

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR *Márcio Luciano*
Gonçalves Barbosa E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM *23, JUL, 2009*

Iris Bento da Silva
.....
ORIENTADOR
PROF. DR. IRIS BENTO DA SILVA
DEF / FEM / UNICAMP
Matrícula 292471

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

**Uma contribuição à metodologia de
implementação dos princípios enxutos para
melhoria da manufatura**

Autor: Márcio Luciano Gonçalves Barbosa

Orientador: Prof. Dr. Iris Bento da Silva

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

Uma contribuição à metodologia de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura

Autor: Márcio Luciano Gonçalves Barbosa

Orientador: Prof. Dr. Iris Bento da Silva

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2009

S.P. – Brasil

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

B234c Barbosa, Márcio Luciano Gonçalves
 Uma contribuição à metodologia de implementação
 dos princípios enxutos para melhoria da manufatura /
 Márcio Luciano Gonçalves Barbosa. --Campinas, SP:
 [s.n.], 2009.

 Orientador: Iris Bento da Silva.
 Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

 1. Administração da produção. 2. Desenvolvimento
 organizacional. 3. Desperdício (Economia). 4.
 Contribuição de melhoria. 5. Just-in-time. I. Silva, Iris
 Bento da. II. Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: A contribution to the methodology of implementation of the
lean principles for improvement of the manufacture

Palavras-chave em Inglês: Production management, Organization development,
Wastefulness, Improvement fees, Just-in-time

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Antonio Batocchio, Gilmar Ferreira Batalha

Data da defesa: 23/07/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADEMICO

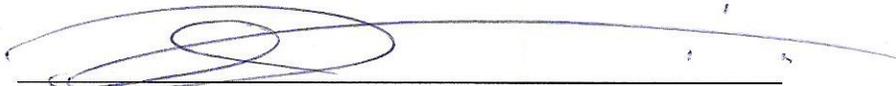
**Uma contribuição à metodologia de
implementação dos princípios enxutos para
melhoria da manufatura.**

Autor: Márcio Luciano Gonçalves Barbosa
Orientador: Prof. Dr. Iris Bento da Silva

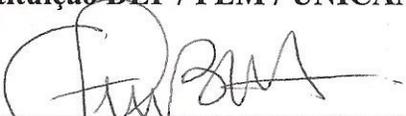
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Iris Bento da Silva, Presidente
Instituição DEF / FEM / UNICAMP



Prof. Dr. Antonio Batocchio
Instituição DEF / FEM / UNICAMP



Prof. Dr. Gilmar Ferreira Batalha
Instituição USP / SP

Campinas, 23 de Julho de 2009

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a meu Deus nosso pai e Maria nossa Mãe.

Também a minha querida Maria Desatadora dos Nós, que sempre passa na frente nas minhas horas difíceis.

A minha esposa Alessandra, que sempre esteve do meu lado me apoiando.

A meus filhos Diego e Carolina, para que saibam que conquistas não são fáceis de serem alcançadas, porém com determinação e empenho tudo é possível, basta querer e acreditar.

Agradecimentos

Em particular ao amigo engenheiro mecânico Luis Carlos (supervisor de produção da empresa objeto de estudo) pelo seu empenho e ajuda na implementação do *método* elaborado, citado nesta dissertação.

Em especial ao professor Dr. Paulo Corrêa Lima com quem iniciei este trabalho, por ter me incentivado e dado toda orientação inicial necessária.

Ao meu orientador professor Dr. Iris Bento da Silva, por ter me acolhido de braços abertos, dado todo o apoio, compreensão, paciência, ensinamentos e orientações necessárias para a continuidade e finalização deste trabalho.

Ao engenheiro Fernando César da Silva Paolillo da empresa Eaton Ltda, Divisão de Transmissão, que forneceu materiais de apoio ricos em informações para consulta.

A todos os professores, funcionários e colegas da FEM, em especial aos do Departamento de Engenharia de Fabricação da UNICAMP, que me ajudaram de forma direta e indireta na elaboração desta dissertação.

E finalmente a todos os parentes e colegas que sempre me incentivaram e apoiaram na conclusão deste trabalho.

Tudo acontece ao seu tempo ..

*“Alguns vencedores são vencedores porque nasceram vencedores,
outros se tornaram vencedores porque são disciplinados e perseverantes”.*

Autor desconhecido

Resumo

BARBOSA, Márcio Luciano Gonçalves, *Uma contribuição à metodologia de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura*. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 169p. Dissertação (Mestrado).

De uma maneira geral as indústrias estão a cada dia buscando ser mais eficazes no atendimento a seus clientes. Muitas empresas atuam em segmentos em que seu produto ou família de produtos seguem um padrão de manufatura. Diante desse fato verifica-se que as plantas não têm muita diferença, são muito semelhantes, favorecendo a diminuição das diferenças entre os concorrentes tanto no produto quanto nos processos utilizados. O presente trabalho foi realizado utilizando-se o método de pesquisa objetiva exploratória, através de procedimentos bibliográficos, de natureza quantitativa e qualitativa, realizada em campo, com a coleta de dados através do método pesquisa-ação. Tem como objetivo fornecer um *método* de implementação aplicável, que possibilite a melhoria da manufatura de produtos ou família de produtos por toda a cadeia de fluxo de valor de forma detalhada e estruturada, baseada nos princípios e práticas enxutas. Observou-se em uma fábrica de hidrômetros, objeto de estudo, que se pode aplicar todas as fases do *método* elaborado na sequência do processo de melhoria: enxugamento, aprimoramento e inovação; proporcionando ganhos significativos no produto final em relação à qualidade e produtividade. Na qualidade alcançou nível quase zero de rejeição, na produtividade diminuição de 65% de seu *lead-time* e 36% na mão-de-obra direta. Além de outras melhorias aplicadas em equipamentos, dispositivos, *layout*, métodos de controle da produção, de inspeção, de teste do produto, células de trabalho, entre outros. Dessa forma, o referido estudo abre um canal que possibilita a obtenção de avanços satisfatórios para melhoria da manufatura através do uso dos princípios enxutos, mostrando que o *método* elaborado aplicado é bastante promissor.

Palavras chave: Administração da produção, Desenvolvimento organizacional, Desperdício, Contribuição de melhoria, *Just-In-Time*.

Abstract

BARBOSA, Márcio Luciano Gonçalves, *A contribution to the methodology of implementation of the lean principles for improvement of the manufacture*. Campinas, College of Mechanical Engineering, University of Campinas, 2009. 169p. Master Degree Presentation.

In general the industries day by day are searching to be more efficient in customers' attendance. Many companies act in segments where their products or line of products follow a standard manufacturing. Regarding this, we can notice that the plants are similar and they have decreased the difference among competitors, not only in the product but also in the used processes. The present paper was done considering the objective research method, throughout bibliographical procedures, of quantitative and qualitative targets collected in field and the data collected by the research-action method. It aims to supply a method (way) to implement for all purposes and becomes possible the manufacture of products improvement or line of products, including all the activities contained in the value, chain of the process in a structured way; based in the practical and lean principles. It was observed in a plant of manufactures hydrometers, study object, that in can be applied all the phases of the *method* described in the sequence of improving process are: the reduction, the improvement and the innovation. They also provided significant profits to final product, such as: decreasing the level of rejection almost to zero, reduction in 65% of its lead-time and 36% in the in-house staff, capacity of production equivalent in two turns, considered increase of performance and quality. Beyond the improvement applied in equipment, devices, layout, methods of control production, inspection, test of the product, cells of work, among others. This way, the related study opens a path that obtains of satisfactory advances for improvement of the manufacture through the lean principles, showing that the *method* elaborated is sufficiently promising.

Key words: Production management, Organization development, Wastefulness, Improvement fees, *Just-In-Time*.

Índice

Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Cenário	1
1.2. Definição do problema	3
1.3. Objetivos da pesquisa	4
1.3.1. Objetivo geral	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificativas	5
1.5. Método de estudo	6
1.6. Estrutura da dissertação	6
Capítulo 2. Princípios enxutos	9
2.1. Conceito de mentalidade enxuta	9
2.2. Valor	12
2.3. Cadeia de valor	13
2.4. Fluxo	16
2.4.1. Técnicas de fluxo	18
2.4.2. Aplicação das técnicas de fluxo	18
2.5. Produção puxada	19
2.6. Busca à perfeição	20
2.7. Conceito de aprendendo a enxergar	21
2.7.1. Conceito de mapa de fluxo de valor	21

2.7.2. Mapa do estado atual	23
2.7.3. Mapa do estado futuro	25
2.7.4. Plano de implementação	29
2.7.5. Busca ao mapa do estado futuro ideal	30
2.8. Ferramentas de ação	31
2.8.1. <i>Kaizen</i>	31
2.8.2. Método 5S	33
2.8.3. Sistema <i>Just-In-Time</i>	33
2.8.4. <i>Kanban</i>	34
2.8.5. <i>Poka Yoke</i>	35
2.8.6. Troca rápida	36
2.8.7. Trabalho padrão	36
2.8.8. Arranjo físico - <i>layout</i>	37
2.8.9. Manutenção preventiva total	39
2.8.10. Sistema MRP	40
2.8.11. <i>Takt time</i>	41
2.8.12. Ciclo PDCA	42
2.8.13. <i>Brainstorming</i>	44
Capítulo 3. Método de pesquisa	47
3.1. Contexto da pesquisa	48
3.2. Tipos de pesquisa	50
3.2.1. Estudo de caso	51
3.2.2. Pesquisa-ação	52
Capítulo 4. Estudo de caso: Contexto e aplicação do <i>método</i> delineado em uma empresa de hidrômetros	55
4.1. Produto estudo de campo: Hidrômetro	55
4.2. Características	55
4.3. Manufatura	56

4.3.1. Fundição	57
4.3.2. Pintura	57
4.3.3. Usinagem	58
4.3.4. Montagem	58
4.3.5. Calibração	59
4.3.6. Aferição	59
4.3.7. Expedição	60
4.4. Tema da pesquisa	61
4.4.1. Estrutura da pesquisa	61
4.4.2. Métodos e procedimentos utilizados na pesquisa	63
4.5. Contexto do <i>método</i> de implementação elaborado	63
4.5.1. Arquitetura	64
4.5.2. Detalhamento	66
4.6. Aplicação do <i>método</i>	74
4.6.1. Fase 0 – Preparação	74
4.6.2. Fase 1 – Identificação	79
4.6.3. Fase 2 – Proposição	111
4.6.4. Fase 3 – Ação	122
4.6.5. Fase 4 – Aceitação	147
4.7. Resultados	148
4.7.1. Comparação entre mapa atual <i>versus</i> mapa futuro inovado	148
4.7.2. Comentários gerais	157
Capítulo 5. Conclusões e sugestões para próximos trabalhos	161
5.1. Conclusões	161
5.2. Sugestões para próximos trabalhos	162
Referências bibliográficas	163

Lista de Figuras

Figura 1.1: Estrutura da dissertação	7
Figura 2.1: Sete desperdícios identificados por Ohno	10
Figura 2.2: Proporção das ações despendidas nas atividades de uma empresa WCM	14
Figura 2.3: Composição das atividades que agregam e não agregam valor	15
Figura 2.4: Fluxo de produção tradicional <i>versus</i> fluxo unitário contínuo	17
Figura 2.5: Balanceamento de operações tradicionais	17
Figura 2.6: Mapeamento do fluxo de valor	22
Figura 2.7: Ícones para desenho de mapa do fluxo de valor	22
Figura 2.8: Fluxo de produção	23
Figura 2.9: Exemplo de um mapa de fluxo de valor – Estado atual	24
Figura 2.10: Exemplo de um mapa de fluxo de valor – Estado futuro	25
Figura 2.11: Melhoria do fluxo de valor	27
Figura 2.12: Guarda-chuva do <i>Kaizen</i>	32
Figura 2.13: Os oito pilares da <i>TPM</i>	40
Figura 2.14: Cálculo do <i>takt time</i>	42
Figura 2.15: Ciclo de melhoria PDCA	43
Figura 3.1: Tipos de critérios adotados em pesquisa científica	48

Figura 3.2: Etapas de desdobramento de uma pesquisa	49
Figura 3.3: Modelos de métodos de pesquisa	50
Figura 4.1: Hidrômetros velocimétricos modelos Unijato e Multijato	56
Figura 4.2: Setores comumente envolvidos para manufatura de hidrômetros velocimétricos	56
Figura 4.3: Estrutura do método de pesquisa	62
Figura 4.4: Representação do <i>método</i> elaborado para melhoria da manufatura	63
Figura 4.5: Fases para melhoria da manufatura de um produto	64
Figura 4.6: <i>Método</i> detalhado de melhoria da manufatura	67
Figura 4.7: Itens abordados na fase 0 - Preparação, do <i>método</i> de implementação	69
Figura 4.8: Itens abordados na fase 1 - Identificação, do <i>método</i> de implementação	69
Figura 4.9: Itens abordados na fase 2 - Proposição, do <i>método</i> de implementação	72
Figura 4.10: Itens abordados na fase 3 - Ação, do <i>método</i> de implementação	72
Figura 4.11: Itens abordados na fase 4 - Aceitação, do <i>método</i> de implementação	73
Figura 4.12: Fluxograma simplificado do <i>método</i> de melhoria da manufatura	73
Figura 4.13: Colaboradores da EMMA em 2005	74
Figura 4.14: Cronograma de produção para entrega de produto	76
Figura 4.15: EMMA - Mapa do estado atual	80
Figura 4.16: EMMA - Setor físico departamental atual	85
Figura 4.17: EMMA - Layout funcional atual	86
Figura 4.18: Dados do setor de Fundição – situação atual	88
Figura 4.19: Máquina de jateamento de carcaças	91
Figura 4.20: Estoque de carcaças acabadas	92
Figura 4.21: Dados do setor de Pintura – situação atual	94

Figura 4.22: Dados do setor de Usinagem – situação atual	96
Figura 4.23: Rebarbação manual de carcaças	98
Figura 4.24: Dados do setor de Montagem – situação atual	99
Figura 4.25: Dados do setor de Calibração – situação atual	102
Figura 4.26: Máquina de aperto final do hidrômetro	103
Figura 4.27: Bancada de teste hidrostático	104
Figura 4.28: Bancada de aferição de hidrômetros – modelo convencional volumétrica	105
Figura 4.29: Dados do setor de Aferição – situação atual	106
Figura 4.30: Dados do setor de Expedição – situação atual	107
Figura 4.31: Pantógrafo para numeração de carcaças	108
Figura 4.32: Lacração de hidrômetro com fio trançado de aço	109
Figura 4.33: Mapa do estado atual com as ferramentas de ação aplicadas	113
Figura 4.34: Mapa do estado futuro de transição	116
Figura 4.35: Resumo das mudanças previstas da migração do mapa de estado atual para o mapa de estado futuro de transição	117
Figura 4.36: Ganhos estimados com a implementação do mapa futuro de transição	117
Figura 4.37: Mapa do estado futuro inovado	119
Figura 4.38: Resumo das mudanças previstas da migração do mapa de estado atual para o mapa de estado futuro inovado	121
Figura 4.39: Ganhos estimados com a implementação do mapa futuro inovado	121
Figura 4.40: EMMA - Setor físico departamental do mapa futuro inovado	124
Figura 4.41: EMMA - Layout funcional do mapa futuro inovado	125
Figura 4.42: Fluxo de material e de informação do setor de Fundição – mapa futuro inovado .	127

Figura 4.43: Dados do setor de Fundição – mapa futuro inovado	127
Figura 4.44: Fluxo de material e de informação do setor de Pintura – mapa futuro inovado	131
Figura 4.45: Dados do setor de Pintura – mapa futuro inovado	132
Figura 4.46: Fluxo de material e de informação do setor de Usinagem – mapa futuro inovado	134
Figura 4.47: Dados do setor de Usinagem – mapa futuro inovado	135
Figura 4.48: Fluxo de material e de informação do setor de Montagem – mapa futuro inovado	138
Figura 4.49: Dados do setor de Montagem – mapa futuro inovado	139
Figura 4.50: Fluxo de material e de informação do setor CAEX – mapa futuro inovado	142
Figura 4.51: Dados do setor CAEX – mapa futuro inovado	143
Figura 4.52: Bancada de montagem da carcaça de hidrômetro com <i>Kit</i> de medição	145
Figura 4.53: Bancada de aferição eletrônica de hidrômetros	145
Figura 4.54: Etiqueta de controle e rastreabilidade de hidrômetros	146
Figura 4.55: Divisão da manufatura do hidrômetro no chão-de-fábrica	148

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Passos da Pesquisa-ação	53
Tabela 4.1 – Expectativa de crescimento de produção e participação no mercado até 2020	75
Tabela 4.2 – Mapa futuro de transição – Proposições mais significativas a implementar	115
Tabela 4.3 – Mapa futuro inovado – Proposições mais significativas a implementar	118
Tabela 4.4 – Cronograma de implementação do mapa de estado futuro inovado	123
Tabela 4.5 – Processos e etapas da manufatura – Estado atual <i>versus</i> estado futuro inovado...	149
Tabela 4.6 – Número de funcionários diretos – Estado atual <i>versus</i> estado futuro inovado	150
Tabela 4.7 – Comparação do <i>lead time</i> que NAV – Estado atual <i>versus</i> estado futuro inovado.	151
Tabela 4.8 – Comparação do <i>lead time</i> que AV – Estado atual <i>versus</i> estado futuro inovado...	153
Tabela 4.9 – Comparação da taxa de refugo – Estado atual <i>versus</i> estado futuro inovado.....	154
Tabela 4.10 – Comparação dos tempos <i>takt</i> – Estado atual <i>versus</i> estado futuro inovado.....	154
Tabela 4.11 – Valores de VAR para cada estado	155
Tabela 4.12 – Quadro resumo dos resultados – Estado atual <i>versus</i> estado futuro inovado.....	156

Lista de Equações

Equação 2.1: Cálculo do <i>Takt time</i>	41
Equação 4.1: Cálculo do valor agregado (VAR)	84

Nomenclatura

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

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

JIS: *Just-in-Sequence*

JIT: *Just- In- Time*

MRP: *Materials Requirement Planning*

STP: Sistema Toyota de Produção

TKT: *Takt Time* (Tempo de Ritmo)

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

TPS: *Toyota Production System* (Sistema Toyota de Produção)

VSM: *Value Stream Mapping* (Mapa do Fluxo de Valor)

WCM: *World Class Manufacturing*

WIP: *Work-In-Process* (Estoque em Processo)

Capítulo 1. Introdução

1.1. Cenário

Com a abertura de mercado no Brasil em 1994, segundo Soares et al. (2001) muitos investidores migraram para cá, aquecendo o mercado e causando uma revolução no país.

Salermo e Dias (2002) comentam que o mercado brasileiro que era restrito, fechado, conservador e pouco turbulento, somente pelas variações econômicas, de uma hora para outra se mudou para um novo cenário. Empreendedores vieram dispostos a conquistar mercados e a estabelecer um novo padrão de relacionamento entre clientes, empresa e fornecedores.

Tecnologias em um curto espaço de tempo tiveram que ser implantadas, pois o que era novidade aqui, já era realidade lá fora há algum tempo. Surgiram muitas fusões e aquisições. E a grande maioria dos empresários brasileiros não teve como fugir, lutar, sem o conhecimento e a tecnologia superior empregada pelos concorrentes.

O consumidor final no entanto se demonstrava satisfeito, pois a presença de novos membros na cadeia de valor trouxe um significativo aumento na diversidade dos produtos ofertados, exigindo maior qualidade, prazos de entrega menores e custos reduzidos. Como lembram Dyer e Nobeoka (2000), grande parte do custo dos produtos se deve a componentes comprados de terceiros. Dessa forma, todos tiveram que se adaptar e buscar o seu melhor.

Como se não fosse o bastante, as empresas passaram cada vez mais a exigir cortes de preços, na forma de leilões, sob a pena de migrar para a concorrência. Assim, todos os envolvidos da cadeia de produção sentindo a pressão e querendo não fechar, tiveram que buscar novas técnicas para se tornarem mais competitivos.

Liker (2005) destaca que a metodologia da produção enxuta (*Lean manufacturing*), criado pelo *Sistema Toyota de Produção* (STP), foi à referência para muitas empresas no Brasil, imbuído a promover os princípios do pensamento enxuto a vários setores.

Segundo Emiliani (2006) o STP nasceu dá dificuldade que as empresas se depararam com a adoção do sistema de produção em massa, onde tinham produzidos seus produtos em escala, porém sem um mercado que os absorvesse.

Significativos avanços já foram obtidos através da abordagem do STP por muitas empresas no mundo afora. Matt (2008) ressalta que a importância da adoção de uma orientação metodológica para análise correta dos resultados de uma implementação de sistemas enxutos de produção, cujo conceito fundamental é o foco no fluxo de valor de cada bem ou serviço, buscando a eliminação dos desperdícios e atividades desnecessárias que aumentam o intervalo de tempo desde a solicitação do cliente até sua entrega (*lead-time* de produção).

Arbós (2002) enfatiza que os princípios enxutos têm possibilitado à área de serviços atingirem melhores níveis de eficiência e competitividade.

Benders (2004) entende que a reputação em qualidade e rapidez da Toyota no processo de desenvolvimento de produtos no mundo se dá em razão da aplicação do TPS.

Bhasin e Burcher (2006) lembram que muitos fatores são necessários para a implementação *lean* dar resultados satisfatórios, não só o emprego das ferramentas técnicas, mas essencialmente a mudança da cultura da empresa.

Amasaka (2002) afirma que a Toyota se tornou referência no ramo produtivo em questão do novo sistema de gerenciamento e produção implementado.

Ferro (2001) ressalta que no setor automotivo (referência de implementações de ferramentas e tecnologias) os relacionamentos entre clientes e fornecedores tem tido pouco progresso. A transparência entre as partes é fortemente questionável e entregas *Just-In-Time* (JIT) ou *Just-In-Sequence* (JIS), são consequências da força exercida pelo cliente e não de uma estratégia conjunta.

Bhasin (2008) salienta a importância de se traçar estratégias alinhadas ao foco da organização, promovendo ações dirigidas a ativos, como principal fonte de motivação à busca pela vantagem competitiva são essenciais.

Assegurar a sobrevivência em um ambiente globalizado, onde forças do mercado são tão acirradas, requer um foco estratégico de melhoria da manufatura do produto abrangendo toda a sua gestão dentro da cadeia do fluxo de valor.

O projeto dentro da cadeia está diretamente ligado à estratégia de negócio, pois passa pela definição de competências centrais e pela decisão de produzir ou terceirizar. O produto é a consequência da realização de um bom projeto que passa pela estruturação da base de fornecedores e sua gestão de forma competitiva.

Modificações em um produto ou família de produtos manufaturados onde mudanças substanciais nos mesmos não são permitidas favorecem a diminuição das diferenças competitivas entre os concorrentes.

Zogbi (2008) comenta que as empresas que aprendem a evitar desperdícios e a aproveitar bem as idéias dão passos corretos para tornarem-se mais competitivas dentro do mercado, onde inovações não param de acontecer.

Assim, a dissertação apresentada aborda um *método* prático de se implementar os princípios enxutos para melhoria da manufatura, abrindo um canal que possibilita a obtenção de ganhos satisfatórios no produto final tanto em relação a sua qualidade quanto a produtividade, abrangendo toda a cadeia do fluxo de material e de informação.

1.2. Definição do problema

A causa raiz que motivou esta pesquisa foi à dificuldade para se achar um *método* detalhado de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura, estruturado, que possibilite a obtenção de ganhos satisfatórios de qualidade e produtividade quando aplicado a um produto por toda a sua cadeia de fluxo de valor.

Para realização desta pesquisa o problema foi dividido em duas partes, sendo:

1ª Como os princípios enxutos relacionam-se com o processo de melhoria da manufatura?

2ª Como esses princípios enxutos, de forma detalhada e estruturada, podem ser implementados no processo de melhoria da manufatura?

Como os problemas são distintos, resultam-se as seguintes questões:

a) Como representar um *método* de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura?

b) Como um *método* de implementação pode ser utilizado, de forma a agregar valor, no processo de melhoria da manufatura?

1.3. Objetivos da pesquisa

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo desta dissertação de mestrado é fornecer um *método* de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura de produtos ou família de produtos, buscando-se obter ganhos significativos no produto final que abranja toda a sua cadeia de fluxo de valor. O *método* sugerido apoia-se no resultado dos seguintes objetivos específicos relatados a seguir.

1.3.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos que motivaram esta pesquisa são:

- Identificar um contexto que auxilie na implementação dos princípios enxutos no processo de melhoria da manufatura;
- Identificar um *método* que auxilie na implementação de um sistema de manufatura que ofereça a possibilidade da melhoria de produtos fabricados;
- Analisar as práticas de manufatura adotadas e compará-las com os princípios enxutos identificando oportunidades de melhoria;
- Identificar as mudanças obtidas.

1.4. Justificativas

A *globalização* é um fenômeno gerado pela necessidade da dinâmica do capitalismo de formar uma aldeia global que permita maiores mercados principalmente aos países centrais (ditos desenvolvidos), cujos mercados internos já estão saturados, impactando diretamente em diversas áreas da sociedade, principalmente na indústria.

A competitividade frequente e acirrada entre as empresas tornou-se uma característica na busca pela conquista de ampliar seus mercados, satisfazendo as necessidades e expectativas dos clientes. Alinhado a esse objetivo as empresas correm insaciavelmente atrás de mecanismos que aumentem a sua produtividade. Dessa forma justifica-se o emprego de um *método*, que contemple práticas que resultem na eliminação de desperdícios, utilização de menos recursos e aumento da qualidade de produtos. Pressupostos enxergados com bons olhos pelas organizações.

O *método* proposto além de abranger o conceito de *lean manufacturing* incorpora o conceito de ver e enxergar (VSM). Bibliografias diversas citam a aplicação dos princípios enxutos em sistemas produtivos, mais nenhum contempla uma forma detalhada e estruturada, onde as pessoas possam se apoiar (orientar).

O contexto do *método* ajuda ao pesquisador no desenvolvimento do trabalho. Tempos de desenvolvimento despendidos na elaboração, planejamento e implementação de estudos de aplicação de princípios enxutos poderão ser eliminados ou minimizados com a adoção do *método* elaborado.

A vantagem de se adotar um *método* estruturado como receita (roteiro) está vinculado à hipótese de se abranger praticamente todos os pontos-chaves para uma implementação de sucesso dos princípios enxutos, não pulando etapas importantes e chamando a atenção para cada objeto tratado individualmente e independentemente, para que não se perca o foco de estudo em questão.

O *método* proposto tem como objetivo destacar e subdividir a implementação dos princípios enxutos em fases, passos e etapas que abrangem três pontos-chaves: eliminação de desperdícios, melhoria do fluxo de material e de informação e, inovação de etapas e processos de

manufatura. Visando o aumento da produtividade e qualidade do produto, uma vez que além dos custos de produção, outros *critérios competitivos* estão sendo amplamente adotados no mercado. Dentro estes critérios, um dos mais relevantes é o de desempenho da qualidade do produto alongo prazo. Isso porque o preço de mercado muitas vezes já está estabelecido, se tornando um diferencial o requisito mencionado.

A pesquisa foi aplicada para análise e avaliação da melhoria da manufatura de um sistema produtivo em uma fábrica de hidrômetros, contribuindo com resultados qualitativos e quantitativos.

1.5. Método de estudo

O objeto de estudo realizado nesta dissertação trata-se de uma pesquisa de finalidade aplicada. Objetiva exploratória, utilizando-se de procedimentos bibliográficos, de natureza quantitativa e qualitativa, realizada em campo através da aplicação do *método* desenvolvido, com procedimento de coleta de dados através do método pesquisa-ação.

O pesquisador se apóia no uso da metodologia de pesquisa-ação, ou seja, o pesquisador atua no campo da pesquisa havendo a sua interação com o objeto de estudo e a colaboração dos agentes envolvidos na análise do problema.

Houve a possibilidade de se estudar o emprego de novos equipamentos, dispositivos, *layout*, métodos de controle da produção, células individuais, entre outros. Pois com o passar do tempo processos, produtos e métodos sofrem alterações ficando sujeitos a se distanciarem das necessidades de qualidade, segurança, custo, flexibilidade, mercado e produtividade, se tornando obsoletos.

1.6. Estrutura da dissertação

Esta dissertação é composta por cinco capítulos.

A figura 1.1 ilustra a forma em que o trabalho foi estruturado.

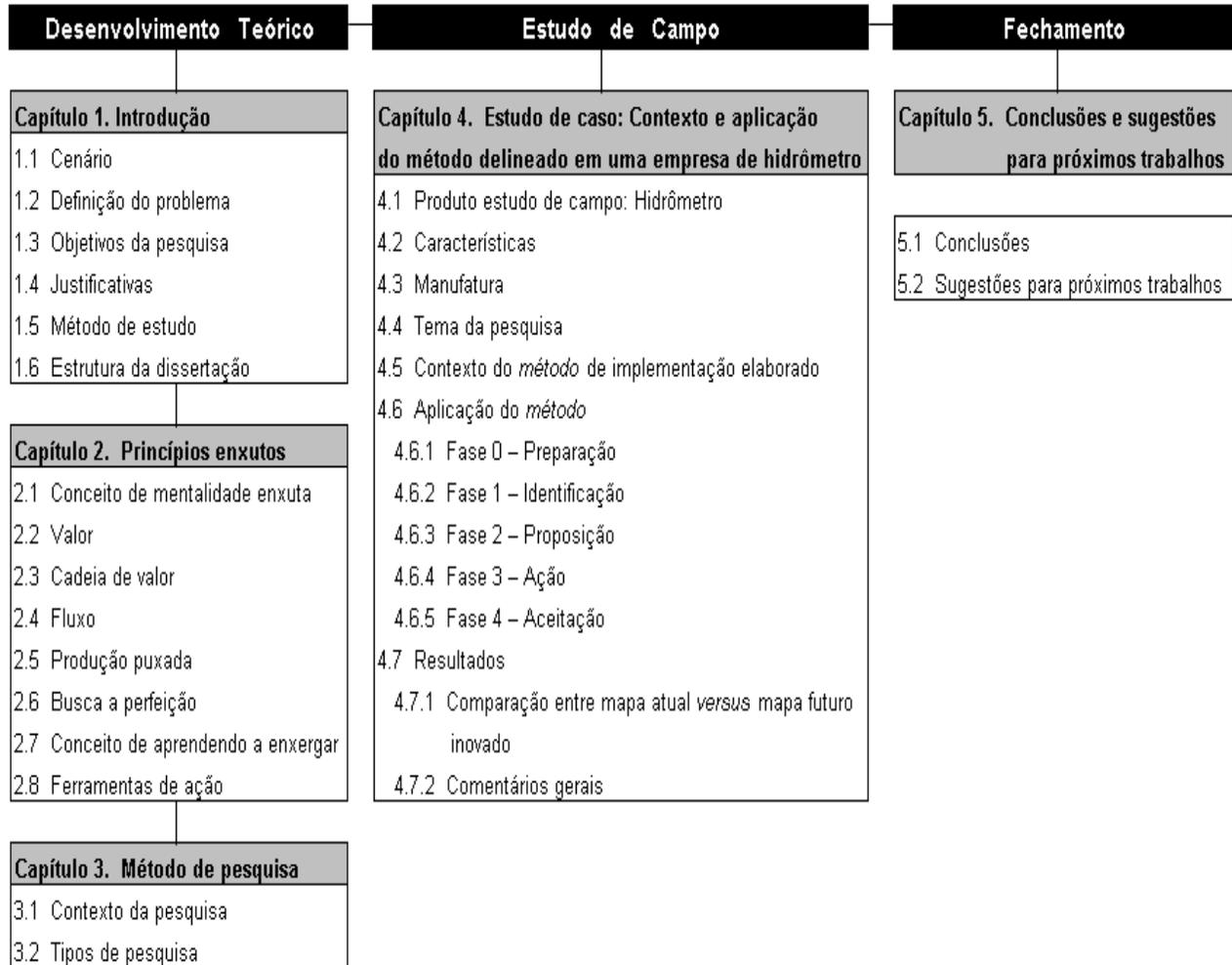


Figura 1.1: Estrutura da dissertação

O capítulo 1 relata o *escopo da dissertação*. Comenta sobre o cenário de mercado que motivou à pesquisa, os objetivos delineados, o método de estudo utilizado, entre outros.

O capítulo 2 aborda uma *revisão sucinta da literatura*, que engloba os conceitos de manufatura enxuta. Cita várias ferramentas de ação utilizadas para apoiar as pessoas envolvidas na pesquisa do aprender a enxergar e da transformação da unidade de negócio.

O capítulo 3 traz o método de pesquisa referencial utilizado para o desenvolvimento do *método delineado*.

O capítulo 4 descreve o *método* elaborado. Comenta sobre o produto utilizado no estudo de caso (hidrômetro) e descreve os setores de produção comumente utilizados nas indústrias para a sua fabricação. Explana sobre a empresa estudo de caso, apresentando passo a passo as fases de implementação desenvolvidas para melhoria de sua manufatura. Transcreve o fluxo de material e de informação no estado atual, no estado futuro de transição e no estado futuro inovado implementado para o produto pesquisado. Por fim apresenta os resultados obtidos, comentários e análises realizadas referente ao *método* aplicado.

O capítulo 5 apresenta as conclusões finais do trabalho, relacionadas aos objetivos inicialmente estabelecidos e as sugestões para próximos trabalhos (estudos futuros).

Na próxima parte dessa dissertação será abordado o referencial teórico que explana sobre os princípios enxutos e algumas ferramentas de ação utilizadas para sua implementação.

Capítulo 2. Princípios Enxutos

2.1. Conceito de mentalidade enxuta

Neste capítulo será abordada uma nova forma de se pensar na manufatura de um produto ou família de produto, para que este seja tratado com sinergia em todas suas etapas que criam valor desde a concepção até o lançamento, do pedido à entrega. Da matéria-prima às mãos do cliente, eliminando-se os desperdícios em busca da perfeição.

Womack e Jones (2004), através do livro “*A máquina que mudou o mundo*” tornou o *Toyota Production System* (TPS) conhecido mundialmente.

Womack e Jones (2004) com “*A mentalidade enxuta nas empresas*” será a referência deste capítulo, abordando o conceito de mentalidade enxuta de forma mais sistêmica e a resumindo em forma de princípios.

A primeira palavra que esse conceito prega é *desperdício*. Seu significado especificamente no meio traduz que qualquer atividade humana que absorve recursos como mão-de-obra, material, medições, máquina, meio ambiente ou métodos, mas não cria nenhum *valor* é denominado *desperdício*. É um gasto extra que eleva os custos normais do produto ou serviço sem trazer qualquer tipo de melhoria para o cliente.

Há uma vacina contra o *desperdício*, a aplicação do conceito de *Mentalidade Enxuta*. Este proporciona um meio de se especificar o *valor*, alinhar as atividades que acrescentam algo ao cliente, conduz essas atividades sem interrupção quando solicitadas e executa-as unitariamente ou em pequenos lotes de forma padronizada.

Em resumo, pensamento enxuto é entregar ao cliente o que ele realmente deseja a um custo cada vez menor e de forma cada vez mais rápida, utilizando-se de menos recurso humano, equipamentos, espaço e tempo.

Ohno (1997) comenta que o sistema TPS também é um meio de tornar o trabalho mais satisfatório, porque oferece retorno imediato sobre os esforços despendidos para tornar o *desperdício* em valor. Afirma ainda que a identificação dos *desperdícios* seja o caminho para a melhoria contínua do sistema e os classifica em sete tipos¹.

Numa empresa *lean*, estes sete (7) tipos de *desperdícios* são objetos de perseguição sem fim pela sua eliminação. Aprender a enxergar é a chave para começar a jornada de transformação da organização.

A figura 2.1 retrata os sete *desperdícios* identificados por Ohno.



Figura 2.1: Sete desperdícios identificados por Ohno

Fonte: adaptado da comunidade *Lean Thinking* (2008)

¹ Atualmente alguns autores já salientam a necessidade de se atentar ao descarte do 8º desperdício, que se refere ao talento humano. Trata das idéias não aproveitadas pela falta de oportunidade em deixar os empregados se manifestarem ou menosprezo pelo que disseram.

A seguir segue descrição sucinta dos *desperdícios* elencados.

1. **Excesso de produção:** está relacionada ao fato de se produzir mais do que o requerido pela demanda dos clientes ou por produzir em um ritmo acima do necessário. Portanto, dentro do TPS a produção deve ser sustentada pela filosofia *Just-In-Time* (JIT), que significa produzir peças ou produtos exatamente na quantidade requerida, quando requerida, e não antes disso.

2. **Espera:** é a atividade de ter que esperar para processar determinada peça, o que constitui em desperdício. Ohno (1997) cita que existem dois tipos de espera: as de processo e as de lotes. *Espera do processo* ocorre quando um lote inteiro de itens não processados permanece esperando enquanto o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado; ou quando há acumulação de estoque excessivo a ser manufaturado ou entregue. *Espera do lote* ocorre quando durante as operações ou processamento de um lote, o lote inteiro, com exceção da parte que esta sendo processada, encontra-se parada (esperando). Aguardando a peça processada, outras para ser trabalhada ou ainda o restante do lote para prosseguir.

3. **Transporte desnecessário:** esse elemento é de grande importância na produção devido ao seu envolvimento com as entregas aos clientes, de peças e materiais dos fornecedores e entre os processos envolvidos no chão-de-fábrica (OHNO, 1997).

4. **Processo desnecessário:** a atividade de acrescentar ao processo mais trabalho ou esforço do que requerido pelas especificações dos clientes também deve ser tratada como desperdício. O valor deve ser criado pelo produtor, e o cliente deve enxergá-lo e querer pagar por ele. Dessa forma, o “pensamento enxuto” deve começar com uma tentativa consciente de se definir precisamente o valor nos produtos.

5. **Estoque desnecessário:** quando ocorre excesso de fornecimento de peças entre os processos ou muitas peças são entregues pelos fornecedores com o intuito de abastecer a fábrica, ocorre o que se chama de *Inventário*. Esse estoque exige capital de giro para sua manutenção, gera custo, caracteriza dinheiro parado (perdas). Quanto maior o inventário, maior o *desperdício*.

6. **Defeito:** pode-se dizer que este item está entre os piores fatores de desperdício, pois os mesmos podem gerar retrabalho, custo de recuperação ou mesmo a perda do material. Além do

risco de se perder clientes os produtos devem ser manufacturados de forma correta logo na primeira vez, caso contrário será adicionado tarefas desnecessárias para sua finalização.

7. **Movimento desnecessário:** este item está relacionado à desorganização do ambiente de trabalho (*layout*). As movimentações dentro do setor produtivo devem ser aquelas que são necessárias para o processamento de atividades. Muitas vezes essas movimentações podem ser reduzidas, agrupadas ou até mesmo eliminadas. O ideal para a produção é que as atividades de movimentação sejam realizadas sem comprometimento do ciclo produtivo e do rendimento do operador.

2.2. Valor

O ponto crítico de partida para a mentalidade enxuta é o valor. O valor é criado pelo fornecedor usando como referência o ponto de vista do cliente. Quando o cliente recebe seu produto (um bem ou serviço) o valor é medido, levando-se em conta principalmente sua satisfação quanto às necessidades atendidas, preço e prazo de entrega.

Pereira et al. (1997) lembra que Taylor e Ford fizeram com que o sistema americano de produção fornecesse grandes séries de produtos idênticos, porém restritos aos seus clientes. Julgavam importante o quantitativo.

Fine (2001) aponta que a necessidade de se coordenar de forma simultânea o sistema de produção, desenvolvimento de produtos e a cadeia de valor, faz com que as empresas sempre estejam em desenvolvimento de vantagens competitivas.

Para se bem especificar o valor é muito importante determinar o *custo-alvo*. O *custo-alvo* reflete a quantidade de recursos necessários e o esforço requerido para se produzir um bem ou um serviço especificado.

Como o *custo-alvo* em empresas enxutas é muito abaixo dos custos dos competidores, a empresa enxuta tem outras maneiras de aumentar seu lucro e abranger uma maior fatia de mercado como:

- Reduzindo preços: o que é outro meio para aumentar o volume de vendas, obtendo lucro no volume e também se utilizando dos recursos liberados;

- Adicionando mais características ou serviços ao produto físico;
- Expandindo a rede de distribuição e serviço.

Martins (2003) cita que depois que todo *desperdício* foi removido do processo é muito importante se determinar o custo satisfatório ao cliente e aceitável ao investidor, denominado de *custo-alvo*.

Womack e Jones (2004) ressaltam que uma vez que o valor tenha sido especificado as empresas devem continuamente agendar uma nova reavaliação sobre o bem ou serviço tratado, visando melhorias com suas equipes, realizando o chamado *Kaizen* como denominado pelos japoneses.

Kaizen é traduzido como uma prática de melhoria contínua ao fluxo de valor como um todo ou somente a parte dele, onde equipes são formadas visando mudança de paradigma.

2.3. Cadeia de valor

Womack e Jones (2004) comentam que a *cadeia de valores* é um conjunto de todas as atividades específicas necessárias para projetar, pedir e oferecer um produto específico (seja ele um bem, um serviço, ou ambos). Da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, e da matéria-prima às mãos do cliente.

Esse conjunto de atividades passa através de três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio, sendo:

- Tarefa *solução de problemas*: que vai desde a concepção do produto através do detalhamento do projeto e engenharia ao lançamento da produção;
- Tarefa *gerenciamento da informação*: que vai desde o recebimento do pedido através da programação detalhada até a entrega;
- Tarefa *transformação física*: que se inicia com a matéria-prima até o produto acabado nas mãos do consumidor.

Sendo assim, o pensamento enxuto deve ir além da empresa, e olhar o todo. A identificação da *cadeia de valor inteira* para um produto ou família de produtos revela quase sempre grande e até surpreendentes *desperdícios*.

A *empresa enxuta* é uma reunião de todas as partes interessadas na criação de um canal através da cadeia de valores, expelindo para fora todo o *desperdício*.

Campos (2008) salienta que um *desperdício* que ocorre com certa frequência é a escolha da logística errada ou a não escolha, fazendo com que o processo de entrega dos fornecedores seja comprometido, prejudicando toda a cadeia.

Rother e Shook (2005) consideram que a representação dos fluxos de material e de informação é imprescindível para se enxergar o que agrega ou não valor, desde a matéria-prima até o produto acabado².

A figura 2.2 apresenta um exemplo da divisão das proporções das ações despendidas nas atividades pelos operadores de uma empresa considerada *World Class Manufacturing* (WCM).



Figura 2.2: Proporção das ações despendidas nas atividades de uma empresa WCM

Fonte: Hines e Taylor (2000)

Observa-se que as ações tipo 1, aquelas que realmente *criam valor* tal como é percebido pelo cliente, ou seja, operações que transformam a matéria-prima modificando a sua forma e qualidade se resume em dezessete por cento.

² Princípio do mapeamento do fluxo de valor, que será abordado mais adiante.

As ações tipo 2, aquelas que *não criam valor mas que são necessárias* para o desenvolvimento do produto, para o preenchimento de pedidos ou sistemas de produção e que portanto não podem ser eliminadas no momento, equivalem a quarenta e seis por cento. Dentre essas operações se encontram as movimentações para se alcançar às peças, desembalar caixas, operações manuais de comandos de equipamentos, entre outras.

As ações tipo 3, aquelas que *não criam valor nenhum*, portanto são *desperdício* devem ser eliminadas imediatamente. Representam um montante de trinta e oito por cento. Dentre estas operações se encontram os estoques intermediários entre operações, esperas, reabastecimento, movimentação do produto, entre outras.

Bauch (2004) menciona que o objetivo inicial na criação do mapa da cadeia de valores é identificar cada ação necessária para projetar, pedir e fabricar um produto específico. Sendo classificado nas três categorias de ações citadas anteriormente.

Hines e Taylor (2000) descrevem que em uma empresa tradicional, diferentemente da empresa descrita na figura 2.2, a composição das atividades que agregam valor em um ambiente de produção de bens representa somente cinco por cento do total, ações tipo 1. Trinta e cinco por cento são necessárias, porém não agregam valor, ações tipo 2. E sessenta por cento não agregam valor algum, ações tipo 3. A figura 2.3 mostra a participação de cada um dos tipos de atividades em uma empresa tradicional.

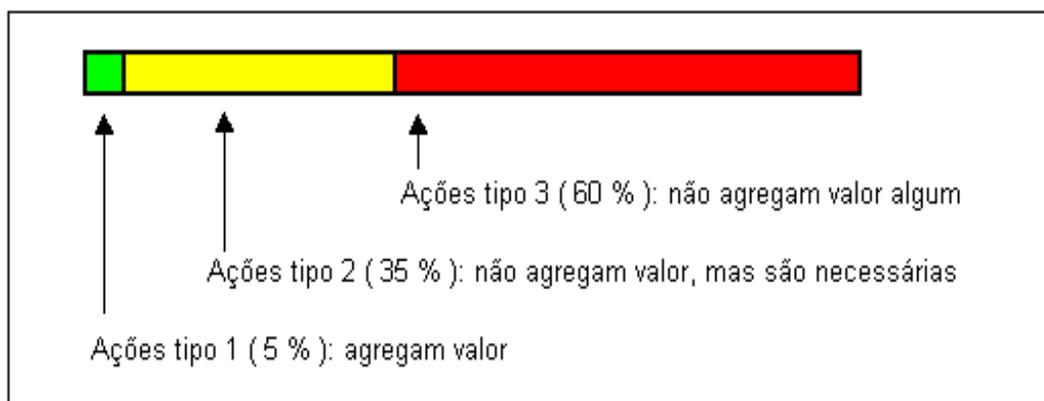


Figura 2.3: Composição das atividades que agregam e não agregam valor

Fonte: Adaptado de Araújo (2004); Hines e Taylor (2000)

De uma forma geral quando ações do tipo 3 já estiverem quase extintas o caminho estará livre para se trabalhar nas etapas 2 e 1, através da aplicação de técnicas que serão vistas adiante como: Fluxo, Produção Puxada e Perfeição.

2.4. Fluxo

Womack e Jones (2004) destacam que *fluxo* é a realização progressiva de tarefas ao longo da cadeia de valor para que um produto passe da concepção ao lançamento, do pedido à entrega e da matéria-prima às mãos do cliente sem interrupções, refugos ou retrabalhos.

Womack e Jones (2004) enfatizam que para isso é necessário aprender a fazer um sistema troca-rápida de ferramentas de um produto para o próximo. Também se determinar o dimensionamento das máquinas de modo que as fases do processo de diferentes tipos possam ser efetuadas imediatamente, uma seguida à outra, de tal modo que o produto manufaturado seja conservado em *fluxo contínuo*. Permaneça sem movimentos perdidos, sem interrupções, sem lotes nem filas.

Ghinato (2000) ressalta que o *fluxo contínuo* resume-se na movimentação de um item ou de pequenos lotes por vez, ao longo de uma série de etapas de processamento contínuo, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido.

Todavia a sincronização do *fluxo de peças unitárias* onde a produção e movimentação ocorrem por um item por vez, continuamente, vindo a acabar com as esperas interprocessos é denominada *Single-Piece-Flow* ou *One-Piece-flow* (fluxo unitário contínuo).

Dessa forma o *estoque em processo* WIP (*Work-in-Process*) é minimizado, aumentando o fluxo de produção e reduzindo o tempo de passagem da peça pelas células (*lead time*), diminuindo o prazo de entrega aos clientes.

A figura 2.4 demonstra a produção tradicional *versus* fluxo unitário contínuo. Observa-se que no fluxo contínuo os estoques entre processos foram extintos e as etapas agrupadas.

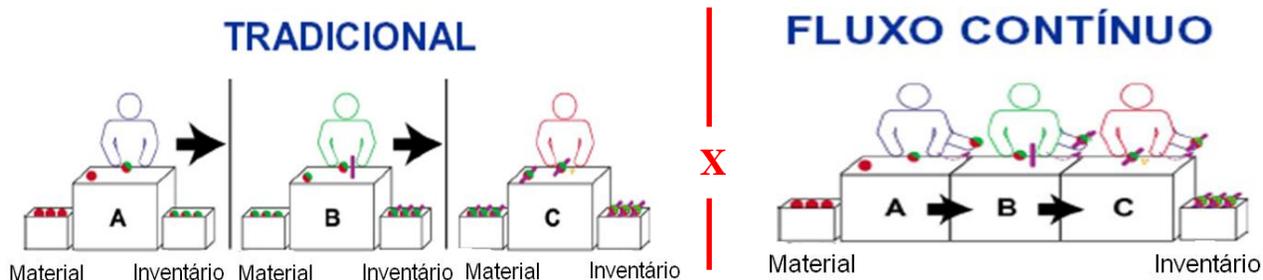


Figura 2.4: Fluxo de produção tradicional *versus* fluxo unitário contínuo

Fonte: Ghinato (2000)

Para ajudar na criação de um fluxo contínuo, em um processo que possui várias etapas distintas e múltiplas funções realizadas por diversos operadores, usa-se adotar o balanceamento das operações.

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. A realização do trabalho padrão da atividade é um recurso muito utilizado para se balancear o tempo de execução de uma tarefa, realizada por operadores distintos, minimizando grandes oscilações. A figura 2.5 ilustra um modelo de balanceamento tradicional.

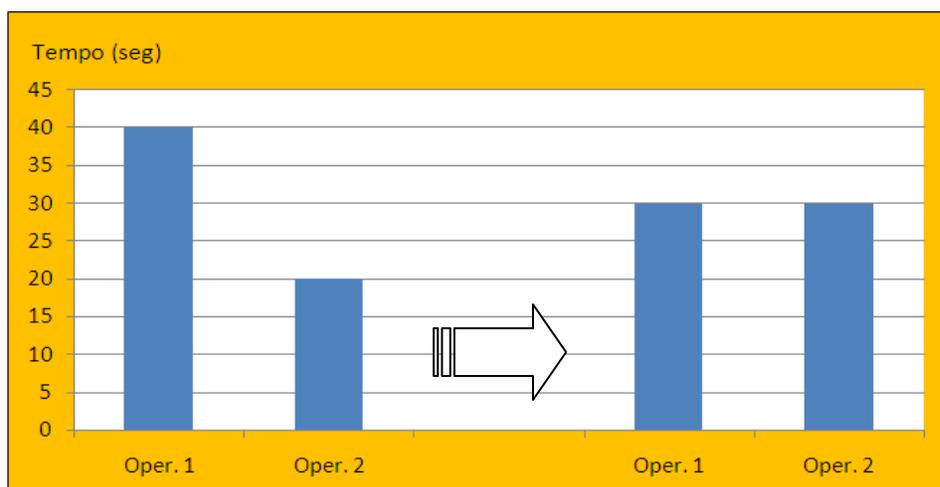


Figura 2.5: Balanceamento de operações tradicionais

Fonte: Ghinato (2000)

Observa-se a esquerda da figura 2.5, que o operador um executa uma atividade com tempo de ciclo correspondente a 40 segundos e o operador dois, executa outra atividade com tempo de ciclo de 20 segundos. Supostamente através do estudo das atividades conseguiu-se transferir um tempo equivalente a 10 segundos do operador um para o operador dois. Gasto, por exemplo, com a descarga do produto trabalhado em seu equipamento, que passará a ser realizada pelo operador dois. Dessa forma ambos passaram a ter a mesma carga de tempo de ciclo de trabalho (30 segundos), vindo a ocorrer o balanceamento das atividades demonstrada no lado direito da figura.

2.4.1. Técnicas de fluxo

Womack e Jones (2004) enfatizam que as técnicas de fluxo se baseiam em três passos. Primeiramente quando o valor é definido e a cadeia de valor identificada, ou seja, focar o projeto ou pedido específico e o próprio produto.

O segundo passo é ignorar completamente os limites tradicionais de empregos, carreiras e funções (frequentemente organizadas em departamentos) e voltar-se para empresas unidades de negócio tornando a *empresa enxuta*, removendo todos os impedimentos para o fluxo contínuo de um produto específico ou de uma família de produtos.

O terceiro passo é repensar as atividades específicas e escolher ferramentas para eliminar retrabalhos, sucateamento e paradas de todo o tipo. De modo que o projeto, o pedido e a produção de um produto específico possam ocorrer continuamente.

2.4.2. Aplicação das técnicas de fluxo

Womack e Jones (2004) comentam que a chamada abordagem enxuta consiste em criar equipes dedicadas para cada produto com todos os conhecimentos necessários capazes de especificar o seu valor, analisando toda a sua cadeia de fluxo, reunidas em uma única sala.

Com a equipe dedicada a especificar corretamente o valor e eliminar o retrabalho o projeto praticamente nunca para, movendo-se sempre para frente até que esteja totalmente em produção. Isso reduz o tempo de desenvolvimento e o esforço pela metade ou mais, obtendo-se mais produtos com um índice de acerto que correspondam às necessidades dos clientes.

Equipes dedicadas pequenas repercutem em um melhor resultado ao desenvolvimento de produtos específicos, pois é possível verificar que os profissionais subitamente descobrem que cada um pode cobrir com sucesso um escopo muito maior de tarefas do que jamais lhe tinha sido permitido anteriormente.

E por que isso acontece? É fruto da liberdade ampla e total de atuação que a equipe tem, não são limitadas as atividades e tarefas vinculadas ao seu cargo ou unidade que representam.

2.5. Produção puxada

Womack e Jones (2004) definem que a habilidade de toda cadeia de valor em somente produzir um bem ou serviço a menos que o consumidor posterior no fluxo o tenha pedido é denominado de Produção Puxada.

O consumidor passa a ser o peixe da vara de pescar, pois fiska a isca e somente depois são realizadas as etapas anteriores. O *puxar do produto* ocorre de maneira inversa, ao invés da empresa empurrar produtos frequentemente não solicitados pelos clientes, só são manufaturados a partir de seu pedido especificado.

Para melhor entender a lógica da produção puxada, imagine um consumidor que ficou surpreso porque acabou de receber em casa uma encomenda de uma caixa de som que não mais é um produto de prateleira atual do fornecedor. Faça um retrocesso das etapas necessárias passo a passo a serem cumpridas pelo fornecedor para que o pedido fosse concebido, ou seja, da entrega em sua porta até o dia em que fez o pedido.

Womack e Jones (2004) citaram como exemplo o caso real de uma pessoa que vai até uma concessionária Toyota e pede um pára-choque de caminhonete ano 90, que já estava fora de linha. A ordem estabelecida na empresa era não fabricar nada até que seja necessário. Quando houver o pedido, então fabrique o produto rapidamente atendendo a técnica da Produção Puxada, que através do sistema era capaz de responder praticamente instantaneamente aos pedidos dos clientes, permitindo a rápida manufatura da peça e conseqüentemente o atendimento rápido ao pedido do cliente.

Para Womack e Jones (2004), a chave desse princípio pode estar relacionado ao próximo nível do sistema, que torna possível se reproduzir pequenos lotes, a busca pela perfeição.

Bauch (2004) comenta que o que esses conceitos na teoria parecem ser de fácil compreensão e entendimento, na prática pode ser mais complicado e pode consumir um tempo razoável de implementação.

2.6. Busca à perfeição

À medida que as organizações começaram a especificar *valor* com precisão, identificaram a *cadeia de valor* como um todo.

Fizeram com que os passos para a criação de valor *fluísem* continuamente e deixassem com que os clientes *puxassem* o valor da empresa, notaram que o que parecia intangível reluzia. Pois com a redução de esforços, tempos, espaço, custo e retrabalho; o produto final se aproximava cada vez mais do que os clientes realmente queriam, surgindo *a busca à perfeição*.

Womack e Jones (2004) enfatizam que a forma final de enxergar é trazer a busca à perfeição para uma visão clara, de modo que os objetivos de melhoria sejam transparentes e reais para a empresa inteira.

A transparência em tudo é o princípio chave. A política de preparação opera como um processo aberto para alinhar as pessoas e recursos com as tarefas de melhoria.

Resume o conceito de *Mentalidade Enxuta* os cinco princípios, as cinco idéias poderosas: valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e busca à perfeição.

A correta conceituação desses princípios é fundamental para o contexto deste trabalho, pois esses princípios representam a forma sistemática de se buscar à perfeição.

A seguir será visto com clareza os caminhos para se chegar a um mapa de estado futuro da manufatura de um produto, cuja etapa é a principal para o sucesso da implementação da manufatura enxuta.

2.7. Conceito de aprendendo a enxergar

Rother e Shook (2005) relatam que o conceito de *Aprendendo a Enxergar* é uma ferramenta muito poderosa, que ajuda os gestores a aprender a enxergar e a transformar suas unidades de negócio. Permite o delineamento de um Mapa de Fluxo de Valor com foco na eliminação dos desperdícios existentes e a busca à perfeição do fluxo, que agregue valor e ajude de forma determinante o sucesso da implementação da manufatura enxuta.

Nas empresas competitivas de todo o mundo há uma busca constante na inserção de um processo de transformação utilizando-se da filosofia da manufatura enxuta e de algumas outras técnicas sugeridas, como o *Kaizen*, o JIT, o *Kanban* entre outras.

Rother e Shook (2005) abordam que o conceito de *Aprendendo a Enxergar* permite através do mapeamento do fluxo de valor de um produto ou famílias de produtos que se enxergue de dentro para fora, ou seja, abrangendo todos os dados contidos na cadeia de fluxo de valor.

A identificação do *Mapa de Fluxo de Valor* correto ajuda na eliminação de *desperdícios* muitas vezes não solucionados através de ataques contínuos e rotineiros de *Kaizen* ou melhorias contínuas. O *Mapa de Fluxo de Valor* tem condições de mostrar aos gerentes, engenheiros, operadores, programadores, fornecedores e consumidores como enxergar o *valor*, diferenciando *valor* de *desperdício*. Assim, se consegue ajudar os domínios confusos e esquecidos dos bastidores da organização a eliminar o fantasma do *desperdício* e a construir uma completa cadeia de valor de acordo com os princípios enxutos.

2.7.1. Conceito de mapa de fluxo de valor

O mapa de fluxo de valor ou *Value Stream Mapping* (VSM) relata o estado atual do fluxo de seu produto dando condições a uma visão de projeto de um estado futuro, onde os esforços correrão na eliminação de *desperdícios* ainda existentes, redução de tempos e flexibilidade do sistema para atendimento ágil da necessidade do cliente.

Rother e Shook (2005) descrevem que a ferramenta utilizada para obtenção de um *mapa de fluxo* é essencialmente o lápis e o papel, cuja função é registrar e ajudar a enxergar todo o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor.

A figura 2.6 ilustra o conceito para se desenhar um mapa de fluxo de valor.



Figura 2.6: Mapeamento do fluxo de valor.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2005)

Tapping et al. (2002) avaliam que o mapa de fluxo de valor considera o sistema todo, não só os processos individuais que aperfeiçoam as partes envolvidas, focalizando a melhoria do todo. Isso requer extrapolar seus limites e percorrer o caminho onde o produto atravessa, por várias empresas, antes de chegar ao braço do consumidor final.

A realização desse processo repetida vezes é o caminho mais simples para o aprendizado de como enxergar o valor e especialmente as fontes de *desperdício*. A figura 2.7 mostra alguns exemplos de ícones que podem ser utilizados no traçado de um mapa do fluxo de valor.

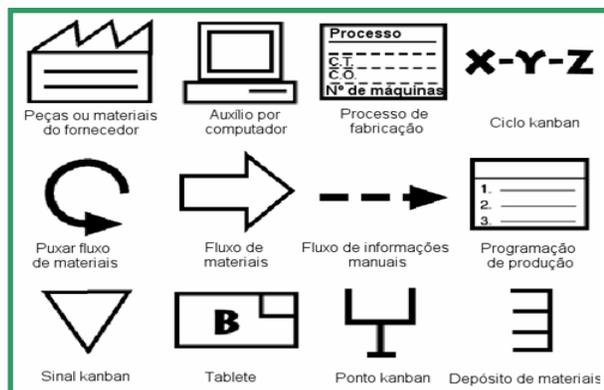


Figura 2.7: Ícones para desenho do mapa de fluxo de valor

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2005)

Esses ícones ilustram várias situações como: fluxo de materiais, depósito, ponto *Kanban*, informações eletrônicas do fluxo, entre outras.

No fluxo total de valor Rother e Shook (2005) relatam que há dois fluxos que caminham paralelamente. Um é o *fluxo de material*, que representa o fluxo do produto físico dentro da fábrica. O outro é o *fluxo da informação*, que representa o fluxo dos dados que dizem a cada processo o que manufaturar ou realizar em seguida.

Ambos os fluxos fazem parte do mesmo produto, devendo ser mapeados para obtenção global de todos os caminhos do todo, figura 2.8.



Figura 2.8: Fluxo de Produção

Fonte: Rother e Shook (2005)

A representação transmitida através da figura 2.8 é que como o pedido inicia-se no cliente e depois vem descendo a cadeia passando por todos os envolvidos até chegar no fornecedor, o fluxo de informação flui no sentido anti-horário. Já o fluxo de material inicia-se no fornecedor e termina com o produto nas mãos do cliente, portanto fluindo no sentido horário.

2.7.2. Mapa do estado atual

O mapa de estado atual deve retratar todo o fluxo de material e informação do produto, bem ou serviço. Todos os setores de produção e suas etapas envolvidas. Os tempos despendidos em cada atividade, bem como os estoques observados. Os caminhos da informação desde o pedido do cliente, entre os setores de produção, até chegar aos fornecedores.

Muitas pessoas são envolvidas na implementação enxuta e todas devem entender o mapeamento do fluxo de valor para estarem aptas a enxergar o mapa de estado atual.

O mapa de estado atual esboçado permite a *visão* completa da cadeia de fluxo de valor. Ajuda a enxergar o todo e a idealizar um fluxo ideal ou ao menos melhorado.

A figura 2.9 mostra um exemplo de mapa de fluxo de valor em seu estado atual. Retrata como caminha o fluxo de informação e de material por toda a cadeia. Fornece também alguns dados de cada setor de produção e as ilhas de materiais parados entre processos.

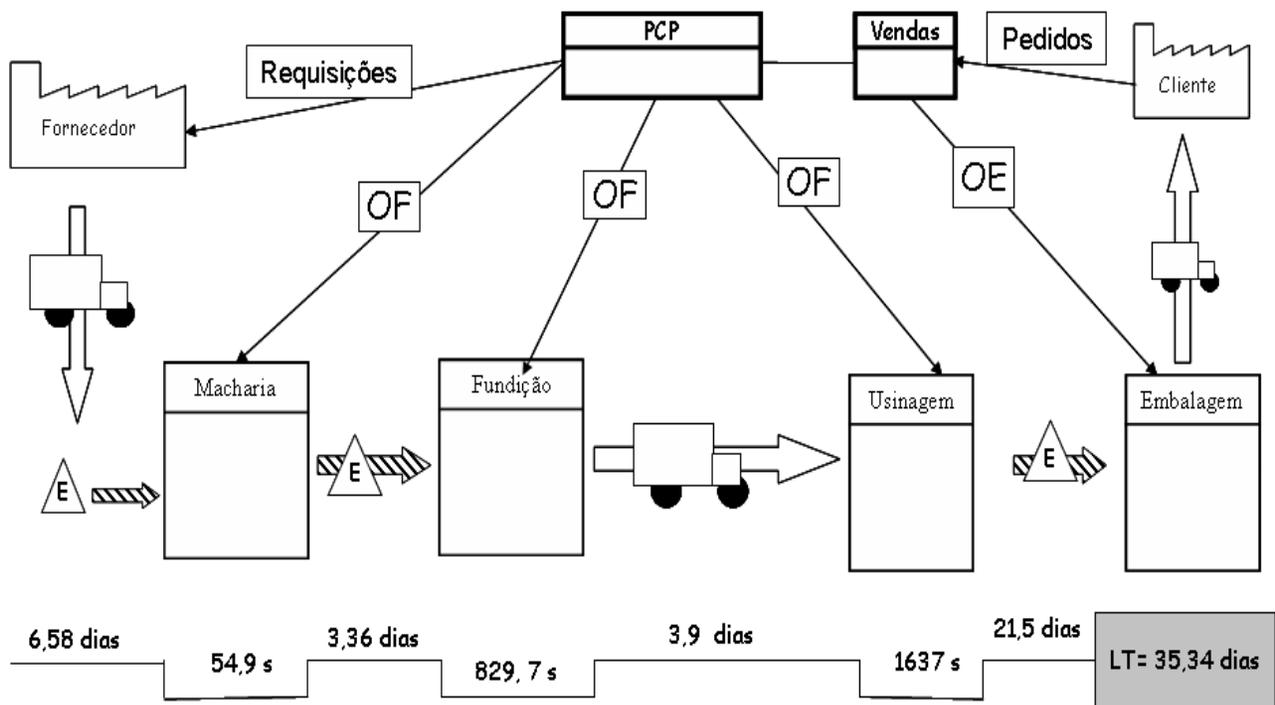


Figura 2.9: Exemplo de um mapa de fluxo de valor – Estado Atual

Fonte: EESC – USP (2008)

Observa-se que a parte superior do mapa retrata como caminha o fluxo de informações na cadeia de fluxo de valor desde o solicitante até o fornecedor. No meio do mapa aparecem os setores, etapas, volumes de produtos, operadores envolvidos em cada processo e tempos despendidos para atendimento do pedido, representando o fluxo do material. A parte inferior

aparece à soma dos tempos que agregam valor (tempos de ciclo de trabalho do produto) e os tempos que não agregam valor (tempos em que o material se encontra parado, estoque); independente por etapas, representando o *lead-time* de produção despendido para atendimento da solicitação.

2.7.3. Mapa do estado futuro

Rother e Shook (2005) afirmam que o objetivo do *mapa do estado futuro* é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes por meio de fluxo ou puxada. Sendo assim, cada processo tende a se aproximar ao máximo possível de produzir apenas o que os clientes solicitam e quando precisam, destacando as fontes de *desperdício* e eliminando-as.

A figura 2.10 mostra o mapa atual anterior agora em seu estado futuro. Retrata seus novos dados e como caminha o fluxo agora o fluxo de informação e de material por toda a cadeia.

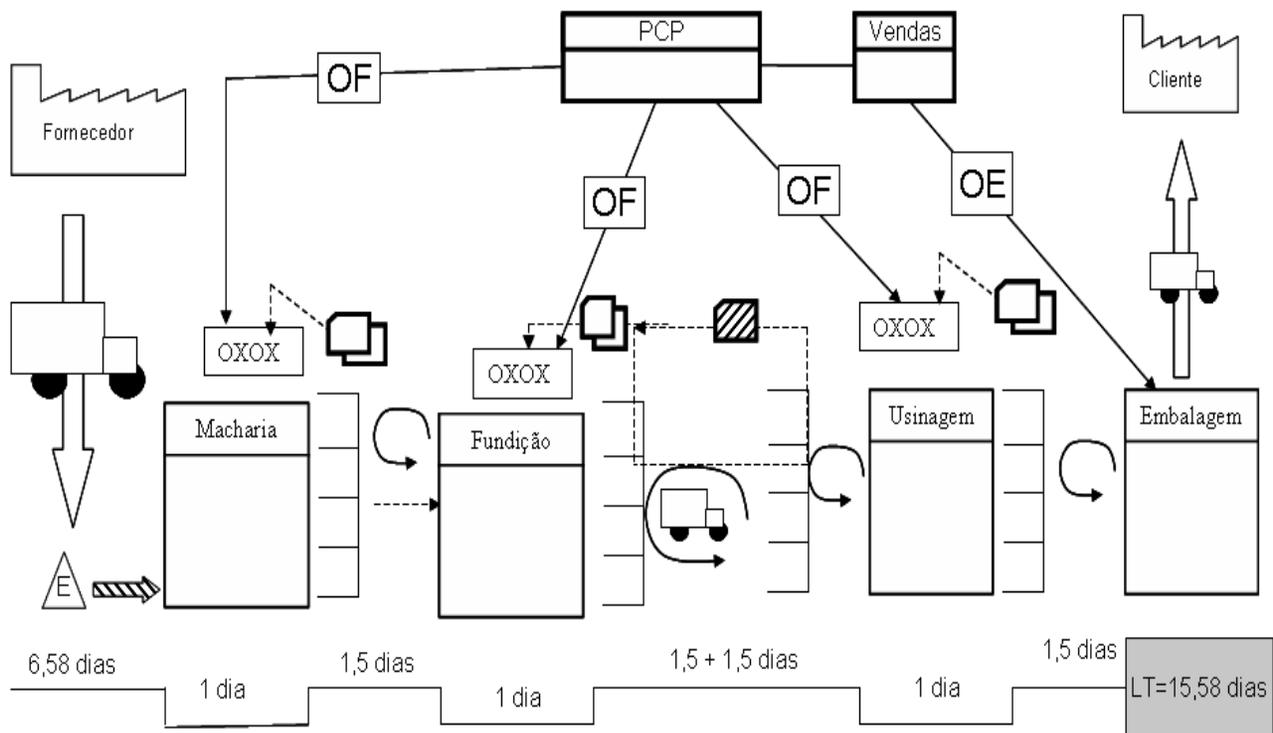


Figura 2.10: Exemplo de um mapa de fluxo de valor – Estado Futuro

Fonte: EESC – USP (2008)

Rother e Shook (2005) ressaltam que essas fontes de desperdício em um primeiro instante devem focar as iterações subsequentes aos itens de produto, projeto, tecnologia e localização. Pois esses itens estão diretamente relacionados ao projeto inicial do produto que incluem as máquinas e equipamentos para realização das atividades de manufatura.

Uma lista de questões a serem realizadas como apoio para o desenho do mapa de estado futuro é descrita a seguir, devendo-se desenhar diretamente no mapa as idéias relativas às respostas fornecidas, trabalhando-as em seguida para sua conclusão.

1. Relativo à Demanda:

- Qual é o tempo *takt*, baseado no tempo de trabalho disponível nos processos posteriores que estão mais próximos do cliente?
- Como se produzirá para o supermercado de produtos acabados? De acordo com as puxadas dos clientes ou diretamente para a expedição?

2. Relativo ao Fluxo de Materiais

- Onde se pode usar o fluxo do processo contínuo?
- Onde precisará introduzir os sistemas puxados com supermercados a fim de controlar a produção dos processos anteriores?

3. Relativo ao Fluxo de Informações

- Em que ponto da cadeia de produção o processo puxador programará a produção?
- Como será nivelado o *mix* de produção no processo puxador?
- Qual incremento de trabalho será liberado e retirado uniformemente do processo puxador?

4. Relativo às Melhorias de Apoio

- Quais melhorias de processo serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do projeto do estado futuro?

Rother e Shook (2005) comentam que o mapeamento e a equipe de identificação do estado futuro precisam ser liderados por alguém que possa enxergar através das fronteiras dos fluxos de valor de um produto, uma pessoa que fuja das ilhas isoladas, estabelecendo assim a criação da figura do *gerente de fluxo do valor*.

A figura 2.11 retrata o engajamento a ser praticado pelos membros da linha de frente e alta administração de uma empresa para melhoria do fluxo de valor.



Figura 2.11: Melhoria do Fluxo de Valor

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2005)

A figura também ilustra que como metas a alta administração e o pessoal da linha de frente das organizações devem ter o comprometimento da melhoria constante do fluxo de valor e a eliminação de *desperdícios* através do uso frequente da realização de *Kaizen do fluxo*, que foca o fluxo de material e da informação e de *Kaizen do processo*, que objetiva a eliminação de desperdícios existentes no fluxo das pessoas e dos processos.

a) Atingindo o estado futuro

O estado futuro idealizado em razão da análise do fluxo de valor é somente o resultado da aplicação de uma ferramenta, cujo fundamento é proporcionar o deslumbramento de uma situação futura de seu mapa atual avaliado.

Rother e Shook (2005) sustentam que se o mapa de estado futuro desenhado não for implementado em um curto período de tempo este perde sua validade, pois os dados colhidos utilizados como subsídios para levantamento do mapa de estado futuro poderão se tornar irreais.

Para tanto, é recomendável se traçar um plano de trabalho que inclui os seguintes itens:

- Levantamento do mapa do estado atual,
- Desenho do mapa do estado futuro;
- Qualquer mapa detalhado do processo ou *layouts* que são necessários;
- Um plano anual de análise do fluxo de valor.

Além disso, indica-se uma varredura subdividida em etapas, sendo:

1. Particione o mapa de fluxo de valor do estado futuro em segmentos, *loops do fluxo de valor*. Para encará-lo como um processo de construção de uma série de fluxos conectados por uma família de produtos;

2. Os *loops* devem ser denominados como:

a) *Loop* Puxador – Aquele que inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o seu processo puxador, sendo comumente o mais próximo do final do fluxo e aquele que marcará o passo dos *loops* anteriores.

b) *Loops* Adicionais – Antes do *loop* puxador existe o *loop* de fluxo de material e de informação entre as puxadas, que correspondem a cada supermercado do sistema puxado ao final e início do outro *loop* no fluxo de valor. Para facilitar a enxergar os segmentos que compõem o seu fluxo de valor, costuma-se assinalar esses *loops* no mapa de estado futuro para ajudar na tática de dividir em partes administráveis os esforços de implementação.

b) Fluxo de valor enxuto

Defini-se fluxo de valor enxuto aquele que no estado futuro se apresenta o mais próximo do ideal. Para isso muitas vezes deve-se recorrer a uma pessoa experiente, que já tenha realizado

alguns mapeamentos, pois esta experiência é que em muitos casos faz a diferença para que algumas organizações consigam retratar o máximo de melhorias e sucesso na implementação.

Rother e Shook (2005) salientam que um fluxo contínuo completo, com *lead time* suficiente para atender a produção de somente as solicitações de pedidos confirmados e com um tempo de mudança zero para os diferentes produtos existentes no chão-de-fábrica, retrata um mapa de estado futuro adequado.

Especificam que para obtenção de um fluxo de valor enxuto podem ser adotados sete procedimentos, sendo:

1. Fabrique de acordo com as vendas;
2. Adote o fluxo contínuo sempre que possível;
3. Adote supermercado entre processos onde o fluxo contínuo não se aplica;
4. Adote como processo puxador, o último antes de um fluxo contínuo de produção;
5. Fabrique diferentes produtos durante o tempo disponível;
6. Limite à solicitação de produção a pequenos lotes e;
7. Torne realidade à habilidade de fazer "toda peça todo dia".

2.7.4. Plano de implementação

Rother e Shook (2005) destacam que o mapa do estado futuro estando desenhado é prudente se criar um plano anual do fluxo de valor que abrangerá exatamente:

- O que é planejado fazer e quando, etapa por etapa;
- As metas mensuráveis e;
- Os pontos a serem alcançados devem estar claros, prazos reais e as pessoas encarregadas definidas para a tarefa.

Uma das questões mais críticas encontradas é a dúvida de qual deve ser a sequência de inserção ou por onde é que se deve iniciar. Essas abordagens devem ser definidas quando se respondem as questões feitas nos *loops* do fluxo de valor do estado futuro, que são conjuntos formados para estratificar o mapa em partes. Onde se deve atentar para:

1. Onde o processo está bem entendido pelos profissionais atuantes;
2. Onde a probabilidade de sucesso é alta e;
3. Onde se pode prever um grande impacto financeiro, porém atentando aos problemas importantes em questão que precisam ser resolvidos e ao critério anterior.

Destacando os *loops* no mapa do estado futuro, deve-se enumerá-los para sequência de implementação.

Uma estratégia adotada pelo *gerente de fluxo* é iniciar a execução pelo *loop* puxador, pois este sempre começa o mais próximo do cliente final e gradualmente estratificá-lo aos segmentos anteriores.

Normalmente, as melhorias em um *loop* devem seguir a ordem de:

- a) Desenvolver um fluxo contínuo de valor que trabalhe baseado com o tempo *takt*;
- b) Estabelecer um sistema puxado para controlar a produção e;
- c) Introduzir o nivelamento.

Indicadores enxutos de desempenho da manufatura devem ser criados e orientar os membros da equipe enxuta, devendo estes se apoiar nos seguintes princípios:

1. Devem encorajar o comportamento desejado na linha de frente;
2. Devem fornecer informações para a tomada de decisão dos gerentes;
3. O princípio “um” é pré-requisito para o princípio “dois”.

Através da abordagem tornou-se transparente os caminhos a se trilhar para o levantamento do mapa atual e futuro, objetivando-se o sucesso da execução do pensamento enxuto.

2.7.5. Busca ao mapa do estado futuro ideal

Rother e Shook (2005) defendem que para se buscar um mapa de estado futuro ideal deve-se realizar os seguintes passos:

a) Escolha um Produto ou uma Família de Produtos e tenha um líder que cuide pessoalmente dos esforços de mapeamento. Esse será responsável pelo esboço dos mapas;

b) Desenhe o mapa de estado atual através da coleta de informações no chão-de-fábrica, pelo nível "porta a porta" considerando os fluxos;

c) Desenhe o mapa futuro efetivando consultas no mapa de estado atual esboçado;

d) Prepare um plano de ação que transcreva de forma simples e objetiva a forma de implementação de seu mapa de estado futuro;

e) Inicie um novo processo de mapeamento quando um mapa de estado futuro estiver inserido, para uma melhora da cadeia do fluxo de valor.

2.8. Ferramentas de ação

A seguir são descritas algumas ferramentas de ação utilizadas durante a elaboração ou aplicação do modo de implementação da otimização da manufatura proposto.

2.8.1. Kaizen

Ortiz (2009) relata que *Kaizen* é um termo japonês que pode ser interpretado como melhoria contínua do homem. No entanto quando aplicado à empresa é interpretada também como melhoria continuada dos processos de produção e administrativos, buscando a perfeição do processo produtivo. Uma vez que esses necessitam sempre serem aperfeiçoados, após um *kaizen* sempre deverá haver outros, mantendo sempre “aceso” o sistema.

Os principais temas de sugestões para aplicação dessa prática de melhoria são:

- Melhoramentos no próprio trabalho;
- Economia de energia, de materiais, entre outros recursos;
- Melhoramentos no ambiente de trabalho;
- Melhoramentos nas máquinas e processos;
- Melhoramentos nos dispositivos e ferramentas;
- Melhoramentos no trabalho de escritório;

- Melhoramentos na qualidade do produto;
- Idéias de novos produtos;
- Serviços e relações com o consumidor.

Imai (1988) cita através da figura 2.12 de um guarda-chuva, o conteúdo abordado pelo *Kaizen*.

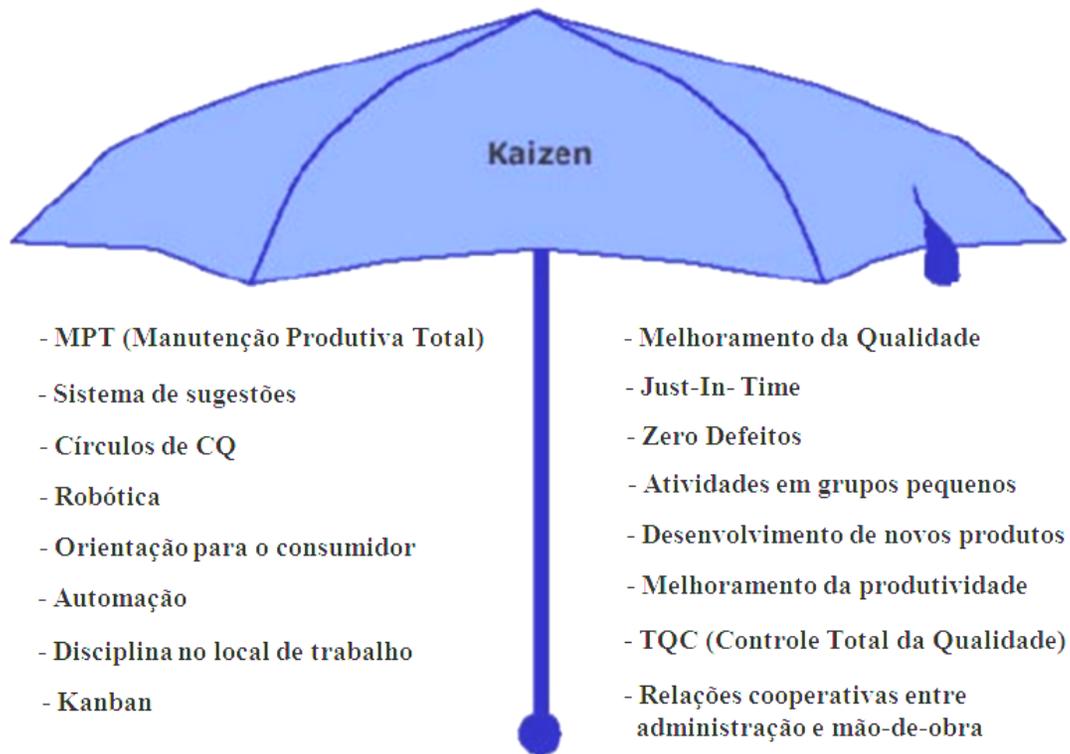


Figura 2.12: Guarda-chuva do *Kaizen*

Fonte: Imai (1988)

O recado da estratégia do *Kaizen* é que nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoria tenha sido feita em algum lugar da empresa.

Costa et al. (2008) destacam que as pessoas têm interesse em estudar as áreas de produção e operação, favorecendo a formação de times de trabalho para estudo de melhorias.

Caughron et al. (2008) comentam que times formados por pessoas mais velhas têm a possibilidade de inovar (melhorar) mais em razão do conhecimento acumulado.

Kratzer et al. (2006) ressaltam que quando equipes são submetidas à solução de problemas complexos são altos os índices de retorno positivo de desempenho criativo, isto influenciado pelo desafio proposto.

2.8.2. Método 5S

Carvalho (2006) comenta que o método 5S é considerado pelos japoneses uma filosofia que tem como preceito organizar e gerenciar o espaço de trabalho, com o intuito de melhorar a eficiência através da eliminação de materiais não mais utilizados, tempos e processos desnecessários; melhorando assim o fluxo de trabalho.

Godoy e Matos (2004) ressaltam que os passos estão divididos em palavras japonesas iniciadas com a letra "S" que compõem os 5S: *Seiri* (descarte), *Seiton* (arrumação), *Seiketsu* (limpeza), *Seiso* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina).

Tapping (2006) salienta que esses novos hábitos devem ser fortemente trabalhados pelos líderes para que os funcionários se comprometam com o sistema. Uma equipe de gerenciamento também deve ser criada para auditorias, com a finalidade de verificar a adesão à padronização e manutenção do padrão, fazendo uso de formulários devidamente elaborados.

Posteriormente os resultados devem ser divulgados para que as pessoas tenham conhecimento dos pontos fortes e fracos, de forma que as aplicações de melhorias contínuas possam ser implementadas.

O método 5S ainda é um dos mais utilizados pelas diversas empresas para eliminação de *desperdícios*.

2.8.3. Sistema Just-In-Time

Hirano (2008) relata que o sistema de gestão *Just-In-Time* (JIT) criado pela cultura japonesa em meados da década de 50 é composto de práticas gerenciais que podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo e em qualquer organização, tendo por objetivo a melhoria contínua do processo produtivo.

Chase et al. (2005) destaca que o sistema *Just-In-Time* tem merecido recentemente grande destaque em todo o mundo, em virtude de administrar a produção de forma que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora, apresentando um índice muito satisfatório de redução de estoques e custos na área de produção.

Liker (2005) salienta que a prática do JIT diferencia-se da abordagem tradicional de administrar a produção. Suas metas são:

- zero defeito;
- tempo zero de *Setup*;
- estoque zero;
- movimentação zero;
- quebra zero;
- *lead time* zero;
- lote unitário (uma peça).

Chambers et al. (2002) ressalta que as principais vantagens em termos de critérios competitivos que se podem obter com a adoção de um sistema de gestão da produção *Just-In-Time* são a melhoria em custos, qualidade, flexibilidade, velocidade e confiabilidade.

2.8.4. Kanban

Kanban é uma palavra japonesa que significa literalmente registro ou placa visível.

Lage (2008) comenta que através de um cartão retangular de dimensões reduzidas encontram-se descritas informações que anexas em um quadro expressaram a situação de um determinado material, indicando sua necessidade de produção ou não.

A demanda quando pertence à solicitação vinculada ao abastecimento de um cliente denomina-se *Kanban de retirada* e quando o mesmo abastece um supermercado denomina-se *Kanban de produção*.

Peinado (2000) e Tardin (2001) expressão a finalidade da adoção dos cartões *Kanban* para controlar a produção entre os fluxos. Tendo-se um quadro subdividido com nichos, no qual um *mix* de produtos pode ser controlado, os cartões ali depositados expressam a situação de fluxos de produção, visando o balanceamento e geração de desperdícios.

Algumas citações comentam o dimensionamento de *Kanban* e buscam soluções, dentre estas Vergara (2002) propõem um sistema puxado que busca a sincronização da cadeia através da utilização de um algoritmo. Sua metodologia avalia simultaneamente o custo de transporte e a programação de múltiplos níveis da cadeia.

A adoção de produção de pequenos *pitch* resulta em uma resposta mais rápida ao cliente final, a fim de reduzir os reflexos da instabilidade da demanda. O *pitch* é um incremento a ser produzido correspondente a um pequeno lote ou uma embalagem de peças.

Tardif e Maaseidvaag (2001) comentam que desenvolveram um modelo alternativo de *Kanban* que define o momento de reposição através de dados como demanda do cliente, nível de estoque e pedidos não atendidos.

Chan (2001) declara que realizou uma investigação sobre meios para determinação do tamanho do lote necessário ao sistema JIT, levando-se em conta estoques entre processos, taxa de atendimento ao cliente e *lead time* de manufatura, no qual comparou sistemas puxados e empurrados.

Shahabudeen et al. (2002) avaliam o tamanho do lote e a quantidade de cartões *Kanban* tendo como objetivo a redução do tempo de escoamento e das filas no chão-de-fábrica.

2.8.5. Poka Yoke

Shingo (2000) destaca que o *Poka Yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que acoplado a uma operação impede a execução irregular de uma atividade. O *Poka Yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação, antecipando e detectando defeitos potenciais e evitando que cheguem ao cliente.

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

Rother e Shook (2005) salientam que o uso dessa ferramenta auxilia as etapas do chão-de-fábrica a produzir de forma balanceada, onde cada grupo trabalha num ciclo igual ao tempo *takt*.

2.8.6. Troca rápida

Shingo (2000) enfatiza que um dos maiores obstáculos à flexibilidade de fabricação é a incapacidade de alterar os processos rapidamente, em resposta às mudanças de demandas dos clientes. Trocas demoradas elevam o tamanho dos lotes, estoques e contribuem para um índice alto de má qualidade. Também favorecem a aquisição de equipamentos adicionais para se evitar trocas. Tais equipamentos são dispendiosos por si, além do custo do espaço valioso na fábrica que poderia ser usado para outras atividades.

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

2.8.7. Trabalho padrão

Araújo (2009) destaca que o trabalho padrão pode ser entendido como um método efetivo e organizado de se produzir sem perdas.

Corrêa e Corrêa (2005) comentam que a padronização das operações procura obter o máximo de produtividade por meio da identificação e utilização dos elementos de trabalho que agregam valor e eliminam as perdas.

O balanceamento entre os processos e a definição do nível mínimo de estoque em processamento também são objetivos da padronização das operações.

Moreira (2008) descreve que três componentes são normalmente utilizados para a operação padronizada: o *takt time*, a *rotina padrão de operações* e a *quantidade padrão de inventário em processamento*.

O *takt time* pode ser traduzido como sendo o tempo que dita o ritmo das vendas em relação a capacidade de produção, normalmente em minutos ou segundos. É o quociente da divisão entre o tempo total líquido disponível pelo volume de vendas, solicitado pelo cliente no período.

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

A *quantidade padrão de inventário em processamento* é traduzida como a mínima quantidade de peças em circulação necessária para se manter o fluxo constante e nivelado de produção. Esse nível pode variar de acordo com os diferentes *layouts* de máquinas e rotinas de operações. Se a rotina de operações segue a mesma ordem do fluxo do processo é necessária somente uma peça em processamento, sendo dispensável manter qualquer estoque entre as máquinas. Se a rotina é executada em direção oposta à sequência de processamento é necessário manter no mínimo uma peça entre as operações. Na determinação da quantidade-padrão de inventário em processamento devem ser considerados os pontos de teste e verificação do produto. Pequenas quantidades podem ser requeridas nesses pontos.

2.8.8. Arranjo físico - Layout

Cury (2005) lembra que o *layout* corresponde ao arranjo dos diversos postos de trabalho nos espaços existentes na organização, envolvendo além da preocupação de melhor se adaptar as pessoas ao ambiente de trabalho segundo a natureza da atividade desempenhada, a arrumação dos móveis, máquinas, equipamentos e matérias-primas.

Araújo (2009) comenta que o estudo do arranjo físico é de fundamental importância na otimização das condições de trabalho, aumentando tanto o bem-estar como o rendimento das pessoas.

Slack (2002) destaca que o *layout* é muito utilizado para se reorganizar da melhor forma a disposição do espaço, para tanto são necessários:

- Minimizar o investimento no equipamento;
- Minimizar o tempo de produção;
- Utilizar o espaço existente da forma mais eficiente possível;
- Providenciar ao operador um posto de trabalho seguro e confortável;
- Flexibilidade nas operações;
- Diminuir o custo de tratamento do material;
- Reduzir a variação dos tipos de equipamentos de tratamento do material;
- Melhorar a o processo de produção;
- Melhorar a estrutura da empresa.

Camarotto (1998) menciona que existem diversos tipos de *layout* e os mesmos se enquadram no modelo posicional, funcional, linear ou em grupo.

Cada um deles se adequam a determinadas características, quantidades, diversidade e movimentações dos materiais dentro da empresa.

Slack (2002) aponta que o movimento e o fluxo de materiais, a distribuição física e a logística estão relacionados com o planejamento das instalações.

Os padrões de fluxo são vistos sob o ponto de vista do fluxo nas estações de trabalho, nos departamentos e entre os departamentos.

Slack (2002) ressalta também que o planejamento do fluxo é uma combinação entre os padrões de fluxo existentes, buscando haver um movimento progressivo entre os departamentos. É um processo de planejamento hierárquico em que no topo está o fluxo realizado entre os

departamentos, na base está o fluxo executado dentro das estações de trabalho e no meio está o fluxo efetivo dentro dos departamentos.

Assim sendo, a reestruturação do *layout* em uma empresa visa tornar o ambiente mais competitivo e agradável.

2.8.9. Manutenção preventiva total

Osada e Tokahashi (2002) descrevem que a *Manutenção Preventiva Total* (MPT) ou *Total Preventive Maintenance* (TPM), como muitos afirmam é uma ferramenta onde todos desenvolvem atividades de melhoria contínua nos equipamentos e processos.

A maximização da eficiência dos equipamentos e processos é obtida através de pequenos grupos de trabalho e implementação de atividades de manutenção autônoma.

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

Querne (2001) ressalta que a TPM hoje ganha um enfoque estratégico na gestão das operações industriais, sendo uma das bases para a obtenção de vantagem competitiva na produção.

O trabalho da TPM está dividido em oito pilares, representados na figura 2.13, sendo:

- Pilar 1 – Melhorias específicas e individuais;
- Pilar 2 – Manutenção autônoma;
- Pilar 3 – Manutenção planejada;
- Pilar 4 – Educação e treinamento;
- Pilar 5 – Fase inicial de controle;
- Pilar 6 – Manutenção da qualidade;

- Pilar 7 – Eficiência das áreas administrativas e indiretas;
- Pilar 8 – Segurança, higiene e meio ambiente.

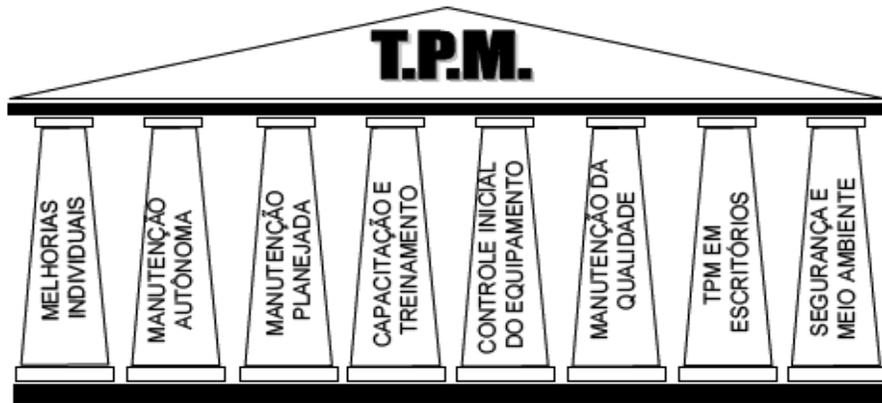


Figura 2.13: Os oito pilares da TPM

Fonte: Querne (2001)

2.8.10. Sistema MRP

O controle da produção por muitos anos usou os métodos manuais de controle. Na década de 70 esses métodos foram substituídos pelo sistema de controle de inventário denominado MRP (*Planejamento das Necessidades de Materiais ou Materials Requirement Planning*).

Corrêa (2002) descreve que o sistema MRP consiste em tentar minimizar o investimento em inventário. Seu objetivo é obter o material certo, no ponto certo, no momento certo. Tudo através de um planejamento de prioridades e em cima da programação da Produção.

Goodfellow (2003) comenta que a grande vantagem da implementação de um sistema de *Planejamento das Necessidades de Materiais* é a de permitir coletar rapidamente informações.

Louis (2005) relata que o sistema MRP pode tomar medidas corretivas sobre o estoque planejado em excesso, para cancelar ou reprogramar pedidos e manter os estoques em níveis razoáveis.

De um modo geral, a implementação de um sistema MRP visa:

- Diminuir custos de estocagem e movimentação;
- Monitorar o tempo de vida e de validade de produtos perecíveis;
- Monitorar o atendimento ao cliente;
- Diminuir a improdutividade;
- Prever a manutenção de equipamentos, compras e produção;
- Controlar a capacidade de atendimento ao cliente;
- Diminuir o custo de materiais e transporte e;
- Diminuir o custo de obtenção de materiais.

Corrêa (2002) lembra que no dia-a-dia das empresas ocorre que os pedidos recebidos mudam continuamente. Esse fato é um fator negativo ao sistema MRP que por si só muitas vezes não dá conta da gestão por completo, tornando-se muito complexo de operar. Se não bastasse isso, para fazer frente ao cotidiano é necessária a adoção de sistemas manuais alternativos. Tais sistemas constituem entradas não previstas no MRP, o qual por sua vez passa a gerar ordens absurdas e o comprometimento da precisão do estoque.

2.8.11. Takt time

Conforme salientado anteriormente *takt time* é um importante conceito que sincroniza o ritmo de produção com o ritmo de vendas aos clientes.

O glossário *Léxico Lean* (2003) define que o *takt time* (TKT) é o tempo necessário para se produzir um componente ou um produto completo, com base na demanda do cliente.

Em outras palavras o *takt time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada pelo cliente”, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente.

Rother e Shook (2005) definem na equação 2.1 o *takt time* como sendo:

$$\text{TKT} = \text{TTLD} / \text{DCT} \quad (\text{equação 2.1})$$

Onde:

TKT = *Takt time* (normalmente em minutos ou segundos);

TTLD = Tempo total líquido disponível (normalmente em minutos ou segundos);

DCT = Demanda do cliente por turno (unidades).

A figura 2.14 mostra um exemplo de cálculo de *takt time* para servir a demanda dia dos clientes, que nada mais é do que o resultado da divisão de seu tempo disponível dia pelo número de pedidos dia a atender.

Exemplo – Cálculo do Takt Time

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Disponibilidade total de Horas (dia)}}{\text{Demanda total do Cliente (dia)}}$$

Tempo de Operação = 1 turno × 8 horas – (2) pausa de 20-min. = 440 min/dia

Demanda Cliente = $\frac{880 \text{ pedidos/mês}}{20 \text{ dias/mês}} = 44 \text{ pedidos/dia}$

Takt time = $\frac{440 \text{ min/dia}}{44 \text{ pedidos/dia}} = 10 \text{ min/pedido}$

Figura 2.14: Cálculo do *Takt time*

Fonte: Siemens (2002)

2.8.12. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA difundido na década de 50 por Deming, idealizado por Shewhart é um método de gestão que propõe abordagem organizada para a solução de problemas ou acompanhamento de um processo. Através desse método a melhoria se dá permanentemente, ou seja, há a melhoria contínua.

Campos (2004) destaca que o objetivo do ciclo PDCA é orientar de forma simples e segura as etapas de preparação e execução de atividades pré-determinadas, para se buscar o sucesso no aprimoramento ou implementação de um processo qualquer.

A figura 2.15 ilustra um modelo de ciclo PDCA utilizado para melhoria.

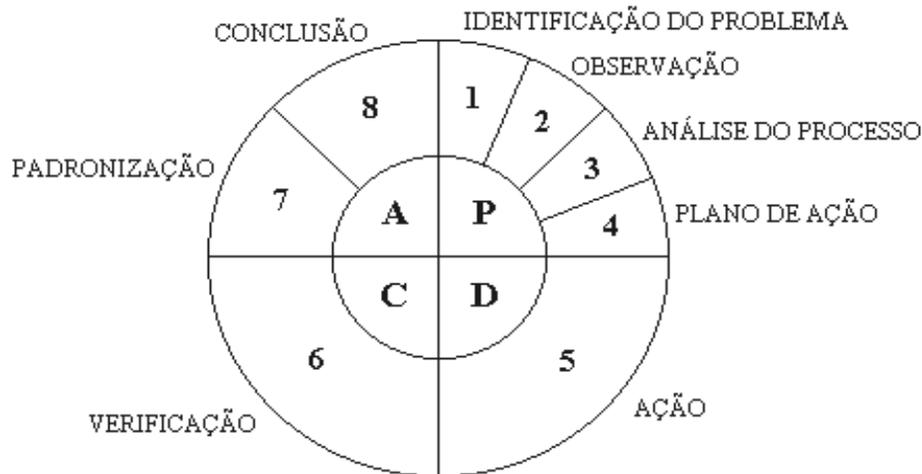


Figura 2.15: Ciclo de melhoria PDCA

Autor: Adaptado de Campos (2004)

É um ciclo que tem como princípio tornar mais claro e ágil os processos envolvidos na execução da gestão. É um ciclo de desenvolvimento dividido em quatro passos principais, sendo:

- a) *Plan* (planejamento): estabelece a missão, visão, objetivos, procedimentos e processos necessários para o alcance dos resultados;
- b) *Do* (execução): realizar e executa as atividades planejadas;
- c) *Check* (verificação): monitora e avalia periodicamente os resultados e processos, confrontando-os com o planejamento delineado. Consolida as informações e eventualmente elabora relatórios;
- d) *Act* (ação): Agi de acordo com o avaliado e de acordo com os relatórios. Eventualmente determina e confecciona novos planos de ação de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia. Aprimora a execução e corrige eventuais falhas detectadas.

Campos (2004) ressalta que o ciclo PDCA começa pelo planejamento e em seguida passa a execução de ação ou conjunto de ações planejadas. Checa-se se o que foi feito estava de acordo

com o planejado e por último toma-se uma ação: padronizar, eliminar ou ao menos atenuar defeitos no produto ou na execução.

2.8.13. Brainstorming

Godoy e Matos (2001) comentam que a técnica de *brainstorming* criada por Alex Osborn em 1953, que propõe que um grupo de pessoas se reúnam e se utilizem das diferenças em seus pensamentos e idéias para que possam chegar a um denominador comum eficaz e com qualidade, gerando assim idéias inovadoras que levem o projeto adiante.

Michalko (2006) alerta que é preferível que as pessoas que se envolvam nesse método sejam de setores e competências diferentes, pois suas experiências diversas podem colaborar com a "tempestade de idéias" que se forma ao longo do processo de sugestões e discussões.

A maioria dos grupos de *brainstorming* é constituída por três elementos: líder, membros e secretário.

Nenhuma idéia é descartada ou julgada como errada ou absurda. Todas as idéias são ouvidas e trazidas até o processo de *brainwrite*, que consiste na anotação de todas as idéias ocorridas na reunião. Dessa forma as mesmas são discutidas e evoluem até a chegada da solução efetiva.

A técnica de *brainstorming* tem várias aplicações. Contudo é mais usada em desenvolvimento de novos produtos, publicidade, resolução de problemas, gestão de processos e gestão de projetos. Suas principais partes são:

- Encontrar os fatos (definição do problema e preparação);
- Geração de idéias e;
- Encontro da solução.

O *brainstorming* clássico é baseado em dois princípios e quatro regras básicas.

Os princípios são:

- a) Atraso do julgamento: atrasando ou adiando o julgamento é dada a hipótese de se gerarem muitas idéias antes de se decidir por uma;
- b) Criatividade em quantidade e qualidade: quanto mais idéias forem geradas, será mais provável encontrar uma boa idéia.

Michalko (2006) ressalta que por muitas vezes não se consegue pensar num problema enquanto não houver algumas respostas. O *brainstorming* fornece a possibilidade de pôr as idéias que passam pela cabeça no papel, de maneira a se conseguir obter as melhores.

As quatro regras básicas do *brainstorming* são:

- Críticas são rejeitadas;
- Criatividade é bem-vinda;
- Quantidade é necessária;
- Combinação e aperfeiçoamento são necessários.

Universalmente não há um roteiro padrão que defina como se deve implementar uma sessão de *brainstorming*, porem as seguintes atividades principais são bastante típicas:

- Desenvolver um enunciado para o problema;
- Selecionar um grupo de seis a doze participantes;
- Enviar uma nota aos participantes falando-lhes acerca do problema;
- Começar por escrever o problema num quadro visível a todos os elementos do grupo;
- Falar sobre as 4 regras principais do *brainstorming*;
- Requisitar novas idéias aos participantes pela ordem pela quais estes levantam a sua mão;
- Apenas uma idéia deve ser sugerida por vez;
- Anotar ou gravar todas as idéias;
- A sessão deve durar ao máximo 30 minutos;
- O grupo avaliador das idéias geradas deve ter de três a cinco pessoas;
- Fornecer ao grupo a lista de idéias e dizer-lhes que sugiram e selecionem as melhores idéias;
- Fornecer ao requisitante um relatório com as idéias selecionadas pelo grupo de avaliação.

Um problema de *brainstorming* deverá ter um grande número de possíveis soluções. A resposta nunca é restrita. Enquanto um grupo típico de *brainstorming* deverá conter de seis a doze pessoas, o grupo de avaliação deve conter exatamente três, cinco ou sete pessoas. Um número ímpar de membros elimina a possibilidade de empate quando for necessária a escolha de possíveis soluções.

Michalko (2006) lembra que a composição dos membros desse grupo pode variar. Poderá consistir em pessoas que faziam parte do grupo de geração de idéias, na combinação de pessoas deste grupo com pessoas externas ou ser composto por pessoas de um grupo completamente novo de indivíduos.

Utilizar as mesmas pessoas poderá ser vantajoso no processo por conhecerem o problema, porem a formação com um grupo de pessoas externas ao grupo original pode ser benéfico por participarem com maior objetividade.

Na próxima parte dessa dissertação será comentado sobre o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do método elaborado, aplicado no objeto de estudo de campo (hidrômetro), utilizado como teste para implementação do *método* para melhoria da manufatura.

Capítulo 3. Método de Pesquisa

A importância do método de pesquisa segundo sua origem iniciou no pensamento de Descartes (1596-1650), onde advertia para a fuga do subjetivismo. Considerava a dúvida como meio de raciocínio, sendo seu maior legado a transmissão das quatro regras de ouro:

- a) Dividir todos os problemas em tantas partes quantas necessárias para resolvê-las;
- b) Conduzir ordenadamente os pensamentos: dos mais simples para os mais complicados;
- c) Realizar periodicamente revisões cuidadosas e;
- d) Acolher como verdadeira a conclusão que não deixe dúvida. Se houver, rejeitar.

Markoni e Lakatos (2007) definem o método científico como o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que permitem alcançar o objetivo, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

Assim, pode-se entender método de pesquisa como sendo a estratégia pela qual se pretende investigar o problema de pesquisa. Este método compreende a estrutura para os procedimentos que se pretende seguir, os dados que deverão ser colhidos e a análise que se pretende fazer desses dados (LEEDY, 2005).

Leedy (2005) ressaltam que tanto métodos quantitativos como qualitativos podem ser aplicados durante a fase de exploração da pesquisa.

A pesquisa quantitativa ou experimental é utilizada para responder questões de relacionamento entre variáveis previamente medidas, com o objetivo de explicar, prever e controlar um fenômeno.

Já a pesquisa qualitativa é tipicamente aplicada para responder questões sobre fenômenos de natureza complexa, frequentemente com o propósito de descrever o entendimento de um fenômeno do ponto de vista dos participantes.

Os dois métodos de pesquisa podem fazer parte da mesma pesquisa já que alguns métodos permitem.

A figura 3.1 retrata os diferentes critérios existentes que podem ser utilizados na realização de uma pesquisa científica.

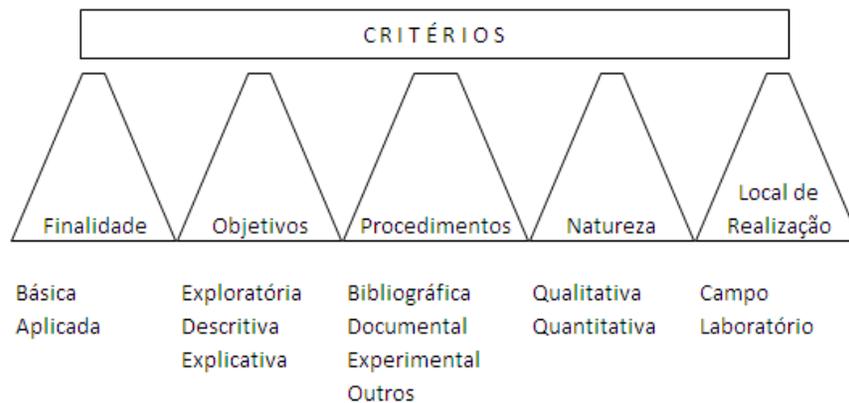


Figura 3.1: Tipos de critérios adotados em pesquisa científica

Fonte: Tognetti (2006)

3.1. Contexto da pesquisa

Markoni e Lakatos (2007) ressaltam que na realização de uma pesquisa, os pesquisadores definem proposições lógicas ou suposições para explicar certos fenômenos e observações. Então desenvolvem experimentos que testam essas hipóteses. Se confirmadas, as hipóteses podem gerar leis e teorias.

É importante ter em mente que as pesquisas científicas relacionam-se com um modelo ou uma constelação de pressupostos e crenças, escalas de valores, técnicas e conceitos compartilhados pelos membros de uma determinada comunidade científica num determinado momento histórico.

Quivy e Campenhoudt (2003) relatam que um problema pode ser analisado de várias formas. Porém, normalmente compõe um formato básico capaz de guardar particularidades que serão previamente utilizadas.

A figura 3.2 esboça as etapas de investigação para realização de uma pesquisa, adaptado de Quivy e Campenhoudt.

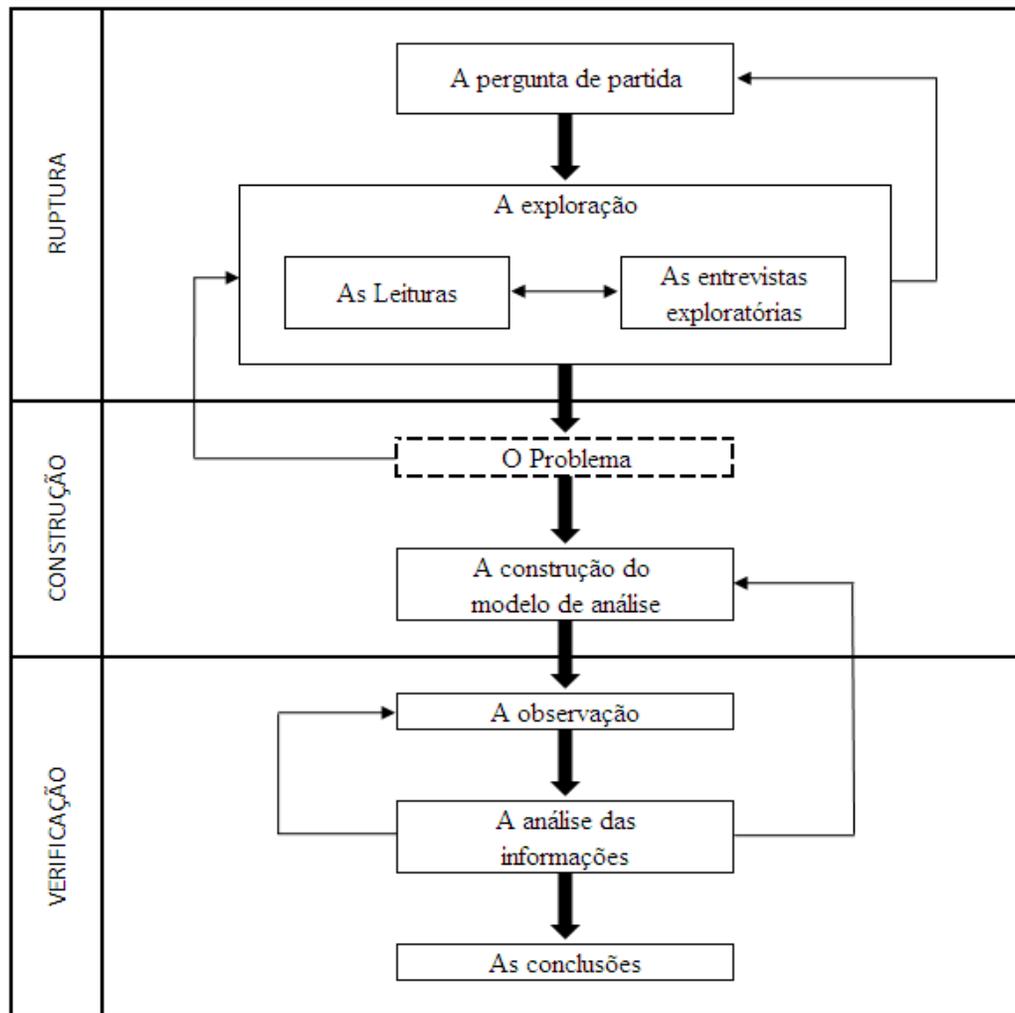


Figura 3.2 – Etapas de desdobramento de uma pesquisa

Fonte: adaptado de Quivy e Campenhoudt (2003)

O primeiro estágio, *Ruptura*, consiste precisamente na quebra de preconceitos e paradigmas que alimentam falsas evidências, que nos dão à ilusão de compreender coisas. Para coleta de informações e dados que servirão aos estágios subsequentes.

O segundo estágio, *Construção*, baseado nas informações obtidas no estágio anterior gera preposições explicativas ao problema que se pretende estudar. Fornece subsídios para escolha do plano de pesquisa, operações a serem aplicadas e sinaliza as consequências que porventura se pode esperar em termos de observação.

O terceiro estágio, *Verificação*, tem como objetivo validar por intermédio de fatos se as preposições fundadas anteriormente ocorreram. Realizando-se as devidas análises, observações, conclusões e sugestões futuras.

É importante ressaltar que nem todos os pesquisadores seguem o processo de Quivy e Campenhoudt na sua essência. Porém este sugere com simplicidade como se deve transcorrer uma pesquisa.

3.2. Tipos de pesquisa

A figura 3.3 traz os métodos apontados por Vergara (2008), que cita os vinte e dois modelos de métodos que podem ser utilizados para realização de uma pesquisa, objetivando resposta ao problema que suscitou investigação.

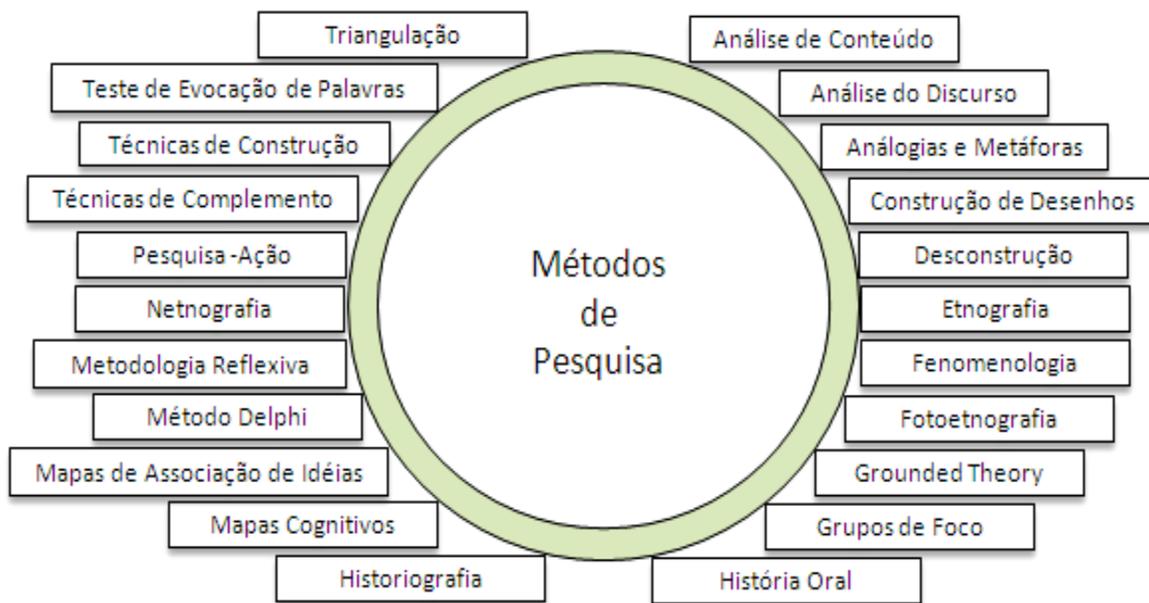


Figura 3.3: Modelos de métodos de pesquisa

Autor: Adaptado de Vergara (2008)

As diferenças entre os métodos de pesquisa referem-se às circunstâncias envolvidas e características principais, cabendo dessa forma uma investigação minuciosa das mesmas para sua utilização.

A pesquisa apresentada nesta dissertação apresenta uma abordagem onde foi utilizada tanto métodos qualitativos como quantitativos. Com isto pretendeu-se atingir o seguinte:

- 1) Propor um *método* sistemático, estruturado, que oriente na implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura de um produto;
- 2) Identificar os resultados da implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura em um produto através da aplicação de todas as fases do *método* elaborado, respeitando-se a sequência do processo de melhoria: enxugamento, aprimoramento e inovação.

Considerando-se a característica da área de pesquisa, métodos quantitativos são normalmente mais utilizados que os qualitativos.

3.2.1. Estudo de caso

Martins (2008) considera o método do Estudo de Caso como um tipo de análise qualitativa.

Segundo Yin (2005) o método do Estudo de Caso é o irmão mais fraco dos métodos das Ciências Sociais e as pesquisas feitas através deste método tem sido consideradas desviadas de suas disciplinas, talvez porque as investigações que o utilizam possuem precisão, objetividade e rigor insuficientes.

Yin (2005) afirma que uma das possíveis causas para isto reside no fato de que a afirmação de que este método é o irmão mais fraco dos métodos, pode ser falso uma vez que seu projeto, suas limitações e fraquezas não sejam bem conhecidos enquanto método de pesquisa.

Yin (2005) ressalta que o estudo de caso é uma inquirição empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, quando a fronteira entre o

fenômeno e o contexto não é claramente evidente e onde múltiplas fontes de evidência são utilizadas.

De acordo com Martins (2008) a preferência pelo uso do Estudo de Caso deve ser dada quando do estudo de eventos contemporâneos, em situações onde os comportamentos relevantes não podem ser manipulados, mas onde é possível se fazer observações diretas e entrevistas sistemáticas.

Yin (2005) comenta que a essência de um Estudo de Caso, ou a tendência central de todos os tipos de Estudo de Caso é que eles tentam esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões respondendo a questões como: por que elas foram tomadas? como elas foram implementadas? e, quais os resultados alcançados?

Sendo assim, o Estudo de Caso pode ser considerado como um estudo aprofundado e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado.

3.2.2. Pesquisa-Ação

A Pesquisa-Ação foi iniciada por meio do trabalho pioneiro do psicólogo social Kurt Lewin na década de 1940.

Kurt argumentava que não deve haver pesquisa sem avaliação, nem avaliação sem reestruturação. Programas para melhorar a eficácia organizacional transformaram-se em experimentos a serem avaliados e contribuem para o avanço de teorias e de práticas futuras. Aqueles que são afetados pelas mudanças, os participantes de estudos organizacionais ou comunitários, são envolvidos intimamente em todas as fases da pesquisa.

Vergara (2008) destaca que a *Pesquisa-Ação* é um método de pesquisa que visa à resolução de problemas práticos da vida real por meio de ações definidas por pesquisadores e sujeitos envolvidos com a situação sob investigação. Objetiva simultaneamente a intervenção, a elaboração e ao desenvolvimento de teoria.

Está subdividida em quatro etapas, sendo:

1ª Diagnóstico: identificação e definição do problema contendo dados para se estabelecer hipóteses e possibilidades;

2ª Ação: Análise dos dados e discussão para delineamento das mudanças;

3ª Implantação: Efetivação das mudanças seguidas de monitoramento;

4ª Reflexão: Avaliação dos resultados obtidos e emissão de relatório.

A tabela 3.1 descreve os passos para realização de uma Pesquisa-Ação segundo Vergara.

Tabela 3.1 - Passos da Pesquisa-Ação

1	Definem-se o tema e a proposta preliminar de pesquisa.
2	Constitui-se a equipe de pesquisadores (sefor o caso).
3	Procede-se a uma revisão da literatura pertinente ao tema da pesquisa.
4	Procede-se ao contato inicial com o grupo ou a organização selecionada.
5	Identificam os participantes da pesquisa.
6	Estuda-se a viabilidade de aplicação do método de pesquisa ação no meio considerado.
7	Observa-se problemas do grupo ou da organização sob investigação e das possibilidades de ação.
8	Com base em uma suposição diagnóstica, coletam-se os dados para a elaboração do diagnóstico, por meio de entrevistas, observações, seminários ou outros procedimentos.
9	Formula-se o problema de pesquisa, baseado na interação com os participantes e, se for o caso, com a colaboração de especialistas.
10	Escolhem-se as orientações teóricas que darão suporte à investigação, considerando-se o problema formulado.
11	Elabora-se o diagnóstico.
12	Intensifica-se a coleta de dados para o planejamento e a implementação de ações.
13	Selecionam-se as ações para implementação imediata.
14	Seleciona as ações para implementação futura.
15	Elabora um plano de ações, considerando as ações a serem implementadas, os responsáveis pela implementação e os prazos.
16	Implementam-se as ações.
17	Avalia-se o resultado de cada uma das ações implementadas, em termos práticos e de desenvolvimento de conhecimentos teóricos.
18	Redirecionam-se as ações, se isso for considerado pertinente.
19	Planeja-se a implementação de ações futuras.
20	Resgata-se o problema que suscitou a investigação.
21	Confrontam-se os resultados obtidos com a(s) teoria(s) que deu(ram) suporte à investigação.
22	Formula-se a conclusão.
23	Elabora-se o relatório de pesquisa.
24	Divulgam-se os resultados da pesquisa aos participantes.

Fonte: Adaptado de Vergara (2008)

Moreira (2004) comenta que a pesquisa-ação interage junto aos membros da situação investigada em que a diferença entre as estratégias de pesquisa é a ênfase dada à perspectiva dos indivíduos participantes da situação, chamada de abordagem qualitativa. Quando trata a enumeração e quantificação de variáveis é denominada abordagem quantitativa.

Thiollent (2008) cita que a estruturação de uma Pesquisa-Ação pode ser composta por doze fases, nem sempre nessa exata ordem, sendo: 1ª da pesquisa exploratória; 2ª do tema da pesquisa; 3ª da colocação dos problemas; 4ª do lugar da teoria; 5ª das hipóteses; 6ª do seminário; 7ª do campo de observação, amostragem e representatividade qualitativa; 8ª da coleta de dados; 9ª da aprendizagem; 10ª do saber formal e informal; 11ª do plano de ação e 12ª da divulgação externa.

Como esta dissertação trata da implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura de um produto, com a participação efetiva do autor no estudo de campo realizado, foi adotado como método de pesquisa o modelo *Pesquisa-Ação*.

Na próxima parte dessa dissertação será apresentado o estudo de caso realizado. Onde em campo, com a participação do autor, numa empresa de manufatura de hidrômetros o *método* elaborado delineado exposto é aplicado para melhoria da manufatura de seu produto. Os resultados são descritos e comentados.

Capítulo 4. Estudo de caso: Contexto e aplicação do método delineado em uma empresa de hidrômetros

4.1. Produto estudo de campo: Hidrômetro

O *Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)* define em sua portaria 246 (2000) que o medidor de água (*hidrômetro*) é um instrumento destinado a medir e indicar continuamente o volume de água que o atravessa.

Coelho (2002) ressalta que sua idealização surgiu da necessidade de se ter que medir o volume de água distribuído e utilizado por uma determinada população.

Atualmente há diversos tipos de medidores de água sendo fabricados no Brasil e no mundo. Cada modelo de medidor se comporta de maneira diferente a determinadas situações, cada um oferecendo vantagens e desvantagens dentro do grandioso universo de possibilidades de aplicação.

4.2. Características

No Brasil a absoluta maioria dos medidores fabricados e instalados é de turbina, denominados *Velocimétricos* ou *Taquimétricos*, do tipo Unijato e Multijato.

Esses tipos de medidores baseiam-se na movimentação de uma turbina, que quando submetido ao escoamento de água gira proporcionalmente à vazão que o atravessa.

Os medidores *Velocimétricos* no Brasil são fabricados com carcaça de metal (liga de cobre). Nos Estados Unidos e Europa, a carcaça em plástico já é uma realidade.

Lima (2005) comenta que a especificação técnica de um medidor é baseada na determinação de sua *faixa superior e inferior de medição*, na qual o hidrômetro deve permanecer dentro dos limites de erros admissíveis.

O INMETRO através de sua portaria 246 (2000) estabelece as faixas admissíveis de erros de indicação e outros critérios exigíveis aos medidores.

A figura 4.1 ilustra os modelos Unijato e Multijato de hidrômetros, os mais utilizados para medição de consumo de água em residências.

a) Hidrômetro Unijato



b) Hidrômetro Multijato



Figura 4.1: Hidrômetros *Velocimétricos* modelos Unijato e Multijato
Fonte: LIMA (2005)

4.3. Manufatura

Na figura 4.2, os processos de produção *Fundição, Pintura, Usinagem, Montagem, Calibração, Aferição e Expedição* representam os setores comumente existentes para fabricação de medidores de água modelo Unijato e Multijato, na maioria das empresas de manufatura de hidrômetros do Brasil.



Figura 4.2: Setores comumente envolvidos para manufatura de hidrômetros *Velocimétricos*
Fonte: autor

4.3.1. Fundição

Sors e Bardooz (2008) definem *fundição* como sendo um processo de fabricação de peças metálicas, que consiste essencialmente em encher com metal líquido a cavidade de um molde, com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser fabricada.

Sors e Bardooz (2008) ressaltam que a *fundição em areia* consiste em se ter moldes em areia que suportam melhor as altas temperaturas de fusão dos metais. A qualidade da peça fundida está diretamente ligada à qualidade do molde.

Desvantagens da fundição em areia motivaram a procura de outros tipos de materiais aglomerantes que pudessem ser misturados. Isso levou à utilização das resinas sintéticas que permitiram o aparecimento de processos de modelagem denominado como *Shell-Molding*, cujo processo de cura a quente é uma das formas de se obter a moldagem da casca, que usa calor para provocar a reação química entre o aglomerante e os grãos da areia.

Sors e Bardooz (2008) salientam que o uso das resinas foi um grande aperfeiçoamento na utilização de areia para a produção de moldes de fundição, produzindo-se moldes mais resistentes.

4.3.2. Pintura

O setor de Pintura é utilizado por diversas empresas para realizar o acabamento em um produto. Um dos modos de pintura existente é o tipo a pó.

Nunes e Lobo (2007) comentam que o sistema de pintura a pó, ou melhor, *sistema de pintura eletrostática a pó*, trata-se de um processo no qual a tinta aplicada na peça não se apresenta no estado líquido, mas sim em estado sólido na forma de um pó impalpável.

Este sistema de pintura abrange três etapas:

- Pintura;
- Cura e
- Resfriamento.

Nunes e Lobo (2007) destacam que a *etapa de pintura* é feita através de revólver, na forma de pó, soprada no ambiente em torno da peça e não diretamente na mesma, em uma cabine totalmente vedada para se evitar a perda de tinta e a contaminação do ambiente.

A *etapa de cura* da peça pintada é realizada em uma *estufa* constituída por cabine fechada, paredes metálicas com isolamento térmico, indicador digital e seletor de controle de temperatura. A peça é submetida a uma temperatura de 220°C durante aproximadamente 20 minutos para polimerização da tinta junto ao material.

Em seguida, a peça é retirada da estufa e inicia-se a *etapa de resfriamento*. Durante um período a peça descansa e a tinta já polimerizada forma uma película aderente de aproximadamente 120 microns, de difícil remoção.

4.3.3. Usinagem

Diniz et al. (2003) comentam que a atividade de usinagem é um complemento natural de todos os componentes que necessitam de acabamentos ou requisitos não obtidos de outra forma.

Normalmente é efetuada a retífica de peças planas e redondas, roscas, furos, alargamento, chanfros, entre outros; através de máquinas apropriadas e ferramentas quase sempre otimizadas para o tipo de usinagem a ser executada, para garantir alta produtividade e repetibilidade.

Diniz et al. (2003) ressaltam que sistemas mais complexos e completos conseguem reunir várias atividades dentro de um único equipamento. Um exemplo é a máquina *Transfer*, que interage a flexibilidade dos centros de usinagem, produzindo com alta qualidade e produtividade.

4.3.4. Montagem

Slack (2002) destaca que a unidade de montagem é utilizada no processo de produção para que o produto em fabricação seja constituído ao longo de postos de trabalho, em série de produção ou por células de trabalho, os quais possuem trabalhadores encarregados para desempenhar uma etapa específica do processo de produção.

Isso significa que na forma da montagem em série a peça é associada a uma máquina, com cada operário especializado pela repetição em uma determinada função.

Aquilano et al. (2000) salientam que o uso da linha de montagem ou células de montagem ajudam a aumentar a eficiência ao processo de montagem em série, pois permitem que cada trabalhador se especialize em sua tarefa e torna desnecessário a sua movimentação.

4.3.5. Calibração

O Vocabulário de Metrologia Legal (1998) define *Calibração* como sendo um conjunto de operações que estabelece em condições específicas, a correspondência entre o estímulo e a resposta de um instrumento de medir, sistema de medição ou transdutor de medição.

Em outras palavras, a calibração corresponde ao ato de se obter uma correlação (resposta) a cada entrada inserida no seu componente no instrumento referencial, levando-se em consideração que o resultado de uma calibração pode permitir a determinação de um ou mais parâmetros da curva característica que relaciona o estímulo à resposta ou a valores de grandezas correspondentes às divisões de escalas indefinidas de um instrumento de medir.

4.3.6. Aferição

O Vocabulário de Metrologia Legal (1998) define *Aferição* como sendo o conjunto de operações que estabelece em condições específicas a correspondência entre os valores indicados por um instrumento de medir, por um sistema de medição ou por uma medida materializada; os valores verdadeiros convencionais correspondentes da grandeza medida.

Dessa forma, observa-se que:

- O resultado de uma aferição permite determinar os erros de indicação de um instrumento de medir, sistema de medição ou medida materializada;
- Uma aferição pode também através de ensaios determinar outras propriedades metrológicas e;
- O resultado de uma aferição pode ser registrado num documento chamado certificado ou relatório de aferição.

4.3.7. Expedição

Segundo dicionário da língua portuguesa Aurélio (2008), a unidade de *Expedição* é a seção encarregada de expelir cartas ou mercadorias.

No chão-de-fábrica de uma empresa de manufatura de hidrômetros é o último processo dentro da cadeia de valor do produto. Neste processo, algumas etapas podem fazer parte do processo além da expedição propriamente dita, como:

- Numeração do material;
- Lacração;
- Embalagem;
- Guarda e;
- Expedição.

A *numeração do material* refere-se ao seu número de controle. Alguns destes números são importantes e utilizados para acompanhamento do produto ao longo do tempo, rastreabilidade.

A etapa de *lacrção* destina-se a garantia do término da manufatura do produto. Visa garantir que o equipamento permanece configurado conforme saiu de linha, sem sofrer interferências.

A *embalagem* possui um grau de importância significativo na logística, pois é a forma de garantir que o produto transportado chegue ao seu destino final, cliente, intacto. Normalmente os produtos são embalados em caixas de papelão, madeira, sacos plásticos ou mesmo barris, para maior eficiência no manuseio e segurança.

Sua *guarda* e armazenagem podem ser feitos em *paletes* ou prateleiras.

Os *paletes* compreendem-se em tablados que podem ser de madeira, plásticos e refrigerados. Servem para armazenar um número relativo de material, facilitando a carga e descarga tanto a meios de transporte, como no chão-de-fábrica.

A *expedição* inclui em muitos casos além das tarefas de estocagem do produto final, o ato de liberação do produto ao cliente.

4.4. Tema da pesquisa

O emprego dos princípios de manufatura enxuta a produtos ou família de produtos existentes ou em projeto, por toda a sua cadeia de fluxo de valor já estão bastante difundidos.

O foco principal se resume em poucas palavras em buscar a eliminação de desperdícios, se produzir unitariamente, em fluxo contínuo, o mais breve possível, vários produtos, muitas vezes ao dia.

Dessa forma, muitos trabalhos já foram e ainda estão sendo realizados para identificar o relacionamento de tais princípios e práticas no processo de melhoria da manufatura de produtos.

Porém existe ainda a carência da aplicação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura a ser apresentada em um método detalhado e estruturado de implementação, que melhore em termos de *lead-time*, qualidade, custos, durabilidade, entre outros critérios importantes, a manufatura de produtos.

Conforme citado no capítulo 1 dessa dissertação, o objetivo geral é fornecer um *método* de implementar os princípios enxutos para melhoria da manufatura saindo do estado atual para um estado futuro inovado, buscando-se obter ganhos significativos no produto final, que abranja toda a sua cadeia de fluxo de material e de informação.

Desenvolver um método que conduza ao processo de melhoria da manufatura de um produto fabricado, do estado atual a um estado futuro inovado, foi de fato o objetivo desta pesquisa. Portanto métodos de pesquisas qualitativas são adotadas para gerar um *método* de implementação baseado nos princípios e práticas enxutas.

4.4.1. Estrutura da pesquisa

A figura 4.3 ilustra os passos principais do método de pesquisa utilizado para se formar o *método* proposto para melhoria da manufatura de um produto.

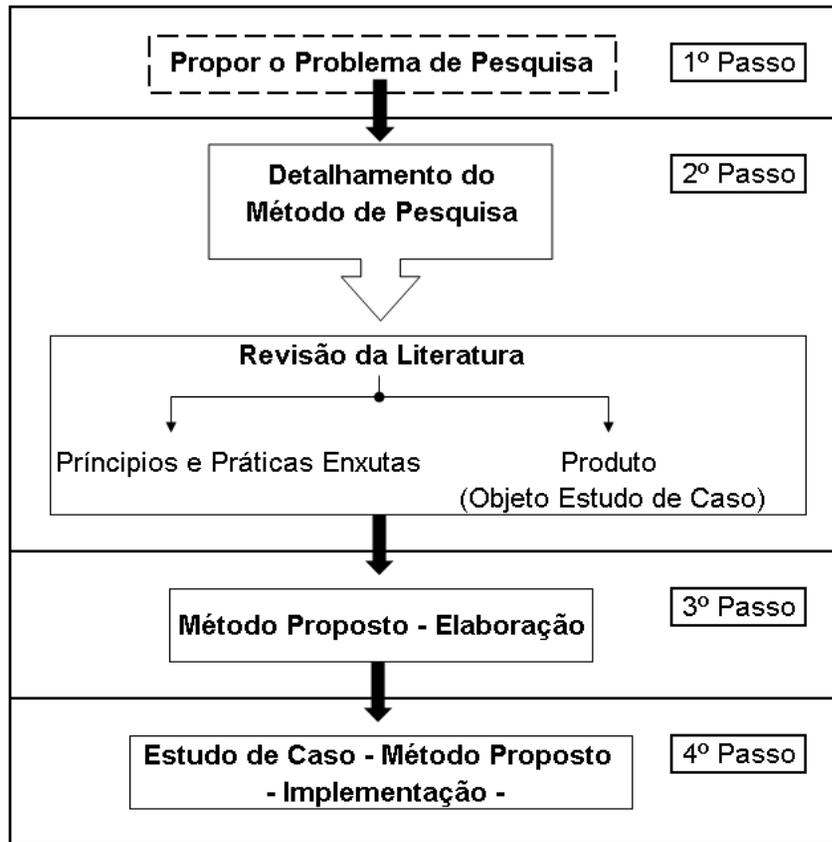


Figura 4.3: Estrutura do Método de Pesquisa

O primeiro passo identifica o problema e propõem claramente os objetivos da pesquisa, dividindo-os em objetivo geral e objetivos específicos.

O segundo passo estuda os métodos de pesquisa existentes, práticas de melhoria e práticas de manufatura do objeto estudo de caso, para confirmação da falta de uma metodologia para resolver o problema levantado na questão de pesquisa e servir no desenvolvimento teórico.

O terceiro passo desenvolve o *método* sistematicamente para se implementar os princípios e práticas enxutas no processo de melhoria da manufatura de um produto.

O quarto passo trata do teste do *método* elaborado, aplicado ao produto estudo de caso, onde serão analisados os resultados obtidos e apontadas às conclusões, contribuições e recomendações futuras.

4.4.2. Métodos e procedimentos utilizados na pesquisa

A pesquisa realizada nesta dissertação trata-se de uma pesquisa de finalidade aplicada. Objetiva exploratória por buscar explicitar o problema. Embasada nas bibliografias específicas, de natureza quantitativa e qualitativa, realizada em campo através da aplicação da metodologia desenvolvida na empresa objeto de estudo, com procedimento de coleta de dados através do método pesquisa-ação.

4.5. Contexto do método de implementação elaborado

O *método* de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura de um produto foi elaborado através do uso da figura 4.4.

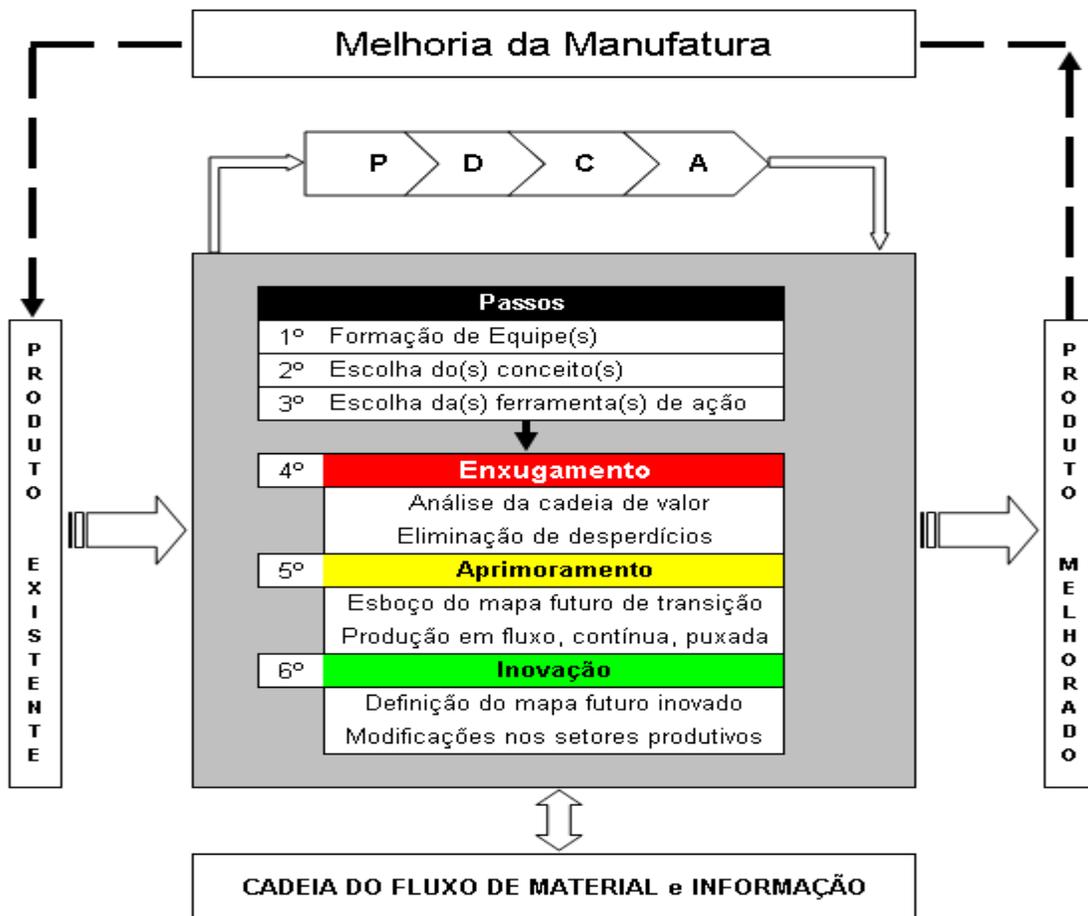


Figura 4.4: Representação do *método* elaborado para melhoria da manufatura

Nesta observa-se que um caminho para se melhorar a manufatura de um produto existente é submetê-lo aos seis passos descritos, que interagem com toda a sua cadeia de fluxo de material e de informação sempre rodando através da aplicação do ciclo PDCA. Onde como resultado poderá se obter na outra extremidade (saída), um produto melhorado.

A abordagem proposta foi denominada de *método*, visto que descreve uma maneira de se implementar os princípios enxutos para melhoria da manufatura, de forma estruturada, oferecendo os passos para tomadas de decisões fundamentadas, representando a forma de se proceder.

4.5.1. Arquitetura

Baseada nas práticas e princípios enxutos, adaptado de Womack e Jones (2004), “A mentalidade enxuta nas empresas“, e de Rother e Shook (2005), “Aprendendo a enxergar”, foi elaborado uma arquitetura que descreve as fases para melhoria da manufatura de um produto.

A figura 4.5 descreve as fases para melhoria de uma manufatura.

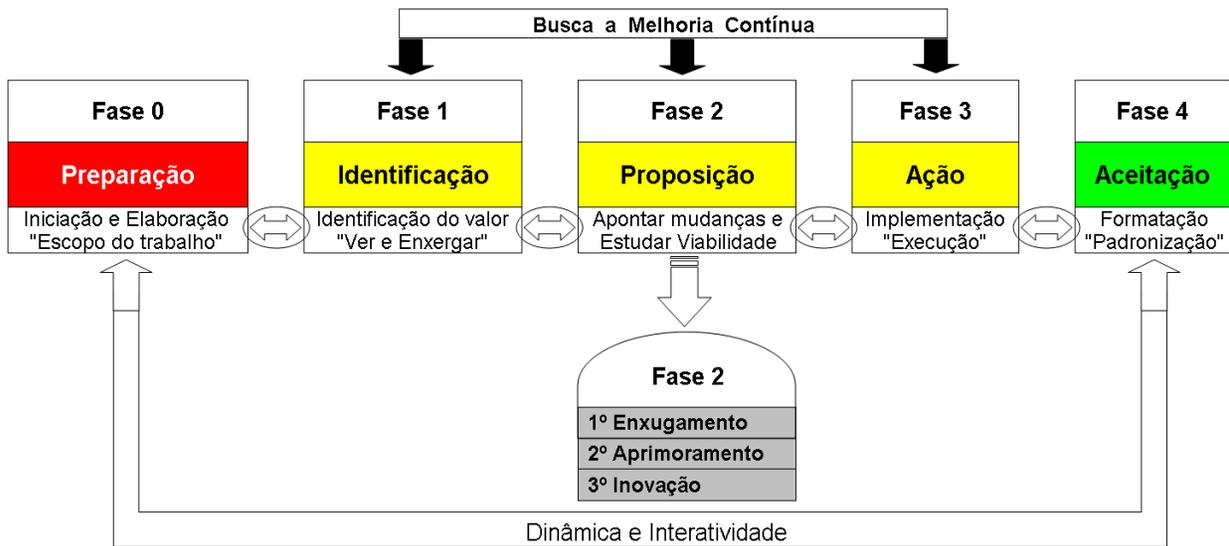


Figura 4.5: Fases para melhoria da manufatura de um produto

Nesta, o objetivo principal foi destacar as fases principais que o *método* a ser delineado deveria compor, para que as ideias para melhoria da manufatura de um produto se torna-se clara. Assim, a arquitetura serviu de parâmetro para o desenvolvimento do *método*.

A fase 0 - *Preparação*, é destinado ao processo de iniciação e elaboração do trabalho. É o local onde se coleta informações da empresa principalmente quanto a sua situação no mercado, acionistas, parceiros, fornecedores e gestores. Se elabora um plano de apresentação da metodologia, que se pretende adotar na empresa, vendendo com clareza e objetividade os prováveis ganhos resultantes da aplicação que poderão ocorrer a alta administração. Com a sua aprovação, descreve-se o escopo do trabalho, formando um grupo e elegendo-se um líder, o plano de desenvolvimento e acompanhamento.

A fase 1, *Identificação*, é destinada ao grupo para o conhecimento total e pleno de todas as atividades que envolvem o produto, dentro da sua cadeia de fluxo com objetivo principal de enxergar os desperdícios, todas as atividades envolvidas e mapear inicialmente as que agregam valor ou não, obtendo um panorama da situação atual.

A fase 2, *Proposição*, destina-se ao ciclo de mudanças que deverão ser realizadas para que o sistema passe a trabalhar em fluxo de valor contínuo, estudando-se as formas de se eliminar os desperdícios detectados.

De forma puxado, ou seja, produzir somente quando e o quanto solicitado pelo cliente, quantas vezes necessária, os diferentes produtos existentes.

Por último, adotando sistemas e conceitos que substituam formas tradicionais de transformação da matéria prima, montagem, teste, controle e verificação de produtos, visando a redução do *lead time* de produção. Também será a etapa que levantará todas os custos e necessidades envolvidas, diagnosticando a viabilidade do projeto de mudanças.

Para tanto é necessário o alinhamento dos objetivos delineados com as expectativas e contribuições citadas pelos envolvidos. Nesta fase todas as necessidades e expectativas são reunidas e analisadas, mapeando-se o produto em:

- a) Ações tipo 1: que são de valor ao cliente, foco primordial de estudo;
- b) Ações tipo 2: que não são de valor ao cliente, porém são necessárias, devendo-se ser mantidas e melhor analisadas;

c) Ações tipo 3: que não agregam valor algum, portanto devem ser eliminadas.

A 3ª fase, *Ação*, é a fase de implementação do processo.

Nesta deve ser criado um plano estratégico para inserção das preposições estabelecidas visando que os desperdícios sejam eliminados e o produto caminhe em fluxo contínuo, bem como as mudanças para que o fluxo de valor se torne puxado, somente produza quando solicitado pelo cliente e na quantidade desejada.

Por último, as inovações em etapas e processos de transformação de material, teste de produto e informação ocorram, para que o produto reduza seu *lead time* e recursos disponibilizados.

A 4ª fase, *Aceitação*, última do processo de melhoria da manufatura de produtos fabricados ocorre a análise, verificação, padronização e acertos futuros no processo.

Os dados são coletados confrontando-se os objetivos traçados com os resultados apresentados. Elabora-se um relatório final que deverá ser apresentado a alta administração, acionistas e gestores. Um outro relatório “resumo” pode ser elaborado para facilitar o conhecimento dos funcionários. Todas modificações deverão ser registradas, descritas, padronizadas e treinamentos necessários elaborados.

Após a realização de todas as fases, o estado futuro inovado do processo de melhoria da manufatura de um produto está completo, bastando agora se trabalhar no sentido de buscar a melhoria contínua, que envolve a contínua execução deste trabalho no fluxo do valor. O princípio da melhoria contínua é aquele que irá interagir com os demais princípios ao longo de todas as fases.

4.5.2. Detalhamento

A seguir são detalhados as fases e os passos do *método* proposto. O objetivo principal foi fornecer uma breve descrição sobre os tópicos elencados e sua estrutura, descritos na figura 4.6.

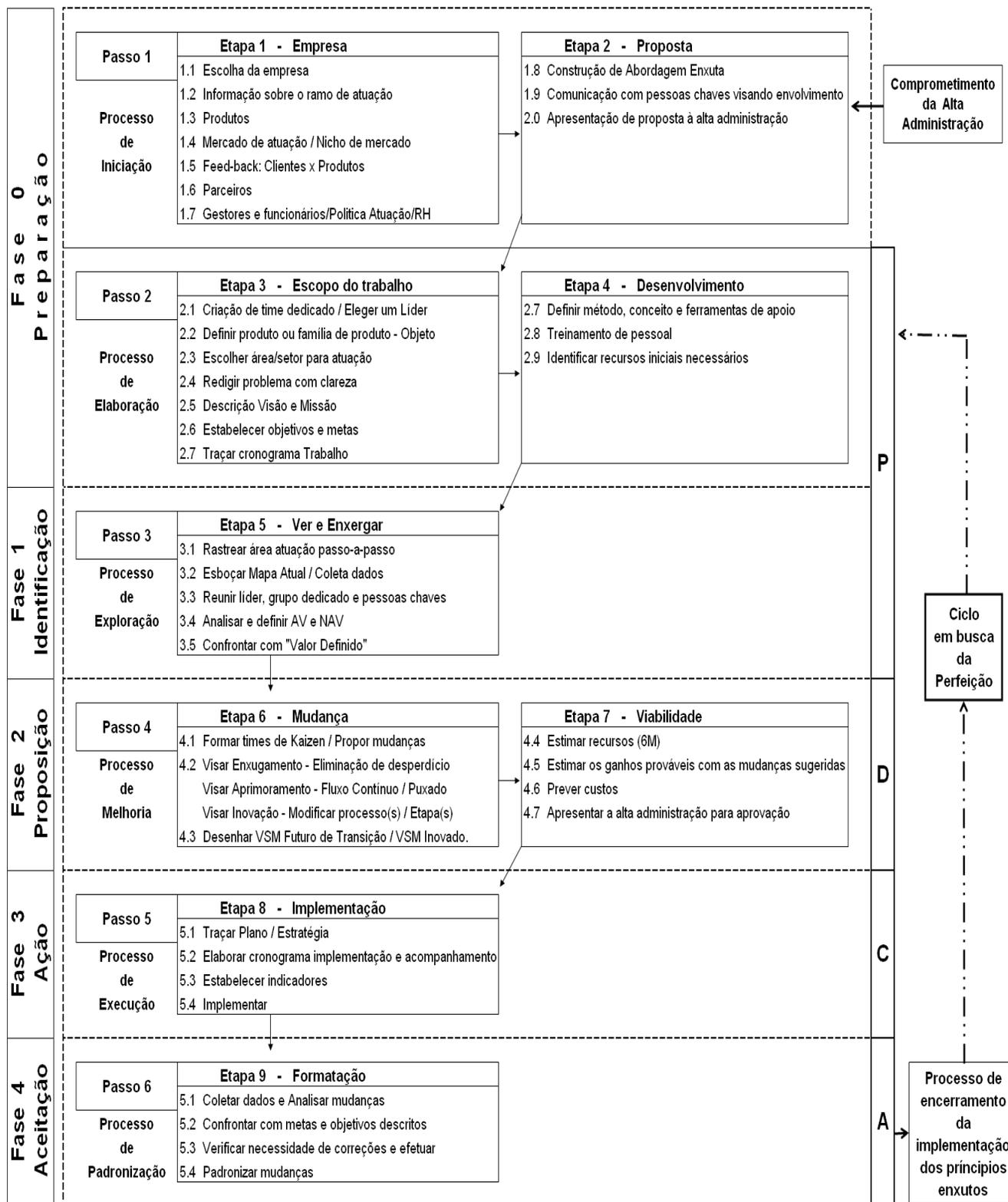


Figura 4.6: Método detalhado de melhoria da manufatura

O *método* proposto foi desenvolvido com a seguinte estrutura básica: cinco fases, contendo seis passos e nove etapas. Estas subdivisões foram construídas baseadas nos dados obtidos na empresa utilizada como estudo de caso, durante o trabalho em campo.

Assim sendo, este detalhamento não deve ser confundido como sendo um manual prescritivo, mas sim como uma sequência de passos que poderão ser utilizados totalmente, parcialmente ou até mesmo ampliados.

A função do *método* é fornecer uma maneira para que se possa de forma estruturada implementar um processo de melhoria da manufatura de um produto, convertendo a situação inicial em um estado futuro inovado. Dessa forma, cada um dos seis passos foi subdividido em atividades, que serão para efeito de padronização chamados de etapas, descritas a seguir:

a) Fase 0 – Preparação

➤ Passo 1 / Processo de iniciação

- Etapa 1 - *Empresa*, deve ser realizado um trabalho de investigação da empresa onde se pretende aplicar o modelo, visando seu auto-conhecimento, “retrato”.

- Etapa 2 - *Proposta*, elabora-se uma proposta dando a visão de como a empresa passará a fabricar de forma enxuta seu(s) produto(s), elencando benefícios prováveis, com base no retrato realizado, juntando-se as informações de pessoas chaves da empresa tomadas e apresentando-a à alta administração, para permissão, apoio e continuidade do trabalho. É importante salientar que caso a alta administração não se comprometa em dar todo o apoio ao trabalho, poderá em algum instante ocorrer complicações e comprometer o estudo de implementação, uma vez que neste processo investimentos deverão ocorrer.

➤ Passo 2 / Processo de elaboração

- Etapa 3 - *Escopo do trabalho*, trata-se da criação de um grupo dedicado ao trabalho, onde um líder deverá ser nomeado, a fim de ser o intermediador, facilitador e responsável pela condução do trabalho.

Também nesta etapa todo desdobramento do trabalho deverá ser traçado, desde escolha do produto, área de trabalho, metas, objetivos, entre outras definições.

- Etapa 4 - *Desenvolvimento*, é o local onde se deverá realizar as escolhas dos métodos, conceitos e ferramentas a serem utilizadas. Além de se preparar o material de treinamento, definição do(s) grupo(s) a ser(em) treinado(s) e providenciar os recursos iniciais necessários. A figura 4.7 descreve a abordagem realizada para a fase 0 - Preparação.

	Passo	Processo	Etapa
Fase 0 (Preparação)	1	Iniciação	1 - Empresa 2 - Proposta
	2	Elaboração	3 - Escopo do trabalho 4 - Desenvolvimento

Figura 4.7: Itens abordados na fase 0 - Preparação, do *método* de implementação

b) Fase 1 – Identificação

➤ Passo 3 / Processo de exploração

- Etapa 5 - *Ver e enxergar*, destina-se ao rastreamento pelo grupo, equipe ou time, de toda a cadeia de fluxo de valor do produto em questão. Acompanhando porta-a-porta toda a trajetória do fluxo de material e informação. Objetivando a coleta de dados para esboço do mapa da situação atual, detalhando-se todos os estoques, desperdícios, processos e etapas que agregam ou não valor, além de anotações que julgarem apropriadas para análise e proposições futuras. A figura 4.8 descreve a abordagem realizada para a fase 1 - Identificação.

	Passo	Processo	Etapa
Fase 1 (Identificação)	3	Exploração	5 - Ver e Enxergar

Figura 4.8: Itens abordados na fase 1 - Identificação, do *método* de implementação

c) Fase 2 – Proposição

➤ Passo 4 / Processo de melhoria

- Etapa 6 - *Mudança*, destina-se a análise dos dados colhidos e da situação levantada. Novas pessoas podem participar do grupo formado ou subgrupos podem ser criados para auxiliar nas discussões que se iniciaram. É importante ressaltar que o grupo deve sempre compor pessoas que conhecem a fundo o processo, etapas do produto e sua tecnologia.

É de grande valor também pessoas com experiência em outras empresas e conhecimentos da manufatura de outros segmentos e plantas; pois a adversidade ajuda na quebra de paradigmas e soluções enusitadas, utilizáveis em tarefas que podem ser adaptadas ao processo do produto em questão. Porém é importante frisar que esse processo de otimização do produto deve ser realizado seguindo-se o roteiro:

- ✓ Primeiro, trabalhe na eliminação dos desperdícios, enxugamento: elimine ou reduza todo excesso de material parado (estoques), inventário, movimentos desnecessários, defeitos, processamento desnecessário, transporte, superprodução e espera;
- ✓ Segundo, torne o fluxo contínuo, capaz de produzir uma peça única por vez ou em pequenos lotes: Faça a produção ser puxada, contínua. Produza somente o necessário e quando o cliente solicitar, visando o aprimoramento da manufatura do produto;
- ✓ Terceiro, otimize a manufatura do produto: faça uma análise detalhada para se definir o que agrega valor na visão dos clientes e o que deve ser melhorado em relação ao produto. Defina cuidadosamente o “core” do produto, essência primordial de sua existência e possivelmente o item diferencial entre os outros produtos similares existentes no mercado.

Em seguida, separe o que não agrega valor mais é necessário. Revise estes itens e veja a possibilidade da aplicação dos itens a e b citados anteriormente, onde mais algum enxugamento, mudança, aprimoramento poderá ser realizado. Por último, esboce o mapa da situação futuro, coloque em um papel todo o fluxo de valor do produto indicando o novo fluxo de material e informação. Agora pare e analise profundamente o mapa da situação futuro. Visualize e mapeie onde os esforços são maiores. Onde se demanda um maior *lead-time* de produção e inicie o processo de inovação. O fundamento do detalhamento deste item é um diferencial do *método* descrito nessa dissertação de mestrado.

Realize *brainstorming* múltiplos com os grupos existentes sempre questionando a existência dos processos e etapas para manufatura do produto em questão. Mergulhe na imaginação. Visualize a possibilidade da adoção de simuladores, alternativas possíveis que possam ser adaptáveis para as diversas situações de teste, transformação da matéria, montagem, verificações, entre outras.

Inove. Tente adaptar recursos naturais para criação e substituição de equipamentos, tarefas. Pense na utilização da água, luz, produtos químicos, vento, choque, vibração, ruído, torque, esforço, tração, contração, movimento, software, entre outras.

Objetive reduzir ao máximo o *lead-time* das etapas e processos de manufatura ao longo da cadeia de fluxo de valor. Com isso grandes saltos poderão ocorrer, impulsionados por ganhos como redução de tempo (prazo), aumento da qualidade final do produto e diminuição substancial de recursos utilizados para sua manufatura. Resultando em aumentando da competitividade e lucratividade da empresa.

Conseqüentemente após a aplicação das três etapas de proposições, otimização global da manufatura do produto, redesenhe o mapa da situação futuro e realize o estudo de viabilidade de implementação.

- Etapa 7 - *Viabilidade*, é a etapa que realizará o estudo das proposições relacionadas anteriormente, checando os gastos e necessidades, para se verificar a possibilidade ou não do seu emprego ao mapa futuro delineado, através da elaboração de um plano de aquisição, ajustes e adaptação, dentro de um cronograma para implementação.

Tal esforço possivelmente demandará pesquisa no mercado de fornecedores de materiais e equipamentos. Desenvolvimento de novos parceiros para atendimento das necessidades relacionadas. Busca de financiamentos, entre outras necessidades.

Após tarefa realizada, deve ser apresentado para análise, conhecimento e ciência da alta administração para validação e aval para continuidade do trabalho.

A figura 4.9 descreve a abordagem realizada para a fase 2 - Proposição.

	Passo	Processo	Etapa
Fase 2 (Proposição)	4	Melhoria	6 - Mudança 7 - Viabilidade

Figura 4.9: Itens abordados na fase 2 - Proposição, do *método* de implementação

d) Fase 3 – Ação

➤ Passo 5 / Processo de execução

• Etapa 8 - *Implementação*, é uma etapa muito importante, pois trata das questões estratégicas que devem ser atentadas para implementação das mudanças propostas. Paradas programadas terão que ser bem estudadas junto a todos envolvidos nos processos a montante e jusante, manutenção e suporte, para que não se tenha prejuízo na manufatura e conseqüentemente queda do faturamento da empresa.

Nesta fase um cronograma deve ser elaborado para indicar prazos, tarefas a serem realizadas e responsáveis. Servirá para acompanhamento da implementação.

A figura 4.10 relaciona os itens contidos na fase 3 - Ação.

	Passo	Processo	Etapa
Fase 3 (Ação)	5	Execução	8 - Implementação

Figura 4.10: Itens abordados na fase 3 - Ação, do *método* de implementação

e) Fase 4 – Aceitação

➤ Passo 6 / Processo de padronização

• Etapa 9 - *Formatação*, é a etapa que é responsável em coletar e analisar as alterações implementadas. Efetuar relatório da situação final e indicar mudanças se necessárias.

A figura 4.11 descreve a abordagem realizada para a fase 4 - Aceitação.

	Passo	Processo	Etapa
Fase 4 (Aceitação)	6	Padronização	9 - Formatação

Figura 4.11: Itens abordados na fase 4 - Aceitação, do método de implementação

Nesta se confrontará os resultados com as metas delineadas no início do projeto de otimização do produto, ressaltando os ganhos em tempo, recursos despendidos, qualidade, custo final do produto, nível de satisfação do cliente, entre outros que julgar preponderante.

Terá como incumbência toda a formatação das mudanças ocorridas, criação de registros, apostilas, informativos, normas, instruções e outras que convir.

A figura 4.12 fornece de forma simples e objetiva o fluxograma do método de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura de um produto.

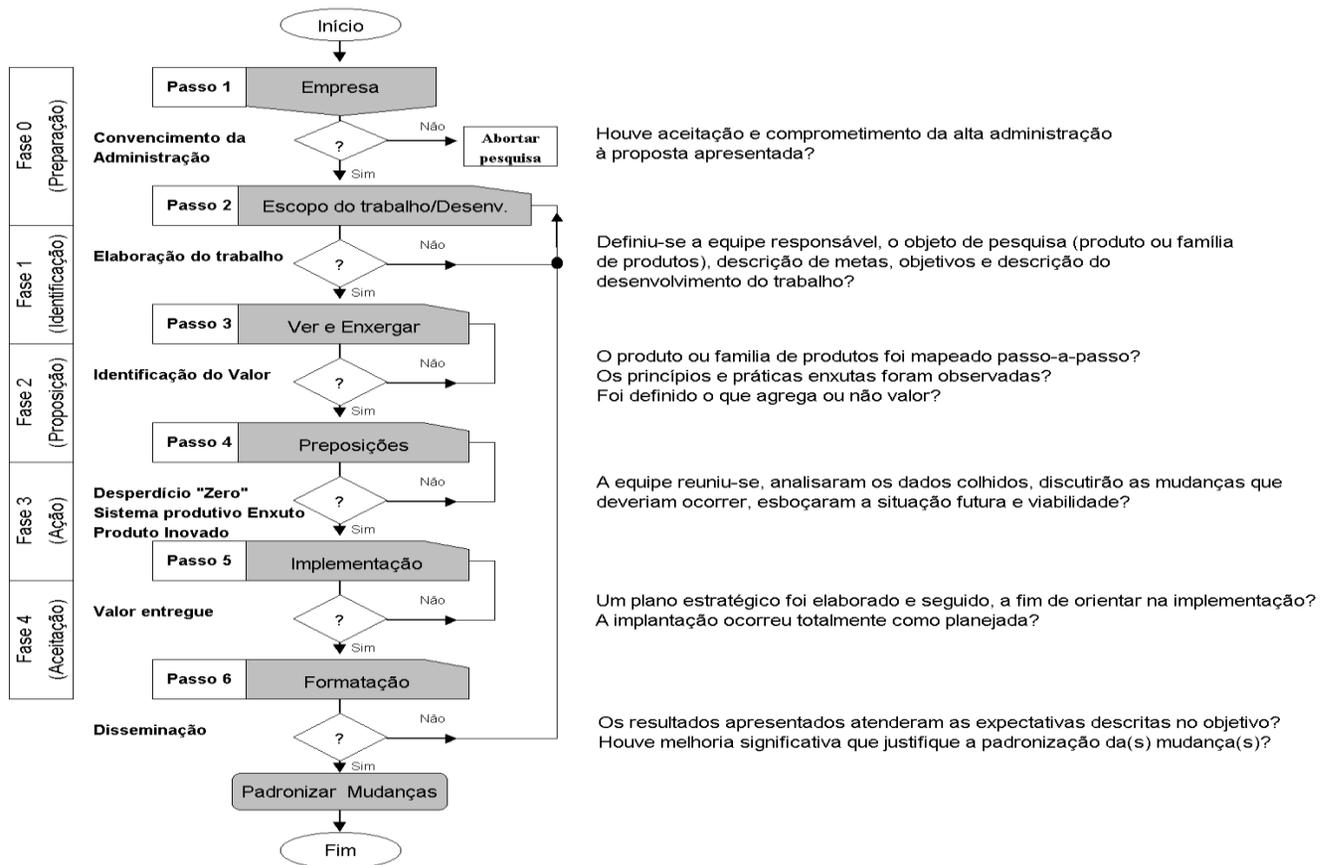


Figura 4.12: Fluxograma simplificado do método de melhoria da manufatura

4.6. Aplicação do método

4.6.1. Fase 0 – Preparação

Passo 1 / Processo de iniciação

Etapa 1 - Empresa

A empresa utilizada como objeto de estudo de caso aqui descrita, será citada através da sigla EMMA. Ela está produz hidrômetros do tipo residencial, modelo Unijato e Multijato, atendendo a diversas companhias de Saneamento Básico no Brasil.

No início deste trabalho (10/2005), a EMMA situada em uma planta de 2.000 m² contava com noventa funcionários envolvidos diretamente no sistema de produção da empresa distribuídos por entre os sete setores em dois turnos de trabalho.

A produção média era de 40.000 peças por mês, realizada em dois turnos, em sete setores de produção, o que representava 3 % da parcela do mercado brasileiro.

A figura 4.13 ilustra a relação dos colaboradores em 2005.

		Setores de Produção								
		1	2	3	4	5	6	7		
		Fundição	Pintura	Usinagem	Montagem	Calibração	Aferição	Expedição		
Turno 1		27	1	5	25	4	3	8		Total
Turno 2		3	1	5	-----	4	3	1		
Sub-total		30	2	10	25	8	6	9	=	90

Figura 4.13: Colaboradores da EMMA em 2005

A EMMA, como muitas outras fábricas, adotava o sistema de manufatura conhecido como produção em lote-e-fila, massa. Esse sistema tem como característica principal a chamada produção “empurrada”, na qual a programação para todas as máquinas é baseada numa previsão de vendas realizadas e alocadas para prazos de entregas longas, cujo arranjo de programação de manufatura é realizada com um prazo mínimo de quatro semanas.

Sendo a programação de produção baseada na previsão de vendas, qualquer variação na demanda provoca aumento dos inventários e/ou atraso de entrega.

Idealizando uma maior representação dentro do mercado nacional, a empresa contratou uma consultoria para mensurar dentro das cinco regiões do Brasil, o cenário de demanda atual e futuro de ligações de água existentes no território brasileiro.

O relatório informou que em 2006 o Brasil possuía aproximadamente 18.700.000 ligações de água residenciais, devendo até 2020 chegar a 47.000.000 ligações de água residenciais.

A tabela 4.1 ilustra o cronograma de perspectiva de crescimento ao longo deste período fazendo um comparativo a participação no mercado *versus* a demanda de aumento de produção até 2020.

Tabela 4.1 – Expectativa de crescimento de produção e participação no mercado até 2020

Produção (peças)			Aumento de Produção	Produção Ano	Faturamento (R\$)	Número de Ligações	
Ano	Mês	Dia				2006	2020
2006	40.000	2.000		480.000	R\$ 1.320.000,00	3 %	1 %
2008	60.000	3.000	50 %	720.000	R\$ 1.980.000,00	4 %	2 %
2009	100.000	5.000	150 %	1.200.000	R\$ 3.300.000,00	6 %	3 %
2011	200.000	10.000	400 %	2.400.000	R\$ 6.600.000,00	13 %	5 %
2015	500.000	25.000	733 %	6.000.000	R\$ 16.500.000,00	32 %	13 %
2020	1.000.000	50.000	900 %	12.000.000	R\$ 33.000.000,00	64 %	25 %

Conforme se pode observar na Tabela 4.1 – Crescimento de produção e participação no mercado até 2020, existe uma correlação entre a produção mês em relação ao número de ligações atuais e participação no mercado, estendida até o ano de 2020. Onde, atualmente a produção mês é de 40.000 peças, número que estabelece que a empresa detém somente 3 % da demanda do mercado brasileiro, tendo-se em vista uma meta de produção de 1.000.000 peças este percentual subiria para 25 %. Supostamente se não aumentar em nada a sua produção até o ano de 2020, passará a EMMA a ter somente 1% da participação no mercado brasileiro.

Normalmente as vendas por parte da EMMA acontecem por concorrência pública, com prazos de fornecimento de no mínimo um ano, podendo ser prorrogada até cinco anos. A entrega a cada cliente é geralmente programada e nivelada, ou seja, é estabelecida uma entrega mensal a cada cliente dentro de um período pré-determinado.

Porém sempre que um pedido é realizado para a área de vendas da EMMA, o gerente de Produção é consultado para posicionar o prazo de entrega do material ao cliente. O mesmo efetua a locação do pedido em seu cronograma, executado manualmente em papel almaço, onde dentro da sua ótica de conhecimento – tentando sempre alocar produtos iguais dentro da capacidade da jornada de trabalho dia da produção (que é de 2.000 peças aprovadas) estabelece um prazo máximo de 40 dias corridos após seu pedido.

A figura 4.14, cronograma de produção para entrega de produto, ilustra um pedido realizado.

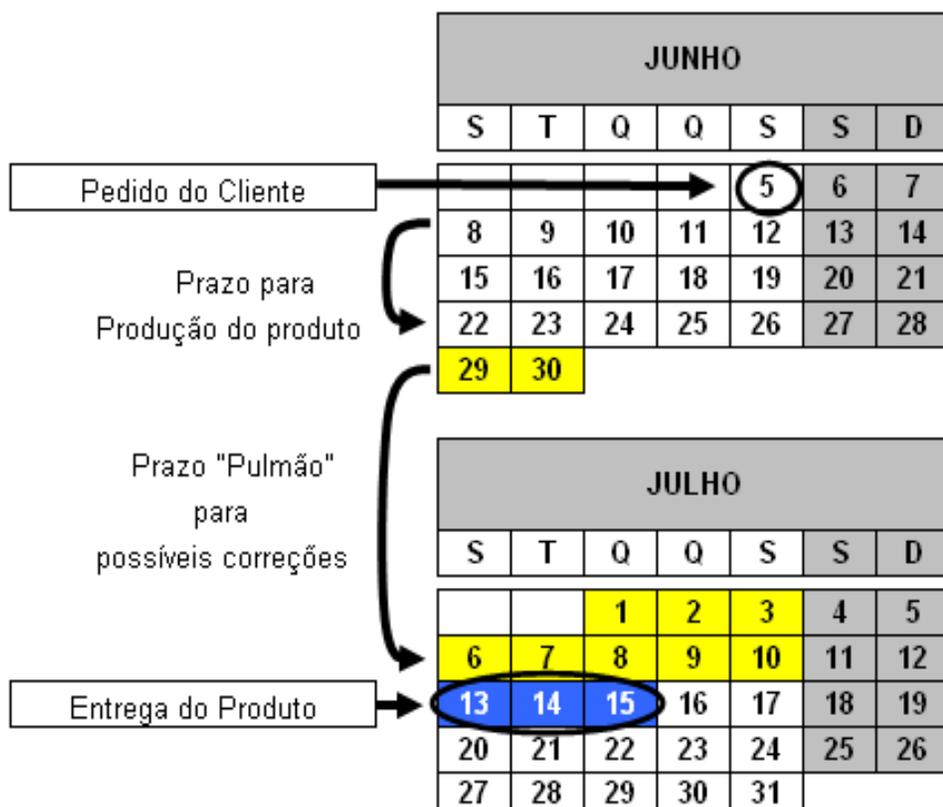


Figura 4.14: Cronograma de produção para entrega de produto

Nesta observa-se que o pedido do produto ocorreu no dia 5 de Junho. Como os primeiros 15 dias úteis são contados como necessários para o chão-de-fábrica processar o pedido, este se inicia dia 8 e termina dia 26. Os próximos 10 dias úteis são separados para que retrabalhos possam ser realizados ou problemas no chão-de-fábrica corrigidos. Dessa forma o prazo do dia 29 de Junho a 10 de Julho fica separado como período pulmão. Os últimos 3 dias úteis, que vão de 13 a 15 de Julho, são os dias estabelecidos como prazo para que o produto saia da expedição e chegue as mãos do solicitante (cliente).

Etapa 2 – Proposta

A proposta apresentada à empresa EMMA foi a de elaborar e aplicar um *método* estruturado de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura, que pudesse ser facilmente seguido e possibilitas-se a obtenção de ganhos satisfatórios de qualidade e produtividade de um determinado produto quando submetido a sua cadeia de fluxo de valor.

A abordagem a alta administração da EMMA contou com aspectos de pessoas chaves internas e externas entrevistadas para compor metas e objetivos, bem como para identificar se essas apoiavam a proposta que iria ser apresentada.

Passo 2 / Processo de elaboração

Etapa 3 – Escopo do trabalho

Inicialmente nomeou-se um facilitador, o supervisor da produção. Ele, um engenheiro mecânico com três anos de atuação junto ao chão-de-fábrica da EMMA, com conhecimentos na aplicação do conceito *Lean Manufacturing*.

O produto escolhido para estudo foi a manufatura do hidrômetro velocimétrico modelo Multijato. Seu escopo de estudo abrangeu toda a cadeia de fluxo de valor.

O problema que motivou esta pesquisa foi a dificuldade para se achar um *método* estruturado de implementação dos princípios enxutos para melhoria da manufatura, estruturado,

que possibilita-se a obtenção de ganhos satisfatórios de qualidade e produtividade, quando aplicado a um produto por toda a sua cadeia de fluxo de valor

Dessa forma, tornou-se meta da organização adequar a planta da empresa a fim de que a perspectiva de aumento de produção ao longo do tempo seja alcançada, onde a manteria entre as três maiores empresas fornecedoras de hidrômetros residenciais do Brasil, fornecendo aos clientes um produto de alta qualidade.

O cronograma inicial estabelecido para início e término do trabalho foi de três anos, flexível às facilidades e dificuldades que ocorrerem ao longo do período.

Etapa 4 – Desenvolvimento

Com o uso dos conceitos de Manufatura Enxuta, este estudo de caso irá relatar o antes e o depois da implementação do *método* de melhoria da manufatura na empresa, delineado através do método *elaborado*, com a ajuda de ferramentas de apoio como: 5S, MPT, redução de *Setup*, fluxo contínuo, sistema de puxar (*Kanban*), JIT, Trabalho padrão, sistema a prova de erros (*Poka-Yoke*), *Kaizen*, *brainstorming*, entre outras.

Para tanto, nomeou-se uma equipe principal para coordenar todas as ações do estudo de pesquisa, tendo como membros o supervisor da produção, o supervisor da qualidade e o autor.

Inicialmente foram treinados os líderes e alguns operadores de cada unidade de produção com os conceitos e ferramentas essenciais para a aplicação dos princípios enxutos.

Em segundo plano serão identificadas as pessoas que se sobressaírem para compor grupos de trabalho para delineamento do mapa atual como do mapa futuro inovado.

O recurso inicial necessário principal foi a disponibilidade de uma sala de treinamento e reunião, para o desenvolvimento das atividades.

4.6.2. Fase 1 – Identificação

Passo 3 / Processo de exploração

Etapa 5 – Ver e enxergar

Primeiramente, a equipe principal em conjunto estudou as partes do produto hidrômetro e o subdividiu em três partes fundamentais: *Carcaça, Kit de medição e Aferição*. Entendeu-se que sem estas partes estarem correlacionadas não é possível se produzir um hidrômetro que atenda as *necessidades de mercado*: produzir um produto que atenda as normas estabelecidas de funcionamento, a um custo de concorrência na praça; e as *necessidades dos clientes*: vir a possuir um produto de qualidade, ao menor custo possível e que funcione a contento como ofertado.

Em seguida a equipe principal trilhou todos os caminhos do fluxo de material e informação, a fim de se coletar dados preponderantes para realização do estudo de caso. Depois foram estudados detalhadamente os sete setores de produção da situação atual, utilizados no chão-de-fábrica da EMMA, já comentados anteriormente na revisão bibliográfica para manufatura do produto objeto de estudo.

O mapa atual do produto estudo de caso, hidrômetro modelo Multijato, foi realizado seguindo-se o fluxo de material e informação no chão-de-fábrica, ponto-a-ponto, passando por todas as etapas de todos os processos: *Fundição, Pintura, Usinagem, Montagem, Calibração, Aferição e Expedição*.

Obteve-se assim um panorama da situação de cada operação dentro da cadeia de valor de forma isolada, sendo analisado posteriormente dentro do conjunto.

Dessa forma, pôde-se esboçar (traçar) o mapa de estado atual, levantando-se os pontos fracos e fortes da cadeia, sendo possível estudar a aplicação de ferramentas que pudessem minimizar ou eliminar os desperdícios e melhorar num todo o processo. A proposta era a obtenção, quando possível, de um fluxo contínuo, procurando manter-se o fluxo de uma peça por vez. O mapa da figura 4.15 mostra o chamado *estado Atual de Manufatura* da empresa EMMA.

Este mapa de estado atual demonstra como é executado o fluxo de material e de informação para atendimento de um pedido ao cliente, em sua planta.

A parte superior do mapa, as setas informam o *fluxo de informação*, ou seja, como a empresa EMMA repassa ao chão-de-fábrica suas solicitações de compra e venda. Quando se trata de um pedido a manufaturar, a área de vendas envia a programação mensal ao gerente de Produção, que a repassa toda quinta-feira ou sexta-feira ao chão-de-fábrica, para iniciar a programação da próxima semana.

Embora o gerente já tenha o conhecimento mensal da produção, esta informação somente é repassada semanalmente a fundição e montagem, a fim de possibilitar um rearranjo de programação caso necessário.

O setor de Fundição sempre recebe a programação antecipada quatro dias antes do setor de Montagem. Isso para a montagem se programar para casar a produção do *Kit* de medição com a chegada das carcaças manufaturadas.

Já as compras de matéria-prima são fixas. Treze toneladas de areia para uso do setor de Fundição para produção dos moldes e machos, com entrega toda terça-feira e doze toneladas de bronze para vazamento dos machos, com entrega toda quinta-feira.

Ambos os produtos ficam armazenados no estoque da fundição e tem duração para atender a sete dias de programação. Em conversa com o supervisor do setor de Fundição, este relatou que tal estoque é mantido para suprir um provável atraso de entrega por parte do fornecedor. Questionado sobre a frequência desses atrasos, este informou que já há algum tempo não recebia material com atraso.

A parte central do mapa informa o *fluxo de material*, ou seja, como o material percorre o chão-de-fábrica até ser finalizado e enviado ao cliente.

Os primeiros ícones, com setas no início e final do processo, sem hachura e com um desenho de caminhão; ilustram a entrega da matéria-prima dos fornecedores na empresa bem como o envio do produto acabado ao cliente. Os ícones contidos logo abaixo, indicam cada

processo de produção que o produto atravessa para ser constituído. Cada ícone contempla a quantidade total de colaboradores diretos existentes na unidade de produção em questão. Abaixo desses ícones encontra-se listadas todas as etapas de produção contida em cada processo de manufatura.

Em seguida, os conjuntos de células centrais representadas por siglas, fornecem os dados totais e parciais de cada processo, como:

- Quantidade de turnos: equivalente ao número de períodos existentes;
- Período dos turnos: são as jornadas trabalhadas (horas);
- Quantidade de colaboradores: número de pessoas que trabalham no setor;
- (TT) - Tempo total disponível de trabalho: período total de tempo em segundos, da jornada de trabalho;

- (LP) - Lote total produzido: quantidade de peças brutas produzidas;
- (LL) - Lote total produzido: quantidade de peças produzidas, já descontado o refugo;
- (LR) – Lote Refugo: quantidade total de peças produzidas rejeitadas;
- (TJ) - Tempo da jornada de trabalho por turno em segundos: tempo total;
- (TA) - Tempo para alimentação, almoço ou jantar, em segundos: período para comer;
- (TD) - Tempo para descanso, durante o turno, em segundos: período para relaxar;
- (TR) - Tempo de Troca (Setup): tempo gasto em segundos para preparação de máquina.

Iniciar nova produção;

- (TL) - Tempo Líquido disponível por turno em segundos: tempo da jornada de trabalho, menos a soma dos tempos para alimentação, descanso e de troca (Setup);

- (TM) - Tempo de máquina: tempo real em porcentagem que a máquina é utilizada;
- (TC) - Tempo de ciclo de 1 peça: cronometrado em segundos, correspondente ao tempo de entrada/saída de uma peça;

- (CT) - Quantidade de células de trabalho: número de estações ou máquinas que executam a mesma atividade;

- (P) - Produção bruta por período: total de peças produzidas na unidade, soma das boas com as peças rejeitadas;

- (R) - Refugo em porcentagem: porcentagem em relação do total de peças produzidas por dia que são rejeitadas;
- (PL) - Produção líquida por período, descontado a taxa de refugo: total de peças boas que são produzidas somando-se todos os períodos trabalhados e;
- (PR) – Produção rejeitada: quantidade de peças produzidas que por algum motivo não atenderam os requisitos necessários.

As setas entre os processos de produção, com hachura, simbolizam o caminhamento empurrado do produto manufaturado.

Entre os processos, durante a caminhada pela cadeia de valor, observou-se a presença de estoques intermediários (quantidade de peças que estavam paradas entre uma operação e outra). Esses estoques estão representados pelos triângulos que contém a letra “E” em seu interior. O valor abaixo indica o número de peças naquele instante.

Os estoques detectados são muito importantes para o mapeamento do estado atual, pois indicam onde o fluxo contínuo está travado.

Por último, na parte inferior do mapa, foi desenhada uma linha do tempo para registrar o *lead time* de produção, ou seja, o tempo que a peça leva para percorrer todo o caminho de produção, da matéria-prima recebida, até a entrega ao cliente. Esse período é importante ressaltar, quanto menor, menor o tempo entre pagar pela matéria-prima e receber pelo produto acabado. Assim sendo, um menor *lead time* está relacionado ao número de giros do estoque.

O tempo que não agrega valor (NAV), descrito na parte superior da linha do tempo leva em consideração a quantidade de peças em estoque dividido pela demanda diária planejada, 2000 peças. Já na parte inferior da linha do tempo estão os tempos de processamento, que são aqueles que realmente agregam valor ao produto (AV).

A relação entre o tempo de processamento e o *lead time*, fornece o percentual de valor agregado ao processo (VAR), conforme descrito na equação 4.1.

$$\text{VAR (\%)} = \frac{\text{TP (NAV)}}{\text{LT (AV)}} \Leftrightarrow \frac{15,3 \text{ dias}}{463 \text{ s}} \Leftrightarrow \frac{1.321.920 \text{ s}}{463 \text{ s}} \text{ ‰} \quad \text{VAR} = 0,035 \% \quad (\text{equação 4.1})$$

Onde: VAR = Valor agregado ao processo

TP = Tempo total de processamento líquido

LT = *Lead Time* de produção

Por este resumo, pode-se ver que o tempo NAV decorrido por uma peça desde o momento em que se inicia seu processo de manufatura é de 15,3 dias. Destes tempos, somente 463 segundos é que realmente AV à produção da peça durante todo o seu caminhamento sobre o chão-de-fábrica.

Sendo a programação de produção baseada na previsão de vendas, qualquer variação na demanda provoca aumento do inventário e/ou atraso na entrega do produto. Deste modo, o percentual de valor agregado ao processo (VAR) é de 0,035 %.

Nesse caminhamento pela planta de produção, pode-se observar a ausência de várias ferramentas auxiliares que poderiam ser incorporadas para controle e melhoria contínua do processo, que serão comentadas no mapa de estado futuro.

a) Arranjo físico: Layout

Cada setor de produção está situado em uma área dentro do chão-de-fábrica. Para visualizar essa distribuição será utilizada a figura 4.16, setor físico departamental, que ilustra onde cada setor de produção está lotado dentro da planta da empresa EMMA. Observa-se que o fluxo de material dentro da fábrica faz um caminho sinuoso (zig-zag) atualmente.

Em seguida, a figura 4.17 *layout* funcional, informa a locação das máquinas, bancadas, prateleiras, funcionários fixos e de apoio (auxiliares). Além do fluxo de material dentro de cada unidade. A empresa adota o *layout* funcional, dispondo as máquinas similares conjuntamente. Seu sistema de manufatura é por lotes. As peças seguem de uma máquina para a outra em lotes completos ou parciais, empurrados em carrinhos, sem levar em conta a quantidade de peças existentes no local (estoque parado).

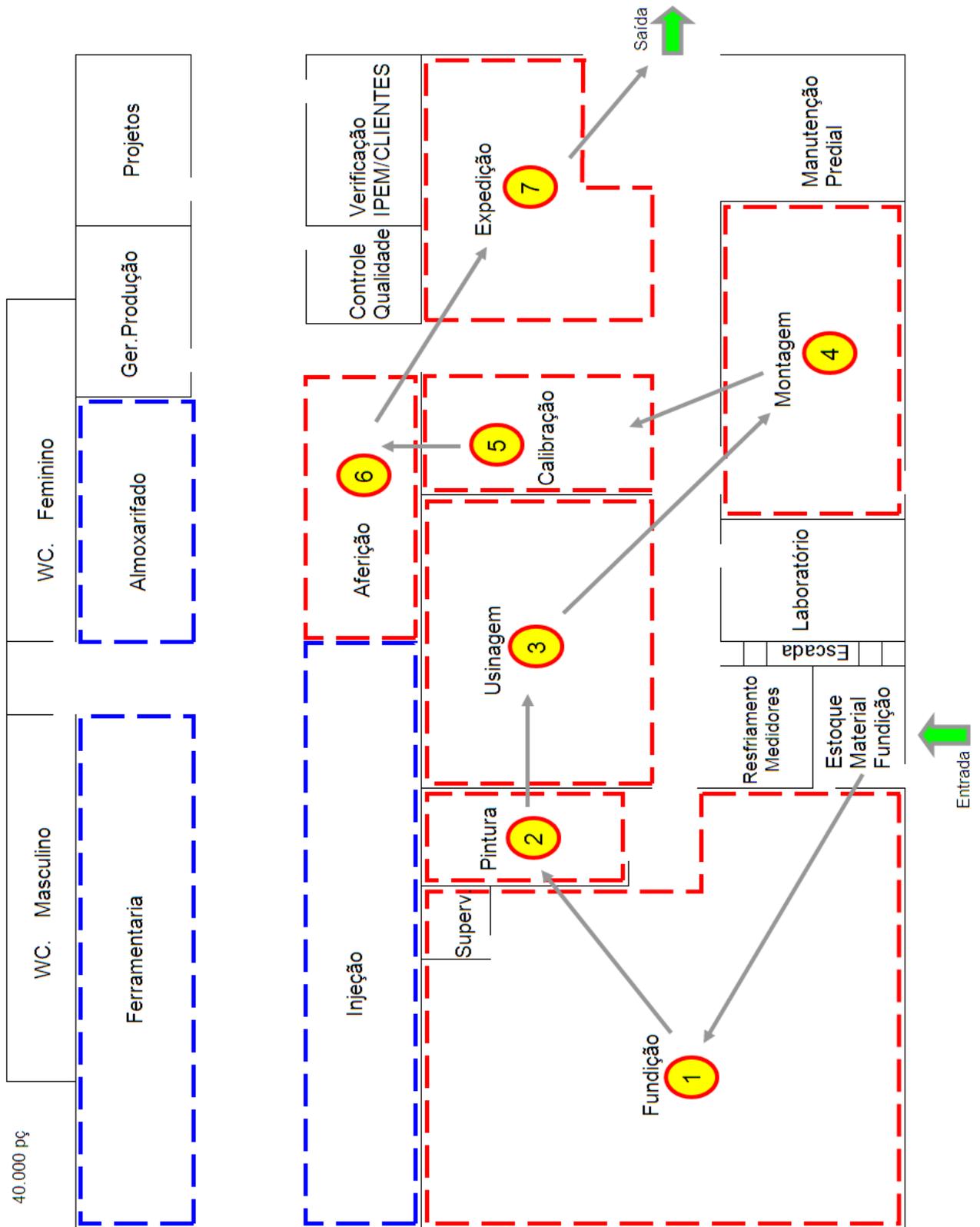


Figura 4.16: EMMA - Setor físico departamental atual

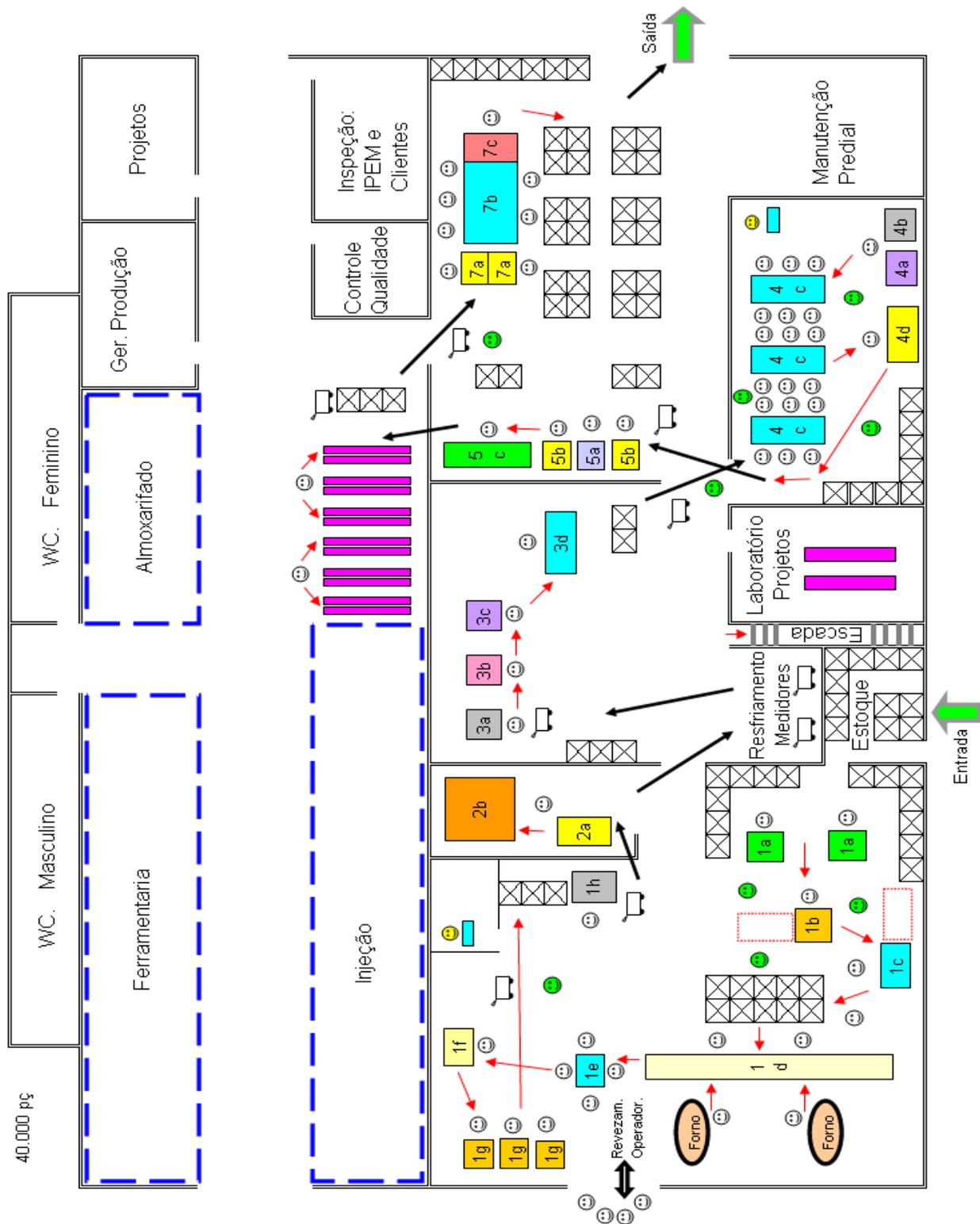


Figura 4.17: EMMA - Layout funcional atual

b) Processos de produção – Descrição das tarefas

A seguir será descrito todas as etapas dentro de cada processo, para um entendimento mais detalhada de cada unidade de produção, ilustrada no layout funcional atual (vide figura 4.17).

• Fundição de carcaças de hidrômetros

O *setor de Fundição* de carcaças de hidrômetros é a primeira operação da cadeia do fluxo de material. Nessa a EMMA, utiliza-se do método de fundição por *Shell Molding*. As etapas que englobam o setor são:

- 1a. Máquina Macheira;
- 1b. Máquina Casca;
- 1c. Máquina Colagem;
- 1d. Envasamento (fundição);
- 1e. Desmoldagem;
- 1f. Jateamento;
- 1g. Rebarbação e
- 1h. Teste hidrostático.

As setas vermelhas contidas no *layout* funcional indicam o caminhamento do material dentro de cada unidade de produção e as setas pretas, o caminhamento entre processos.

Inicialmente no primeiro processo existem duas máquinas macheiras (etapa 1a). Nestas trabalham um operador por máquina. Estas em seus moldes fixos produzem a cada ciclo de vinte e um segundos, dois *machos* cada, através da compactação da areia em virados de 180° da matriz. A máquina possui um silo de areia na sua parte superior, que é alimentada a cada 35 minutos pelos operadores auxiliares existentes no setor. Esta atividade demanda um tempo de aproximadamente sessenta e nove segundos.

Dessa forma as máquinas macheiras juntas apresentam uma capacidade de produção acima da necessária por dia, superprodução de aproximadamente 3.257 peças, somente em um turno.

Após sua confecção, estes são armazenados em posição vertical na prateleira e seguem quando necessário para a máquina de colagem do processo (etapa 1c).

A seguir, a figura 4.18 fornece alguns dados das etapas envolvidas no setor de Fundição.

2.000 pç dia	Macheira	Casca	Colagem	Fundição	Desmoldagem	Jateamento	Esmeril	Estanqueidade
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	42	59	59	2.520	51	140	40	12
Peças por Ciclo	2	2	2	90	1	10	1	1
Número de Máquinas	2	1	1	2	0	1	3	1
Número de Operadores	2	1	1	5	4	1	3	1
Turnos	1	2	2	1	1	1	1	1
Tempo Disponível	34.200	65.400		34.200				
Capacidade de Produção	3.257	2.217	2.217	2.443	2.682	2.443	2.565	2.850
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	21	29,5	29,5	28	51	14	40	12

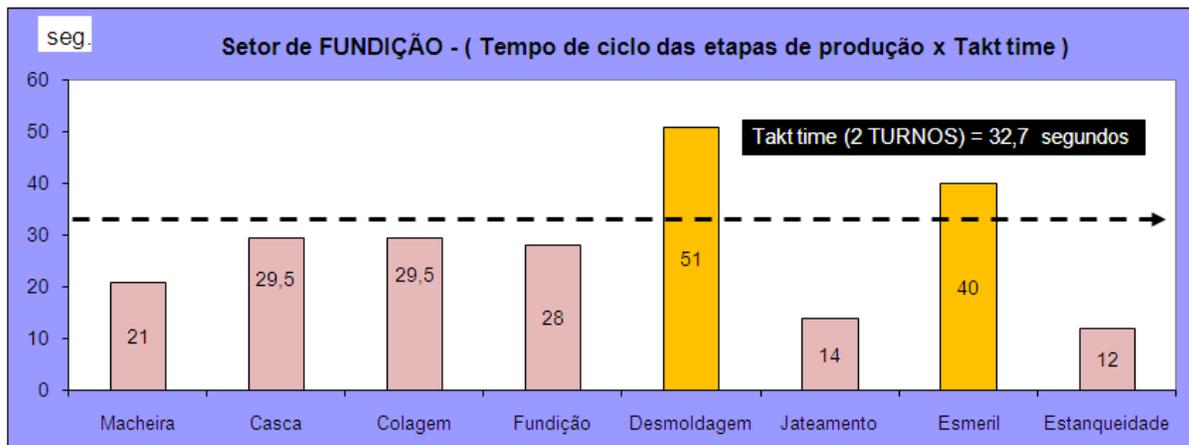


Figura 4.18: Dados do setor de Fundição – situação atual

No processo seguinte existe apenas uma máquina de casca, que fabrica o *molde* utilizado para encapsular os machos (etapa 1b). Esta máquina produz as duas faces do molde a cada ciclo de cinquenta e nove segundos, através da compactação da areia em virados de 180° do molde. Dessa forma, apresenta uma capacidade inferior de produção dia, sendo necessários dois turnos para suprir a demanda, fabricando aproximadamente 2.217 peças. Em cada turno se trabalha um operador.

Os moldes produzidos são temporariamente armazenados na prateleira e encaminhados para máquina de colagem quando necessário (etapa 1c).

O abastecimento do silo da máquina é realizado a cada hora, por um operador auxiliar, demandando cento e setenta segundos para execução da tarefa.

No *Setup* da máquina é gasto em média de 2400 segundos, sendo que o mesmo só ocorre uma vez por dia, quando a mudança de manufatura do produto, normalmente no 1º turno.

Na macharia além das variáveis comuns à moldagem, tem-se uma preocupação a mais: a tiragem dos gases de queima da resina que aglomera o macho, pois durante o vazamento, o macho ficará quase completamente envolto em metal líquido, restando somente às porções referentes aos apoios (marcações) do macho no molde. Uma falha nesta “respiração” pode causar evolução explosiva dos gases com conseqüente expulsão do metal líquido de dentro do molde. Com menor severidade haverá sopros, bolhas, para dentro da peça.

Na terceira atividade do processo existe também apenas uma máquina de colagem (etapa 1c). O operador realiza a montagem desse processo inicialmente em bancada, limpando todas as peças que vão constituir o conjunto, colocando primeiramente os dois machos dentro de uma face do molde, em seguida passando cola nas extremidades do mesmo e posteriormente inserindo a segunda face sobre a primeira. Em seguida o conjunto é colocado na máquina para aperto, que efetua compressão com a ajuda de molas em pontos específicos do molde, efetuando a junção das partes.

Nesta operação observou-se a necessidade do operador atentar:

- Ao desencontro das partes que compõem o molde e os machos, o que acarretará um desvio dimensional nas peças;
- A limpeza dos moldes, para não haver inclusões de material estranho ao metal;
- A saída dos respiros do macho e do molde para não haver evolução de gases no interior do molde e conseqüente porosidade no metal.

Observou-se que o tempo de ciclo de cinquenta e nove segundos dessa tarefa apresenta uma capacidade de produção dentro do tempo disponível por turno par atender a demanda dia, sendo necessários dois turnos de trabalho para se produzir aproximadamente 2.217 peças. Por turno trabalha-se um operador na máquina.

Os conjuntos montados são estocados em prateleira, para prévio caminhamento as baias para envasamento quando necessário (etapa 1d).

Nesta etapa de colagem não existe *setup*, a máquina é a mesma para os dois tipos de produtos fabricados pela EMMA.

No processo de fundição, Envasamento (etapa 1d), existem três fornos. Sendo que somente dois são operados, pois atendem a demanda de produção dia somente operando no 1º turno. Nestes existem em cada um, um operador, responsável em manter o forno em *fusão* apropriada (900 a 1.200° C), eliminar toda a borra e deixá-lo apto a alimentar os moldes.

Um montante de 90 moldes representando 180 peças por batelada é retirado manualmente das prateleiras, onde estão acondicionados, colocados em um carro para transporte e em seguida descarregados sobre a baía por um dois operadores, em fila e na posição vertical, com o canal de envasamento voltado para cima. A produção total é de aproximadamente 2.443 peças em um único turno. Nesta unidade trabalham no total cinco operadores, que se revezam entre as atividades.

O operador de cada forno, através do uso de uma concha, com muita técnica realiza o envasamento dos moldes um a um, levando em média vinte e oito segundos de tempo de ciclo. Nesta etapa é fundamental o controle:

- Da limpeza da concha, para não haver inclusões de material refratário na peça;
- Da temperatura do metal líquido a ser vazado: se for muito baixa, a peça sairá com falhas; se for muito alta, irá provocar sinterização de areia nas peças.
- Da velocidade de vazamento do metal líquido: se for muito baixa, provocará defeitos de expansão da areia devido à irradiação de calor do próprio metal preenchendo o molde; se for muito alta, provocará erosão na areia do molde e conseqüentemente grande número de inclusões de areia.

Após o envasamento, os moldes permanecem na baía por vinte minutos para resfriamento do material. Em seguida são retiradas pelos operadores auxiliares e encaminhados para a Desmoldagem (etapa 1e).

Na quinta etapa do processo, Desmondagem, existem quatro operados trabalhando. Está operação é realizada manualmente, com o uso de martelos. Um único turno é suficiente para produzir aproximadamente 2.682 peças, o suficiente para suprir a demanda de produção dia.

O tempo de ciclo desta atividade é de cinquenta e um segundos por peça. O material após desmoldagem é transportado por caçamba até a unidade de Jateamento (etapa 1f) do processo.

Os canais de alimentação e outros resíduos de areia são removidos e acondicionados em caçamba apropriada. Quando cheia é enviada a uma empresa para retrabalho e destinação final do resíduo.

Na sexta etapa do processo, Jateamento, existe apenas uma máquina trabalhando. Está é operada por um funcionário que faz a carga e a descarga das peças. O tempo de ciclo é em média de quatorze segundos, capaz de produzir 2.443 peças no 1º turno de trabalho, o suficiente para suprir a demanda dia.

A máquina de jateamento tem como função remover todos os resíduos da carcaça (figura 4.19), a fim de que se possa se realizar um exame visual e verificar possíveis imperfeições que a rejeitem.



Figura 4.19: Máquina de jateamento de carcaças

Também serve para deixar o metal totalmente exposto, com rugosidade superficial adequada para o recebimento da pintura.

Em seguida as peças são encaminhadas para o processo de Rebarbação (etapa 1g).

Na sétima etapa do processo, Rebarbação, existem três esmeris. Em cada equipamento trabalha um operador. Eles executam a tarefa de rebarbação das peças. Um turno é o suficiente para suprir a demanda dia. Com um tempo de ciclo observado de quarenta segundos, produz aproximadamente 2.565 peças.

Nesse instante são removidas as “rebarbas” de metal que não fazem parte da peça final. Estas operações envolvem e dependem da habilidade do operador para garantir as dimensões desejadas na peça acabada.

Após esta tarefa, as carcaças são transportadas por caçambas contendo em média 50 peças para teste de estanqueidade (etapa 1h).

Na oitava etapa do processo é realizado o teste hidrostático, onde existe apenas um equipamento instalado. Neste equipamento trabalha um operador. Ele realiza o teste de estanqueidade em todas as carcaças fundidas, uma a uma, submetendo-as a um a pressão de vinte quilos por nove segundos. O tempo de ciclo é de doze segundos, representando uma produção de aproximadamente 2.850 peças em um único turno.

As peças testadas e aprovadas são armazenadas temporariamente em palete (figura 4.20), aguardando a solicitação do segundo setor de produção, Pintura.



Figura 4.20: Estoque de carcaças acabadas

O *takt time* para atendimento dos clientes é de 32,7 segundos. Quociente da divisão entre o tempo total disponível, 65.400 segundos, pela demanda dia, 2.000 peças.

Existem no setor de produção quatro operadores suporte, que fazem o revezamento entre as etapas de produção a cada quarenta minutos, em razão do desgaste causado pelas atividades insalubres. Um supervisor no 1º turno de trabalho do setor, totalizando 27 pessoas no período.

No 2º turno (período de gargalo do setor), trabalham três funcionários. Um na máquina de casca, outro na máquina de colagem e um terceiro como auxiliar.

- **Pintura de carcaças**

A unidade de produção *Pintura* de carcaças é a segunda na cadeia de valor do fluxo de material. Ela é responsável pelo acabamento externo da carcaça, que irá para as mãos do cliente. Nesta unidade trabalha somente um operador por turno, sendo necessários dois turnos para demanda de produção dia (2.000 peças).

A unidade de Pintura é constituída por uma cabine de pintura eletrostática a pó e uma estufa de secagem rápida.

Dentro do processo de Pintura, as etapas que englobam o setor são:

- 2a. Pintura das carcaças;
- 2b. Cura das carcaças e
- 2c. Resfriamento das carcaças.

Na primeira atividade, Pintura das carcaças (etapa 2a), as mesmas são retiradas da caçamba e colocados em um suporte denominado varal. O suporte varal tem capacidade para cem peças. É constituído de barras de ferro horizontais instaladas paralelamente, contendo cada uma dez ganchos para descanso das peças. São gastos em média novecentos segundos para execução da tarefa.

Dessa forma, o operador em posse do revólver de pintura vai jateando unitariamente cada carcaça (doze segundos de atividade), tomando o devido cuidado para não pintar a partes internas

do medidor e suas extremidades, que são as partes que vão ser posteriormente usinadas. Assim, após a pintura do lote inteiro, o suporte varal é retirado da cabine de pintura e segue para a estufa.

A atividade de montagem do varal e pintura das carcaças juntas demandam um tempo de ciclo em média de vinte e um segundos, sendo necessário o trabalho em dois turnos para suprir a demanda dia, produzindo-se aproximadamente 2.971 peças.

A figura 4.21 fornece os dados das etapas envolvidas no setor de Pintura.

2.000 pç dia	Montagem em Varal	Pintura	Estufa	Resfriamento
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	900	1.200	1.500	1.200
Peças por Ciclo	100		100	100
Número de Máquinas	1		1	0
Número de Operadores	1			
Turnos	2			
Tempo Disponível	62.400			
Capacidade de Produção	2.971		4.160	5.200
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	21		15	12

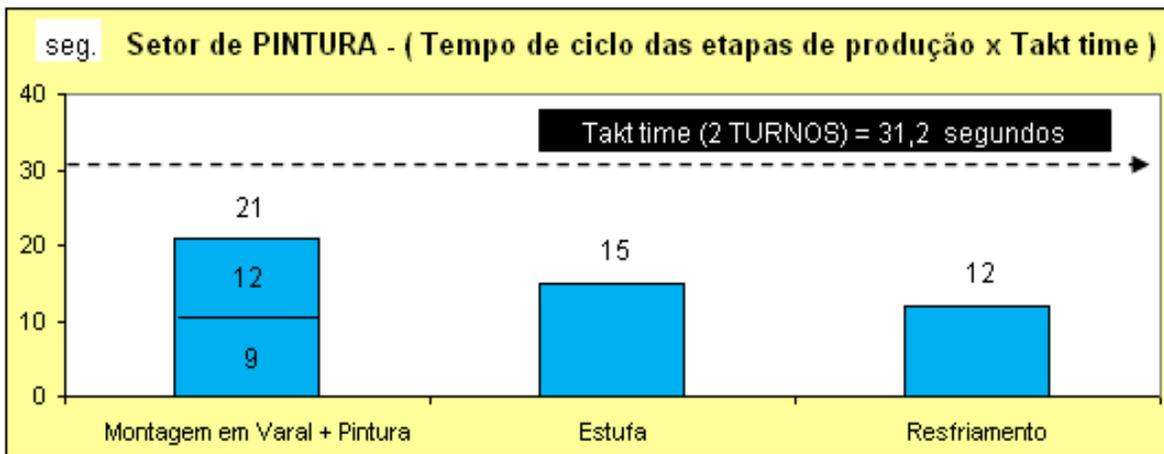


Figura 4.21: Dados do setor de Pintura – situação atual

Na segunda tarefa do processo de pintura, Cura das carcaças (etapa 2b), as mesmas permanecem por vinte e cinco minutos a uma temperatura de 220° C, realizando a secagem. Como seca-se cem peças de uma única vez, batelada, o tempo de ciclo desta etapa é de quinze segundos, capaz de produzir aproximadamente 4.160 peças.

Após o tempo de secagem o varal é retirado da estufa e deixado a temperatura ambiente por aproximadamente vinte minutos, executando dessa forma a tarefa de Resfriamento das carcaças (etapa 2c). Dessa forma, o tempo de ciclo desta atividade é de aproximadamente doze segundos.

Em seguida, as carcaças são descarregadas pelo operador em um carro tipo caçamba uma a uma, onde é realizado um exame visual em todas as carcaças, a fim de se verificar possíveis falhas de pintura. O tempo *takt* obtido para atender a demanda dia dos clientes desse processo é de 31,2 segundos, valor obtido através da divisão do tempo total disponível, 62.400 segundos, pela demanda dia dos clientes, 2.000 peças.

Foi verificado que nos lotes produzidos, esporadicamente, é feito um ensaio de qualidade da tinta aplicada. Normalmente esse é executado quando o operador detecta alguma anormalidade na carcaça pintada ou após início de aplicação de pó de um novo lote.

O teste de verificação da tinta aplicada compreende na mensuração da espessura da camada de tinta existente e ensaio de aderência. Para medir a aderência da película de tinta é usado o método padrão, adesão por fita, conforme ASTM – *American National Standard* – ANSI / ASTM D 3359. O ensaio de aderência é feito por amostragem, pelo setor de Qualidade.

Observou-se que a cabine de pintura e também a estufa comportam um varal maior, podendo-se produzir uma maior quantidade de hidrômetros por batelada. Verificou-se também os tempos despendidos para montagem do varal, pintura e resfriamento das peças pintadas, podendo-se realizar *Kanbans* futuros para melhorias destas etapas. Em seguida, as carcaças seguem para a próxima unidade de produção, *Usinagem*.

- **Usinagem de Carcaças**

A unidade de produção *Usinagem* de carcaças é a terceira dentro da cadeia de valor do fluxo de material. Ela é responsável pela usinagem das carcaças, pois peças mecânicas dificilmente ficam prontas e acabadas após a sua limpeza, ainda necessitam, em alguns casos, serem usinadas e trabalhadas por máquinas e ferramentas. O motivo são as rebarbas, ou imperfeições que ocorrem no processo de fundição.

Somente componentes que não necessitam precisão absoluta em suas dimensões, não precisam ser torneados, retificados, usinados ou manipulados em suas medidas.

Nesta unidade trabalham cinco operadores por turno, sendo necessários dois turnos para suprir a demanda de produção dia.

A Usinagem é constituída por uma célula de trabalho que englobam as atividades de:

- 3a. Usinagem do miolo da carcaça;
- 3b. Bocais e roscas;
- 3c. Furo com rosca para acondicionamento do parafuso de regulagem e
- 3d. Rebarbação.

A figura 4.22 fornece alguns dados das etapas que envolvem o setor de Usinagem.

2.000 pç dia	Furo + Rosca			
	Miolo	Bocais + Roscas	Parafuso Regulagem	Rebarbação
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	22	20	29	22
Peças por Ciclo	1	1	1	1
Número de Máquinas	1	1	1	1
Número de Operadores	1	1	1	1
Turnos	2			
Tempo Disponível	62.400			
Capacidade de Produção	2.836	3.120	2.152	2.836
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	22	20	29	22

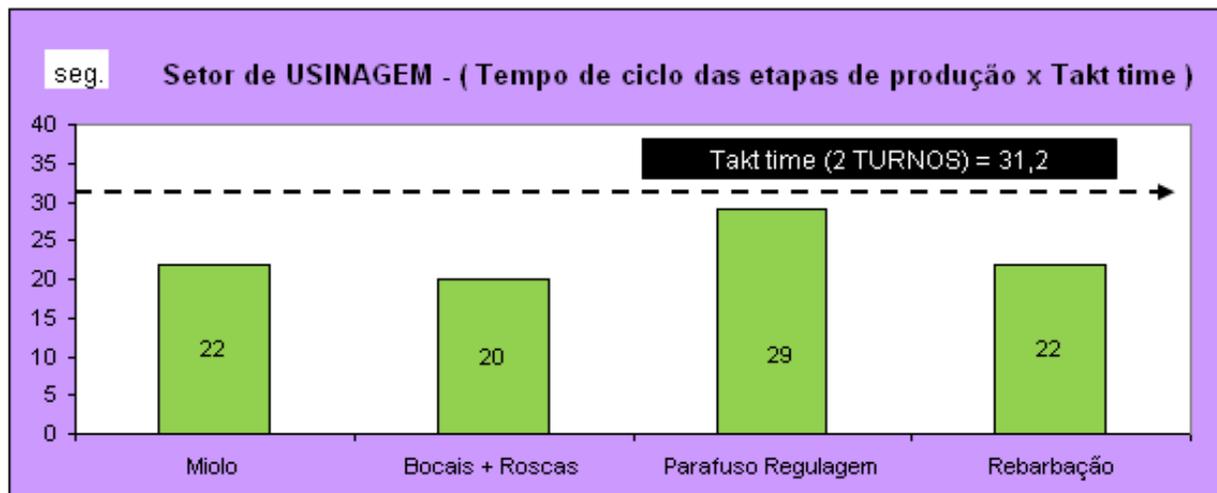


Figura 4.22: Dados do setor de Usinagem – situação atual

Primeiramente as carcaças uma a uma são descarregadas dos carros de transporte e tem o miolo da carcaça usinada (etapa 3a). O *miolo da carcaça* representa o compartimento interno da carcaça que irá alojar o *Kit de medição do medidor*.

Kit de medição do medidor é o conjunto formado pelo mecanismo de medição (turbina), mais o mecanismo de indicação (relojoaria). Essa atividade é feita em uma bancada, por um operador e seu tempo de ciclo é de vinte e dois segundos, capaz de produzir 2.836 peças. A cada trinta peças usinadas, o operador realiza a calibração do padrão utilizado para a tarefa.

Em seguida, as carcaças são empurradas para a segunda bancada, onde é realizada a usinagem dos bocais e roscas das extremidades de cada carcaça (etapa 3b). A *rosca do bocal* proporciona o fechamento do conjunto, hidrômetro, onde a carcaça e o kit de medição são unidos. As *roscas das extremidades* servem para instalação do medidor de água junto ao ramal predial.

Essa atividade é realizada por um único operador e seu tempo de ciclo é de vinte segundos, representando uma capacidade de produção de 3.120 peças. O operador testa a rosca do bocal da carcaça a cada 100 peças usinadas e verifica as roscas das extremidades a cada 50 peças. Quando se depara com alguma não conformidade, são inspecionadas as peças anteriores intercaladas de cinco em cinco até se chegar ao defeito.

As carcaças trabalhadas são empurradas para a terceira atividade de produção onde é realizado o *furo com rosca para acondicionamento do parafuso de regulagem* do hidrômetro (etapa 3c). Essa tarefa é realizada em uma bancada por somente um operador e seu tempo de ciclo é de 29 segundos. A capacidade de produção é de 2.152 peças.

Em seguida, as peças caminham para a quarta tarefa de produção, Rebarbação (etapa 3d), onde manualmente um operador verifica todas as usinagens realizadas e elimina as “rebarbas” de metal que não fazem parte da peça final (figura 4.23).

O tempo de ciclo desta operação é em média de vinte e dois segundos, representado uma capacidade de produção média de 2.836 peças.



Figura 4.23: Rebarbação manual de carcaças

O *takt time* calculado para o atendimento aos clientes está em 31,2 segundos. Valor obtido pela divisão do tempo total disponível, 62.400 segundos, pela demanda dia, 2.000 peças.

O nível de rejeição de 1 % se refere às carcaças que apresentam algum grau de deficiência quando usinadas, ocasionada normalmente por fragilidade do metal ou porosidade contida na carcaça.

Em seguida, as carcaças são acondicionadas em caçambas contendo vinte peças cada, e aguardam para ir a próxima unidade de produção, *Montagem*.

- **Montagem do Kit de medição**

A quarta unidade de produção, *Montagem*: é responsável pela montagem do *Kit* de medição do medidor, o *core* da empresa, com a carcaça já pronta.

Um único turno supre a demanda de produção dia de 2.000 peças.

Esta unidade de produção é subdividida em quatro etapas de produção, sendo:

- 4a. *Silkscreen* dos roletes;
- 4b. Serigrafia do mostrador do hidrômetro;
- 4c. Montagem do *Kit* de medição com a carcaça do medidor e
- 4d. Instalação do parafuso de regulagem.

Define-se como o *core* do produto o *Kit de medição* do hidrômetro, por que a carcaça é tratada nada mais do que somente como um invólucro essencial. Sua contribuição para o produto é meramente para fins de estética, conceitual no âmbito de suportar as cargas de pressão existentes nos ramais prediais e dificultar atos de vandalismo e furtos. No que tange a finalidade do produto, que é de mensurar e indicar o volume de água que o atravessa, o *Kit de medição* tem essa incumbência.

A figura 4.24 fornece alguns dados das etapas que envolvem o setor de Montagem.

2.000 pç dia	Célula de Trabalho									
	Rolete Silk Screen	Monstrador Serigrafia	Turbina Imãs	Relojoaria			Kit	Carcaça Kit	Parafuso Reg. Instalação Filtro	
			Roletes	Base Mostrador	Fechamento					
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	3	6	40							14
Peças por Ciclo	1	1	1							1
Número de Máquinas	1	1	3	0						1
Número de Operadores	1		6							1
Número de Células	1		3							1
Turnos	1									
Tempo Disponível	30.000									
Capacidade de Produção	10.000	5.000	15.000	6.000	3.333	2.250	6.429	6.429	2.143	
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	3	6	6	15	27	40	14	14	14	

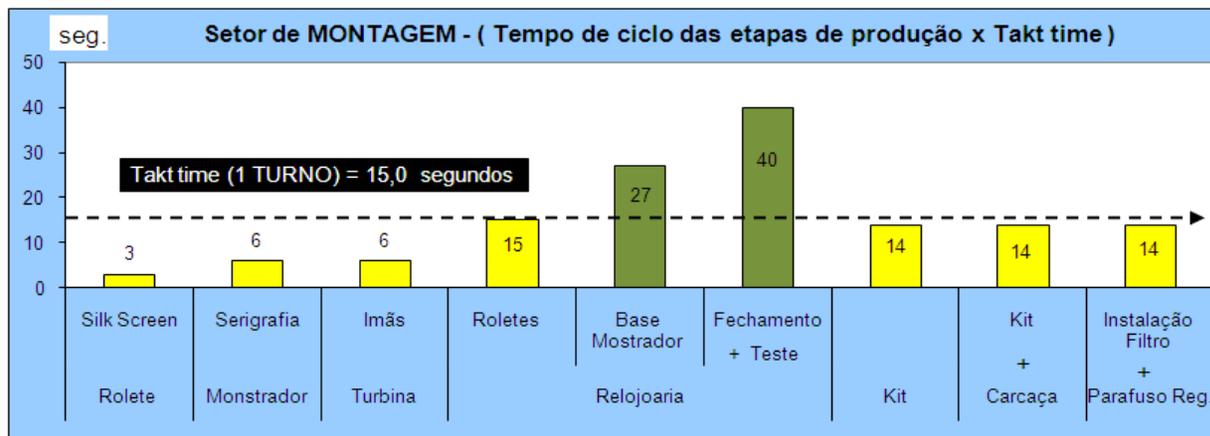


Figura 4.24: Dados do setor de Montagem – situação atual

Na primeira etapa de produção do setor se realiza o *silkscreen* dos roletes² (etapa 4a). Nessa existe uma máquina de *silkscreen* onde se trabalha somente um operador. A cada lote de quinhentas peças gravadas é necessário o operador reabastecer o silo da máquina. Para isso ele vai até o estoque interno do setor e retira do estoque pulmão um saco fechado com quinhentas roldanas injetadas pela estamperia e alimenta a máquina.

O controle desse estoque é feito por bandejas, onde a cada dia logo no início do 1º turno são alimentadas com 2.000 peças retiradas do almoxarifado geral. A cada um mil e quinhentas peças numeradas, são necessárias o operador realizar a troca da fita da máquina. O *setup* dessa tarefa é de 30 segundos.

Os roletes fabricados são estocados em caçambas e alimentam as células de montagem da relojoaria quando necessário. O tempo de ciclo de produção deste equipamento é de três segundos, capaz de produzir 10.000 peças em um único turno.

Na segunda etapa de produção realiza-se a serigrafia do mostrador do hidrômetro (etapa 4b). Para tanto o mesmo operador da máquina de *silkscreen* opera a máquina de serigrafia. O tempo de ciclo da tarefa é de seis segundos, sendo estimada uma capacidade de produção de aproximadamente 5.000 peças por turno.

A tarefa consiste no operador colocar o mostrador na máquina, baixar o clichê no sentido do mostrador e gravar suas partes em alto relevo na região da peça. As peças estampadas são estocadas internamente para consumo das células de montagem da relojoaria.

Na terceira rotina de produção realiza-se a montagem do *Kit de medição* com a carcaça do medidor (etapa 4c). Para tanto existem três células de seis pessoas cada. Cada célula executa a montagem dos roletes, relojoaria³, *Kit de medição* e instalação na carcaça. Dessa forma o medidor sai da célula montado. As tarefas são divididas entre os seis integrantes de cada célula, que se alimentam de caçambas de peças alojadas nas bancadas, alimentadas sempre que necessário por dois auxiliares suportes do setor. A alimentação é feita sempre quando ocorre a solicitação por parte de algum operador.

O teste do hidrômetro montado é superficial, realizado pelo operador da célula, que através de um sopro na posição de entrada do fluxo de água verifica se o mecanismo medidor se movimentou através do giro do ponteiro da relojoaria.

² *Roletes* são roldanas cilíndricas enumeradas de zero a nove, que fazem parte do conjunto de indicação do mostrador (relojoaria).

³ *Relojoaria* é o conjunto armazenador e indicador do volume de água que atravessou o hidrômetro ao longo do tempo.

Caso o mesmo não indique funcionamento é desmontado para averiguação. Se detectado alguma peça com defeito, o setor de qualidade da empresa é chamado para averiguar e de imediato substitui o lote de peças. O lote é recolhido e avaliado.

O tempo de ciclo em média da tarefa é de quarenta segundos, sendo que cada célula tem a capacidade de produzir aproximadamente 750 peças, totalizando-se 2.250 peças no turno.

Os hidrômetros montados são armazenados em carros contendo vinte peças e encaminhados a quarta atividade do setor, instalação do parafuso de regulagem⁴ (etapa 4d).

Nesta etapa trabalha somente um operador. Este é responsável pela instalação do parafuso de regulagem no hidrômetro. É utilizado um dispositivo com ajuste pré-estabelecido, para inserção do parafuso de regulagem de forma padrão.

O tempo de ciclo desta atividade é de quatorze segundos, indicando uma produção média de 2.143 peças.

No setor de Montagem trabalham no total vinte e cinco pessoas.

Um é o supervisor, vinte estão distribuídos nas etapas de produção e quatro são auxiliares suportes, para alimentação das células, cuidarem do estoque interno e transporte de materiais.

O *takt* time para atendimento a demanda dia é de 15 segundos. Quociente da divisão do tempo total disponível, 30.000 segundos, pela necessidade de produção, 2.000 peças.

Após a instalação do parafuso de regulagem nos hidrômetros, os mesmos são acondicionados em caçambas contendo vinte peças cada e encaminhados para a próxima unidade de produção, Calibração.

⁴ O *parafuso de regulagem* atua para a calibração ideal do medidor, ou seja, através de sua inserção em contato com o fluxo de água, este modifica a trajetória da incidência da água sobre as partes da turbina do medidor, fazendo com que o conjunto indicador, relojoaria, marque um volume maior ou menor de água, trazendo para mais perto o possível da realidade o volume de água que o realmente atravessou.

- **Calibração de hidrômetros**

A quinta unidade de produção, *Calibração*: é responsável principalmente pelo ajuste inicial da medição do hidrômetro manufaturado.

Faz parte desta etapa de produção:

5a. Aperto final do hidrômetro;

5b. Pré-calibração e

5c. Teste de estanqueidade.

A figura 4.25 fornece alguns dados das etapas que envolvem o setor de Calibração.

2.000 pç dia	Bancada						
	Fechamento	Pré-Aferição	Montagem	Inst. Bujão	Aperto Bujão	Teste Hidrostático	Desmontagem
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	10	21	290				
Peças por Ciclo	1	1	10				
Número de Máquinas	1	2	1				
Número de Operadores	1	2	1				
Turnos	1		2				
Tempo Disponível	62.300						
Capacidade de Produção	6.230	2.967	2.148				
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	10	21	29				
Tempo da tarefa 1 peça (seg.)	10	21	48	35	15	145	47

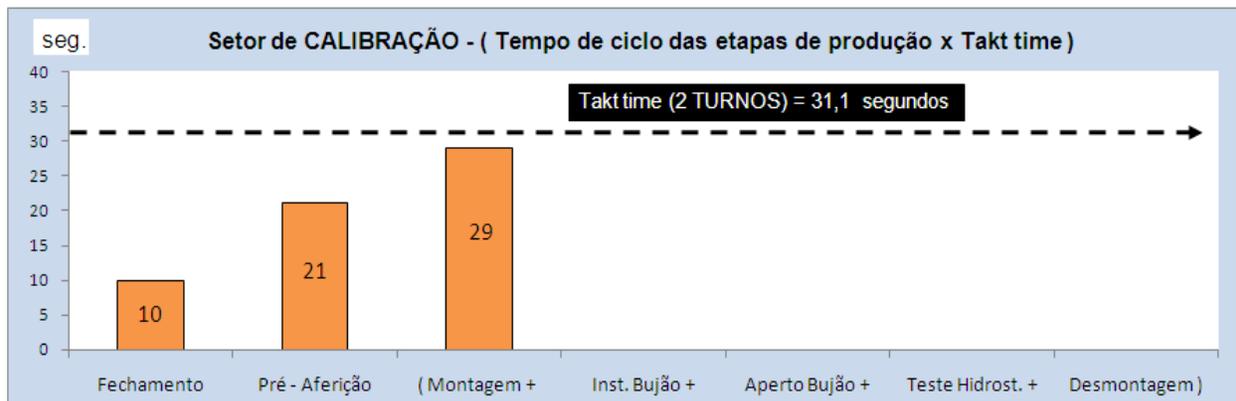


Figura 4.25: Dados do setor de Calibração – situação atual

Na primeira atividade de produção é realizado o aperto final do hidrômetro (etapa 5a), representado na figura 4.26.

Essa tarefa consiste em instalar o hidrômetro um a um na máquina e efetuar o aperto do anel de vedação sobre a parte superior do medidor, a fim de garantir sua estanqueidade quando submetido à carga. Somente um operador trabalha na tarefa e seu tempo de ciclo é de dez segundos. A capacidade de produção em um único turno é de aproximadamente 6.230 peças.



Figura 4.26: Máquina de aperto final do hidrômetro

Após o fechamento dos hidrômetros, estes são encaminhados para Pré-aferição (etapa 5b). Nessa etapa existem dois equipamentos instalados. Um operador em cada máquina realiza a tarefa de pré-calibração, que nada mais é que o ajuste do desempenho inicial do medidor quando submetido a uma vazão específica.

Mais especificamente, este teste consiste em escoar um volume conhecido baixo, padrão, e comparar se o volume indicado na relojoaria do hidrômetro está dentro do range admissível (erro de indicação tolerável). O tempo de ciclo desta atividade é de vinte e um segundos. Há necessidade de se trabalhar dois turnos para se atender a demanda dia, totalizando-se a capacidade de produção média de 2.967 peças. Quando um equipamento não responde satisfatoriamente aos ajustes realizados este é rejeitado.

Em seguida, os hidrômetros acondicionados em caçambas são transportados a bancada de estanqueidade (etapa 5c), para teste. Nesse equipamento com capacidade para dez hidrômetros trabalha um operador por turno, sendo necessários dois turnos de trabalho para cumprir a demanda dia. A capacidade de produção estimada está em torno de 2.148 peças (figura 4.27).

A rotina do teste de estanqueidade consiste em montar a bancada com dez hidrômetros e os submeterem a uma pressão de vinte quilos por um período médio de dois minutos, com a finalidade de verificar possíveis vazamentos nos hidrômetros após montados antes de serem enviadas para a aferição. Caso haja vazamento em alguma parte do hidrômetro montado, detectado através de exame visual, o mesmo é considerado rejeitado. As rejeições são retrabalhadas individualmente e dependendo da gravidade os medidores são reaproveitados ou sucateados.

Os medidores aprovados têm a instalação do parafuso bujão no orifício onde existe o parafuso de regulagem do medidor, para que o mesmo não seja mais regulado e posteriormente lacrado. O tempo de ciclo cronometrado total dessa tarefa é de vinte e nove segundos.



Figura 4.27: Bancada de teste hidrostático

O tempo *takt* calculado para atendimento do cliente é de 31,1 segundos. Tempo este calculado através da divisão do tempo total disponível, 62.300 segundos, pela demanda dia, 2.000 peças. Nessa unidade trabalham no total quatro pessoas. Três nas etapas de produção e um como auxiliar. As peças testadas e aprovadas são armazenadas temporariamente em caçambas e empurradas à próxima unidade de produção, Aferição.

- **Aferição de hidrômetros**

A sexta unidade de produção, Aferição: é responsável pela verificação do funcionamento do hidrômetro, ou seja, seu desempenho quando submetido a condições específicas, verificando-se a correlação entre o valor indicado na relojoaria do medidor com o valor verdadeiro convencional correspondente da grandeza padrão.

Faz parte desta etapa de produção somente a bancada de aferição convencional volumétrica de hidrômetros⁵ (etapa 6a), representada na figura 4.28.



Figura 4.28: Bancada de aferição de hidrômetros - Modelo convencional volumétrica

A leitura dos mostradores (relojoaria) dos hidrômetros é feita visualmente e anotada manualmente na folha de tabela de ensaio pelo operador antes e depois de cada escoamento realizado. Seu resultado é calculado mentalmente ou através do uso de máquina de calcular.

Na unidade existem doze bancadas para aferição de hidrômetros. Cada uma admite 10 peças por ensaio de aferição. O tempo de ciclo da atividade é de duzentos e oitenta e seis segundos. Este tempo está dividido na realização de três ensaios de vazão (Q mínimo, Q médio e Q máximo) exigidos pelo INMETRO.

O ensaio de aferição consiste em registrar a leitura inicial do hidrômetro através da indicação contida na relojoaria e submetê-lo a um escoamento de vazão estável, a um volume padrão conhecido. A diferença de leitura informa o volume escoado. A diferença entre o volume escoado e o volume padrão indica o erro de indicação. O erro de indicação pode ser para mais ou para menos, dentro dos valores pré-estabelecidos pela portaria 246 do INMETRO de 2000.

⁵ A *Bancada de Aferição Convencional Volumétrica de hidrômetros* consiste em um máquina com reservatórios de água contendo volume padronizados, alimentados por caixa d'água elevada, por gravidade, a fim de garantir a vazão de escoamento necessária uniforme.

Esse erro é indicado percentualmente. Se o erro estiver dentro do range estabelecido o hidrômetro é considerado apto, aprovado. Caso o erro percentual indicado ficar fora da faixa admissível, o hidrômetro é considerado inapto, reprovado.

A figura 4.29 fornece alguns dados da etapa que envolve o setor de Aferição.

2.000 pç dia	Bancada Volumétrica		
	Montagem	Aferição	Desmontagem
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	2.860		
Peças por Ciclo	10		
Número de Bancadas	12		
Número de Operadores	2		
Turnos	2		
Tempo Disponível	67.500		
Capacidade de Produção	2.832		
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	286		
Tempo da tarefa 1 peça (seg.)	50	2.760	50

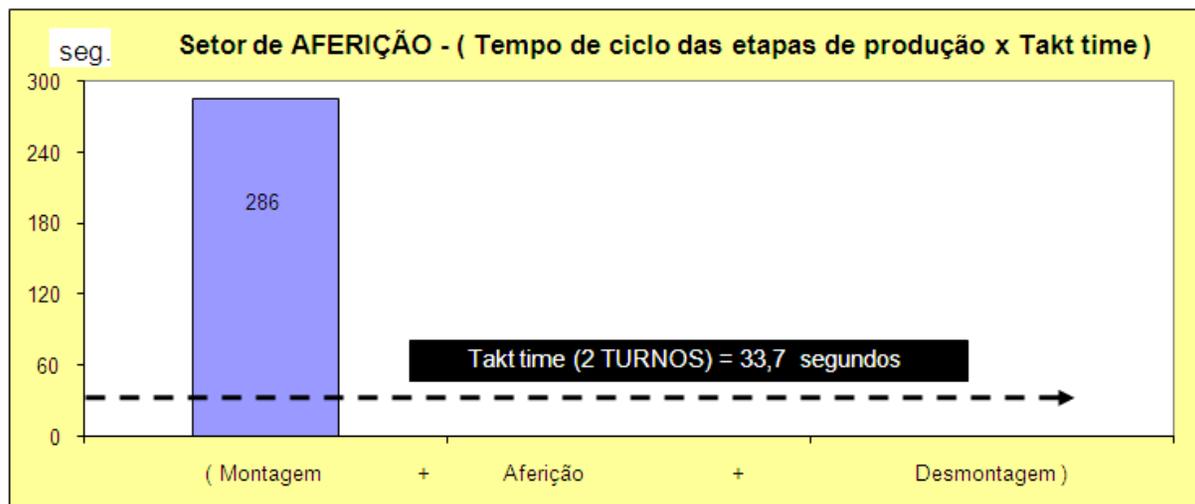


Figura 4.29: Dados do setor de Aferição – situação atual

Trabalham dois operadores por turno na atividade operando cada um seis bancadas de aferição. Um operador auxiliar em cada turno. Há necessidade de jornada de trabalho de dois turnos para se atender a demanda dia de produção, totalizando uma capacidade de produção de aproximadamente 2.832 peças.

O *takt time* calculado para atendimento dos clientes é de 33,7 segundos. Resultante da divisão do tempo total disponível, 67.500 segundos, pela demanda dia, 2.000 peças.

Em seguida, os hidrômetros são acondicionados em caçambas e transportados a última unidade de produção, Expedição.

- **Expedição do produto**

A sétima e última unidade de produção, Expedição: é o setor encarregado de realizar a numeração, lacração e embalagem do hidrômetro. Atividade fim do produto antes de ser enviado ao cliente.

A figura 4.30 fornece alguns dados da etapa que envolve o setor de Expedição.

2.000 pç dia	Numeração			
	Pantógrafo 1	Pantógrafo 2	Lacração	Embalagem
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	38	56	62	140
Peças por Ciclo	1	1	1	10
Número de Máquinas	1	1	0	0
Número de Operadores	1	1	5	1
Turnos	2	1		
Tempo Disponível	61.200	30.000		
Capacidade de Produção	1.611	536	2.419	2.143
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	38	56	62	14

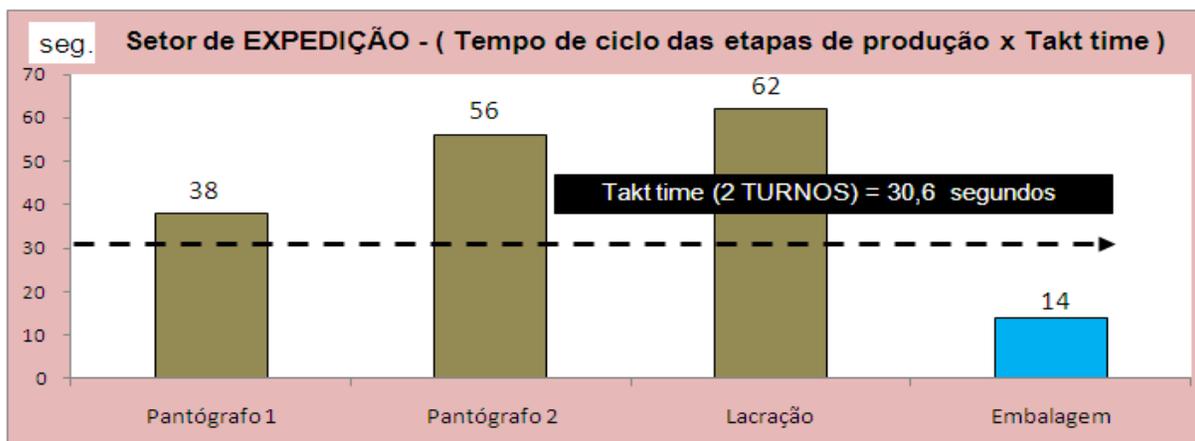


Figura 4.30: Dados de setor de Expedição – situação atual

Nessa unidade faz parte das tarefas de produção uma célula de trabalho que engloba as atividades:

- 7a. Numeração;
- 7b. Lacração e
- 7c. Embalagem (expedição).

Na primeira etapa de produção da célula do setor de expedição (etapa 7a), existem duas máquinas pantógrafo, representadas através da figura 4.31.

Em cada máquina trabalha um operador. As máquinas executam a mesma atividade que é enumerar as carcaças dos hidrômetros em ambos os lados da carcaça, porém com tempos de ciclo diferentes. O pantógrafo 1 enumera carcaças a cada trinta e oito segundos e o pantógrafo 2 enumera carcaças idênticas a um tempo de cinquenta e seis segundos.

Percebe-se desta forma que a produção é desbalanceada, sendo necessários dois turnos de trabalho para suprir a necessidade de produção. No segundo turno somente um operador trabalha, operando o pantógrafo 1. Juntos os pantógrafos totalizam uma produção média de 2.147 peças.



Figura 4.31: Pantógrafo para numeração de carcaças

Em fluxo com esta atividade está conectada a tarefa de lacração dos hidrômetros (etapa 7b). Constituída por uma célula de 5 pessoas, com um tempo de ciclo de sessenta e dois segundos trabalham somente no 1º turno executando com destreza a passagem de um fio trançado sobre partes do medidor efetuando sua lacração. Com uma capacidade média de produção de 2.419 peças, atendem a demanda dia solicitada pelos clientes (figura 4.32).



Figura 4.32: Lacração de hidrômetro com fio trançado de aço

Dessa forma o hidrômetro passa a ser declarado como apto, protegido contra violação, podendo ser enviado ao cliente. Caso venha a ocorrer a ruptura deste lacre o mesmo passa a ser tratado como desqualificado ao uso, por suspeita de intervenção indevida.

Conforme os hidrômetros vão sendo lacrados já são encaminhados para embalagem (etapa 7c). Nessa etapa trabalha somente um operador, que executa as atividades montar a caixa de papelão, inserir dez peças acabadas, fechar a caixa, enumerar a série do conteúdo na parte externa da caixa e empilhar no palete do cliente correspondente. O tempo de ciclo dessa tarefa é em média de quatorze segundos. A capacidade aproximada de produção é de 2.143 peças.

O palete sempre contém um máximo de oitenta caixas empilhadas. Permanecem na área de expedição até a liberação de envio ao cliente emitida pelo setor de Vendas da EMMA ou, a visita técnica do cliente a empresa para realização de teste de inspeção por recebimento amostral.

Nessa unidade trabalham no total nove pessoas, oito operadores no 1º turno e um no 2º turno, realizando a numeração em medidores.

O *takt time* estabelecido para atendimento da demanda dia é de 30,6 segundos. Tempo esse calculado através da divisão do tempo total disponível, 61.200 segundos, pela demanda dia, 2.000 peças.

c) Comentários gerais

Em resumo, a situação da planta atual trabalha de forma desbalanceada, com gargalos em algumas rotinas das diversas etapas de produção, por isso muitas unidades trabalham em dois turnos.

O controle da produção não é adequado, necessitando a adoção de ferramentas que possam indicar erros e parar imediatamente a produção, visando garantir que o produto que caminha esteja com a qualidade requerida.

Também existe a necessidade de se aproximar mais as etapas de produção, a fim de se eliminar os tempos despendidos com carga e descarga de material, que ocorrem comumente na planta para o transporte do produto.

Há possibilidade de estudo de viabilidade de eliminação de etapas de produção tendo-se em vista a duplicidade da execução da função dentro da cadeia de produção ou a verificação de que a mesma não agrega valor algum ao produto.

Observou-se que o processo de fundição do jeito que é realizado é um tanto ultrapassado, necessitando-se a implementação de melhorias para que o nível de três por cento de refugo seja praticamente eliminado e a qualidade final do produto fundido se apresente com um melhor acabamento externo (fundamental para uma boa apresentação do produto ao cliente).

O nível de rejeição de um por cento na usinagem se refere às carcaças que apresentação algum grau de deficiência quando trabalhadas, fruto normalmente da fragilidade do metal ou porosidade contida na carcaça fundida.

Identificou-se que na área de montagem a produção é carente da aplicação de sistemas que garantam a saída de um hidrômetro montado com qualidade, que atenda os requisitos estabelecidos com excelência e não apresente problemas nos processos posteriores.

As células de trabalho também não apresentam dispositivos que ajudam uma montagem mais rápida e eficaz. Os operadores da célula apresentam algum tempo de ociosidade, podendo ser reavaliado o processo.

A taxa de refugo de cinco por cento diagnosticada na fase de calibração se dá em razão das condições em que o conjunto foi constituído ao longo do processo.

Na unidade de aferição foi observada uma taxa de refugo de três por cento, resultante do desempenho insatisfatório que os hidrômetros apresentam quando submetidos a vazões de teste (regime de trabalho).

Na unidade de expedição as atividades de lacração e embalagem estão dimensionadas de forma suficiente para atender a demanda dia, porém como a tarefa anterior de numeração de hidrômetros não é, acaba-se gerando um estoque parado na unidade (resultante do segundo turno de trabalho de enumeração das carcaças de hidrômetros). Observou-se também a dificuldade com que os operadores executam a tarefa de lacração dos hidrômetros, por ser utilizado um fio trançado de aço fácil de machucar as mãos e de difícil manuseio.

4.6.3. Fase 2 – Proposição

➤ Passo 4 / Processo de melhoria

• Etapa 6 – Mudança

Conhecendo-se o mapa do estado atual, após se ter percorrido toda a cadeia do fluxo de material e de informação, equipes diversas realizaram vários *Kaizen* sob a supervisão do líder visando analisar os dados obtidos e esboçar o mapa futuro de transição para os diversos setores de produção envolvidos na manufatura do produto hidrômetro.

Para tanto foram criados vários grupos de trabalho, levando-se em consideração a experiência e o conhecimento individual de cada um dos membros envolvidos. Em cada grupo participaram no mínimo um operador da unidade em estudo, o supervisor da produção, o supervisor da qualidade e o autor.

As metas buscadas foram:

- a) Introduzir os princípios enxutos na manufatura do produto hidrômetro, item 4.2 – Enxugamento e Aprimoramento para o mapa futuro de transição e Inovação para o mapa futuro inovado. Visando sua melhoria;
- b) Balancear a linha de produção, eliminando-se os gargalos, para que um único turno fosse o suficiente para suprir a demanda dia dos clientes, 2000 peças;
- c) Apontar um sistema de gestão informatizado, capaz de informar com segurança a posição da manufatura nas diversas etapas chaves distribuídas ao longo da cadeia do fluxo de valor do produto, com o objetivo de monitorar, detectar problemas e tomar as providências cabíveis imediatamente.

Para elaboração dos mapas de estado futuro, algumas questões importantes foram salientadas para reflexão dos grupos de *Kaizen*, a fim de que tais itens os ajudassem na definição do cenário ideal, objetivando-se eliminar os desperdícios detectados, se ter as etapas de produção o mais próximas possível uma das outras, adotando-se um fluxo de material puxado, padronizado, contínuo e de qualidade assegurada; bem como, um fluxo de informação que informasse com segurança a posição da manufatura por toda a sua cadeia de fluxo de valor, clientes interno e externo.

A figura 4.33 ilustra o mapa do estado atual com as ferramentas de ação utilizadas para se redefinir o mapa de estado futuro de transição e posteriormente o mapa de estado futuro inovado.

As ferramentas utilizadas foram: método 5S, sistema JIT, kanban, ciclo PDCA, takt time, sistema MRP, arranjo físico (layout), MPT, trabalho padrão, troca rápida, Poka-Yoke e brainstorming.

Nesse mapa de estado atual, observa-se que foram aplicados *Kaizen* tanto na cadeia de fluxo de informação como na cadeia de fluxo de material.

Empresa EMMA: Mapa Atual

Fluxo de Material e de Informação

Ferramentas de Ação Utilizadas

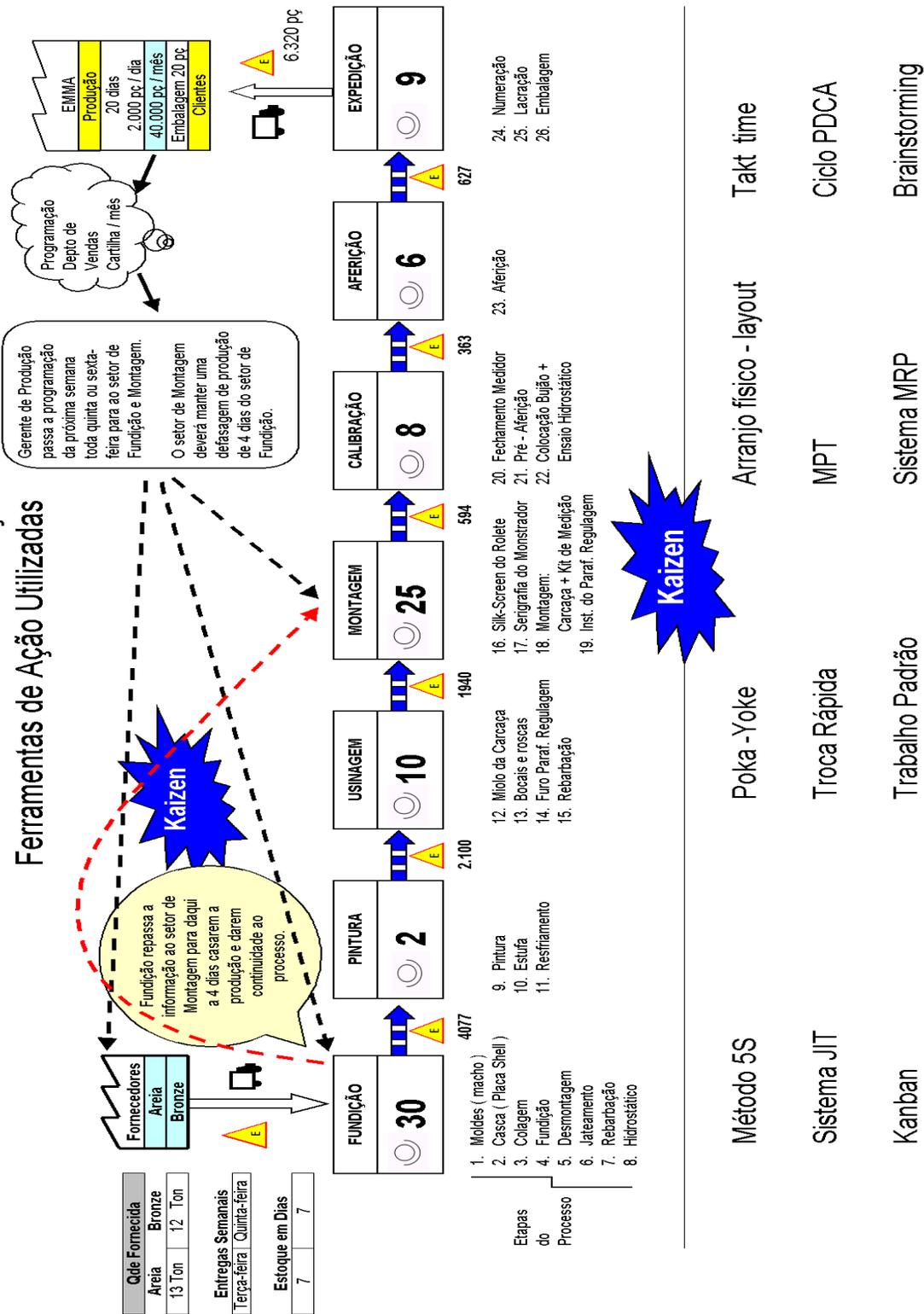


Figura 4.33: Mapa do estado atual com as ferramentas de ação aplicadas

Os pontos importantes ressaltados (perguntas realizadas), para estudo de sugestões de mudanças foram:

- Qual o serviço que esta unidade (etapa) realiza?
- Existe alguma coisa sendo realizada que não agrega valor?
- O que agrega valor?
- Qual o grau de importância da etapa ou processo para o objeto, produto acabado?
- Existe relação com o cliente final, consumidor? Qual o grau de relação?
- Qual é o tempo *takt* ideal de produção?
- Quais melhorias deve haver no ambiente de trabalho?
- Quanto em economia de energia, material, mão-de-obra, outros recursos, pode haver?
- Quais melhorias deve haver em máquinas e processos?
- Quais melhorias deve haver em dispositivos e ferramentas?
- Quais melhorias deve haver no trabalho administrativo/controle?
- Como é realizada a comunicação entre etapas, setores e clientes?
- Quais melhorias de qualidade do produto deve haver?
- Quais idéias novas podem ser inseridas?
- Como ocorre o controle da matéria-prima, processo e inventário?
- Como caminham as informações e o material dentro e fora dos setores de produção?

a) Mapa futuro de transição

Em posse do material resultado dos diversos *Kaizens* realizados pelas equipes, foram estudadas as mudanças e apontadas as que deveriam ocorrer para se chegar ao mapa futuro de transição (figura 4.34), cujo objetivo atendesse as metas delineadas descritas anteriormente como:

- Introduzir os princípios enxutos na manufatura do produto hidrômetro, visando a eliminação dos *desperdícios* e tornar o fluxo contínuo e puxado;
- Balancear a linha de produção, eliminando-se os gargalos, para que um único turno fosse o suficiente para suprir a demanda dia dos clientes, 2000 peças;
- Introduzir um sistema de gestão informatizado, capaz de informar com segurança o status (posição da manufatura) nas diversas etapas distribuídas ao longo da cadeia do fluxo de valor do produto.

A tabela 4.2 cita as mudanças mais significativas elencadas que deveriam ocorrer na manufatura do produto hidrômetro.

Tabela 4.2: Mapa futuro de transição - Proposições mais significativas a implementar

	Setor	Necessidade(s) macro
Fluxo de Material	Fundição	Aquisição de Equipamentos (máquina de cola e colagem) Alteração de layout
	Pintura	Alteração de acessório utilizado (varal de suporte de carcaças para pintura)
	Usinagem	Incremento de mais uma célula de manufatura. Alteração de layout
	Calibração	Aquisição Equipamentos (Bancada de pré-calibração e teste de estanqueidade) Alteração de layout
	Aferição	Aquisição Equipamento (Bancadas de aferição)
	Expedição	Aquisição Equipamento (Pantógrafo)
	Fluxo de Informação	Aquisição de software de gestão da manufatura

MAPA FUTURO DE TRANSIÇÃO

FLUXO DE MATERIAL E DE INFORMAÇÃO

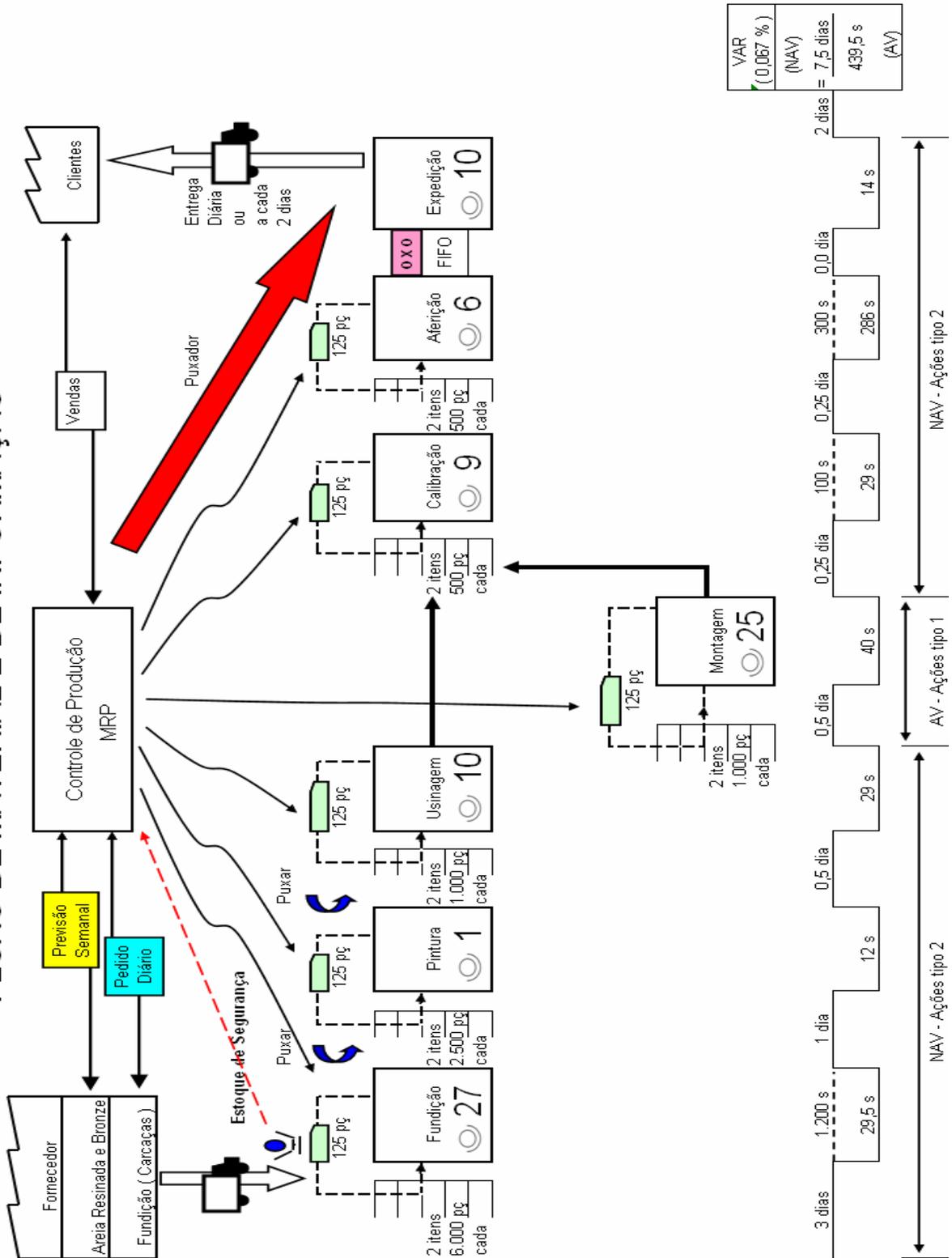


Figura. 4.34: Mapa do estado futuro de transição

- **Comentários gerais sobre o mapa futuro de transição**

O mapa futuro de transição esboçado demonstrou um potencial de ganhos satisfatórios na manufatura do produto hidrômetro.

A figura 4.35 resume as mudanças que podem ocorrer em termos de quantidade de funcionários diretamente ligados a manufatura do produto, bem como os tempos de *lead time* despendidos.

Também apontam as ações tipo 2 (NAV), que não agregam valor ao produto porem são necessárias e, as ações tipo 1 (AV), que agregam valor ao produto, reconhecidas pelos clientes, que portanto devem ser mantidas.

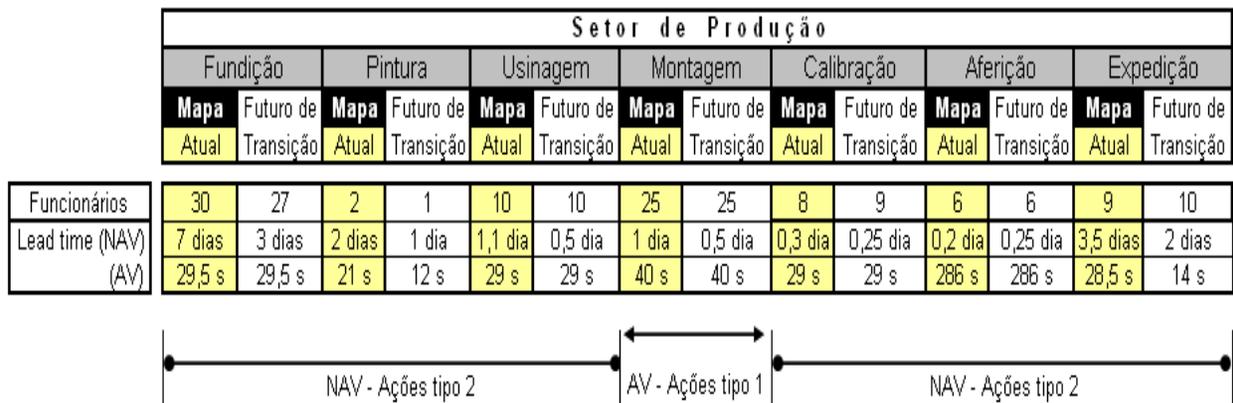


Figura 4.35: Resumo das mudanças previstas da migração do mapa de estado atual para o mapa de estado futuro de transição

A figura 4.36 mostra os ganhos estimados com a aplicação das mudanças mais significativas cogitadas, citadas na tabela 4.

	Mapa Atual	Futuro de Transição	Ganho Estimado
Funcionários	90	88	2 %
Lead time (NAV)	15,1 dias	7,5 dias	60 %
(AV)	463 s	439,5 s	5 %

Figura 4.36: Ganhos estimados com a implementação do mapa futuro de transição

b) Mapa futuro inovado

Após o esboço do mapa futuro de transição, equipes diversas de *Kaizen* foram formadas para realização de *brainstorming* visando implementar o item 4.2 – Inovação, elaborado no *método* para alavancar os avanços na melhoria da manufatura do produto hidrômetro. Os focos foram:

- Se detectar e eliminar ainda prováveis *desperdícios* existentes;
- Melhorar ainda mais o fluxo;
- Reduzir o *lead-time* de produção ao máximo;
- Trabalhar no agrupamento de tarefas em um único dispositivo, equipamento ou célula;
- Eliminar ou simplificar atividades (tarefas);
- Maximizar o uso dos recursos.

A tabela 4.3 cita as mudanças mais significativas elencadas pelas equipes, que deveriam ocorrer na manufatura do produto hidrômetro.

Tabela 4.3: Mapa futuro inovado - Proposições mais significativas a implementar

Setor	Necessidade(s) macro	
Fluxo de Material	Fundição	-----
	Pintura	-----
	Usinagem	Aquisição de máquina Transfer ao invés de duplicar célula de manufatura existente.
	Montagem	Criação de dispositivos para montagem de relojoaria
		Criação de dispositivos para montagem de kit de hidrômetro
		Criação de células individuais de trabalho
		Criação de dispositivos para teste de relojoaria e kit de hidrômetro
Calibração	Fusão dos setores de produção em um único (CAEX)	
Aferição	Aquisição de bancada eletrônica de ensaio de hidrômetros	
Expedição	Reformulação das tarefas desempenhadas	

As propostas apresentadas foram amplamente discutidas entre os grupos de *brainstorming*. Cada equipe empenhou-se em destacar as mudanças apropriadas a fim de reduzir ao máximo o *lead-time* de produção do produto, sem comprometer sua qualidade, projetando um mapa de estado futuro inovado que pudesse se tornar realidade em um curto espaço de tempo.

A figura 4.37 mostra o mapa de estado futuro inovado, idealizado a partir do mapa de estado futuro de transição.

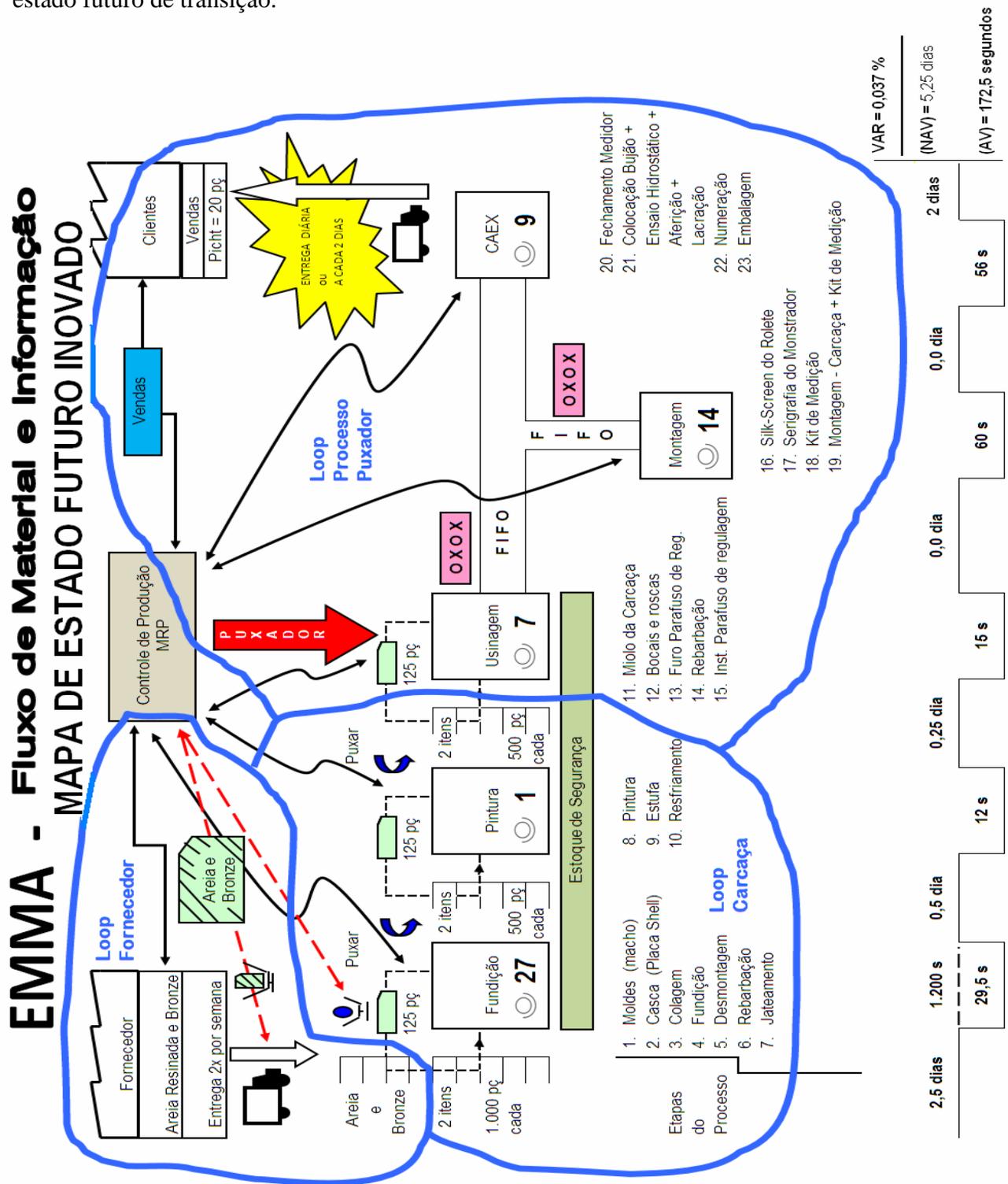


Figura 4.37: Mapa do estado futuro inovado

No topo do mapa observa-se que a cadeia do fluxo de informação passou a ser controlada por MRP. A gerência de Vendas continua administrando a empresa EMMA, conversa diretamente com os clientes e vice-versa, o MRP, gerencia e informa o *status* dos fornecedores e do chão-de-fábrica a Vendas.

A EMMA passou a despachar suas mercadorias aos clientes diariamente ou no máximo em lotes de dois dias, reduzindo o inventário e conseqüentemente aumentando o capital de giro da empresa. Pois, passou a faturar seus produtos manufaturados mais rapidamente.

A parte central do mapa informa o *fluxo de material*, ou seja, todas as etapas que o material percorre no chão-de-fábrica até ser concebido e enviado ao cliente. Observa-se que o material processado nos processos de *Fundição, Pintura e Usinagem* passaram a ser controlados por supermercado.

As etapas dos processos de *Calibração, Aferição e Expedição* foram unidas, originando o processo denominado *CAEX*.

Os processos de *Montagem e CAEX* passaram a adotar o sistema de trabalho FIFO (*First-In First-Out*), ou seja, o primeiro que chega é o primeiro que sai, prevendo supermercados dimensionados para alocar somente o necessário, não se produzindo quando o mesmo estiver cheio.

Na parte inferior do mapa, a linha horizontal sinuosa em forma de onda quadrada informa em sua parte superior os tempos que não agregam valor (NAV) e na sua parte inferior os que agregam valor (AV), para manufatura do produto hidrômetro.

- **Comentários gerais sobre o mapa de estado futuro inovado**

O mapa futuro inovado delineado apresentou resultados estimados muitos satisfatórios. As implementações sugeridas no mapa futuro de transição com outras do mapa futuro inovado sintetizaram as mudanças que deveriam ocorrer mais viáveis, sem grandes investimentos, que envolveram todos os setores produtivos, tanto para o fluxo de material como para o fluxo de informação, abrangendo toda a cadeia de fluxo de valor para o produto hidrômetro.

A figura 4.38 traz um resumo das mudanças que foram sugeridas da migração da situação do mapa de estado atual para o mapa de futuro de transição e posteriormente para o mapa futuro inovado.

Setor de Produção														
Fundição			Pintura			Usinagem			Montagem			CAEX		
Mapa	Futuro		Mapa	Futuro		Mapa	Futuro		Mapa	Futuro		Mapa	Futuro	
Atual	Transição	Inovado	Atual	Transição	Inovado	Atual	Transição	Inovado	Atual	Transição	Inovado	Atual	Transição	Inovado
30	27	27	2	1	1	10	10	7	25	25	14	23	25	9
7 dias	3 dias	2,5 dias	2 dias	1 dia	0,5 dia	1,1 dia	0,5 dia	0,25 dia	1 dia	0,5 dia	0,0 dia	4 dias	2,5 dias	2 dias
29,5 s	29,5 s	29,5 s	21 s	12 s	12 s	29 s	29 s	15 s	40 s	40 s	60 s	343,5	329	56

Figura 4.38: Resumo das mudanças previstas da migração do mapa de estado atual para o mapa de estado futuro inovado

A figura 4.39 mostra os ganhos estimados com a aplicação das mudanças mais significativas cogitadas em relação ao mapa atual, citadas na tabela 4 mais algumas da tabela 3.

	Mapa		Futuro		
	Atual	Transição	Ganho	Inovado	Ganho
Funcionários	90	88	2 %	58	36 %
Lead time (NAV)	15,1 dias	7,5 dias	60 %	5,25 dias	65 %
(AV)	463 s	439,5 s	5 %	172,5 s	63 %

Figura 4.39: Ganhos estimados com a implementação do mapa futuro inovado

Observa-se que o tempo que *lead time* para as atividades que NAV decorrido por uma peça desde o momento em que se inicia seu processo de manufatura está previsto reduzir em torno de aproximadamente 65 %, pois de 15,1 dias atuais se estima passar para 5,25 dias.

Já o *lead time* despendido para as atividades que AV, que atualmente estão em 463 segundos se estima passar a ser de 172,5 segundos, representando uma diminuição de aproximadamente 63 %. O número de funcionários diretamente envolvidos na manufatura previu-se passar de 90 pessoas para 58 pessoas, equivalente a uma redução de aproximadamente 36 %.

- **Etapa 7 – Viabilidade**

Para se efetuar o *estudo de viabilidade de implementação do mapa de estado futuro de transição* o grupo de estudo de pesquisa realizou o levantamento dos custos referente aos itens constantes na tabela 4.2, que indicam as mudanças necessárias em termos de equipamentos e software para se migrar do estado atual para o estado futuro de transição, visando à melhoria da manufatura do produto hidrômetro.

Os custos estimados foram encaminhados à área comercial e de finanças da empresa EMMA, que estudaram a questão relativa à aquisição de novos equipamentos e sistema de gestão indicados. Como apresentaram custos satisfatórios os mesmos foram aprovados para aquisição.

Para se efetuar o *estudo de viabilidade de implementação do mapa de estado futuro inovado* o grupo de estudo de pesquisa realizou o levantamento dos custos referente aos itens constantes na tabela 4.3, encaminhou-os à área comercial e de finanças da empresa EMMA, que estudaram a questão relativa à aquisição de novos equipamentos e dispositivos necessários para se migrar do estado atual para o estado futuro inovado, buscando a melhoria da manufatura do produto hidrômetro. Os mesmos foram apresentados à alta administração, aprovados e inseridos na planilha orçamentária da empresa em vigor para prévia aquisição.

4.6.4. Fase 3 – Ação

➤ **Passo 5 / Processo de execução**

- **Etapa 8 – Implementação**

Para implementação das mudanças propostas para se migrar da situação do mapa atual para a situação do mapa futuro inovado, aceitas pela alta administração e aprovadas pela área de finanças da empresa EMMA, foi elaborado um cronograma para se estruturar a ação, ilustrado através da tabela 4.4.

Esta ressalta as atividades a serem realizadas por unidade, os prazos estipulados e as pessoas chaves responsáveis diretas pela tarefa.

Tabela 4.4: Cronograma de implementação do mapa de estado futuro inovado

Setor de Produção	Objetivo Geral	Kaizen	Equipamento Aquisição até	Treinamento até	Implantação até	Responsável
Fundição	- Nivelar Produção	Realização em todos os setores até abr/06	dez/06	jan/07	fev/07	Eng. Luis C. Produção
Pintura	- Aumentar qualidade Produto		jun/06	jul/06	ago/06	Eng. Fernando Qualidade
Usinagem	- Efetuar troca rápida Setup/troca produção		dez/06	jan/07	fev/07	Eng. Luis C. Produção
Montagem	- Eliminar desperdícios - Produzir 2000 pç/turno		jun/06	jul/06	ago/06	Eng. Fernando Qualidade
Calibração, Aferição e Expedição (CAEX)	- Eliminar etapas NAV - Fluxo contínuo		dez/06	jan/07	fev/07	Eng. Luis C. Produção
Software Gerencial (MRP)	- Gestão Sistema Fornecedor, Inventário, Entradas/Saídas	-----	mai/06	jul/06	ago/06	Eng. Fernando Adm. Celso K.
Atendimento a Clientes	- Inovar - Melhorar Suporte - Ampliar clientes - Melhorar Fornecedores	abr/06	-----	jul/06	ago/06	Adm. Celso K.

Os prazos de implantação foram estipulados visando o grau de dificuldade para aquisição de equipamentos/dispositivos, prazos de entrega, mudanças de *layout*, recursos financeiros disponibilizados e tempo para elaboração de treinamento de pessoal. A seguir serão apresentadas as mudanças de arranjo físico, *layout*, propostos para a implantação do mapa de estado futuro inovado.

a) Arranjo físico: Layout

Cada área utilizada por cada setor de produção redimensionado para o mapa do estado futuro inovado está indicada na figura 4.40, setor físico departamental da empresa EMMA. Em comparação a área antes existente, a área do setor de usinagem foi alterada levando-se em conta a aproximação das etapas de usinagem da célula, eliminando-se o transporte de material e mantendo o fluxo *single-piece-flow*.

O setor de produção CAEX abrangeu parte da área antes destinada ao setor de produção Usinagem, mais a área da Calibração e Expedição.

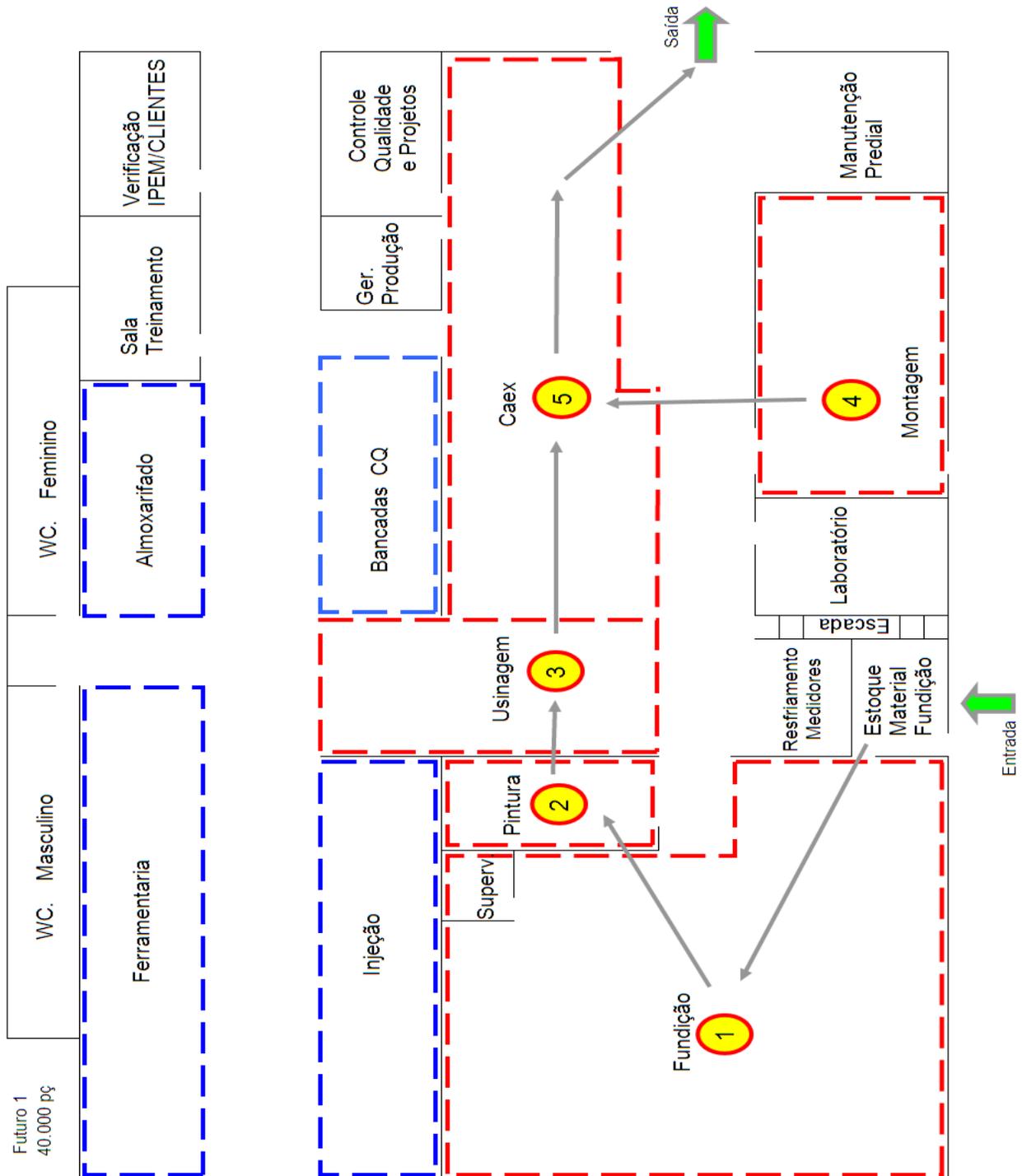


Figura 4.40: EMMA - Setor físico departamental do mapa futuro inovado

A figura 4.41, *layout* funcional do mapa futuro inovado mostra o rearranjo necessário de locação das máquinas, bancadas, esteiras, prateleiras, etc. proposto para o alcance do estado futuro inovado.

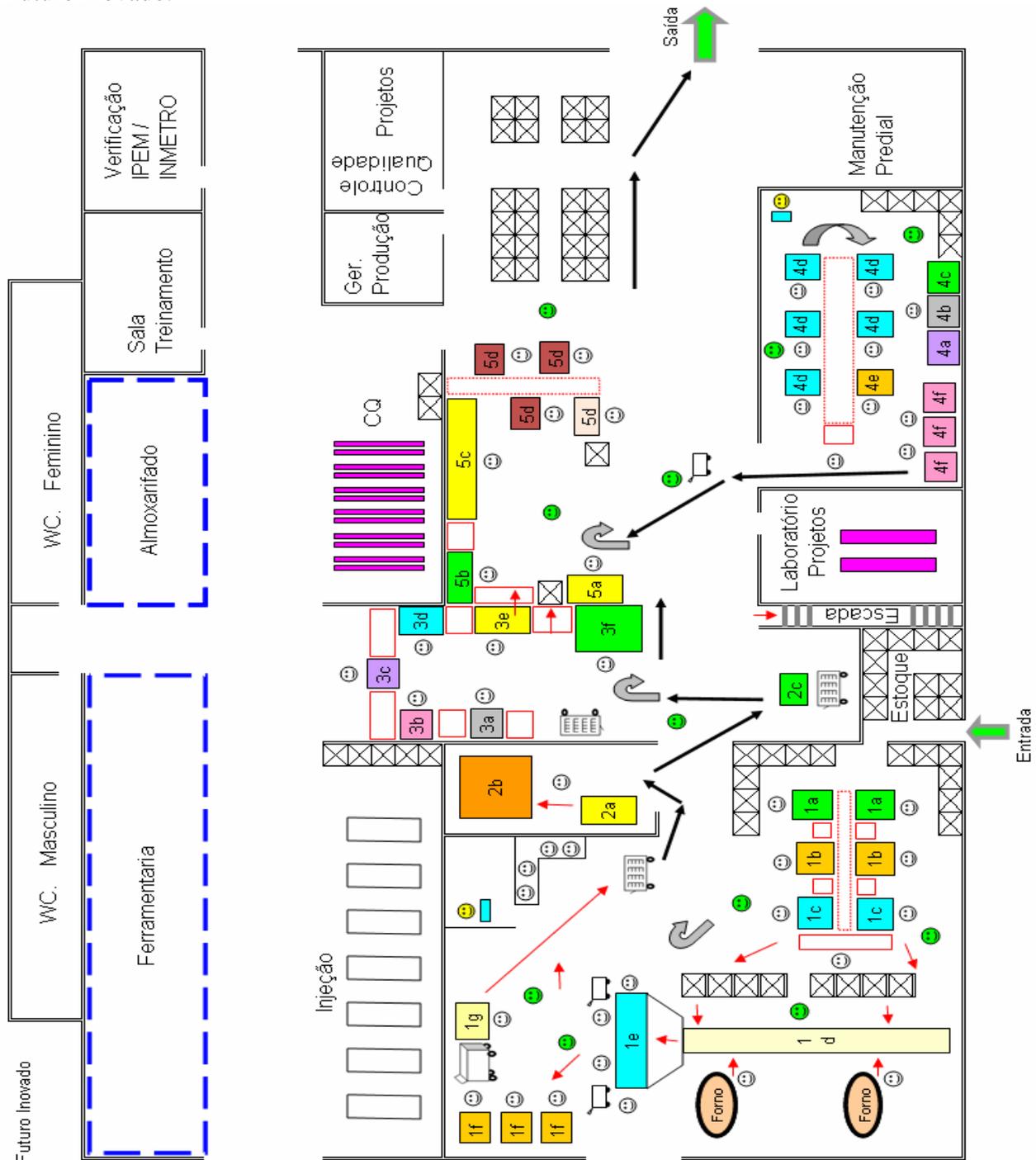


Figura 4.41: EMMA - Layout funcional do mapa futuro inovado

No chão-de-fábrica, a arquitetura das etapas dos processos está configurada em células e seu sistema de manufatura passou a operar na forma *lean*, puxado. As peças seguem de uma etapa para outra alimentando supermercados através da puxada por *Kanban*, por fluxo contínuo (*single-piece-flow*) ou por lotes reduzidos (*pitch*).

b) Processos de produção: Descrição das tarefas

A seguir será descrito todas as etapas dentro de cada processo, para um entendimento mais detalhada das modificações propostas em cada unidade de produção ilustrada no layout funcional do mapa futuro inovado.

• Fundição de carcaças de hidrômetros

Na fundição da EMMA, o rearranjo ilustrado no *layout* funcional do mapa futuro inovado, demonstra as modificações realizadas na planta deste setor de produção.

Praticamente este setor se divide em duas fases:

- a) Preparação dos moldes e;
- b) Fundição das carcaças.

Os dois extremos do setor são controlados pelo MRP, pois indicam a posição da matéria-prima e carcaças manufaturadas (inventário). Foram adotados três estoques de emergência, para suprir uma possível interferência na produção, que são: de matéria-prima, de moldes preparados e carcaças fundidas acabadas. Na fase de preparação dos moldes, se adotaram estoques intermediários, existentes para nivelar a produção. A produção ocorre em modo de fluxo contínuo (*FIFO*).

As máquinas foram agrupadas por família na célula de preparação dos moldes, mantendo-se o fluxo contínuo puxado. A idéia foi fazer com que a célula de produção dos moldes e machos produzão em sincronia com a necessidade solicitada. Para tanto, alguns estoques pulmão de processo e de material foram introduzidos e padronizados, passando a ser controlados. Grandes modificações não foram realizadas por se querer aproveitar ao máximo os recursos disponíveis.

A figura 4.42 fornece o fluxo de material e de informação que ocorre nas etapas de produção do setor de Fundição, na situação de estado futuro inovado.

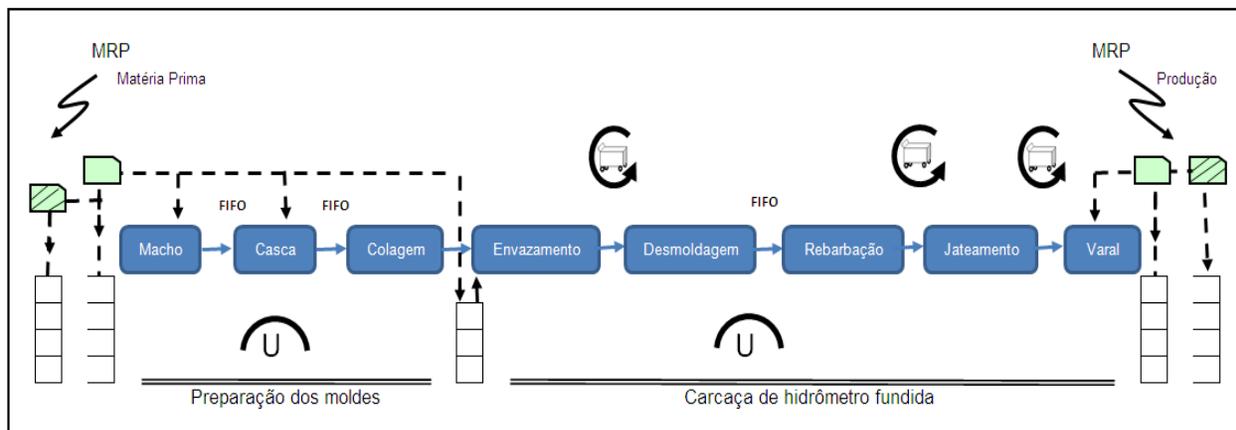


Figura 4.42: Fluxo de material e de informação do setor de Fundição – mapa futuro inovado

Na fase de fundição de carcaças, a produção normalmente ocorre por bateladas (*pitch*) e quem passou a solicitar a produção, foi o *Kanban* de material acabado. A figura 4.43 fornece alguns dados das etapas de produção da situação de estado futuro inovado.

2.000 pç dia	Macheira	Casca	Colagem	Fundição	Desmoldagem	Esmeril	Jateamento	Montagem
								Varal
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	42	59	59	2.520	51	40	140	1.625
Peças por Ciclo	2	2	2	90	1	1	10	125
Número de Máquinas	2	2	2	2	0	3	1	0
Número de Operadores	2	2	2	3	4	3	1	1
Turnos	1							
Tempo Disponível	30.000							
Capacidade de Produção	2.857	2.034	2.034	2.143	2.353	2.250	2.143	2.308
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	21	29,5	29,5	28	51	40	14	13

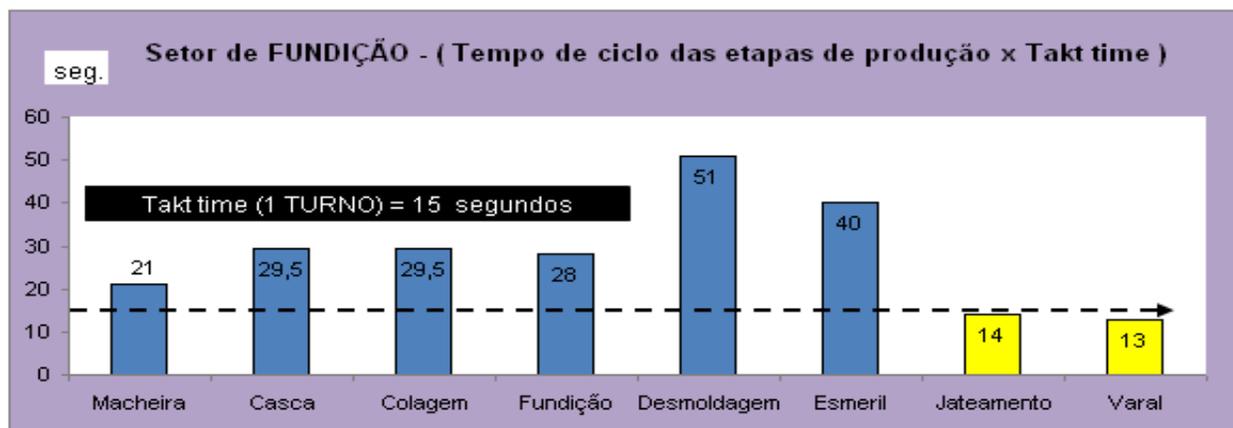


Figura 4.43: Dados do setor de Fundição – mapa futuro inovado.

As oito etapas que englobam agora a rotina da unidade são:

- 1a. Máquina Macheira;
- 1b. Máquina Casca;
- 1c. Máquina Colagem;
- 1d. Envasamento;
- 1e. Desmoldagem;
- 1f. Rebarbação;
- 1g. Jateamento e
- 1h. Montagem em suporte varal.

Para balancear o processo de *Fundição* foi necessária a aquisição de mais uma máquina de casca e mais uma máquina de colagem. Dessa forma a condição de balanceamento dessa primeira etapa da unidade, que trata da confecção dos moldes e casca para o envazamento da carcaça do hidrômetro, foi realizada, eliminando-se o gargalo existente.

Como se pode observar no *layout* funcional do mapa futuro inovado, as máquinas estão instaladas próximas umas das outras e a passagem de material de uma máquina para a outra é realizado através de uma esteira, fornecendo instantaneamente o ciclo de produção das máquinas, eliminando transportes e armazenamento temporário e permitindo um fluxo contínuo deste material.

Após a colagem das cascas contendo os moldes, estes são armazenados temporariamente em um estoque intermediário pulmão.

Esse estoque intermediário passou a ser controlado por *Kanban* e é ele que requisita “puxa”, a produção das máquinas macheiras, casca e colagem.

Esse estoque intermediário tem a capacidade de 2.000 moldes de cada tipo de medidor. Estoque suficiente para um dia de trabalho, (demanda do cliente dia).

A matéria-prima continua sendo estocada no estoque do setor, também controlado por *Kanban*.

O processo não foi alterado. A areia resinada alimenta as máquinas macheiras, onde produzem os moldes das carcaças dos futuros medidores de água, que são inseridas nas cascas e posteriormente coladas para seguir a baía, para serem fundidos. Foi realizado um *Kaizen* nesta etapa do processo com os operadores do setor, visando melhorar o escoamento da liga para o molde, a fim de reduzir a taxa de rejeição da peça posteriormente.

Dessa forma foi padronizada a forma de se eliminar a borra nos fornos e o procedimento de manuseio da concha contendo a liga para o envazamento dos moldes. Também foi instalada uma sonda de temperatura nos fornos mais confiável, com indicação digital, o que favorece no controle da temperatura do forno.

O envazamento na baía é realizado de forma contínua, sendo na ordem FIFO as cascas destinadas para um coletor posicionado em declive no final da baía, após o tempo de resfriamento, para facilitar a operação dos operadores da desmoldagem em sua tarefa.

As carcaças desmoldadas são colocadas em carros caçambas contendo trinta peças cada e encaminhadas aos operadores da rebarbação, onde são esmerilhadas todas as partes ressaltadas existentes. Optou-se em modificar a ordem de execução das atividades, a fim de se entender que a rebarbação irá eliminar material desnecessário existente na carcaça, antes de seguir para o jateamento, reduzindo o consumo de material utilizado para remoção de impurezas, além de possibilitar um material melhor acabado após a execução da tarefa.

As carcaças rebarbadas são armazenadas em caçamba, posicionada na entrada da cabine de jateamento e posteriormente jateadas de dez em dez. Em seguida as peças são retiradas da cabine de jateamento, examinadas uma a uma, e colocadas no suporte varal da cabine de pintura com capacidade para cento e vinte e cinco peças.

Esta verificação visual é o suficiente para detectar prováveis imperfeições na peças, como bolhas e fissuras, que insinuam uma possível fragilidade da peça manufaturada. Foi eliminado o teste de estanqueidade da etapa de produção por se entender que não agregava valor.

A padronização no sistema de envazamento, controles de temperatura e da liga do forno foram o suficiente para melhorar o índice de peças rejeitadas. Reduzindo de 3% para uma média de 0,5%.

No setor, passaram a trabalhar 25 pessoas, sendo que quatro destes funcionários são para rodízio entre as etapas de produção, um é o supervisor da área, cinco são auxiliares e dezoito diretamente fixos executando as diversas etapas do setor de Fundição.

A seguir, o lote de carcaças brutas dos futuros medidores de água é armazenado temporariamente e encaminhado para a 2ª unidade de produção, *Pintura*, sempre que solicitadas pelo *Kanban* de controle de peças fundidas acabadas, que produz JIT a solicitação do cliente.

O método 5S foi aplicado ao setor de produção, eliminando-se tudo que era desnecessário, arrumando-se as coisas em seus devidos lugares, padronizando-se as formas de trabalho e mantendo-se as rotinas de manufatura.

O setor de manutenção passou a adotar manutenção preditiva e preventiva em todas as máquinas, equipamentos e dispositivos existentes, incorporando o conceito de TPM.

Os tempos de setup das máquinas foram reduzidos em torno de 50% após a substituição de ferramentas manuais por automáticas, como parafusadeira e, melhorando-se o sistema de troca de moldes, no caso adotando-se trolley com talha elétrica para colocação, retirada e locomoção de moldes.

A gerência de Qualidade qualificou todos os funcionários através de treinamento específico. Redigiu as instruções de trabalho e procedimentos de cada etapa do processo visando à certificação ISO 9000 da empresa.

- **Pintura de carcaças**

No setor de Pintura não houve grandes mudanças. A unidade continua com as mesmas três etapas de produção:

2a. Pintura das carcaças;

2b. Cura das carcaças e

2c. Resfriamento das carcaças.

O *Kaizen* realizado no varal de estocagem de carcaças acabadas propiciou um aumento na tarefa de produção de pintura, passando de cem peças para cento e vinte e cinco peças por batelada, reduzindo-se o tempo de ciclo da atividade.

O sistema *Poka Yoke* instituído no suporte de varal, garante a agilização e confiabilidade no processo de pintura executado pelo operador.

O *Kaizen* realizado na unidade de resfriamento das peças resultou na instalação de ventiladores no local, utilizados para acelerar o resfriamento das peças em processo e consequentemente redução do *lead time* da tarefa. Essa inovação foi instituída como melhoria.

A figura 4.44 fornece o fluxo de material e de informação que ocorre nas etapas de produção do setor de Pintura, na situação de estado futuro inovado.

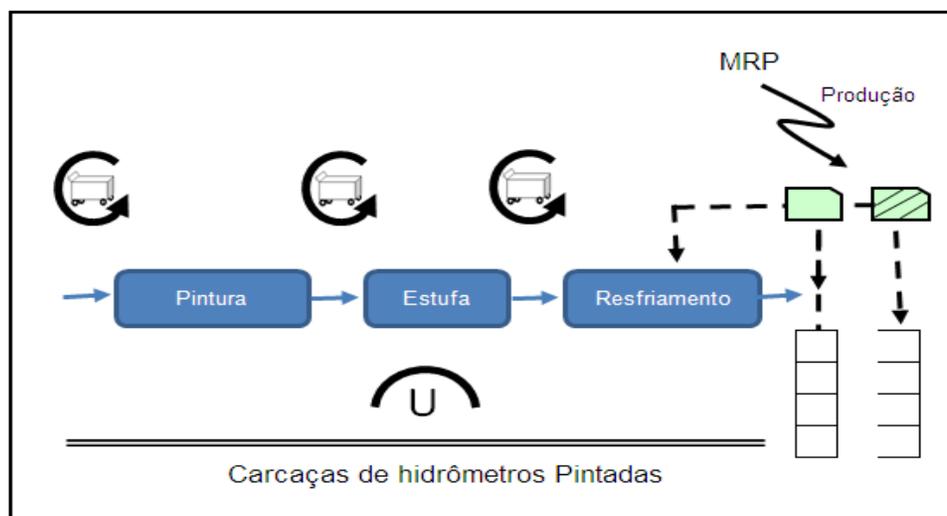


Figura 4.44: Fluxo de material e de informação do setor de Pintura – mapa futuro inovado

Na etapa de pintura das carcaças, as informações são controladas pelo MRP, que indica a quantidade de carcaças pintadas (inventário). Um estoque de emergência de carcaças pintadas foi criado para suprir uma possível interferência na produção. Também foi adotado um estoque pulmão para nivelar as oscilações de produção.

A produção ocorre em modo de fluxo contínuo, puxado por incremento (*pitch*), pelo kanban de material pintado existente. A cada puxada JIT solicitada pelo setor de Uninagem, à frente do setor de Pintura, em atendimento a produção na hora certa e na quantidade certa realizada pelo cliente, um incremento é startado na suprir a retirada.

Como incremento de qualidade foi instituído procedimento para recebimento e teste da tinta a pó utilizada para pintura das carcaças, bem como redação de instrução que informa e padroniza o procedimento de avaliar a necessidade e inclusão de novos abastecimentos.

O treinamento de um grupo de funcionários foi realizado a fim de habilitar vários colaboradores a realização da tarefa da unidade, *trabalho padrão*.

A figura 4.45 fornece os dados de estado futuro inovado das etapas envolvidas no setor de Pintura.

2.000 pç dia	Pintura	Estufa	Resfriamento
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	1.250	1.500	1.125
Peças por Ciclo	125	125	125
Número de Máquinas	1	1	0
Número de Operadores	1		
Turnos	1		
Tempo Disponível	31.200		
Capacidade de Produção	3.120	2.600	3.467
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	10	12	9

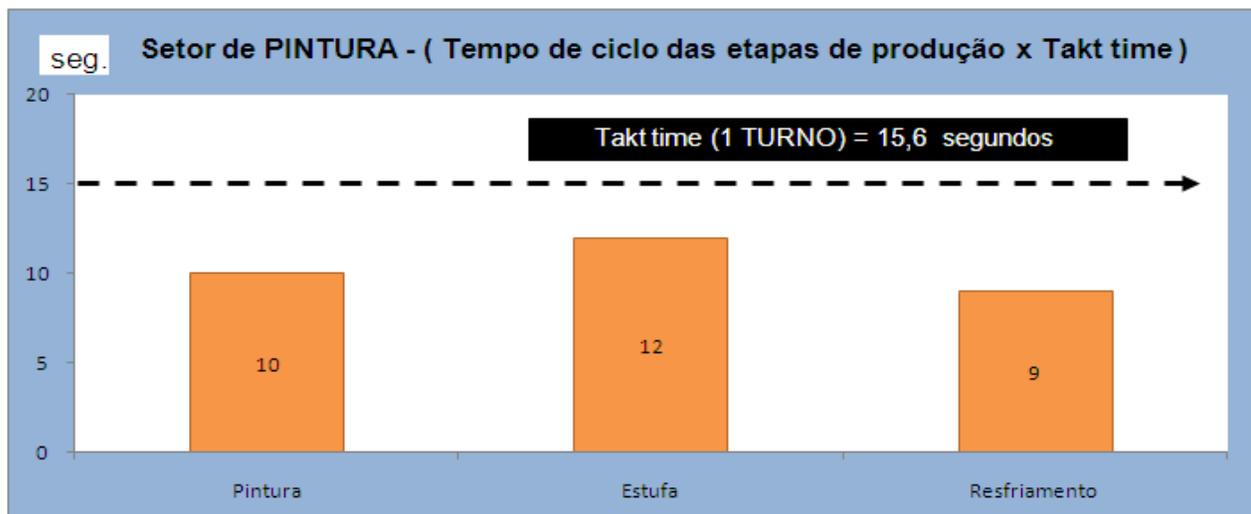


Figura 4.45: Dados do setor de Pintura – mapa futuro inovado

As carcaças pintadas são encaminhadas para a estufa para secar onde também se reduziu o tempo de ciclo e aumentou-se a produção, uma vez que o tempo de cura de 100 peças anteriormente é o mesmo para 125 peças (25 minutos) adotado, a uma temperatura de 220° C. Após o tempo estabelecido de cura, as peças são destinadas a área de resfriamento.

O tempo de repouso das carcaças no local foi reduzido, diminuindo o tempo de ciclo do material, com a instalação de dois ventiladores para acelerar a refrigeração das carcaças.

Na unidade de pintura somente um operador supri a produção dia. Em seguida, as carcaças seguem para a próxima unidade de produção, *Usinagem*.

- **Usinagem de Carcaças**

No setor de *Usinagem*, a única célula de usinagem existente somente supre a demanda de produção dia (2.000 peças), operando em dois turnos. Como opção de balanceamento da produção foi estudada a duplicidade da célula ou a adoção de centros de usinagem multifuncionais, *Transfer*.

A *Transfer* é um centro de usinagem, compacto em uma só máquina, que executa diversas tarefas como roscas, furos e outras atividades relacionadas à atividade de ferramentaria, nos mais variados tipos de peças, com economia, precisão e produção em escala.

Quando comparado os custos-benefícios entre ambas as opções, optou-se em adotar uma célula com máquina *Transfer*. Vários os aspectos pesaram sobre essa escolha, entre eles pode-se citar:

1. Acabamento final apresentado pela peça;
2. Qualidade e precisão da usinagem;
3. Capacidade de produção;
4. Praticidade;
5. Espaço físico necessário;
6. Recursos humanos disponibilizados e
7. Confiabilidade no processo.

Desta forma, nesta unidade passaram a trabalhar seis operadores no turno, sendo necessário somente um turno para suprir a demanda de produção dia.

A *Usinagem* continua operando com a célula de trabalho existente, que engloba cinco atividades, sendo:

- 3a. Usinagem do miolo da carcaça;
- 3b. Bocais e roscas;
- 3c. Furo com rosca para acondicionamento do parafuso de regulagem;
- 3d. Rebarbação e
- 3e. Instalação do parafuso de regulagem.

Um *Kaizen* realizado apontou que seria mais benéfico ao processo de manufatura a inserção da atividade de instalação do parafuso de regulagem nesta etapa do processo, evitando tráfego desnecessário de material entre setores de produção.

A máquina *Transfer*, em primeiro plano somente completará a demanda de produção dia. Em segunda fase, produzirá toda a demanda necessária ao cliente, permanecendo a célula existente em stand-by, para situações de emergência.

A figura 4.46 fornece o fluxo de material e de informação que ocorre nas etapas de produção do setor de Usinagem, na situação de estado futuro inovado.

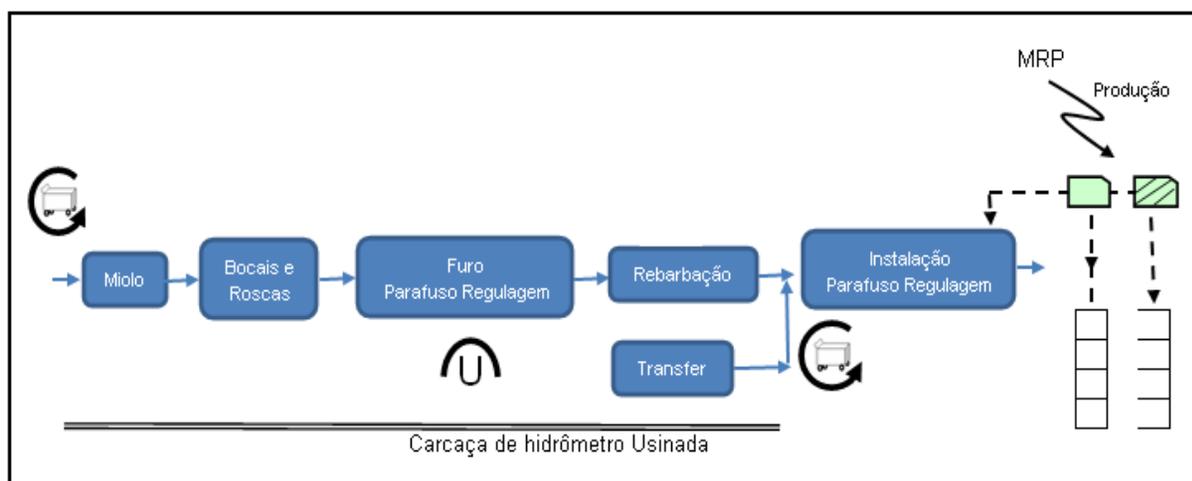


Figura 4.46: Fluxo de material e de informação do setor de Usinagem – mapa futuro inovado

Como se pode observar, o sistema MRP controla o fluxo de informação da unidade em sua última etapa de produção, onde existe um *Kanban* de carcaças usinadas atrelado a um supermercado (pulmão), existente para balancear as oscilações de puxadas (*pitch*).

Toda vez que o processo *Montagem* solicita um incremento do supermercado, este solicita a sua reposição, iniciando um processo de usinagem, JIT. O estoque de emergência adotado é para suprir a produção no caso de ocorrências inoportunas na linha de produção. Este estoque está dimensionado para um dia de produção.

A produção embora puxe pequenos lotes, *pitch*, ocorre na célula de usinagem em modo de fluxo contínuo, *FIFO* entre as etapas de produção das peças.

Já a produção da máquina *Transfer* é por *pitch* de seis peças, pois a máquina tem capacidade para seis carcaças ao mesmo tempo de serem trabalhadas, conseqüentemente fornecendo em sua saída também um *pitch* de seis peças. A figura 4.47 fornece alguns dados das etapas que envolvem o setor de Usinagem.

2.000 pç dia	Célula de Usinagem				Transfer	Instalação
	Miolo	Bocais + Roscas	Paraf. Regulagem	Rebarbação		Paraf. Regulagem
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	22	20	21	22	90	11
Peças por Ciclo	1	1	1	1	6	1
Número de Máquinas	1	1	1	1	1	1
Número de Operadores	1	1	1	1	1	1
Turnos	1					
Tempo Disponível	31.200					
Capacidade de Produção	1.418	1.560	1.486	1.418	2.080	2.836
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	22	20	21	22	15	11

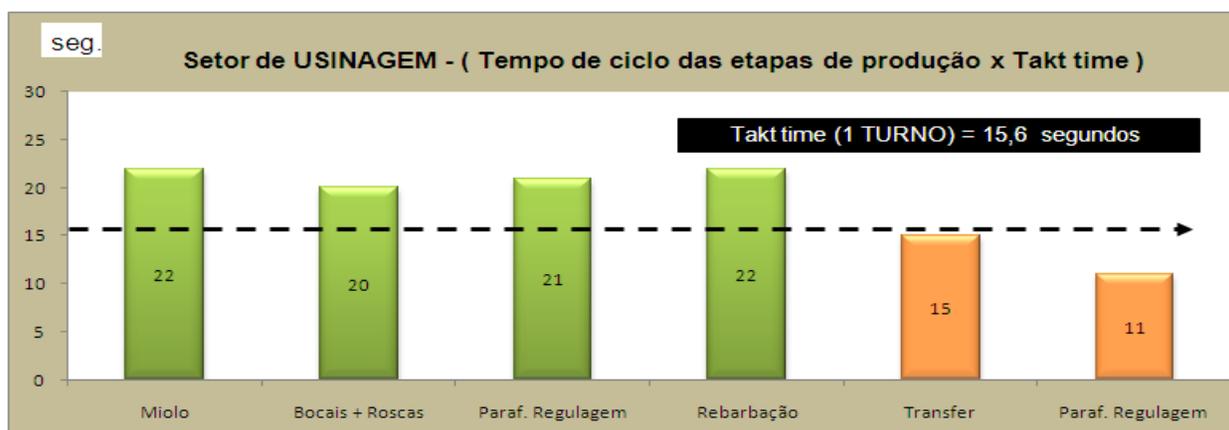


Figura 4.47: dados do setor de Usinagem – mapa futuro inovado

Na primeira etapa de produção as carcaças uma a uma são descarregadas dos carros de transporte é usinado seu miolo. O *miolo da carcaça* representa o compartimento interno da carcaça que irá alojar o *Kit de medição do medidor*.

Depois são usinados os Bocais e as roscas de conexão do hidrômetro. Feito o furo e a rosca do parafuso de regulagem. Rebarbada a carcaça em geral. E por último, instalado o parafuso de regulagem.

Foram inseridos nas rotinas de trabalho da célula instruções de procedimentos e instrumentos adequados para o controle de qualidade das peças produzidas.

As verificações antes realizadas em pequena quantidade amostral nos lotes manufaturados, somente pelo setor de qualidade da empresa, foram substituídas por uma inspeção rigorosa pontual, onde todas as etapas de produção da célula de Usinagem passaram a submeter todas as suas peças trabalhadas a verificação dos limites de tolerância estabelecidos, verificados através de relógios comparadores, que indicam se a usinagens realizadas estão dentro dos limites superior e inferior pré-determinado, impedindo JIT que peças defeituosas prossigam pelo fluxo.

Ao se depor com peças rejeitadas, o operador foi treinado e orientado a parar imediatamente a produção e comunicar o fato a gerência de Produção e de Qualidade, que juntos avaliam imediatamente o problema, verificando se a causa raiz é um ferramental, máquina, procedimento ou relacionado a etapas anteriores executadas. Identificando a extensão do problema e confiscando o lote defeituoso se houver. Com isso o percentual de peças rejeitadas caiu para 0,25 % praticamente.

O treinamento dos funcionários foi determinante para uma melhor peça produzida, pois os procedimentos de verificação e controle instituídos criaram critérios a serem seguidos.

A manutenção especificou uma vida útil ao ferramental utilizado, cujo *Kanban* de ferramentas auxilia na manutenção de backup's stand-by, prontos para serem instalados.

As instruções redigidas auxiliam os operadores a fazerem o necessário e a realizar as tarefas da unidade independente do colaborador de forma *padrão*.

O método 5S foi aplicado ao setor de Usinagem, eliminando-se tudo que era desnecessário, arrumando-se as coisas em seus devidos lugares (principalmente ferramentas e ferramental), padronizando-se as formas de trabalho e mantendo-se as rotinas de manufatura.

No setor de usinagem passarão a trabalhar 7 funcionários, sendo um o auxiliar de apoio.

O setor de manutenção passou a adotar manutenção preditiva e preventiva em todas as máquinas, equipamentos e dispositivos existentes, incorporando o conceito de TPM.

- **Montagem do Kit de Medição**

A quarta unidade de produção, *Montagem*, é responsável pela montagem do *Kit* de medição do medidor, o *core* da empresa.

Após profundo *Brainstorming* sobre a importância do hidrômetro, concluiu-se que o ponto chave que a cada dia está sendo mais e mais requerido pelos clientes é a resposta satisfatória do desempenho do medidor quando submetido a testes de fadiga. Ou seja, o tempo em horas que o instrumento de medir água (hidrômetro), sobrevive marcando com a precisão metrologicamente requerida, admissível e aprovada. Como responde as oscilações de consumo diárias a que é submetido, resultando em custo *versus* benefício ao investidor (normalmente companhias de Saneamento Básico) e a cobrança justa pelo consumo de água realizada pelo cliente (consumidor final).

Em suma, está se tornando mandatório no mercado o enquadramento dos equipamentos a este item de desempenho satisfatório de início e longo prazo de funcionamento (fadiga), mensurando a qualidade do produto e se tornando um diferencial para conquista de novos clientes.

Partindo desse raciocínio, o grupo de *Kaizen* se reuniu e utilizando a ferramenta de Diagrama de Causa e Efeito “Espinha de Peixe”, identificou a verdadeira causa raiz para o alcance de um produto de alto desempenho e qualidade.

Dois pontos chaves foram estabelecidos pelo grupo, sendo:

1. Trabalhar as células de forma individual, agregando responsabilidade do produto ao operador. Fazendo com que ele inicie determinada função e termine esta função. Tendo condições de validar a eficiência de seu trabalho e desta forma criar uma sinergia de envolvimento pelo que faz;

2. Criar um mecanismo que avalie a performance do *Kit* medidor, garantindo que este irá para as etapas subsequentes em ótimas condições de uso.

Assim sendo houve um rearranjo no setor de Montagem. O sistema MRP como nos processos anteriores passou a controlar o fluxo de informação da unidade em sua última etapa de produção, onde existe um quadro *Kanban* que controla a produção de *Kit de medição*, amarrado a um supermercado (pulmão), existente para balancear as oscilações de puxadas (*pitch*).

Toda vez que o processo *CAEX* solicita um incremento do supermercado, este solicita a sua reposição, iniciando um processo de montagem de *Kit*, JIT. O estoque de emergência adotado é para suprir a produção no caso de ocorrências inoportunas na linha de produção. Este estoque foi dimensionado para um dia de produção.

O sistema MRP também controla um *Kanban* de matéria-prima, que quando sofre uma “puxada” dispara uma solicitação a unidade de injeção de peças para reabastecimento do estoque intermediário. A figura 4.48 fornece o fluxo de material e de informação concebido nas etapas de produção do setor de Montagem, na situação de estado futuro inovado.

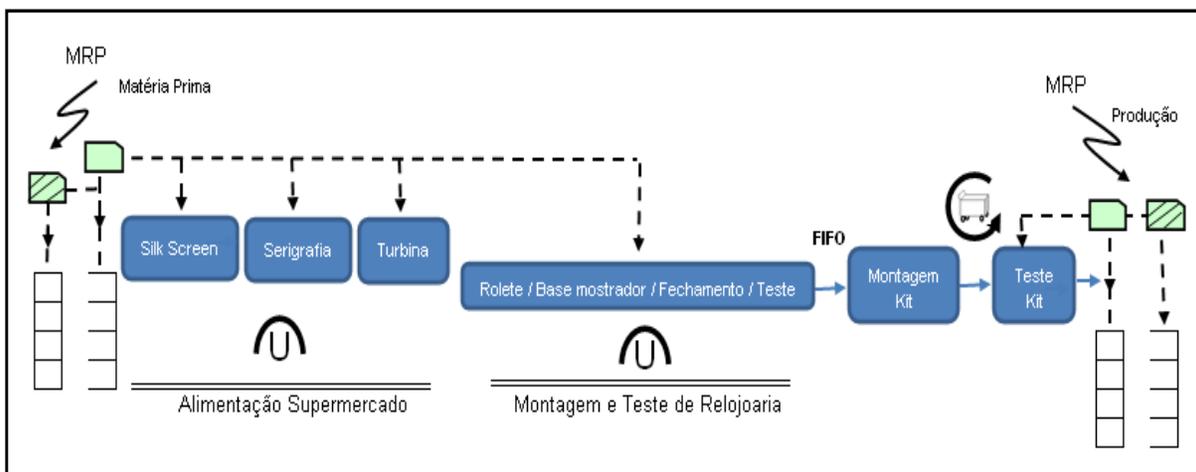


Figura 4.48: Fluxo de material e de informação do setor de Montagem - mapa futuro inovado

A produção ocorre nas células de montagem em modo de fluxo contínuo, FIFO, sendo somente na etapa de teste dos *Kit* de medição realizadas em pequenos lotes, *picht*.

Está unidade de produção está subdividida em seis etapas de produção, sendo:

- 4a. Silkscreen dos roletes;
- 4b. Serigrafia do mostrador do hidrômetro;
- 4c. Montagem de imã em turbina;
- 4d. Montagem da relojoaria;
- 4e. Montagem do *Kit* de medição e
- 4f. Teste do *Kit* de medição.

A primeira etapa de produção onde se realiza o silkscreen dos *roletes*, a segunda onde se realiza a *serigrafia do mostrador do hidrômetro* não foram alteradas. Foi montada uma célula, constituída por um único operador, capaz de operar estas etapas em conjunto com a de inserção de imã em eixo da turbina, para suprir o supermercado de peças de estoque existente no setor. A figura 4.49 fornece alguns dados das etapas que envolvem o setor de Montagem.

2.000 pç dia	Silkscreen	Serigrafia	Turbina	Célula de Trabalho - Relojoaria			Kit	Teste (Kit)
	Rolete	Mostrador	Imãs	Roletes	Base Mostrador	Fechamento		
Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	3	6	6	60			14	360
Peças por Ciclo	1	1	1	1			1	10
Número de Máquinas	1	1	1	0			0	3
Número de Operadores	1			5			1	2
Turnos	1							
Tempo Disponível	30.000							
Capacidade de Produção	10.000	5.000	5.000	2.500			2.143	2.500
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	3	6	6	60			14	30

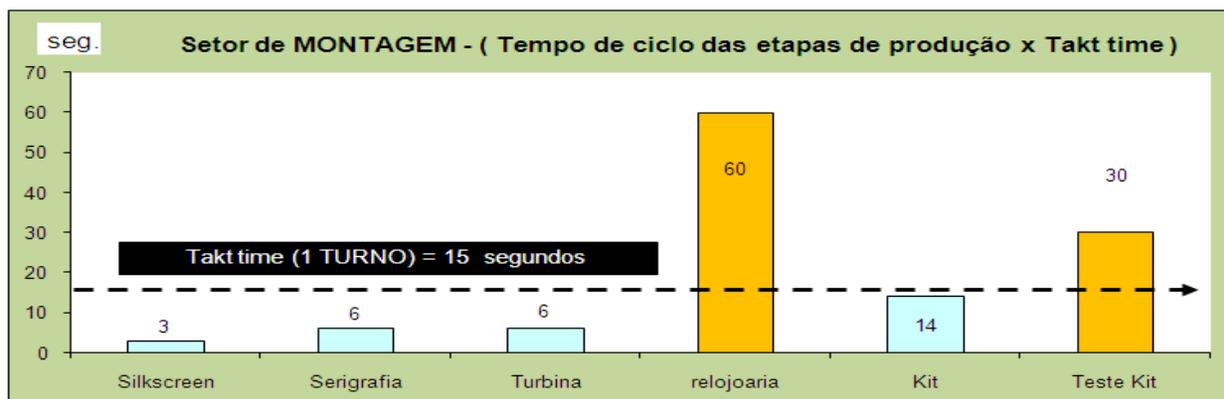


Figura 4.49: Dados do setor de Montagem - mapa futuro inovado

Observa-se através do *layout* funcional do estado futuro inovado, que a unidade de produção *Montagem*, foi totalmente remodelada.

Nesta, onde três células composta por seis operadores, todas realizavam a produção do *Kit* de medição (relojoaria + conjunto de medição), com a incumbência de cada operador realizar uma atividade, foi extinta. Foram trabalhados os dispositivos para que somente um operador consiga montar a relojoaria. Porém composta por cinco unidades.

Isso foi possível com a adoção de um dispositivo multifuncional, que agrupa todas as atividades envolvidas para a concepção da relojoaria com mecanismos *Poka Yoke* existentes para facilitar a montagem. Com isso tempos ociosos foram eliminados.

Foi criado um dispositivo também de teste de qualidade individual para a tarefa, realizado por todas as células e em todas as peças produzidas.

Esse dispositivo de teste de desempenho de relojoaria consiste em verificar por um período pré-estabelecido, se a mesma quando submetida ao acionamento de um motor de pequeno porte, com rotação constante muito baixa, acoplado em seu eixo um imã, quando em movimento, simulando a passagem de água no hidrômetro, vindo a movimentar a turbina através do acoplamento magnético dos imãs, ocorre a transferência de movimento e conseqüentemente o registro por parte da relojoaria, que o mensura, indicando o volume de água que o atravessou no mostrador da cúpula do hidrômetro.

Este teste a seco, a essa vazão muito baixa, indica o grau de precisão da relojoaria, pois caso aprovado confirma sua eficiência em vencer a inércia e medir com certo grau de tolerância o volume pré-estabelecido simulado.

Isso foi um grande salto de qualidade, pois peças que indicassem defeito lá na frente, no processo de aferição, atualmente são identificadas instantaneamente, separadas, e se estudada imediatamente a causa raiz do defeito. Todas as peças em estoque que alimentam o processo, são puxadas por *Kanban*, possuem códigos para rastreabilidade e dessa forma caso seja necessário, o lote é confiscado do processo. Obtendo-se a garantia de 100 % de qualidade das peças produzidas.

Dessa forma, somente três células são capazes de atender a demanda de produção dia de 2.000 peças, em um único turno de trabalho.

Outra célula individual criada foi a de montagem da unidade de medição com a relojoaria, formando o conjunto de medição (*Kit*), onde também é realizada por um único operador, através do desenvolvimento de outro dispositivo apropriado em juntar as atividades necessárias para consolidação da tarefa.

O *Kit* montado é testado na máquina de teste de *Kit*, cujo dispositivo criado trata-se de uma câmara de ar (túnel), capaz de testar trinta conjuntos em um único ciclo de operação. Está unidade basicamente substitui as etapas de pré-calibração e aferição anteriormente realizadas. Pois os módulos rejeitados são separados, avaliados e retrabalhados. Caso alguma anormalidade na linha de produção seja detectada, a intervenção no processo é feita imediatamente e a causa raiz estudada e extinta.

Este ensaio aqui mencionado é uma inovação que poucos no mundo conhecem e utilizam, representando em um grande up-grade de ganho em testes e assegurando a qualidade final do produto montado.

Nesta unidade agora trabalham quinze pessoas, um redução de 40% em mão-de-obra direta. Todas as etapas atendem o *takt time* de 15 segundos, ideal para atendimento ao cliente.

- **CAEX**

Após a realização de *Kaizen*, se decidiu fundir os setores de *Calibração*, *Aferição* e *Expedição* em um único setor de produção, denominado *CAEX*.

Este setor é responsável pela junção da carcaça com o Kit de medição, fazendo parte desta etapa de produção as tarefas de:

- 5a. Montagem do hidrômetro (carcaça + *Kit* de medição);
- 5b. Fechamento do conjunto;
- 5c. Teste de estanqueidade, aferição e lacração;

- 5d. Numeração e;
- 5e. Embalagem (expedição).

A figura 4.50 fornece o fluxo de material e de informação concebido nas etapas de produção do setor CAEX, na situação de estado futuro inovado.

O sistema MRP controla o fluxo de informação da unidade em sua última etapa de produção, hidrômetro acabado, informando o inventário in loco pronto para ser encaminhado ao cliente.

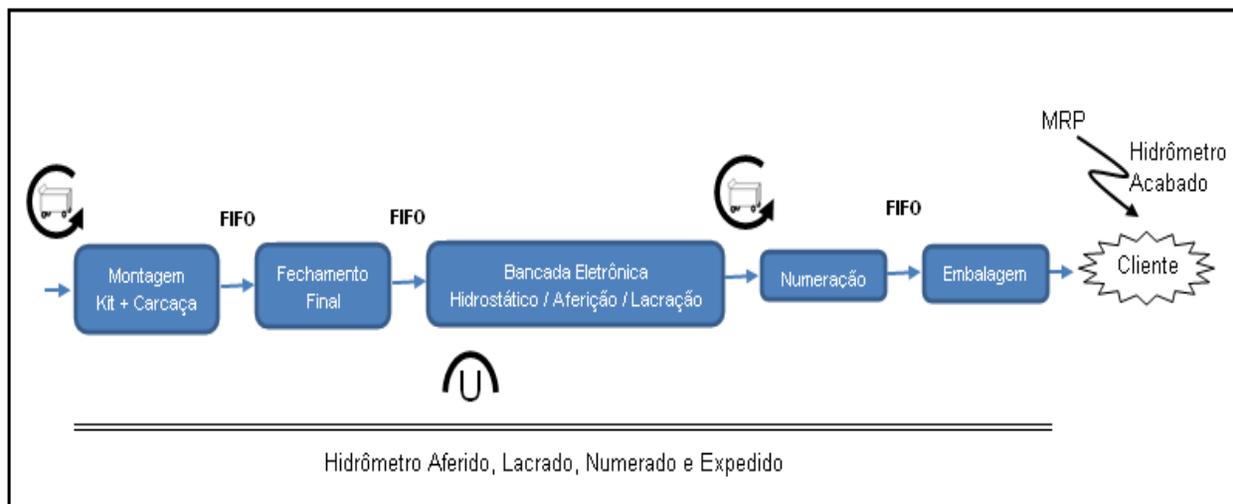


Figura 4.50: Fluxo de material e de informação do setor CAEX - mapa futuro inovado

A produção ocorre em fluxo contínuo (*FIFO*) ou em pequenos lotes (*pitch*), entre as últimas etapas de produção dos hidrômetros. A figura 4.51 fornece alguns dados das etapas que envolvem o setor *CAEX*.

Na quinta unidade de produção *CAEX*, junção da unidade de *Calibração, Aferição e Expedição*, foi adquirido um novo pantógrafo eletrônico para suprir a demanda de produção dia (gargalo existente) e uma *Bancada de Aferição Eletrônica*, para substituir os ensaios antes realizados em *Bancadas de Aferição Convencionais Volumétricas*.

2.000 pç dia	Carcça + Kit		Bancada Eletr.	Numeração			Embalagem
	Montagem	Fechamento + Filtro	Hidroestático + Aferição + Lacração	Pantógrafo 1	Pantógrafo 2	Pantógrafo 3	
	Tempo de Ciclo Ativ. (seg.)	13	13	130	38	56	
Peças por Ciclo	1	1	10	1	1	1	10
Número de Máquinas	0	1	1	1	1	1	0
Número de Operadores	1	1	1	1	1	1	1
Turnos	1						
Tempo Disponível	30.000						
Capacidade de Produção	2.308	2.308	2.308	789	536	1.000	2.500
Tempo de Ciclo 1 peça (seg.)	13	13	13	38	56	30	12

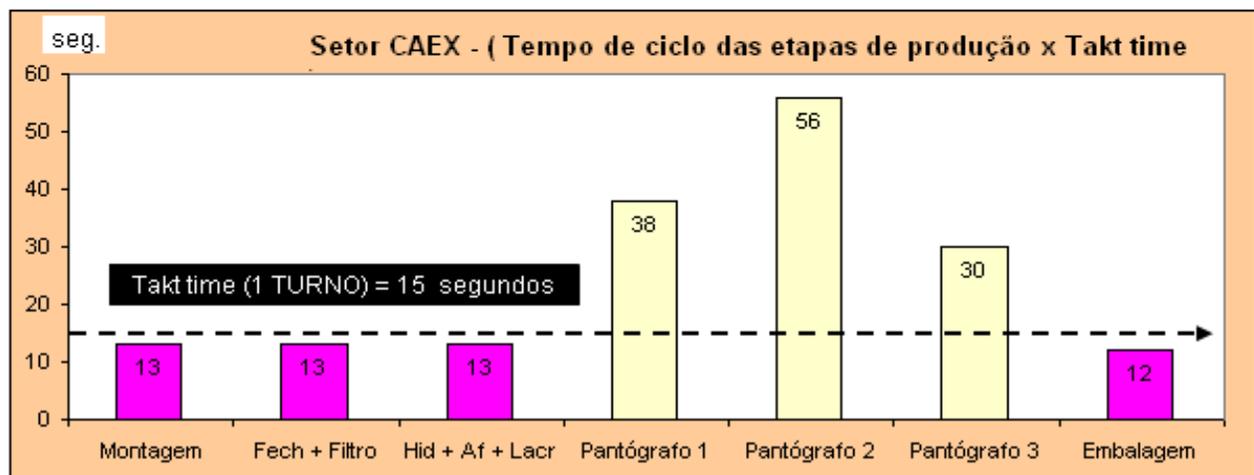


Figura 4.51: Dados do setor CAEX - mapa futuro inovado.

A *Bancada de Aferição Eletrônica* consiste em utilizar o princípio óptico, para captar a leitura sobre o mostrador da relojoaria, sendo que seus sensores compostos por dois elementos, um foto diodo que emite um feixe de luz infravermelha, e outro foto transistor que capta a luz refletida no fundo da relojoaria (preto-branco) envia o sinal para o computador que comanda o processo de aferição. Um *software* gestor, desenvolvido associa o número de pulsos com o volume que atravessou, o qual é recolhido e pesado numa balança de precisão, obtendo-se a massa.

Um termômetro de precisão para medição da temperatura da água é utilizado para a conversão do peso da água em volume. O sistema de alimentação de água ocorre em circuito fechado, dispensando o tradicional e oneroso sistema de caixa d'água elevada. O volume escoado de água é muito menor quando comparado ao ensaio realizado em bancada volumétrica convencional, resultando em um ganho de tempo exorbitante na realização da tarefa.

Além deste atrativo, uma das grandes vantagens do equipamento é que o computador comanda todo o processo de aferição, não sendo necessários ajustes de vazão que aumentam o tempo despendido de ensaio.

O processo de aferição utilizado com o equipamento referido tem os seguintes passos:

1. Inicialmente quando o hidrômetro é desconhecido pela máquina, faz-se o seu cadastro determinando ao *software* específico o número de pulso por litro, ficando este dado cadastrado para utilização sempre que for realizar o ensaio com o hidrômetro.
2. Ao trabalhar-se com um hidrômetro de coeficiente de correlação (pulsos por litro) já cadastrado, o ensaio é feito de forma automática com o ajuste de vazões comandado pelo computador. A evolução do ensaio e os erros de indicação dos hidrômetros são indicados no monitor. O sistema possibilita a impressão do resultado dos ensaios em papel e até a impressão de etiquetas colantes para serem colados nos hidrômetros ensaiados. Os hidrômetros reprovados são indicados e o operador tem a condição de corrigir o erro através do ajuste do parafuso de regulagem existente no hidrômetro.

Dessa forma, a vantagem da utilização da *Bancada de Aferição Eletrônica* está associada principalmente ao:

- Aumento da produtividade;
- Confiabilidade do processo de aferição de hidrômetros;
- Redução do custo operacional (mão-de-obra, máquinas, material, matéria-prima e métodos de controle);
- Controle estatístico automatizado dos trabalhos de aferição, possibilitando a emissão automática de relatórios gerenciais;
- Praticidade na identificação do desvio de medição apresentado (erro percentual).

Assim sendo, as carcaças e os *Kit de medição* que são puxados de suas respectivas unidades, são montados na bancada (figura 4.52), formando o hidrômetro e encaminhados para o aperto final na máquina de fechamento. Posteriormente seguem para os ensaios na bancada de eletrônica de aferição.



Figura 4.52: Bancada de montagem da carcaça de hidrômetro com *Kit* de medição

A bancada eletrônica (figura 4.53), concebida por um cilindro de aferição que tem capacidade de ensaiar 10 hidrômetros de uma só vez, realizando os ensaios de vazão solicitados pela norma técnica vigente em um curto ciclo de tempo, fornece automaticamente os resultados.

Dessa forma o operador tem condições de observar os erros apresentados e efetuar a devida correção de aferição somente sobre o medidor indicado. Com a inclusão deste equipamento no processo, a taxa de rejeição despencou para a casa de 0,1 % ao dia.



Figura 4.53: Bancada de aferição eletrônica de hidrômetro

Além da aferição, os medidores são submetidos a um teste de pressão (estanqueidade), para validar a condição basicamente da qualidade da fundição das carcaças. Após estes ensaios, os medidores ainda instalados na bancada, são lacrados um a um.

O tempo de lacração também foi reduzido, efetuando-se um *Kaizen* no processo, onde o fio para o lacre antes de material em aço trançado foi substituído por de cobre rígido, facilitando o manuseio. Em seguida os medidores são puxados para serem numerados. Nesta etapa houve a necessidade do incremento do pantógrafo 3, pois as máquinas existentes não davam conta da demanda dia. Posteriormente, seguem para expedição onde são devidamente embalados em caixas de papelão, contendo no máximo 20 unidades.

Depois de embaladas são temporariamente armazenados em palete contendo no máximo 80 caixas, aguardando o envio ao cliente pelo setor de Vendas ou sua vinda à empresa para realização de inspeção por amostragem.

Foi realizado um *Kaizen* na unidade de embalagem, onde o tipo de caixa de embalagem foi substituído por outro de maior praticidade, visando facilitar sua montagem e diminuir o tempo despendido na realização da tarefa.

Foi inserido etiqueta de controle e rastreabilidade, com numeração através do uso de código de barra, que identifica cada item dos materiais utilizados para manufatura das peças contidas na embalagem (figura 4.54).



Figura 4.54: Etiqueta de controle e rastreabilidade

Os tempos de ciclo, *takt time*, número de máquinas, operadores, entre outros; podem ser observados na figura 4.51. Nessa unidade trabalham agora 7 operadores em único turno.

O setor de manutenção passou a adotar manutenção preditiva e preventiva em todas as máquinas, equipamentos e dispositivos existentes, incorporando o conceito de TPM.

Foram redigidas as instruções para auxiliar os operadores a realizar os procedimentos corretos de cada tarefa da unidade independente do colaborador que esteja operando, de forma *padrão*. O método 5S foi aplicado ao setor eliminando-se tudo que era desnecessário, arrumando-se as coisas em seus devidos lugares e padronizando-se as formas de trabalho.

4.6.5. Fase 4 – Aceitação

➤ Passo 6 / Processo de padronização

• Etapa 9 – Formatação

Nesta fase, em mãos dos resultados obtidos e análises realizadas, cabe aos gestores verificarem se as mudanças implementadas resultaram benefícios satisfatórios e optarem pela sua padronização.

O estudo de campo em questão resultou resultados excelentes, vindo a ser padronizados pelo setor de Qualidade da empresa EMMA.

Coube ao mesmo descrever e ajustar as novas instruções técnicas de acordo com os procedimentos realizados.

Afixá-las junto às etapas pertinentes, garantindo a realização do mesmo todo dia, a todo o momento, por todos que realizam a atividade.

Ministrar cursos de treinamento em todos os setores que ocorreram mudanças, instituindo um monitoramento contínuo do sistema, incorporado em seu ciclo de atividades.

4.7. Resultados

O método elaborado, estruturado, implementado proporcionou a geração de três VSM: atual, de transição e futuro inovado. Esses mapas têm como objetivo ilustrar o antes e o depois do fluxo da cadeia de valor do produto objeto estudo de caso (hidrômetro) na empresa EMMA.

Foram trabalhadas três etapas distintas: eliminação de desperdício, melhoramento do fluxo de valor e de informação e a inovação de etapas e processos na manufatura. No item a seguir serão abordados os resultados alcançados e análises efetuadas, comparando-se o estado atual com o estado futuro inovado implementado.

4.7.1. Comparação entre mapa atual versus mapa futuro inovado

Os resultados e as análises mencionados foram observados de duas formas:

a) Global, correlacionando-se os resultados obtidos entre o estado futuro inovado implementado e o estado atual inicial existente na empresa EMMA;

b) Dividindo-se a manufatura do hidrômetro em duas partes (figura 4.55): *Carcaça* e *Kit Aferição*. Comparando-se os dois mapas de estados existentes, atual *versus* futuro inovado implementado.

A *Carcaça* compreende os setores de produção *Fundição*, *Pintura* e *Usinagem*: processos que não agregam valor ao produto (NAV). *Kit aferição* compreende os setores de produção *Montagem*, *Calibração*, *Aferição* e *Expedição*: processos que agregam valor ao produto (AV), identificados pelos clientes.

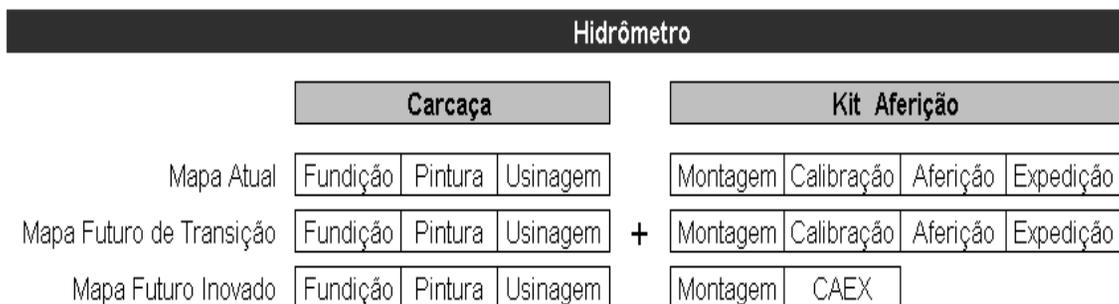


Figura 4.55: Divisão da manufatura do hidrômetro no chão-de-fábrica

A figura ilustra os três mapas utilizados para se atingir os resultados que se seguem, visando-se obter os valores de ganhos mais significativos possíveis na melhoria da manufatura do produto hidrômetro.

A tabela 4.5 traz algumas informações sobre as características do chão-de-fábrica do mapa de estado atual *versus* o mapa de estado futuro inovado, implementado.

Tabela 4.5: Processos e etapas da manufatura – estado atual *versus* estado futuro inovado

		Mapa Atual			Mapa Fut. Transição			Mapa Fut. Inovado			Comparativo (Atual x Futuro Inovado)							
		Qd	Geral	Rep %	Qd	Geral	Rep %	Qd	Geral	Rep %	Qd	Ganho	Geral	≠	Média			
(NAV)	Carcça	Fundição	8	15	58 %	8	15	58 %	7	15	65 %	1	13 %	0	0 %	0 %		
		Pintura	3		3	15		58 %	3		3	15	65 %				0	0 %
		Usinagem	4		4	4		4	5		-1	-25 %						
		(43%)																
(AV)	Kit Aferição	Montagem	4	11	42 %	4	11	42 %	4	8	35 %	0	0 %	3	27 %	50 %		
		Calibração	3			3		3	1		67 %							
		Aferição	1			1		1	1		0 %							
		Expedição	3			3		2	1		33 %							
		(57%)																
		26		26		23		3	12 %									

Em análise ao *estado atual*, os três setores de produção *Fundição*, *Pintura* e *Usinagem* são responsáveis pela produção da parte *Carcça do hidrômetro* (NAV), representando 43 % dos processos envolvidos para se fabricar um medidor de água. Nesses, executam-se quinze etapas de produção, equivalente a 58 % do total.

Quando observado o *estado futuro inovado* implementado, percebe-se que não houve mudança na quantidade de etapas, continuando quinze. Porém passou a representar o equivalente a 65 % do total. Dessa forma não houve ganho quando comparado à situação atual.

Os outros quatro setores de produção *Montagem*, *Calibração*, *Aferição* e *Expedição*, que compõem a parte *Kit aferição* são responsáveis pela junção da carcaça com o *Kit*, constituindo o hidrômetro até sua expedição. Representam 57 % dos processos envolvidos. Juntos realizam onze etapas de produção, o equivalente a 42 % do total.

No *estado futuro inovado* implementado o número de etapas realizadas passaram a ser oito. Representando 35 % do total. Dessa forma houve a eliminação de três etapas, representando um ganho de 27 % quando comparado à situação atual inicial. Em média, nessa parte da produção somando-se todos os ganhos dos setores envolvidos, verifica-se que houve uma melhora de 50 %.

Em resumo o ganho geral na redução de etapas de trabalho para manufatura de um hidrômetro foi de 12 %, pois se eliminou três etapas de produção das vinte e seis iniciais, passando a ser no estado futuro inovado implementado vinte e três etapas.

Vale ressaltar que o montante de etapas utilizadas na parte *Carcça* depois da implementação do VSM futuro inovado passou a ser superior (dois terços do total). Pois anteriormente se despendia praticamente metade das etapas de produção para cada parte.

A tabela 4.6 destaca a quantidade de funcionários diretos necessários no chão-de-fábrica para se produzir um hidrômetro no estado atual e no estado futuro inovado implementado.

Tabela 4.6: Número de funcionários diretos – estado atual *versus* estado futuro inovado

		Mapa Atual			Mapa Fut. Transição			Mapa Fut. Inovado			Comparativo (Atual x Futuro Inovado)					
		Qd	Geral	Rep %	Qd	Geral	Rep %	Qd	Geral	Rep %	Qd	Ganho	Geral	≠	Média	
(NAV)	Carcça	Fundição	30	42	47 %	27	38	43 %	27	35	60 %	3	10 %	7	17 %	30 %
		Pintura	2			1			1			1	50 %			
		Usinagem	10			10			7			3	30 %			
		90			88			58			32 36 %					
(AV)	Kit Aferição	Montagem	25	48	53 %	25	50	57 %	14	23	40 %	11	44 %	25	52 %	59 %
		Calibração	8			9			3			5	63 %			
		Aferição	6			6			1			5	83 %			
		Expedição	9			10			5			4	44 %			
						90			88			58				

Em uma primeira análise percebe-se que existem quarenta e dois funcionários lotados na parte *Carcça* (NAV), representando 47 % do montante total. Essa parcela no mapa futuro inovado implementado subiu para 60 %, embora o número de funcionários reduzisse para somente trinta e cinco pessoas. Isso se deu em questão de ter havido uma redução de pessoal significativa nos setores de produção envolvidos na parte *Kit aferição*.

Comparando-se as situações constata-se que houve uma diminuição de sete pessoas na parte *Carcaça*, representando um ganho de 17 %. Em média, nessa parte da produção somando-se todos os ganhos dos setores envolvidos, verifica-se que houve uma melhora de 30 %. Como as atividades que não agregam valor são em sua grande maioria de transformação do material, essas não possibilitam muita flexibilidade de mudança (melhora).

Nos setores de produção que englobam as atividades que AV (*Kit aferição*), observa-se que na situação atual havia quarenta e oito pessoas trabalhando, representando 53 % do total. No mapa futuro inovado ocorreu uma redução, passando a ser vinte e três pessoas trabalhando e representando 40 % do montante. Houve em geral nessa parte do processo uma diminuição do pessoal de vinte e cinco pessoas, o que representa um ganho de 52 %. Em média também nessa parte da produção, somando-se todos os ganhos dos setores envolvidos, verifica-se que houve uma melhora de 59 %.

Em geral, a empresa inicialmente tinha lotado no chão-de-fábrica em suas atividades no mapa atual 90 funcionários. Com a implementação do mapa de estado futuro inovado esse total passou para 58 pessoas, ocorrendo uma diminuição do uso da mão-de-obra direta de 32 pessoas, equivalente a um ganho de 36 %.

A tabela 4.7 traz o *lead time* que NAV em dias (inventário), existente na situação do mapa atual *versus* a situação do mapa futuro inovado implementado.

Tabela 4.7: Comparação do *lead time* que NAV – estado atual *versus* estado futuro inovado

	Mapa Atual			Mapa Fut. Transição			Mapa Fut. Inovado			Comparativo (Atual x Futuro Inovado)						
	Qd (d)	Geral	Rep %	Qd (d)	Geral	Rep %	Qd (d)	Geral	Rep %	Qd (d)	Ganho	Geral	≠	Média		
Carcaça	Fundição	7	10,1	67 %	3	4,5	60 %	2,5	3,25	62 %	4,5	64 %	7	68 %	72 %	
	Pintura	2			1			0,5			1,5	75 %				
	Usinagem	1,1			0,5			0,25			0,85	77 %				
											9,85		65 %			
Kit Aferição	Montagem	1	5	33 %	0,5	3	40 %	0	2	38 %	1	100 %	3	60 %	86 %	
	Calibração	0,3			0,25			0			0,3	100 %				
	Aferição	0,2			0,25			0			0,2	100 %				
	Expedição	3,5			2			2			1,5	43 %				
												7,5				65 %
											15,1		7,5		5,25	

O *lead time* despendido no mapa atual para a parte *Carcaça* é igual há 10,1 dias. Equivalente a 67 % do total. Quando implementado o mapa futuro inovado esse total caiu para 3,25 dias, passando a representar 62 % do inventário existente na planta.

Dessa forma houve uma redução de sete dias de estoque comparando-se os mapas, representando um ganho de 68 %. Em média, na parte *Carcaça* de produção somando-se todos os ganhos dos setores envolvidos, verifica-se que houve uma melhora de 72 % do *lead time* que NAV.

Em análise a parte *Kit aferição*, observa-se que o *lead time* NAV despendido no mapa atual era de cinco dias, representando uma parcela de 33 % do inventário. Após a implementação do mapa futuro inovado esse estoque baixou para dois dias, passando a representar 38 % do total. Em geral houve uma redução de três dias de inventário, indicando um ganho de 60 % em relação à situação atual inicial. Em média nessa parte da produção, somando-se todos os ganhos dos setores envolvidos, verifica-se que houve uma melhora de 86 % do *lead time* NAV.

No geral, o *lead time* NAV despendido na cadeia de fluxo de material era de 15,1 dias (matéria-prima, produto manufaturado ou acabado em estoque), passando a ser de 5,25 dias. Equivalente a uma redução de 9,85 dias. Representando um ganho de 65 %.

Desse modo, o cliente que normalmente era atendido em 40 dias passou a receber seu produto com o prazo estimado máximo de 10 dias a contar de sua entrada na manufatura (pedido aceito). Representando um ganho em agilidade de atendimento ao cliente de 75 %.

Observa-se também que inicialmente no mapa atual dois terços dos tempos de inventário estavam distribuídos entre as atividades de manufatura da *Carcaça*, sendo que a proporção não mudou com a implementação do mapa futuro inovado.

A tabela 4.8 descreve o *lead time* que AV no produto em segundos (tempo de ciclo de produção), existente na situação do mapa atual *versus* a situação do mapa futuro inovado implementado.

Tabela 4.8: Comparação do *Lead time* que AV – estado atual *versus* estado futuro inovado

	Mapa Atual			Mapa Fut. Transição			Mapa Fut. Inovado			Comparativo (Atual x Futuro Inovado)					
	Qd (s)	Geral	Rep %	Qd (s)	Geral	Rep %	Qd (s)	Geral	Rep %	Qd (s)	Ganho	Geral	≠	Média	
Carcaça	Fundição	29,5	79,5	17 %	29,5	70,5	16 %	29,5	56,5	33 %	0	0 %	23	29 %	46 %
	Pintura	21			12			12			9	43 %			
	Usinagem	29			29			15			14	48 %			
Kit Aferição	Montagem	40	383,5	83 %	40	369	84 %	60	116	67 %	-20	-50 %	268	70 %	38 %
	Calibração	29			29			0			29	100 %			
	Aferição	286			286			31,1			254,9	89 %			
	Expedição	28,5			14			24,9			3,6	13 %			
		463		439,5		172,5		290,5	63 %						

Observa-se no mapa atual que o *lead time* de produção (AV) gasto na parte *Carcaça* era de 79,5 segundos. Representando 17 % do total para manufatura de um hidrômetro. Com o mapa futuro implementado esse tempo caiu para 56,5 segundos, porém passou a representar 33 % do *lead time* total. Isso aconteceu porque houve uma diminuição significativa no *lead time* na parte *Kit aferição*, fazendo com que a parcela de participação crescesse.

Comparando-se o *lead time* da situação atual com a implementada verifica-se que houve uma diminuição de vinte e três segundos, resultando num ganho de 29 %. Em média, na parte da produção da *Carcaça*, somando-se todos os ganhos dos setores envolvidos verifica-se que houve uma melhora de 46 % do *lead time* que AV.

Na parte *Kit aferição* os setores de produção envolvidos na situação atual despendiam um *lead time* AV ao produto de 383,5 segundos, equivalente a 83 % do total. No mapa futuro inovado esse valor caiu para 116 segundos, equivalente a 67 % do total. Houve uma redução de 268 segundos, representando um ganho de 70 %. Em média nessa parte da produção, somando-se todos os ganhos dos setores envolvidos, verifica-se que houve uma melhora de 38 % do *lead time* AV.

Na implementação do mapa futuro inovado houve uma melhora significativa nos tempos despendidos na parte *Kit aferição*, pois a proporção do tempo que AV gasto entre as partes anteriormente de um quinto passou a ser de um terço do total.

No total, o *lead time* que AV reduziu 63% em relação à situação atual. Pois o hidrômetro que somava 463 segundos em atividades que modificavam o produto (agregam valor), passou a ser executado em 172,5 segundos.

A tabela 4.9 compara a taxa de refugo do mapa atual *versus* a situação do mapa futuro inovado implementado, nos diversos setores de produção existentes.

Tabela 4.9: Comparação da taxa de refugo – estado atual *versus* estado futuro inovado

		Setor	Mapa		Ganho
		% Refugo	Atual	Futuro Inovado	
(NAV)	Carcaça	Fundição	3 %	0,5 %	83 %
		Pintura	0 %	0 %	----
		Usinagem	1 %	0,25 %	75 %
(AV)	Kit Aferição	Montagem	0 %	0 %	----
		Calibração	5 %	0,1 %	98 %
		Aferição	3 %		
		Expedição	0 %		

Com o emprego de dispositivos de controle da qualidade e a melhoria dos processos de manufatura do produto, conseguiu-se baixar os índices de taxa de rejeição no todo para um valor menor ou igual a 0,5 %.

A tabela 4.10 compara os tempos *takt* do mapa atual *versus* a situação do mapa futuro inovado implementado, nos diversos setores de produção existentes.

Tabela 4.10: Comparação dos tempos *takt* – estado atual *versus* estado futuro inovado

		Setor	Mapa		Ganho
		Takt time (s)	Atual	Futuro Inovado	
(NAV)	Carcaça	Fundição	32,7	15	54 %
		Pintura	31,2	15,6	50 %
		Usinagem	31,2	15,6	50 %
(AV)	Kit Aferição	Montagem	15	15	----
		Calibração	31,1	15	55 %
		Aferição	33,7		
		Expedição	30,6		

Observa-se que a manufatura num todo melhorou o tempo *takt* em torno de 50 %. Impactando diretamente na capacidade da dobra da produção após a implementação do segundo turno de trabalho.

Verifica-se que no estado atual o tempo *takt* despendido pela soma de dois turnos de trabalho para se produzir a demanda dos clientes (2000 peças) em média era de 31,2 segundos. Com a melhora dos processos esse tempo *takt* caiu para 15,6 segundos, atendendo a mesma demanda dos clientes, resultando um ganho médio de 50 %. Dessa forma, passou-se a obter um turno de trabalho em tempo livre, possibilitando a dobra da capacidade de produção com a implantação do segundo turno de trabalho. Conseqüentemente os pedidos dos clientes passaram a ser atendidos com muito maior agilidade.

Os valores apontados despendidos no mapa do *estado futuro inovado* referente à primeira etapa (*confecção da carcaça de hidrômetro*), e a segunda etapa (*montagem, teste e expedição do medidor*) apesar de terem sofrido muitas transformações positivas, ainda indicam que a maioria dos recursos disponibilizados para produção de um hidrômetro está lotada no conjunto de tarefas relacionadas aos setores que não agregam valor ao produto, despendendo tempo, dinheiro e recursos que poderiam ser canalizados as atividades *core* (*Kit aferição*).

A tabela 4.11 expressa o percentual de valor agregado ao processo (VAR), para cada mapa traçado.

Tabela 4.11: Valores de VAR para cada estado

Mapa	Lead time		VAR
	NAV (dias)	AV (segundos)	
Atual	15,1	463	0,035 %
Futuro de Transição	7,5	439,5	0,067 %
Futuro Inovado	5,25	172,5	0,037 %

Observa-se que estão plotados na tabela os valores agregados ao processo (VAR) para a situação do mapa atual, futuro de transição e futuro inovado. O valor percentual não cresceu

significamente como ocorre normalmente quando se realiza uma melhora nos tempos de inventário, eliminando-se os desperdícios. Aparentemente não houve alteração da situação futuro inovado em relação ao estado atual. Essa interpretação visual está equivocada, pois como houve melhora em ambos os tempos de *lead time* (AV e NAV), quando associados, o resultado (indicação) máscara a melhora ocorrida no processo. Portanto faz-se necessário antes de se pronunciar uma conclusão a respeito dos ganhos obtidos em relação ao VAR, uma análise apurada das mudanças que ocorrerão em termos da redução dos tempos de *lead time* que agregam valor ou não.

A tabela 4.12 esboça o resumo dos resultados obtidos com a implementação do *método*, comparando-se os dados do mapa atual *versus* a situação do mapa futuro inovado.

Tabela 4.12: Quadro resumo dos resultados – estado atual *versus* estado futuro inovado

	MAPA		RESULTADOS	
	Estado Atual	Futuro Inovado	≠	Ganho
Turnos	2	1	1	50 %
Processos	7	5	2	29 %
Etapas	26	23	3	12 %
Funcionários Diretos	90	58	32	36 %
Capacidade de Produção Dia (peças)	2.000	4.000	2.000	100 %
Capacidade de Produção Mês (peças)	40.000	80.000	40.000	100 %
<i>Lead Time</i> NAV - Inventário (dias)	15,1	5,25	9,85	65 %
<i>Lead Time</i> AV - Processamento (segundos)	463	172,5	290,5	63 %
Tempo <i>Takt de</i> Produção (segundos)	33,7	15,6	18,1	54 %
Setup (segundos)	2.800	1.200	1.600	57 %
Refugo (% maior)	5	0,5	4,5	90 %
Atendimento ao cliente / pedido (dias)	40	10	30	75 %

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de continuidade dos trabalhos e dos grupos de melhoria, pois se pode observar que o uso dos princípios enxutos num curto tempo atingiu resultados que vão de encontro aos objetivos.

Estes números revelam os ganhos potenciais obtidos, de modo a estimular agentes deste fluxo a discutir a aplicação do mapeamento de fluxo de valor e ferramentas da Mentalidade Enxuta.

Dessa forma, os trabalhos de melhorias aliados à aplicação dos conceitos de Manufatura Enxuta, trouxeram resultados significativos e relevantes ao negócio aplicados através do *método* detalhado elaborado, respeitando-se suas fases de implementação.

Vale ressaltar que houve facilidade para realização da pesquisa (emprego dos conceitos de Mentalidade Enxuta), uma vez se tratar de desejo também da alta administração. Outro fator relevante foi quanto ao time de trabalho formado, ser de profissionais muito experientes na área, ter conhecimento profundo nos conceitos de *lean manufacturing*, além de já haver estudado outros modelos de plantas de manufatura.

4.7.2. Comentários gerais

O contexto do *método* num primeiro instante possibilitou a identificação de *desperdícios*, conhecimento do fluxo e dados dos processos através do desenho do mapa atual. Em segundo plano forneceu subsídios para se trabalhar na eliminação dos *desperdícios* identificados, bem como para se pensar em um fluxo contínuo e puxado (mapa futuro de transição).

Por último indicou formas de se melhorar processos e etapas de produção, a fim de se implementar o processo de melhoria da manufatura visando ganhos significativos de produtividade e qualidade do produto final, atendendo muito mais rápido seus clientes (mapa futuro inovado).

Conforme salientado no referencial teórico a identificação dos *desperdícios* é um dos caminhos para a melhoria contínua do sistema. Assim, os princípios da manufatura enxuta deram ênfase para a eliminação de muitos *desperdícios* que ocorriam ao longo da cadeia do fluxo de valor. Para tanto foram utilizados os cinco princípios do conceito de mentalidade enxuta, as cinco idéias poderosas: valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e busca à perfeição.

Pode-se constatar que as principais melhorias estão necessariamente associadas ao processo, pois estes servem aos clientes (foco da cadeia de valor) enquanto as operações melhoram a eficiência das partes (otimização local). Com a incorporação da análise da função processo ao mapeamento da cadeia, conseguiu-se obter a melhoria do sistema num todo, a partir de ações que impactaram diretamente sobre a cadeia de valor, reduzindo-se o *lead time*.

O mapeamento do fluxo de valor permitiu que enxergasse de dentro para fora o produto, ou seja, abrangendo todos os dados contidos na cadeia de fluxo de valor. Assim o VSM foi fundamental para o entendimento dos processos e visualização dos *desperdícios*. Na empresa estudada, o mapeamento dos processos foi essencial para que os grupos de melhoria pudessem visualizar o encadeamento das atividades, facilitando o entendimento e o surgimento de idéias.

Foi possível constatar pela experiência prática que a organização de times de trabalho (*Kaizen*) funciona como um excelente canal de comunicação de problemas, incentivando melhorias na empresa como um todo. Também promove a melhoria do clima organizacional, incentivando a maturidade e o crescimento das pessoas, que são fundamentais em ambientes nos quais os estoques são reduzidos e a necessidade de produção é ditada pelo cliente.

Uma analogia interessante, que foi observada somente após o detalhamento do *mapa atual* em comparação com o *mapa futuro de transição*, que trata da transparência dos recursos utilizados nas atividades chaves do produto “*Core*”, que realmente agregam valor, que devem ser preservadas e aperfeiçoadas continuamente e; aquelas que não agregam valor, apesar de serem necessárias, devendo ser planejadas para um cenário futuro.

Os supermercados controlados por *Kanban* tornaram visível (através do controle visual) o processo de aquisição de matéria-prima e produção de materiais, que está vinculado ao setor de Vendas da empresa. Durante o processo de implementação tornou-se evidente que o *Kanban* não é um elemento que possa ser aplicado isoladamente, mas sim uma ferramenta que deve vir acompanhada de outras no projeto de melhoria de um sistema de produção.

Dentro desta visão sistêmica, para o estudo de caso aplicado, o caminho sugerido para a adequação da cadeia de fluxo de valor foi à aplicação de um conjunto de ferramentas e conceitos para se atingir o estado futuro inovado.

O *presente trabalho* interage fornecedores e clientes à planta da empresa, promovendo um sistema de gestão através do uso MRP, que administra e dimensiona o inventário mínimo para suprir a demanda.

Percebeu-se que da maneira em que o *método* trata a melhoria da manufatura dividindo-a em fases, passos e etapas distintas, a uma assimilação plena de todos os envolvidos que participam do trabalho de melhoria. Pois os grupos de *Kaizen* e *Brainstorming* concentram-se no objetivo em evidência.

O trabalho aqui documentado tem a prerrogativa de informar a pessoas do mesmo segmento ou de áreas afins que há condições de se empregar as técnicas de implementação dos princípios e práticas enxutas, inovando etapas e processos, buscando a melhoria da manufatura de um produto. O *método* propõe estender essa visão para toda a cadeia de fluxo de valor, o que inclui o conjunto inteiro de atividades envolvidas na fabricação de um produto específico.

Constatou-se que os benefícios da aplicação do *método* foram observados por todos ao longo da cadeia, resultando em valor sob o ponto de vista do consumidor final (aumento da qualidade do produto). Sua aplicação prática mostrou simplicidade, rapidez de implantação e baixo custo, ao contrário da maioria das soluções baseadas em *softwares* de otimização ou simulação.

No que tange as melhorias implementadas, vale ressaltar que muitas destas foram pinçadas de plantas de mesmo segmento ou não, instaladas no Brasil, adaptadas a necessidade da empresa objeto de estudo. Todavia o desconhecido causou medo e resistência à quebra de paradigmas estabelecidos, sendo muito discutidas e causando uma mudança comportamental muito grande as novas sugestões inovadoras ofertadas posteriormente.

Vale ressaltar que os conhecimentos de diversas plantas de manufatura nos mais variados segmentos, auxiliaram na discussão por mudanças em processos e etapas na empresa objeto de estudo, além de inovar e difundir tecnologias nos mais variados campos de atuação.

No que se refere à análise crítica da aplicação do *método* proposto, considerando os pontos fortes e fracos, salienta-se que se pode utilizar este trabalho como referência em outras plantas de

manufatura e fábricas de hidrômetros sob determinadas condições, pois a base para a generalização na pesquisa é estreita, situacional e limitada ao contexto, que sofre variações por conta das necessidades do negócio e constantes mudanças no ambiente interno e externo. Essas mudanças devem ser acompanhadas para se evitar obsolescência.

É importante ressaltar que os mapas (VSM) resultantes de cada etapa de melhoria que o *método* sugere, se mostraram bastante importantes, mais sua simples utilização sem o domínio dos conceitos da produção enxuta faz com que sua utilidade seja bastante restrita. Eles servem apenas para evidenciar os problemas e, muitas vezes nem isso, pois quem a utiliza precisa estar atento aos *desperdícios*. Além do mais, a ferramenta não sugere soluções, as soluções dependem do conhecimento e experiência em *lean* de quem a utiliza.

Capítulo 5. Conclusões e sugestões para próximos trabalhos

5.1. Conclusões

O *objetivo desta dissertação* de mestrado foi verificar a possibilidade da melhoria da manufatura de um produto através da aplicação de um *método* detalhado, estruturada, através do uso dos princípios enxutos em conjunto com diversas ferramentas de ação.

Os resultados mostram que a proposta é bastante promissora. Conseguiu-se uma redução significativa no *lead-time* de processamento do material de 63 % e de inventário de 65 %.

A qualidade do produto aumentou significamente não só reconhecida pelos clientes, mas também identificada na planta com a redução do retrabalho em 90 %.

Como a melhoria da manufatura balanceou a produção fazendo com que o segundo turno da empresa deixa-se de ser utilizado nas atividades gargalo anteriormente existentes, permitiu-se estudar a utilização do mesmo para implantação de um segundo turno integral dos setores de trabalho, vindo a atender um de seus objetivos (crescimento da produção). Dessa forma a capacidade de produção da fábrica dobrou com a redução do *takt time* em 54 %, podendo chegar a 4.000 peças/dia e 80.000 peças/mês.

Os 36 % dos funcionários excedentes após a implementação do mapa futuro inovado não foram despedidos e sim locados nos setores de produção existentes para treinamento.

Houve agilidade de 57 % nos tempos despendidos para preparação de máquinas (Setup).

Os setores de produção envolvidos para manufatura do objeto estudo de caso, hidrômetro, passaram de sete para cinco, um ganho de 29 %.

No que tange as etapas envolvidas nos processos de produção, conseguiu-se eliminar três. Assim possibilitou um ganho de 12 %, passando de vinte e seis etapas para vinte e três etapas.

Conclui-se que o *método* elaborado cumpriu seu objetivo, que foi o de fornecer as informações necessárias para que os princípios enxutos fossem empregados, visando a melhoria da manufatura de um produto.

Não que esse *método* seja imprescindível, mas sua não utilização permite que fases, passos ou etapas importantes sejam esquecidos ou passem despercebidos, influenciando diretamente no insucesso da implementação ou mesmo na magnitude dos resultados apresentados. Não atingindo os melhores índices permitidos.

5.2. Sugestões para próximos trabalhos

Fundamentado na experiência realizada segue como propostas futuras:

1. Estender a aplicação do *método* nas áreas de suporte como logística, suprimentos, qualidade, engenharias e recursos humanos. Com rigor nos planos de ações e controles focados em metas e resultados para se melhorar o *lead time*, produtividade e qualidade; uma vez que tais trabalhos não foram realizados em razão do tempo despendido necessário (prazo para pesquisa);

2. Estudar o *método* de forma a se tornar um modelo;

3. Aplicar em trabalhos futuros as sugestões relatadas de forma integrada, ou seja, com o mapeamento interno de suas atividades, adotando nesses fluxos os conceitos e ferramentas de ação (apoio) com o macro-mapeamento, levantando as relações que possam existir, visando à redução de *desperdícios* e a melhoria do processo em questão.

Dessa forma, ficam expressos estes itens como sugestão para pesquisas e próximos trabalhos.

Referências Bibliográficas

ARBÓS, L. C., *Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance*. International Journal of Production Economics, v.80, pp.169-183, 2002.

AMASAKA, K., *New JIT: A new management technology principle at Toyota*. International Journal of Production Economics, v.80, pp.135-144, 2002.

AQUILANO, N., DAVIS, M., CHASE, R. B., *Fundamentos da administração da Produção*. Ed. Bookman, 2000. 598p.

ARAÚJO, C. A. C., *Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta utilizando os processos de raciocínio da Teoria das Restrições e o mapeamento do fluxo de valor*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

ARAÚJO, M, A., *Administração de Produção e Operações*. Ed. Brasport, 2009. 424p.

BAUCH, C., *Lean Product Development: making waste transparent*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2004.

BENDERS, J., MORITA, M., *Changes in Toyota motor's operations management*. International Journal of Production Research, v.42, (3), pp.433-444, 2004.

BHASIN, S., *Lean and performance measurement*. International Journal of Manufacturing Technology Management, v.19, (5), pp.670-684, 2008.

BHASIN, S., BURCHER, P., *Lean viewed as a philosophy*. International Journal of Manufacturing Technology Management, v.17, (1), pp.56-72, 2006.

CAMAROTTO, J.A., *Estudo das relações entre o projeto do edifício industrial e a gestão da produção*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de arquitetura e urbanismo – UFSCAR, 1998

CAMPOS, D. F., *Satisfaction and quality of service provided by suppliers to mid-sized supermarkets*. International Journal of Operations and Supply Chain Management 1 (2), pp.30-40, 2008.

CAMPOS, V, F., *Gerenciamento do Trabalho do dia-a-dia*. Ed. INDG, 2004. 266p.

CARVALHO, P. C., *O Programa 5S e a Qualidade Total*. Ed. Alínea, 2006. 102p.

CAUGHRON, J. J., MUMFORD, M. D., *Project Planning: The effects of using formal planning techniques on creative problem-solving*. International Journal Creativity and Innovation Management, v.15, (1), pp.63-74, 2008.

CHAMBERS, S., SLACK, N., JOHNSTON, R., *Administração da Produção*. São Paulo: Ed. Atlas, 2002. 754p.

CHAN, F.T.S., *Effect of Kanban Size on Just-in-Time Manufacturing Systems*, Journal of Materials Processing Technology, vol. 116, pp. 146-160, 2001.

CHASE, R.B., AQUILANO, N. J., JACOBS, F. R., *Operations Management for Competitive Advantage*. Ed. McGraw-Hill Professi, 2005. 806p.

COELHO, A.C., *A Medição de Água, Política e Prática*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2002. 186p.

COMUNIDADE LEAN THINKING (CLT), 2008. *A criação de valor através da eliminação do desperdício*. <http://www.leanthinkingcommunity.org/>. 8p (consultado em Janeiro de 2008).

CORRÊA, H. L., *MRP – Planejamento das Necessidades de Materiais*. São Paulo: Atlas 2002.

CORRÊA, H. L., CORRÊA, C. A., *Administração de Produção e Operação – Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica*. Ed. Atlas, 2005, p.

COSTA, F. J., LIMA, D. P., ANDRADE, R. J. C., *An analysis os business administration students interest in the area of production and operations*. International Journal of Operations and Supply Chain Management 1 (2), pp.89-101, 2008.

CURY, A., *Organização e Métodos – Uma visão Holística*. São Paulo: Atlas, 2005. 600p.

DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L., *Tecnologia da Usinagem dos Materiais*. Ed. Artliber. 2008, 264p.

DYER, J. H., NOBEOKA, K., *Creating and Managing a High Performance Knowledge-Sharing Network: The Toyota Case*, *Strategic Management Journal*, vol.21, No.3, pp. 345-367, 2000.

EATON CORPORATION. Valinhos: Eaton, 2004. 1018p. Apostila de Treinamento.

_____. *Desperdícios*. Valinhos: Eaton, 2004. 9p.

_____. *Fluxo Contínuo*. Valinhos: Eaton, 2004. 19p.

_____. *Kaizen*. Valinhos: Eaton, 2004. 28p.

_____. *Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)*. Valinhos: Eaton, 2004. 328p.

_____. *Método 5S*. Valinhos: Eaton, 2004. 74p.

_____. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Valinhos: Eaton, 2004. 27p.

_____. *Pull System*. Valinhos: Eaton, 2004. 32p.

_____. *Setup Reduction*. Valinhos: Eaton, 2004. 67p.

_____. *Sistema a prova de Erros – Poka Yoke*. Valinhos: Eaton, 2004. 50p.

_____. *Total Productive Maintenance (TPM)*. Valinhos: Eaton, 2004. 350p.

_____. *Trabalho Padrão*. Valinhos: Eaton, 2004. 43p.

EESC – USP. INSTITUTO FÁBRICA DO MILÊNIO. *Sistemas de produção enxuta. Case 11: Fundação*. http://www.numa.org.br/gmo/case/Case11_Fundição.ppt. 2008. 20p.

EMILIANI, M. L., *Origins of lean management in america*. *International Journal of Management History*, v.12, (2), pp.167-184, 2006.

FERRO, J. R., *Parceria em Lean*, Curitiba: Lean Summit Brasil, 2001.

FINE, C. H., *Mercados em Evolução Contínua: Conquistando Vantagem Competitiva num Mundo em Constante Mutaçãõ*. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 262p.

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

GODOY, M. P. C., MATOS, K. K., *Trabalhando com o 5S*. Ed. INDG, 2004. 40p.

GODOY, M. H. P. C., MATOS, K. K., *Brainstorming – Como atingir metas. Relato de uma Experiência*. Ed. INDG, 2001. 26p.

GOODFELLOW, R., *MRP - Planejamento dos Recursos de Manufatura*. Ed. IMAM, 2003.

HINES, P., TAYLOR, D., *Going Lean*. Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000. 54p.

HIRANO, H., *JIT Implementation Manual*. Ed. CRC PRESS, 2008. 834p.

IMAI, M., *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. Ed. McGraw-Hill Professi, 1986. 834p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA., *Portaria 246 – Regulamento Técnico Metrológico que estabelece as condições que os hidrômetros devem satisfazer*. Rio de Janeiro: INMETRO, 2000. 12p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA., *Vocabulário de Metrologia Legal*. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998. 24p.

KRATZER, J., LEENDERS, R, T., *Team polarity and creative performance in innovation teams*. International Journal Creativity and Innovation Management, v.15, (1), pp.96-104, 2006.

LAGE, M. J., *Sistema Kanban*. Ed. EDUFSCAR, 2008.

LEAN INSTITUTE BRASIL., *Glossário Léxico Lean*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LEEDY, P. D., *Practical Research*. New Jersey: Ed Prentice Hall, 2005. 228p.

LIKER, J. K., *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005. 320p.

LIMA, C., *Hidrometria*. São Paulo: SABESP, 2005. 28p. Apostila de Treinamento.

LOUIS, R., S., *Integrating Kanban with MRP*. Ed. Productivity Press, 2005. 248p.

MARKONI, M. A., LAKATOS, E. M., *Fundamentos de Metodologia Científica*. São Paulo: Ed Atlas, 2007. 315p.

MARTINS, E., *Contabilidade de Custos*. São Paulo: Atlas, 2003.

- MARTINS, G. A., *Estudo de Caso – Uma Estratégia de Pesquisa*. Ed. Atlas, 2008. 106p.
- MATT, D. T., *Template based production system design*. International Journal of Manufacturing Technology Management, v.19, (7), pp.783-797, 2008.
- MICHALKO, M., *A Brainstorming Card Deck*. Ed. Tem Speed Press, 2006. 64p.
- MOREIRA, D, A., *Administração da Produção e Operações*. Ed. Cengage, 2008. 624p.
- MOREIRA, M. P., *Times de trabalho em ambientes de manufatura enxuta: processo e aprendizado*. Campinas, Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- NUNES, L. P., LOBO, A. C., *Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva*. Ed. Interciencia, 2007. 332p.
- OHNO, T., *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.
- ORTIZ, C.A., *Kaizen and Kaizen Event Implementation*. Ed. Prentice Hall, 2009. 325p.
- OSADA, T., TOKAHASHI, Y., *TPM/MPT – Manutenção Produtiva Total*. Ed. IMAM, 2002. 322p.
- PEINADO., *Implantação do Sistema Kanban como Base de um Programa Just In Time: uma Proposta de Metodologia para Empresas Industriais*. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000, 103p. Tese (Mestrado).
- PEREIRA, M. I., FERREIRA, A. A., REIS, A. C. F., *De Taylor aos nossos dias*. São Paulo: Thomson Pioneira, 1997. 256p.
- QUERNE, J., *Fatores de competitividade na manufatura. O programa TPM para aumento de produtividade*. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) - Departamento de economia, Contabilidade, Administração e Secretariado. Universidade de Taubaté, 2001.
- QUIVY, R., CAMPENHOUDT, L. V., *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Ed. Gradiva, 2003. 276p.
- ROTHER, M., SHOOK, J., *Aprendendo a Enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2005.

SALERMO, M. S., DIAS, A. V. C., *Product Design Modularity, Modular Production, Modular Organization: the Evolution of Modular Concepts*, Actes du GERPISA, n.33, 2002.

SLACK, N., *Vantagem Competitiva em Manufatura*. São Paulo: Ed. Atlas, 2002. 218p.

SHAHABUDEEN, P., GOPINATH, R., KRISHNAIAH, K., *Design of Bi-criteria Kanban System Using Simulated Annealing Technique*, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 41, pp. 355-370, 2002.

SHINGO, S., *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas*, Porto Alegre: Bookman, 2000. 328p.

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

SOARES, S., SERVO, L. M. S., ARBACHE, J. S., *O que não sabemos sobre a relação entre abertura comercial e mercado de trabalho no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, 2001, 28p.

SORS, L., BARDOOZ, L., *Plásticos, Moldes e Matrizes*. São Paulo: Ed. Hermes. 2008, 490p.

TAPPING, D., *5S for the Office*. Ed. Productivity Press, 2006. 192p.

TAPPING, D., LUYSTER, T., SHUKER, T., *Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping and Sustaining Lean Improvements*, New York: Productivity Press, 2002, 167p.

TARDIF, V., MAASEIDVAAAG, L., *An Adaptive Approach to Controlling Kanban Systems*. *European Journal of Operational Research*, vol. 132, pp. 411-424, 2001.

TARDIN, G. G., *O Kanban e o Nivelamento da Produção*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 91p. Tese (Mestrado).

THIOLLENT, M., *Metodologia da Pesquisa-Ação*. Ed. Cortez, 2008. 132p.

TOGNETTI, M. A. R., *Metodologia da Pesquisa Científica*. Serviço de biblioteca e informação do Instituto de Física de São Carlos. IFSC-SBI. São Carlos, 2006. 37p.

VERGARA, S. C., *Métodos de Pesquisa em Administração*. Ed. Atlas, 2008. 288p.

VERGARA, F. E., KHOUJA, M., MICHAELEWICZ, Z., *An Evolutionary Algorithm For Optimizing Material Flow in Supply Chains*, *Computers and Industrial Engineering*, vol.43, pp. 407-421, 2002.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., *A máquina que Mudou o Mundo*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2004. 342p.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*. Rio de Janeiro: Campus, 2004. 458p.

YIN, R. K., *Estudo de Caso – Planejamento e Métodos*. Ed. Bookman, 2005. 212p.

ZOGBI, E., *Competitividade Através da Gestão da Inovação*. Ed. Atlas, 2008. 118p.