivo geral do trabalho e no modelo de pesquisa ação.

O projeto foi então resumido em linhas gerais, através de um formulário A3 (Figura 27), agrupando os dados do projeto em forma gerencial e apresentado ao corpo diretivo da empresa que aprovou sem ressalvas a proposta e através de assinatura de todas as partes envolvidas, firmando-se o compromisso de liberação para os recursos necessários e dando autonomia de ação aos integrantes do projeto.

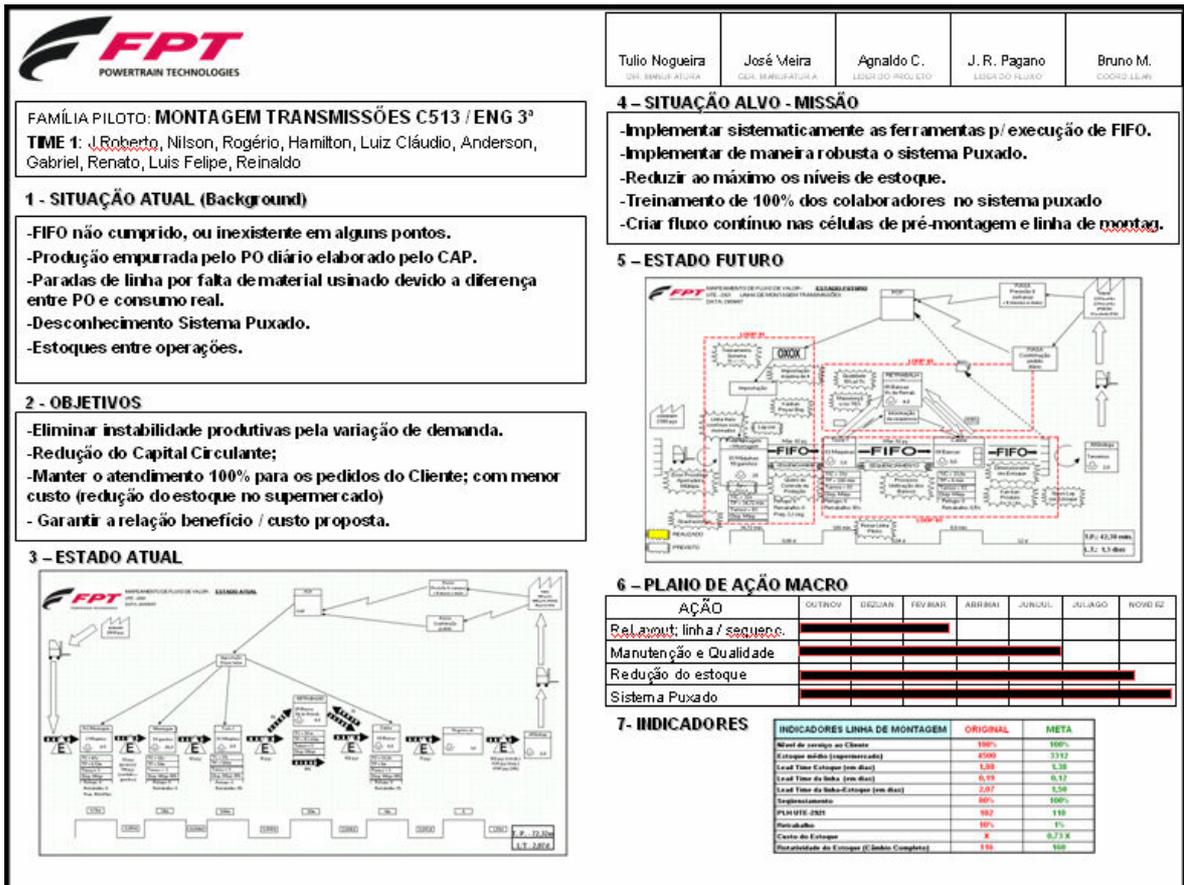


Figura 27 – A3 do projeto-piloto
 Fonte: Autor, 2009.

4.3 Implantação prática na área piloto

Nesta fase o empenho, dedicação e disciplina de todos os envolvidos foi fator determinante para o sucesso das atividades previstas.

Para iniciar o trabalho, deve-se observar a situação por outro prisma, ou seja, o estoque deve ser necessário para atender a demanda do cliente em 100%, porém, a que custo? Esta deveria ser a pergunta chave para iniciar a modificação no pensamento das pessoas da área e desencadear o início da transformação proposta de criação de um modelo de trabalho enxuto.

4.3.1 Alterando o estoque final atual para supermercado de produção

Para criação prática do supermercado, inicia-se pela organização física da área de estoque através da criação de um *layout* mais favorável ao fluxo de controle

do volume (Figura 28).

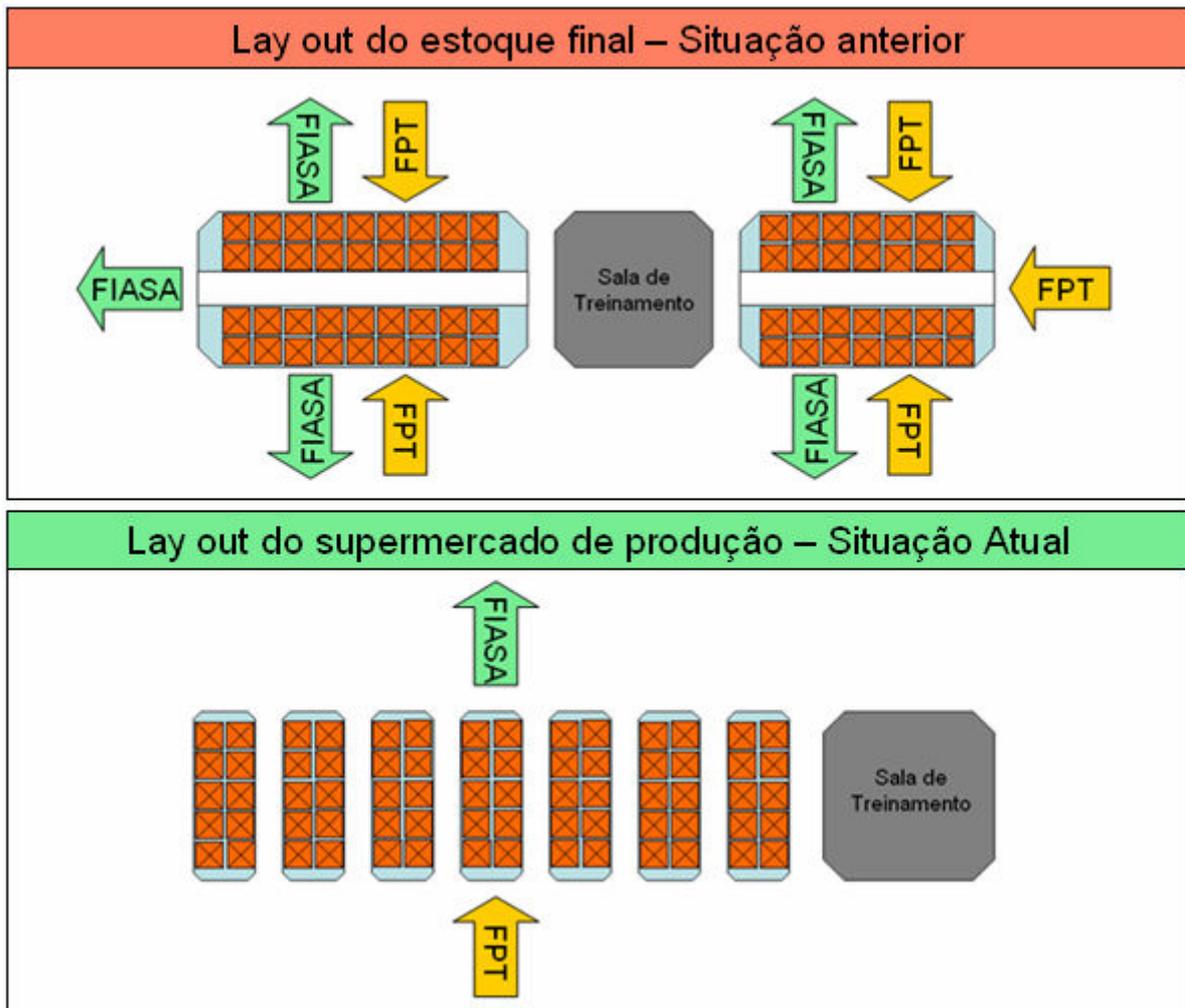


Figura 28 – *Kaizen* do *layout* do supermercado de produção.
Fonte: Autor, 2009.

Com o *layout* da área reorganizado, foi possível criar um sentido de fluxo de abastecimento e desabastecimento com pontos definidos e padronizados, além de unificar a área de estoque do supermercado de produto acabado, facilitou o controle de fluxo.

Na etapa elaborou-se a criação dos cartões *Kanban* (Figura 29), o quadro para o supermercado (Figura 30) e o procedimento para funcionamento do sistema (Figura 31)

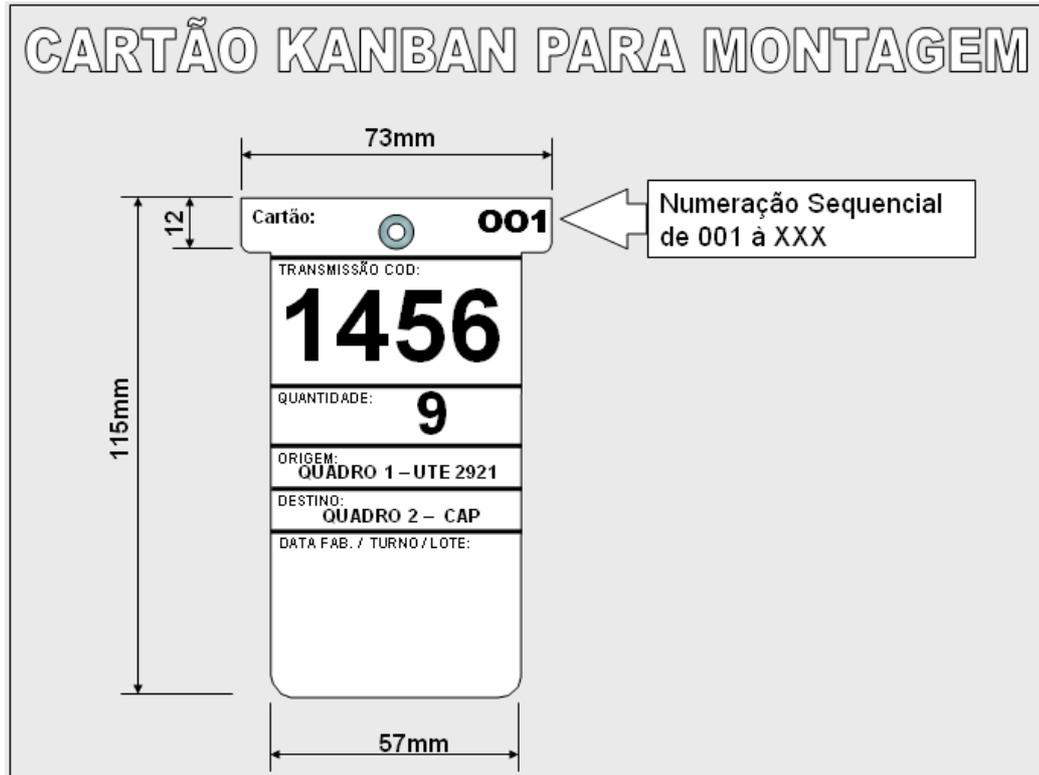


Figura 29 – Cartão *Kanban* para Supermercado.
Fonte: Material interno FPT.



Figura 30 – Quadros *Kanban* para Supermercado
Fonte: Material interno FPT

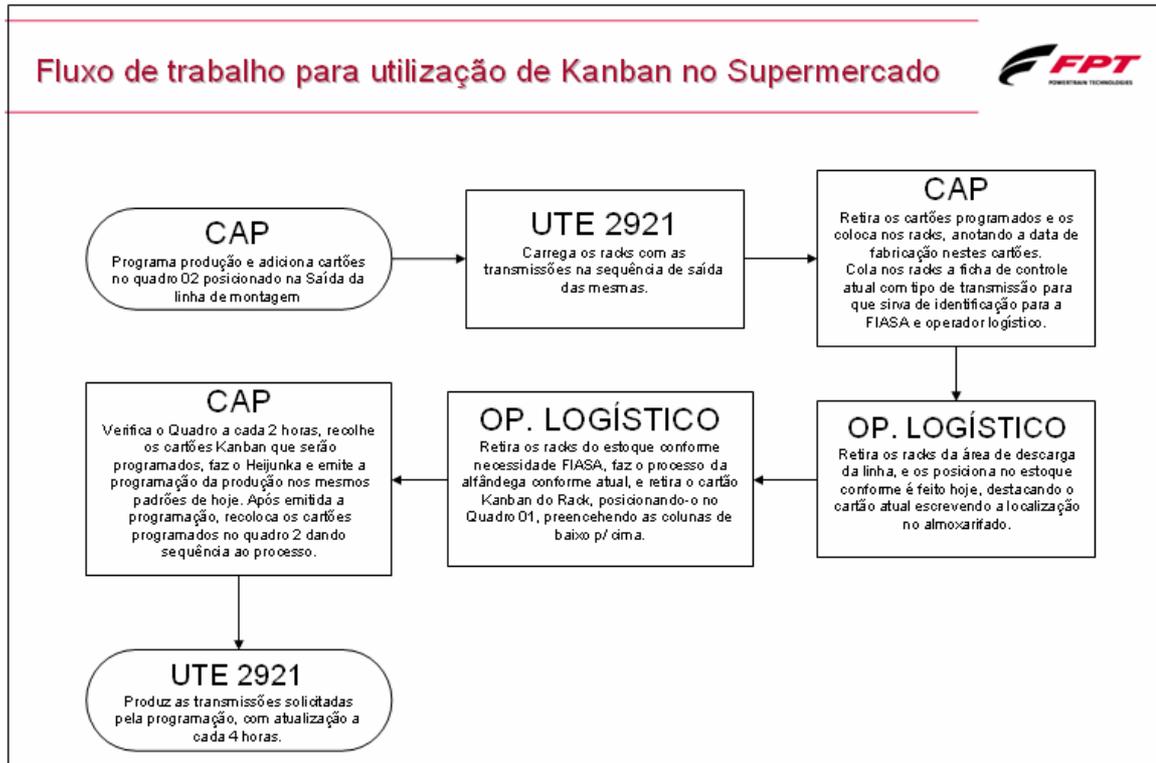


Figura 31 – Fluxo *Kanban* para Supermercado
Fonte: Material interno FPT

4.3.2 Modificações do *layout* das áreas de preparação

Todas as áreas de preparação (eixo primário e secundário; caixa diferencial e tampa/caixa de alumínio) tiveram seus *layout's* modificados, segundo os conceitos estudados no item 2.15 do segundo capítulo, com o propósito de eliminar atividades que não agregam valor para o processo e assim melhorar o fluxo produtivo para gerar maior estabilidade para a linha de montagem e, conseqüentemente, provocar uma redução no volume de peças do supermercado de produto acabado. Pode-se verificar a melhoria do fluxo no exemplo a seguir (Figura 32), onde se passou a trabalhar com um fluxo linear através de uma linha central e implantação de *kit's* de peças, eliminando o excesso de material ao lado da linha, tornando o fluxo de valor mais otimizado.

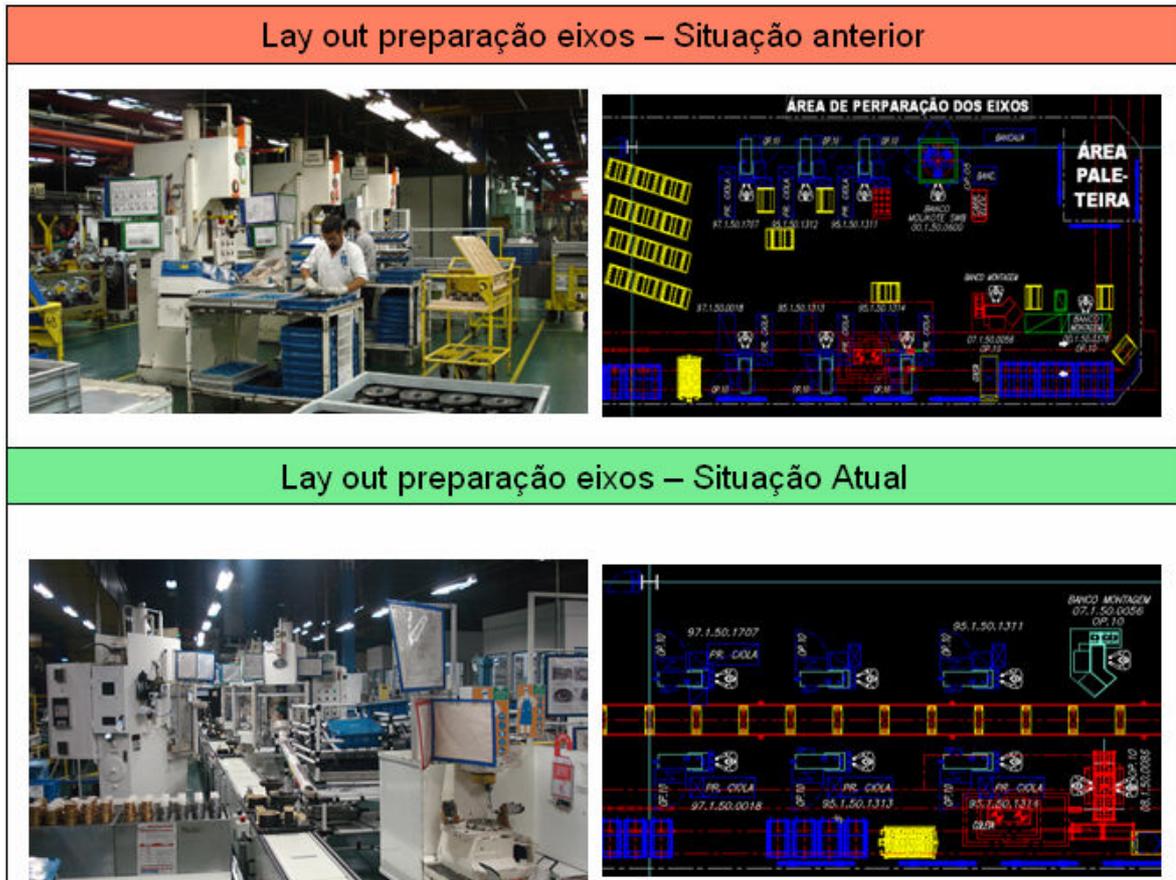


Figura 32 – Kaizen layout preparação eixos
 Fonte: Material interno FPT

4.3.3 Melhorando a eficiência global do gargalo e organização da área

Para elevar o índice de eficiência global do gargalo do processo de montagem de transmissões para os atuais, em 90%, foram aplicados os passos da manutenção autônoma, com rigor e disciplina, o que possibilitou um aprendizado ainda maior, pois aliou-se à prática e foi evidenciada passo a passo a melhoria no desempenho da máquina e dessa forma solucionou um dos principais problemas de instabilidade produtiva da área piloto, segundo o mapeamento do fluxo de valor.

Aplicou-se inicialmente um quadro 4m's no gargalo – Operação 30: apertadeira TM Bevo, para levantamento de ideias dos operários e, em seguida, começou a implantar o conceito dos 5S's no posto de trabalho e este foi expandido, em pouco tempo, por toda a área de montagem de transmissões, limpando, retirando materiais desnecessários e organizando os necessários de forma padronizada. Depois iniciou-se a colocação de cartões para evidenciar os problemas de vazamentos, áreas de difícil acesso e pontos de geração de sujeiras. Como os

pontos evidenciados, partiu-se para eliminação dos mesmos, em seguida criando padrões de trabalho, focando em três princípios básicos: conteúdo, sequência e movimentos (Figura 33), além do plano de manutenção programada para o gargalo. Após implantação do método, não somente o gargalo, mas toda a área de montagem de transmissões começou a retratar a transformação para o modelo enxuto proposto no início do projeto.

 Trabalho Padronizado			
Área: Transmissão	UTE: 2921	Operação: 30	TM - BEVO Fixar coroa na caixa diferencial
			Última atualização: 19 / 11 / 2007
 <p>1</p> <p>Lado Chanfrado para cima</p> <p>Relação a ser montada.</p> <p>Posicionar coroa na base</p> <p>Pegar coroa específica e posicioná-la no dispositivo da aperteadeira com lado chanfrado para cima, observando a relação a ser montada.</p>	 <p>2</p> <p>Posicionar parafusos</p> <p>Posicionar oito parafusos em cada caixa de diferencial e colocá-la sobre a coroa.</p>	 <p>3</p> <p>Posicionar caixa diferencial</p> <p>Posicionar caixa diferencial na coroa com o pino e chapa de segurança posicionados para o lado de fora.</p>	
 <p>4</p> <p>Acionamento por bi-manual</p> <p>Pressionar o bi-manual para o acionamento da mesa e funcionamento da máquina, acionando novamente após o ciclo para retirada da peça.</p>	 <p>5</p> <p>Retirada da Peça</p> <p>Após o giro da peça fazer o visual de oito parafusos e colar a peça no carrinho. Assim que completo com doze peças levar para op. 40.</p>	 <p>6</p> <p>Tratativa com retrabalho</p> <p>Em caso de reprovação o diferencial deverá ser identificado com cartão amarelo e devidamente reparados pelo operador da operação 35</p>	
<p>Nota: Torque estatístico/dinâmico 130 lfm ± 5%</p>			 <p>Dispositivos Informação Importante</p>

Figura 33 – Padrão de trabalho para operação gargalo
Fonte: Material interno FPT

Durante a fase de implantação dos 5S's na área e da manutenção autônoma no gargalo, foram colocados 782 cartões de melhorias, solucionados 685 e foram treinadas 256 pessoas entre produção, manutenção e áreas de apoio.

4.3.4 Sequenciando a produção na linha de montagem

O sequenciamento da produção na linha de montagem foi garantindo com a implantação de sensores em pontos estratégicos da mesma, que garantiriam o fluxo de uma peça, através de lógica de PLC (Figura 34), se a transmissão não for

retirada ou colocada na linha nos pontos específicos, a linha para até que a lógica seja obedecida. Essa ação, além de garantir o fluxo contínuo e unitário de transmissões sobre a linha, possibilitou uma redução de 50% do estoque em trânsito sobre a mesma, o que também possibilitou um ganho considerável no aspecto ergonômico da linha (Figura 35), pois o gancho original possibilitava a colocação de duas transmissões e após a modificação, o gancho passou a comportar apenas uma transmissão, tornando o processo bem mais estável e enxuto. A partir dessa implantação, juntamente como os 5S's, começou-se a observar na prática o começo da transformação proposta para trabalho.

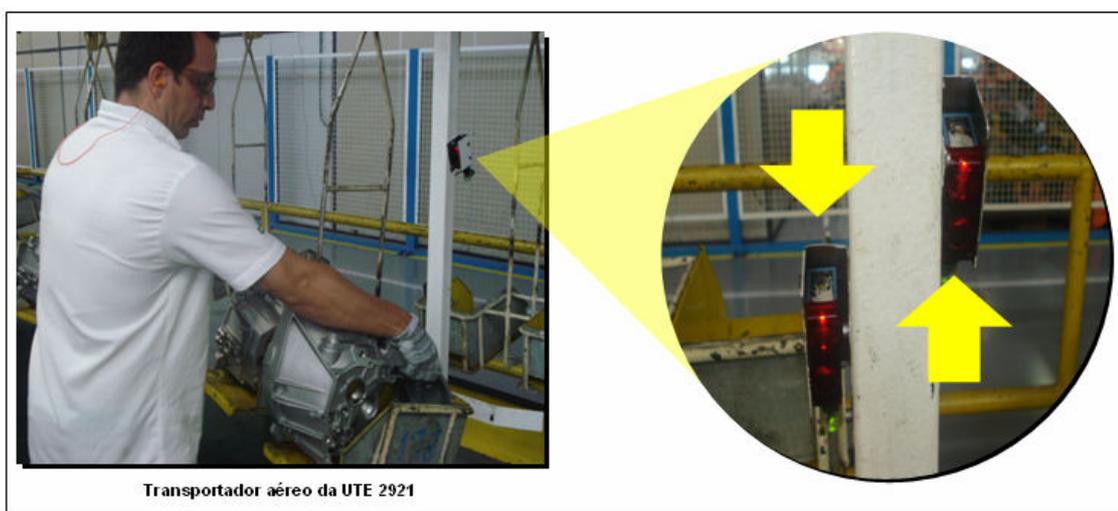


Figura 34 – Sensores de sequenciamento da produção

Fonte: Autor, 2009.

Mais duas outras ações foram determinantes para a criação de fluxo na linha, a primeira foi a redução em 60% do material ao lado da linha em função da substituição de todas as bancadas de peças por gravitacionais ergonômicos (Figura 36), a criação de rotas de abastecimento (Figura 37) por produto pelo operador logístico que passou a operar também no conceito do cartão *Kanban* e a implantação do *kit* para abastecimento (Figura 38) da linha de preparação dos eixos. A segunda ação foi a criação e a modificação do *layout* da sala de teste final dos câmbios e unificação dos bancos de teste, possibilitando o teste de um número muito maior de tipos de transmissões nos mesmos, o que antes era limitado.

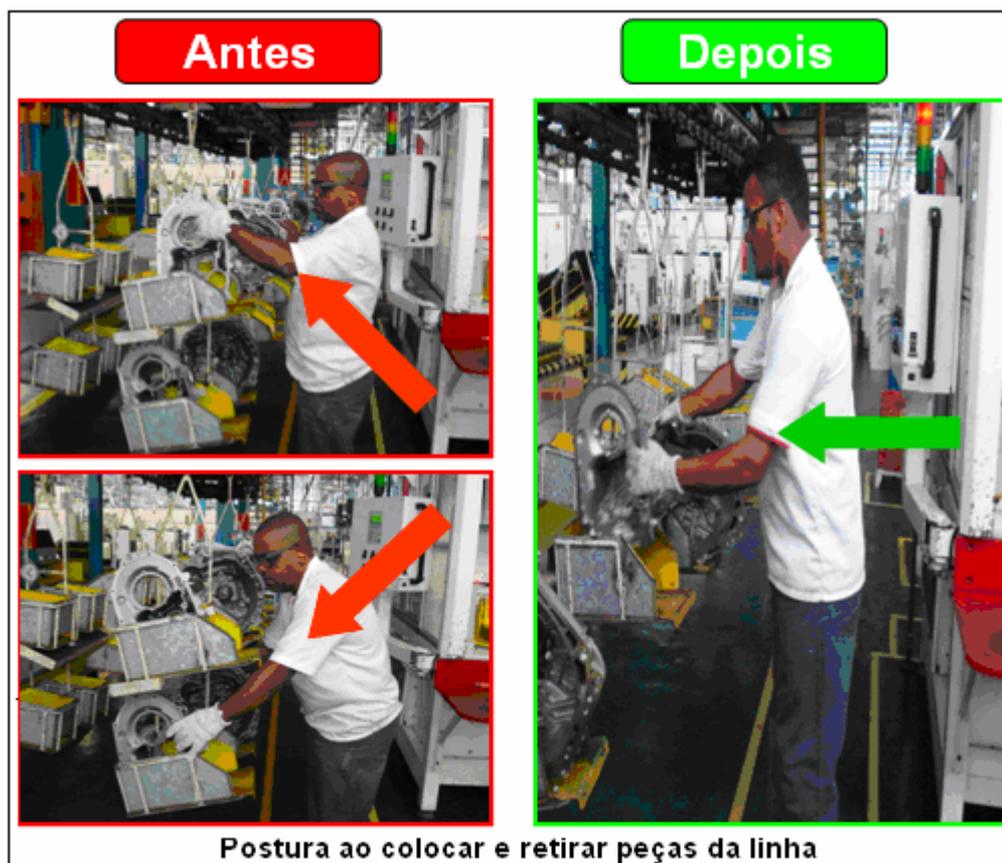


Figura 35 – Melhoria Ergonômica
Fonte: Autor, 2009.

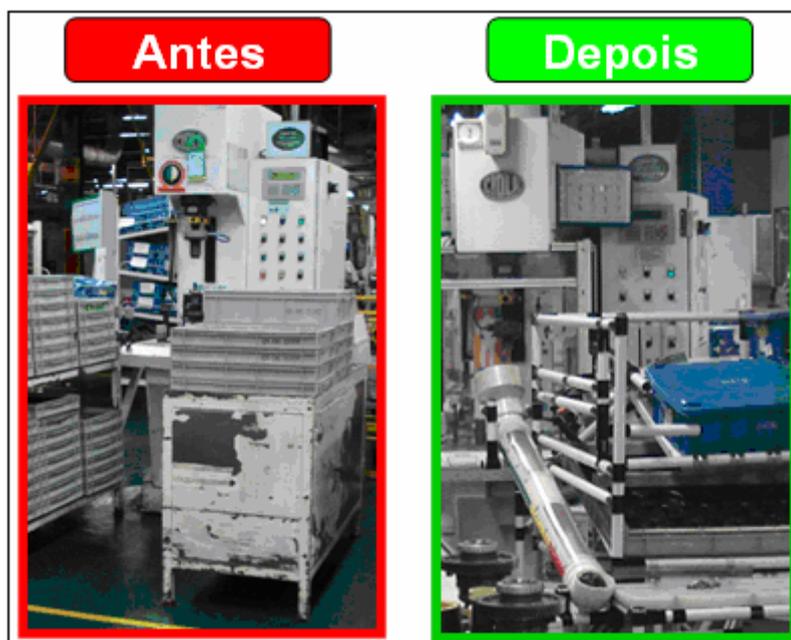


Figura 36– Gravitacionais ergonômicos
Fonte: Autor, 2009.

Com os novos gravitacionais, reduziram-se consideravelmente as atividades de deslocamento dos operadores para acesso às peças necessárias para execução

das atividades previstas nos postos de trabalhos das linhas de montagem e de preparação de subconjuntos.

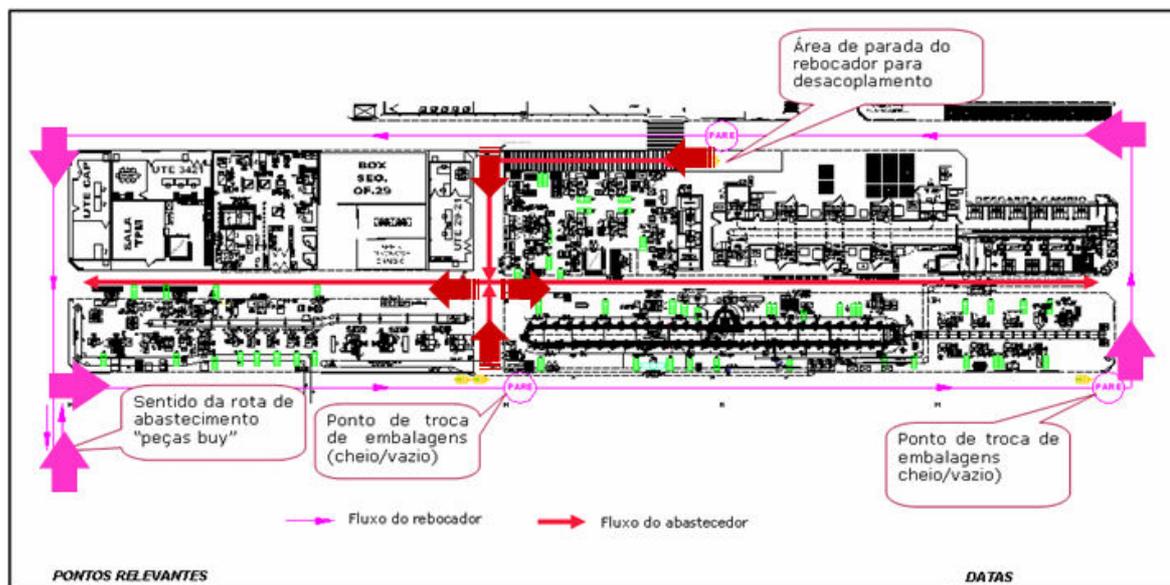


Figura 37 – Rota de abastecimento criada para linha de montagem
Fonte: Autor, 2009.

O sistema de abastecimento de materiais na linha / preparações adotado anteriormente tornava o fluxo de abastecimento confuso e repleto de perdas, pois contava com uma pessoa que ficava o tempo todo verificando ponto a ponto a necessidade de materiais da linha para fazer as solicitações para os materiais via rádio, o que tornava a situação muito morosa e sujeita a constantes perdas por falta de materiais. Com a implantação das rotas de abastecimento pré-definidas, o fluxo ficou muito mais organizado e enxuto, possibilitando um domínio maior pelo operador logístico e reduzindo drasticamente os níveis de perda de produção na linha de montagem.

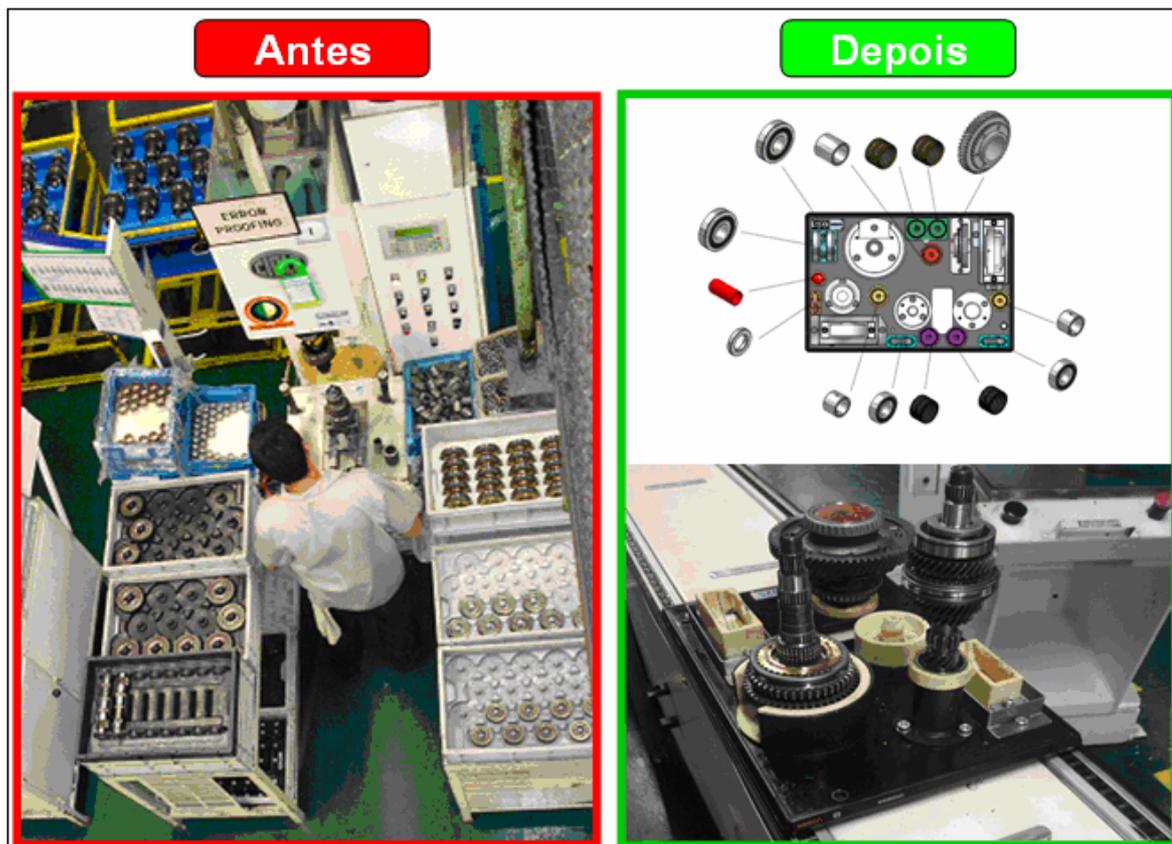


Figura 38 – Kaizen de implantação do kit de abastecimento
 Fonte: Autor, 2009.

O *Kit* de abastecimento para a linha de preparação dos eixos possibilitou a retirada de grande quantidade de peças lado/linha que geravam um transtorno para o *layout* e era também um grande dificultador para o abastecimento de peças pelo operador logístico.

4.4 Avaliação dos resultados

Com a implantação das ações previstas na fase de planejamento, pode-se concluir que o objetivo de avaliar os impactos da implementação de técnicas de ferramentas e conceitos da manufatura enxuta na linha de montagem de transmissões foi atingido e pode ser notado nos resultados dos indicadores (Tabela 8).

Tabela 8 – Indicadores do projeto de pesquisa-ação

INDICADORES LINHA DE MONTAGEM	ORIGINAL	META	REAL
Capacidade produtiva da linha de montagem	2310	2420	2574
Nível de serviço ao Cliente	100%	100%	100%
Estoque médio (supermercado)	4500	3312	3231
Lead Time Estoque (em dias)	2,00	1,38	1,35
Lead Time da linha (em dias)	0,19	0,12	0,14
Lead Time da linha•Estoque (em dias)	2,19	1,50	1,48
Seqüenciamento da produção	80%	100%	95%
Eficiência Global gargalo 2921	80%	85%	90%
PLH UTE-2921	105	110	117
Retrabalho	10%	1%	2%
Custo do Estoque	X	0,685 X	0,676 X
Rotatividade do Estoque (Câmbio Completo)	110	160	162

Fonte: FPT.

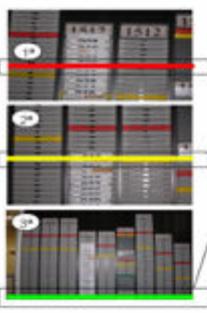
Analisando a tabela 8, pode-se constatar que a maioria das metas propostas foram atingidas e em alguns casos até superadas o que demonstra a aplicabilidade dos conceitos e ferramentas estudados e testados como fatores determinantes na transformação de processos produtivos convencionais em processos enxutos.

Os pontos que não foram atingidos devem ser revistos e analisados mais detalhadamente para um melhor entendimento das causas que não foram enxergadas na fase de levantamento de dados.

4.5 Padronização das soluções

Todas as melhorias realizadas durante a execução do trabalho foram devidamente cadastradas e padronizadas, de acordo com a complexidade da ação, dentro dos procedimentos vigentes e regulamentados pela empresa em seu setor específico (conforme exemplo da Figura 39), ficando dessa forma como base para o melhoramento contínuo.

Tema		Número		Data	
QUADRO DE CONTROLE DE SUPERMERCADO DA TRANSMISSÃO				26/5/2008	
Segurança	Costos	Melhoria Focada	Atividades Autoriz. AM e WO	Mant. Periódica	Classificação
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Qualidade
Conhecimento Básico	Melhoria	Problema	Logística	EER	Pessoas
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elaborado por: Grupo Leão				Duração: 15 min.	

1º Passo - Objetivo
Dimensionar o estoque de produto acabado buscando atender o cliente e transformando o sistema de impostação em sistema puxado.

2º Passo - Análise do Quadro
Verificar o posicionamento dos cartões em relação aos limites pre-estabelecidos. Esta verificação deve ser feita pelo CAP no mínimo de 60 em 60 minutos. Os limites são:
Vermelho (Crítico)
Amarelo (Ponto de disparo/impostação)
Verde (Limite máximo de estoque)

3º Passo - Tomada de ações
1º- Quando os cartões estiverem no limite Vermelho, significa que existe elevado risco de paradas de linha, neste situação o Cap deve impostar e acionar imediatamente o Gerente da Unidade Operativa e Responsável do Supply Chain.
2º- Quando os cartões estiverem no limite amarelo o Cap deve impostar imediatamente a transmissão, caso não seja possível deve-se acionar imediatamente o Responsável da Unidade Operativa e Responsável do PCP.
3º- Quando os Cartões estiverem entre o limites amarelo e verde a condução da impostação e de responsabilidade do Cap que tem autonomia.
Observação 1: Quando o estoque alcançar o limite verde o Cap não mais poderá fazer a impostação deste Tipo.
Observação 2: Quando existir mais de um tipo no limite amarelo ou vermelho o Cap deve fazer a priorização conforme necessidade da demanda.
Observação 3: Existem alguns tipo de transmissões que tem somente os limites amarelo e vermelho estes são de baixo consumo e precisam de estoque mínimo.
Observação 4: Na necessidade de produção além dos limites estabelecidos os cartões extras deverão ser solicitado pelo Lider Responsável de area ao Responsável Supply Chain. Estes cartões são feitos manualmente e devem ser recolhidos após sua validade assim que retornarem ao quadro. Neste caso deve estar informado a quantidade de estoque estratégico no proprio escaninho do quadro.

4º Passo - Responsabilidades
Limite Vermelho: A Unidade deve tomar uma ação imediata para reativar a impostação de transmissão crítica e deve apresentar 5 passos eliminando definitivamente a causa raiz do problema.
Limite Amarelo: Caso não seja possível deve efetuar a impostação da transmissões o Responsável da unidade operativa informar quanto tempo levará para reestabelecer o processo e apresentar 5 passos afim de eliminar a causa raiz do problema.
Inventário de Cartões: O Cap fara um inventario semanal a fim de verificar a quantidade de cartões no processo.

Vide Verso e Fluxo de Movimentação do Quadro.

Cap: NÃO APLICÁVEL

Figura 39 – Lição de um ponto para utilização do *Kanban*
Fonte: FPT.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O trabalho realizado na FPT proporcionou uma experiência teórica e prática, permitindo discussões, questionamentos e aprofundamento teórico-prático que, além de ter um valor inestimável, geram inevitavelmente um crescimento pessoal e profissional.

Ficou evidente, no decorrer do trabalho, que a Logística, quando pensada e aplicada de forma metódica como os conceitos da mentalidade enxuta, proporciona um incremento considerável no poder competitivo das empresas, transformando realmente a maneira de trabalhar das pessoas envolvidas.

Sobretudo pode-se concluir que tanto o objetivo geral como os objetivos específicos propostos para este trabalho foram atingidos em sua plenitude, pois, através da revisão bibliográfica, foi possível entender de maneira mais profunda e abrangente os conceitos da mentalidade enxuta o que possibilitou a definição de uma área para laboratório ou piloto do trabalho de pesquisa, utilizando as ferramentas estudadas de acordo com cada aplicação específica. Ao final, pode-se verificar, através de indicadores, a ocorrência da esperada transformação na forma de produção da área piloto e assim servir de inspiração para novos estudos acadêmicos sobre os conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta.

O trabalho permitiu entender que o conceito de que ser ou não ser enxuto é um estado de momento, pois, você pode considerar sua área enxuta desde que hoje ela seja melhor do que ontem, mais amanhã se não for possível melhorá-la, certamente não será mais enxuta do que hoje. Daí surge a necessidade de melhoramento contínuo e essa é a parte mais interessante da filosofia de vida estudada, o trabalho nunca termina e isso é fantástico, pois sempre você vai almejar ser mais enxuto do que no dia ou no período anterior.

Outra conclusão do trabalho é que para seguir o método é necessário um alto grau de rigor e disciplina.

Como recomendação, sugere-se a realização de estudos mais profundos sobre as métricas e/ou indicadores cujos objetivos não foram atingidos no decorrer do trabalho, para um melhor entendimento das falhas de suas respectivas causas

raízes, pois entende-se que o resultado geral da fábrica pode ser melhorado em muito.

Recomenda-se ainda a realização de estudos futuros mais aprofundados no que diz respeito às influências externas à linha de montagem como:

- estabilidade produtiva das áreas de usinagem (peças *Make*) e consequentemente abastecimento da linha de montagem;
- expansão dos conceitos da logística e manufatura enxuta para os conceitos de empresa enxuta como fator determinante de competitividade e criação de valor.

Finalmente fica a expectativa de que o presente trabalho de pesquisa-ação de implementação de técnicas de ferramentas e conceitos da manufatura enxuta na linha de montagem de transmissões e a transformação de processos produtivos tradicionais convencionais em processos enxutos possa ter gerado discussões e interesse sobre o tema, servindo ainda de motivação para expansão dos mesmos para outras áreas da empresa ou criação de novas frentes de pesquisas acadêmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: Transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2007.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade total, padronização de empresas**. Belo Horizonte; Editora: Lítera Maciel Ltda, 1991.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC - Gerenciamento da rotina de trabalho do dia a dia. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

CARDOSO Alexandre, BATTAGLIA Flávio e FERRO J. Roberto. **Introdução à mentalidade enxuta – conceitos e aplicações** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

DURWARD, K. Somek II e SMALLEY, Art - **Understanding A3 Thinking: A Critical Component at Toyota's PDCA Management System**. New York, NY. Taylor & Francis Group, 2008.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção**. Ed.: Almeida & Souza, Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

GODOI, C. K.; BANDEIRA DE MELO, R.; SILVA, A. B. **Pesquisa qualitativa nas organizações** - Paradigmas Estratégias e Métodos. São Paulo: Saraiva, 2006.

GRIMALDI, R. & MANCUSO, J.H. Qualidade Total. Folha de SP e Sebrae, 6º e 7º fascículos, 1994.

HARDING, H.A. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1992.

IMAI, Masaaki. **Kaizen - A estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1988.

KAMADA, Sérgio. **Estabilidade na produção da Toyota do Brasil**. Disponível em <www.lean.org.br/download/artigo_44.pdf>. Acesso em: 06 maio, 2008.

LAPA, R. P. **Programa 5S**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1996.

LEAN INSTITUTE BRASIL Site; <http://www.lean.org.br>, Acessado em 24/07/2008 as 14:00 horas.

LIKER, J. K. **The Toyota Way – 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer**. Mcgraw-Hill Companies, Inc., New York, 2004.

LINDGREN, R.; HENFRIDSSON, O.; SCHULTZE, U. Design Principles for

Competence Management Systems: a Synthesis of an Action Research Study. MIS Quarterly, v.28, n.3, September 2004.

LUBBEN, R. T. **Just in Time - Uma estratégia avançada de produção.** São Paulo: Mc Graw-Hill, 1989.

MARTINS, P.G.;LAUGENI,F.P. **Administração da produção.** São Paulo: Editora Saraiva,2000.

MARTINS, S.S. **Administração de Produção. Apostila de produção da Universidade Estadual Paulista.** Bauru, SP: UNESP, 2003.

MAY, Matthew E. **Toyota: a fórmula da inovação.** Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2007.

MIRSHAWKA, Victor & OLMEDO, Napoleão Lupes, **Manutenção – combate aos Custos da não-eficácia.** Ed. McGraw-Hill Ltda. 1993.

MONDEN, Y.: **Sistema Toyota de produção.** IMAM, São Paulo, SP, Brasil,1984.

NAKAJIMA, Seiichi, **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** IMC Internacional Sistemas Educativos. 1989

OHNO, T. ; MITO, S. **Just-In-Time for Today and Tomorrow, Productivity Press,** Cambridge, Massachusetts and Norwalk, 1998.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção - Além da produção em larga escala;** trad. Cristina Schummacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, T. **Toyota Production System. Productive Press.** Cambridge,. Massachusetts and Norwalk, Connecticut, 1988.

OSADA, Takashi. **Housekeeping, 5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke.** São Paulo: IMAM, 1992.

ROTHER, Mike e HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, Mike e SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO. S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, João Martins de. **O ambiente da qualidade na prática** - 5S. 3. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.

SLACK, Nigel, CHAMBERS, Stuart, JOHNSTON, Robert, **Administração da produção**, 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SMALLEY, A. **Criando o sistema nivelado puxado**. EUA: Lean Enterprise Institute, 2004.

SOUZA, R.A. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-Ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

TZU, Sun – **“A arte da guerra”**. São Paulo, SP: Ed. Martin Claret, 2003.

VIEIRA, Sonia, Estatística para a Qualidade: **Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1999.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. e Roos, D. **A máquina que mudou o mundo**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campos, 2004.

WOMACK, James P. e JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas (Lean Thinking)**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campos, 2004

YOSIKAZU Takahashi / TAKASHI Osada - Tpm/mpt - **Manutenção produtiva total**. São Paulo, SP. Ed.: IMAM, 1993