

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA**

Jeovane Júnior Kappes

**APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE MANUFATURA ENXUTA  
NA PRODUÇÃO DE BENS DE CAPITAL SOB ENCOMENDA:  
UM ESTUDO DE CASO DE UM PRODUTO DO SETOR METAL-  
MECÂNICO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. João Carlos E. Ferreira, Ph.D.

Florianópolis  
2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

- K17a Kappes, Jeovane Júnior  
Aplicação dos conceitos de manufatura enxuta na produção de bens de capital sob encomenda [dissertação] : um estudo de caso de um produto do setor metal-mecânico / Jeovane Júnior Kappes ; orientador, João Carlos Espíndola Ferreira. - Florianópolis, SC, 2011.  
178 p.: il., grafs., tabs., mapas
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.
- Inclui referências
1. Engenharia mecânica. 2. Processos de fabricação. 3. Tornos. I. Ferreira, João Carlos Espíndola. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

CDU 621

JEOVANE JÚNIOR KAPPES

APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE MANUFATURA ENXUTA NA  
PRODUÇÃO DE BENS DE CAPITAL SOB ENCOMENDA: UM  
ESTUDO DE CASO DE UM PRODUTO DO SETOR METAL-  
MECÂNICO

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de Novembro de 2011.

---

Prof. Júlio César Passos, Dr.  
Coordenador do Curso

---

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina.

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.  
Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina.



À minha família,  
por ter me ensinado a amar.



## AGRADECIMENTOS

Devo o meu primeiro agradecimento ao Professor João Carlos Espíndola Ferreira, que compartilhou comigo da importância de estudar este tema, e que disponibilizou seu tempo para exercer a orientação necessária, contribuindo sobremaneira para o resultado final obtido.

À UFSC e seus excepcionais professores pelo ensino de alta qualidade. Ao POSMEC por proporcionar a oportunidade do desenvolvimento da pesquisa, na certeza de que esta trará contribuição para o desenvolvimento econômico sustentável das indústrias de bens de capital do nosso país, proporcionando um futuro mais garantido para as próximas gerações.

À empresa Benecke Irmãos e Cia Ltda. a qual realizei as atividades e na qual eu trabalho, pelo acolhimento e confiança em mim depositada, que sempre criou grandes expectativas quanto ao resultado do trabalho, tal aspecto em mim trouxe motivação para atingir os objetivos com excelência e real contribuição. Agradeço os colegas de trabalho, em especial ao Tuca, pelo empenho e auxílio prestado.

À minha namorada Fernanda, que desde o início prestou todo apoio para realização deste projeto, pelos incentivos e consolos, amor e presença em todos os momentos. Agradeço, pois é ela o motivo principal da finalização deste trabalho.

Sobre tudo, à minha mãe, que formou minha personalidade e educação, me passando o exemplo de determinação e persistência, agradeço-a em cada etapa conquistada.

Também gostaria de deixar meu agradecimento ao meu tio Alexandre, tia Marlise, madrinha Marta, avó Da. Maria e ao avô Paulo (*in memoriam*) que se tornaram eternamente responsáveis pelo meu desenvolvimento.



It can be done, but you have to make it happen.  
(Chris Gardner)



## RESUMO

A atual globalização em que a indústria está inserida faz com que as empresas busquem cada vez mais recursos e envidem esforços para manter seu produto no mercado de forma competitiva. Entre as diversas áreas do negócio que têm sido abordadas a fim de melhorar o desempenho da organização, tem-se destacado programas de manufatura enxuta no chão de fábrica e também no restante da cadeia produtiva. Originária da indústria japonesa, a manufatura enxuta ("lean manufacturing") busca a eliminação de desperdícios visando otimizar os recursos. O presente trabalho tem por objetivo implementar conceitos da manufatura enxuta em uma empresa do setor metal-mecânico em cujo sistema de manufatura são fabricados produtos sob encomenda. Foi aplicada a ferramenta denominada Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM - "Value Stream Mapping") a um dos produtos desta empresa, o qual contém um número elevado de componentes de montagem e é caracterizado por uma baixa demanda do cliente, visando reduzir o lead time de manufatura do produto. O MFV corresponde a uma representação visual dos fluxos de materiais e informações para uma família de produtos, sendo de grande auxílio para: (a) analisar o funcionamento sistêmico de um fluxo de valor, (b) identificar as principais fontes geradoras de desperdícios, (c) esboçar estados futuros com base em planos de ação propondo melhorias. Dentre as diversas filosofias que são usadas no âmbito da manufatura enxuta, o MFP (Mecanismo Função Produção) foi utilizado para analisar os fenômenos dos processos produtivos, servindo este de auxílio para o desdobramento do MFV. Os resultados alcançados pela aplicação do método ao processo de produção do torno desfolhador foram os seguintes: 89% de redução no lead time, 74% de redução na distância percorrida e 65% de redução da necessidade de operadores. Embora sejam dependentes do plano de implementações, tais resultados podem ser considerados adequados.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta, Sistema Toyota de Produção, Mapeamento do Fluxo de Valor, Produtos Sob Encomenda, Torno Desfolhador, Mecanismo Função Produção.



## ABSTRACT

The current globalization in which industry is inserted causes companies to seek more resources, and to endeavor to keep their products in a competitive market. Among the various areas of business that have been addressed in order to improve the performance of the organization, shop floor lean manufacturing programs are highlighted, as well as across the supply chain. Originally from the Japanese industry, lean manufacturing seeks to eliminate waste in order to optimize resources. The present work aims to implement lean manufacturing concepts in a company of the metal-mechanical sector whose production system manufactures products made to order. The method called Value Stream Mapping (VSM) was applied to one of the products made by this company, in order to reduce the its manufacturing lead time. The product contains a large number of assembly components and is characterized by a low customer demand. The MFV corresponds to a visual representation of the material and information flows of a family of products, being a great help to: (a) analyze the systemic functioning of a value stream, (b) identify the main sources of waste, (c) outline future states based on action plans proposing improvements. Among the various philosophies that are used in lean manufacturing, MFP (Function Production Facility) was used to analyze the phenomena of production processes, helping to deploy the VSM. The results achieved by applying the method to the production process of the wood peeling lathe were as follows: 89% reduction in lead time, 74% reduction in distance travelled, and 65% reduction in the need for operators. Although dependent on the implementation plan, such results can be considered adequate.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Toyota Production System, Value Stream Mapping, Customized Products, Wood Peeling Lathe, Mechanism



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção. ....	15
Figura 2 – Simbologia dos elementos da função processo. ....	23
Figura 3 – Principais etapas do mapeamento do fluxo de valor. ....	43
Figura 4 – Ícones do MFV. ....	47
Figura 5 – Selecionando uma família de produtos. ....	49
Figura 6 – Exemplo de mapa da situação atual. ....	51
Figura 7 – Exemplo de mapa da situação futura. ....	56
Figura 8 – Fluxograma Esquemático de Obtenção de Lâminas Torneadas de Madeira. ....	62
Figura 9 – Demonstração do movimento do torno seguindo uma espiral. .....	63
Figura 10 – Secção transversal de um torno, mostrando a relação geométrica entre as principais partes do corte da lâmina. ....	64
Figura 11 – Torno desfolhador. ....	67
Figura 12 – Estrutura de implementação do programa de manufatura enxuta. ....	72
Figura 13 – Conceito de seleção dos subconjuntos a serem mapeados. ....	81
Figura 14 – Importância relativa dos objetivos de desempenho. ....	83
Figura 15 – Cronograma de fabricação do produto. ....	86
Figura 16 – Limites de contorno do MFV. ....	88
Figura 17 – Modelo de folha de mapeamento. ....	90
Figura 18 – Histórico de demanda produto torno desfolhador. ....	93
Figura 19 – Histórico de demanda rolo contra faca ( <i>Kits</i> de reposição). .....	94
Figura 20 – Histórico de demanda rolo tração ( <i>Kits</i> de reposição). ....	95
Figura 21 – Exemplo de mapa de fluxo de valor dinâmico. ....	97
Figura 22 – Mapa do estado atual. ....	99
Figura 23 – <i>Lead time</i> do processo. ....	100
Figura 24 – Mapa do estado atual rolo tração. ....	101
Figura 25 – GBO Atual Rolo Tração. ....	102
Figura 26 – Mapa do estado atual rolo contra faca. ....	103
Figura 27 – GBO Atual Rolo Contra Faca. ....	104
Figura 28 – Ilustração da análise do tempo de espera. ....	106
Figura 29 – Elementos função processo subconjunto rolo Tração. ....	107
Figura 30 – Elementos função processo subconjunto rolo Contra Faca. .....	107
Figura 31 – Fluxo de transporte atual do subconjunto rolo tração. ....	112

Figura 32 – Fluxo de transporte atual do subconjunto rolo contra faca. .....	113
Figura 33 – Subconjunto Rolo Tração em corte. ....	120
Figura 34 – Mapa do estado futuro rolo tração. ....	126
Figura 35 – GBO Futuro Rolo Tração. ....	127
Figura 36 – Mapa do estado futuro rolo contra faca. ....	128
Figura 37 – GBO Futuro Rolo Contra Faca. ....	129
Figura 38 – Fluxo de transporte futuro do subconjunto rolo tração....	135
Figura 39 – Fluxo de transporte futuro do subconjunto rolo contra faca. .....	136

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Time multifuncional. ....	75
Tabela 2 – Desempenho do objetivo de rapidez de fabricantes concorrentes. ....	84
Tabela 3 – Matriz impacto dos subconjuntos do produto nos objetivos de desempenho. ....	85
Tabela 4 – Estrutura simplificada dos subconjuntos e respectivos encarregados do mapeamento. ....	89
Tabela 5 – Resumo da demanda. ....	95
Tabela 6 – Resumo da situação do estado atual. ....	105
Tabela 7 – Resumo dos tempos de espera de lote. ....	109
Tabela 8 – Resumo dos tempos de espera de processo. ....	111
Tabela 9 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Tração. ....	115
Tabela 10 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Contra faca. ....	116
Tabela 11 – Tempos de processamento <i>versus</i> tempos de agregação de valor. ....	117
Tabela 12 – Etapas de montagem rolamento no mancal e eixo atual. .	121
Tabela 13 – Resumo dos tempos de espera de matéria-prima. ....	123
Tabela 14 – Resumo dos tempos de espera de produto acabado. ....	124
Tabela 15 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Tração – <i>layout</i> futuro. ....	137
Tabela 16 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Contra faca – <i>layout</i> futuro. ....	137
Tabela 17 – Comparativo das distâncias percorridas. ....	138
Tabela 18 – Etapas de montagem rolamento no mancal e eixo futuro. ....	140
Tabela 19 – Reduções nos tempos de processamento da montagem. ....	143
Tabela 20 – Reduções nos tempos de processamento. ....	147
Tabela 21 – Resumo dos tempos de espera de processo na situação futura. ....	149
Tabela 22 – Resumo dos tempos de espera de lote na situação futura. ....	150
Tabela 23 – Resumo dos resultados do mapa futuro do subconjunto Rolo Tração. ....	152
Tabela 24 – Resumo dos resultados do mapa futuro do subconjunto Rolo Contra Faca. ....	152
Tabela 25 – Síntese das principais melhorias propostas. ....	153
Tabela 26 – Plano de implementação do mapa futuro. ....	157



## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ATO – *Assembly to Order*  
CNC – Comando Numérico Computadorizado  
ERP – Planejamento de Recursos Empresariais (“*Enterprise Resourcing Planning*”)  
ETO – *Engineering to Order*  
FIFO – *First In First Out*  
GBO – Gráfico de Balanceamento de Operações  
ISO – *International Organization for Standardization*  
JIT – *Just in Time*  
LAN – *Local Area Network*  
LEI – *Lean Enterprise Institute*  
LT – *Lead Time*  
MDF – *Medium Density Fiberboard*  
ME – Manufatura Enxuta  
MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor  
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*  
MP – Matéria Prima  
MRP – *Material Requirement Planning*  
MTO – *Make-to-Order*  
MTS – *Make-to-Stock*  
OP – Ordem de produção  
PA – Produto Acabado  
PG – Procedimento Geral  
PCP - Planejamento e Controle da Produção  
RNC – Relatório de Não Conformidade  
rpm – Rotações por Minuto  
STP – Sistema Toyota de Produção  
TVA – Tempo de Valor Agregado  
T/C – Tempo de Ciclo  
T/TR – Tempo de Troca  
TPM – *Total Productive Maintenance*  
TRF – Troca Rápida de Ferramentas  
VA – Valor Agregado  
VSM – *Value Stream Mapping*



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA .....	1
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	4
1.3 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO .....	6
1.4 METODOLOGIA .....	7
1.5 OBJETIVOS .....	9
<b>1.5.1 Objetivo geral.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>9</b>
1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	10
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	11
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E SUAS ORIGENS .....	13
2.2 MANUFATURA ENXUTA .....	17
2.3 MECANISMO FUNÇÃO PRODUÇÃO.....	21
2.4 AS PERDAS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS.....	26
<b>2.4.1 Superprodução.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.2 Espera .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.3 Transporte excessivo.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.4 Perdas no processamento em si.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.5 Estoque desnecessário.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.6 Movimentação desnecessária .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4.7 Produtos defeituosos.....</b>	<b>32</b>
2.5 <i>JUST IN TIME</i> .....	33
2.6 AUTONOMAÇÃO – “ <i>JIDOKA</i> ” .....	35
2.7 PRINCÍPIOS ENXUTOS .....	36
2.8 OBJETIVOS DE DESEMPENHO .....	40
2.9 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR.....	41
<b>2.9.1 Seleção da família de produtos .....</b>	<b>48</b>
<b>2.9.2 Mapa do Estado Atual.....</b>	<b>50</b>
<b>2.9.3 Mapa do Estado Futuro .....</b>	<b>52</b>
<b>2.9.4 Plano de Implementações.....</b>	<b>56</b>
3.1 LAMINAÇÃO DE MADEIRA ATRAVÉS DE TORNOS .....	59
<b>3.1.1 Histórico .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1.2 Processo de laminação.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1.3 Torno desfolhador.....</b>	<b>63</b>
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO .....	66
3.3 ESTRUTURA DE IMPLANTAÇÃO.....	71
3.4 PREPARAÇÃO.....	73
<b>3.4.1 Recursos necessários.....</b>	<b>73</b>
<b>3.4.2 Formação da equipe.....</b>	<b>74</b>

<b>3.4.3 Programa de qualificação .....</b>	<b>78</b>
3.5 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL .....	79
<b>3.5.1 Seleção dos subconjuntos do produto .....</b>	<b>79</b>
<b>3.5.2 Limites de contorno do mapeamento .....</b>	<b>87</b>
<b>3.5.3 Registro das informações .....</b>	<b>88</b>
<b>3.5.4 Levantamento da demanda.....</b>	<b>92</b>
<b>3.5.5 Mapa do estado atual .....</b>	<b>96</b>
3.6 ANÁLISE DO MAPA ATUAL .....	105
<b>3.6.1 Rapidez .....</b>	<b>108</b>
<b>3.6.2 Espera de lotes .....</b>	<b>109</b>
<b>3.6.3 Espera de processo.....</b>	<b>110</b>
<b>3.6.4 Transporte e Layout.....</b>	<b>111</b>
<b>3.6.5 Processamento.....</b>	<b>116</b>
<b>3.6.6 Estoques de matéria-prima e produto acabado .....</b>	<b>122</b>
3.7 MAPA DO ESTADO FUTURO .....	124
<b>3.7.1 Melhorias no transporte e Layout.....</b>	<b>132</b>
<b>3.7.2 Melhorias no processamento .....</b>	<b>138</b>
<b>3.7.3 Melhorias nas esperas de processo .....</b>	<b>147</b>
<b>3.7.4 Melhorias na espera de lotes.....</b>	<b>150</b>
<b>3.7.5 Melhorias nos estoques de matéria-prima e produto acabado .....</b>	<b>151</b>
<b>3.7.6 Resumo dos resultados referentes aos mapas futuros .....</b>	<b>151</b>
3.8 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO .....	155
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>160</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	160
4.2 CONTRIBUIÇÕES .....	162
4.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	164
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>166</b>

**ANEXO I – Parcela de contribuição das melhorias sobre os *lead times* total dos subconjuntos..... 176**

**ANEXO II – Valores de tempo dos elementos função processo esperados na situação futura para o subconjunto Rolo Tração.... 177**

**ANEXO III – Valores de tempo dos elementos função processo esperados na situação futura para o subconjunto Rolo Contra Faca.178**

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA

Atualmente não só grandes empresas estão sendo privilegiadas pela globalização, mas indústrias de todos os portes, localizadas em todos os cinco continentes, estão entrando com seus produtos em qualquer lugar do planeta, devido à redução nos obstáculos que existiam entre as fronteiras políticas e econômicas.

Com a diminuição das barreiras comerciais entre os países, torna-se inevitável a crescente concorrência entre os produtos nacionais e importados. A competitividade entre as indústrias aumenta, e esta situação causa consequências no mercado, tais como: maior oferta de produtos, preços mais competitivos e boa qualidade.

Desta forma, a concorrência entre as empresas, aliada ao fato do consumidor da sociedade moderna possuir alto grau de exigência preferindo por produtos customizados, geram a busca pela satisfação do consumidor, o qual passa a ditar o preço dos produtos. Nesse contexto, as empresas devem buscar cada vez mais melhorar a qualidade dos produtos e ao mesmo tempo oferecer preços mais baixos e que sejam produzidos mais rapidamente, de modo a satisfazer ou até superar as expectativas dos clientes, mantendo-se consequentemente a competitividade.

Em uma estrutura industrial, existem diversas estratégias para alcançar uma posição competitiva no mercado: aperfeiçoamento de seus sistemas produtivos, melhoria em seus produtos e modernização de suas estruturas, entre outras.

Os sistemas de gestão desenvolvidos por Frederick Taylor e Henry Ford predominaram de forma eficiente e amadurecida até a década de 1950, nos quais procurava-se reduzir os custos unitários dos produtos através da produção em larga escala (em massa) e especialização do trabalho no chão de fábrica.

A partir da década de 1960, os japoneses iniciaram o movimento de combate a todas as formas de desperdício no sistema produtivo, disseminando a ideia de que todas as atividades e esforços despendidos em um ambiente produtivo devem ter um único objetivo: agregar valor ao produto, criando-se valor para o cliente. Este novo sistema mostrou-

se bastante produtivo com custos reduzidos, colocando as indústrias japonesas entre as melhores no cenário mundial. Esta filosofia é chamada de produção enxuta, do inglês *lean manufacturing*, diferindo-se da produção em massa.

A partir da contribuição dos japoneses, com o objetivo de buscar altos níveis de qualidade, produtividade e competitividade por meio da criação de fluxos contínuos, indústrias do mundo inteiro e dos mais variados ramos e produtos passaram a estudar a possibilidade de aplicar os conceitos enxutos em seus sistemas produtivos, buscando um paradigma para nortear suas operações em direção à redução de custos de modo a torná-las mais competitivas, tendo como foco os seus processos de manufatura.

A produção enxuta engloba uma série de práticas e técnicas, tendo como objetivo eliminar atividades que não agregam valor (ou desperdícios) através de melhoria contínua. Shingo (1996) classifica os desperdícios como: superprodução, espera, transporte excessivo, processos inadequados, estoque desnecessário, movimentação desnecessária e produtos defeituosos. Os princípios enxutos incluem entender o valor para o cliente, identificar o fluxo de valor, fazer com que o valor flua, sistema puxado e o esforço pela perfeição. Entre as principais técnicas pode-se citar: Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), 5S, Fluxo Contínuo, Layout Celular, Sistema Puxado, etc.

Entretanto, tendo em vista a tendência para a implementação da produção enxuta, muitas empresas ao tentarem executar projetos de produção enxuta não alcançaram os resultados desejados. Dentre as dificuldades relatadas por vários autores, Nazareno (2003b) aponta a dificuldade de tal implantação na manufatura de produtos que possuem ampla gama de peças, o que, segundo aquele autor, é causada principalmente pela redução da visibilidade dos mapas, que ficam muito numerosos em virtude da quantidade de peças a serem mapeadas.

Nazareno (2003b) efetuou uma pesquisa sobre o desenvolvimento e aplicação de um método para implementar sistemas de produção enxuta, e em virtude da grande dificuldade de implantação de sistemas de produção enxuta fora da indústria automobilística, ele sugere como desenvolvimentos futuros alternativas complementares de mapeamento e análise do fluxo de valor para empresas que apresentem uma ampla gama de peças.

Nassif (2007) e Avellar (2008) *apud* Andrade *et al.* (2011), ao discorrerem sobre a importância do estudo e identificação de

oportunidades de melhoria na gestão das empresas que produzem bens de capital, justificam que o setor apresenta grande relevância na contextualização da competitividade industrial nacional e mundial devido ao forte relacionamento com a produção de outros setores, na medida em que cria capacidade produtiva e induz o progresso técnico a partir do fornecimento de máquinas e equipamentos fundamentais.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta através da utilização do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) buscando reduzir o *lead time* de manufatura de um bem de capital “sob encomenda”, denominado de torno desfolhador, produzido em uma empresa do setor metal-mecânico. Trata-se de um produto com uma ampla gama de peças e conjuntos e baixo volume de bens produzidos, sendo que diversos componentes são fabricados em processos internos, enquanto outros componentes vêm acabados de fornecedores.

É naturalmente compreensível que um diagnóstico consistente a fim de revelar oportunidades de melhoria através do MFV exige, muitas vezes, a aplicação de diversas ferramentas, tornando o processo de análise do fluxo de valor e a subsequente implementação muito complexa. Para tanto, o presente estudo propõe a análise dos sistemas de produção sob o ponto de vista do Mecanismo Função Produção (MFP), buscando tornar a análise do sistema produtivo mais aproximada da realidade.

A ferramenta MFV foi proposta inicialmente por Rother e Shook (2003), e a primeira fase de sua implementação aborda a seleção da família de produtos a ser mapeada, podendo ser selecionados subconjuntos do produto, os quais devem preferivelmente (assim como o produto completo) possuir uma ampla gama de peças. No presente trabalho foi selecionado um conjunto com essas características.

Além disso, neste trabalho a abordagem para a determinação do *lead time* de manufatura do produto teve que sofrer uma adaptação em relação aos métodos tradicionais, em virtude do produto ser um bem de capital sob encomenda caracterizado por uma demanda baixa de pedidos.

## 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente a indústria nacional de tornos desfolhadores está concentrada na região sul do Brasil, mais precisamente nos estados de Santa Catarina e Paraná, que contam com aproximadamente cinco fabricantes. Em virtude de aspectos culturais dos imigrantes europeus que colonizaram a região, somado ao forte ritmo do crescimento do reflorestamento e as condições climáticas favoráveis para o cultivo de espécies dos gêneros *pinus* e *eucalyptus*, nesta região há atualmente uma grande concentração de indústrias de madeira, desta forma tornando-se um dos principais pólos consumidores de tornos desfolhadores do país.

A empresa considerada como estudo de caso nesta dissertação está inserida neste mercado há seis anos. Além de tornos desfolhadores, a empresa também fornece outros produtos para o segmento madeireiro. O torno desfolhador tem a função de transformar toras de madeira em lâminas, as quais são amplamente utilizadas na indústria da madeira. O principal uso de lâminas de madeira é como matéria-prima para indústrias de compensados, cujos painéis são destinados à construção civil, fabricação de móveis, pisos e embalagens especiais resistentes à exposição ao tempo. As lâminas também são utilizadas na fabricação de fósforos e suas embalagens, palitos para sorvetes, instrumentos musicais e esportivos, embarcações, revestimentos de móveis e outras superfícies (MENDES *et al.*, 2009).

O aumento do consumo nas últimas décadas em conjunto com as exigências de qualidade, com o crescente aumento da diversificação de produtos que passaram a utilizar matéria-prima de laminados de madeira, resultaram em um incremento da necessidade de indústrias de laminados e consequentemente de tornos desfolhadores. Estes fatos fizeram com que diversas indústrias madeireiras abrissem várias oportunidades de negócio e expandissem sua cadeia de suprimentos de máquinas.

Segundo Megliorini e Guerreiro (2004), as características competitivas do mercado de bens de capital sob encomenda, no qual o produto estudado está inserido, levam os fabricantes a desenvolver habilidade e flexibilidade de adaptação a diferentes projetos e volumes de produção, isto para terem sucesso em seu negócio. Segundo os autores, as empresas que fabricam bens de capital sob encomenda podem ser consideradas como empresas voltadas para os clientes, as

quais aceitam projetos para produtos fabricados em baixo volume e sob especificações do cliente.

Embora estatísticas recentes indiquem que nos últimos anos o crescimento do mercado de tornos desfolhadores alcançou resultados acima das expectativas, os números da empresa estudada ao longo desse período mostram que o produto teve uma perda significativa de parcela de mercado em meio ao ambiente concorrencial. Tal fato se deve principalmente a um processo de manufatura pouco eficiente. Retrabalhos, atrasos sistemáticos, mau planejamento da produção, transporte ineficiente e estoques descontrolados ocorrem frequentemente no modelo de produção atual por processo de em pequenos lotes, também conhecido por *jobbing*, onde o fluxo é empurrado e há uma dificuldade de se estabelecer uma continuidade de fluxo. O produto se desloca ao longo de um arranjo funcional, percorrendo grandes trajetos e demandando elevados tempos de atravessamento (do inglês *lead time*).

Diante desse contexto desfavorável, buscou-se especificar o conceito de valor para o cliente, integrado à estratégia corporativa da organização, através da avaliação dos critérios de desempenho da organização.

Ao iniciar a jornada *lean*, um dos fatores críticos de sucesso é um entendimento claro de qual é a necessidade da empresa. Quais são os fatores críticos para o negócio em termos de entrega, qualidade, custo? Quais são os objetivos a serem atingidos? Quais são os produtos associados a estes objetivos? (CARDOSO, 2009).

Pode-se então nortear a implementação do MFV e suas melhorias no sistema de manufatura do produto torno desfolhador, através dos conceitos de manufatura enxuta e a aplicação de seus métodos. Isto foi feito fornecendo-se suporte ao processo produtivo, com foco na eliminação dos desperdícios, promovendo a minimização dos custos, otimizando os recursos, aumentando a produtividade, e principalmente reduzindo o tempo de atravessamento do produto em questão.

Combinar fornecimento com a demanda já está acontecendo em algumas oficinas especializadas. Já se produz sob encomenda. Então pergunta-se,

como trazer fornecimento e demanda perto um do outro? Nesse ambiente, a diferença está no tempo. Se você quer trazer o fornecimento e a demanda perto um do outro e o produto já é exatamente o que é pedido, a única outra variável é o tempo [...] (HARRIS, 2007).

Uma grande quantidade de estudos e muitas propostas metodológicas para abordar o problema dão clara mostra da importância do tema para empresas e pesquisadores. Dentre as diversas pesquisas, Lucero (2001), estudou um método para planejamento e programação da manufatura em pequenos lotes através da Matriz de Halevi, proposto por Gideon Halevi, onde obteve resultados satisfatórios quanto a programação dinâmica, visando obter rotas de produção otimizadas, com mínimo prazo, com mínimo custo e máximo lucro.

Klippel (2007) postula que para sobreviver no mercado atual significa ser competitivo através da redução dos custos de produção, sem alterar as demais dimensões da qualidade, constituindo-se este em um novo paradigma segundo o qual as organizações devem ser gerenciadas.

Neste trabalho, inicialmente foi elaborado o mapa de fluxo de valor atual, e posteriormente foi confeccionado o mapa de estado futuro para a implantação de melhorias, com o correspondente conjunto de etapas e cronograma de implementação.

### 1.3 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Muitas obras da literatura tratam da manufatura enxuta e MFV, abordando as técnicas e os passos para a sua implantação. Entretanto, observa-se que há uma carência da literatura principalmente no que diz respeito à construção de uma estrutura de mudanças, já que a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta parece ser mais complexa no ambiente empresarial em comparação ao observado na literatura. Com o presente trabalho, espera-se contribuir no processo de auxílio à criação de um modelo de estrutura de implantação de práticas de manufatura enxuta e MFV, abordando uma metodologia básica, sistematizando conhecimentos e soluções, de modo a servir de modelo a programas de aplicação do MFV, respondendo questões chave que ocorrem nos seus processos de implementação. Desta forma, contribui-se para uma

compreensão mais ampla do desdobramento da implementação das ferramentas de manufatura enxuta e MFV em ambientes de produção de bens de capital sob encomenda com baixo volume de unidades produzidas.

Ainda no prisma acadêmico, espera-se contribuir com o levantamento bibliográfico sobre manufatura enxuta e o mapeamento de fluxo de valor, podendo ser utilizado como referência para o meio acadêmico na área de ensino e também para institutos de ciência e tecnologia, onde possam utilizar este material como referência para a integração com as empresas, principalmente aquelas que possuem problemas semelhantes à empresa considerada neste trabalho.

Para a indústria e iniciativa privada o trabalho visa contribuir como fonte de apoio para futuras implantações de conceitos de manufatura enxuta e utilização da ferramenta do MFV. Principalmente por se tratar de um estudo de caso, o trabalho visa contribuir como material de referência no apoio à tomada de decisões de gestores e diretores, principalmente para empresas que possuem produtos de médio e grande porte sob encomenda. Desta forma, o envolvimento da academia na prática industrial de produção contribui para o desenvolvimento científico aplicado à indústria brasileira de produção de bens de capital sob encomenda.

Além das contribuições supracitadas, o presente trabalho visa também contribuir para o desenvolvimento social e cultural dos colaboradores, especificamente os que integram o time multifuncional de apoio à aplicação do método. Em virtude de se tratar de uma nova perspectiva na visão dos fluxos produtivos, a aplicação promove quebra de paradigmas e iniciativa de mudanças. O programa de treinamentos, além de desenvolver as capacidades necessárias para o desdobramento do método, acaba por proporcionar qualificação profissional, beneficiando a comunidade local.

#### 1.4 METODOLOGIA

Uma vez contextualizado o problema e justificada a importância do trabalho, define-se uma metodologia de trabalho a fim de alcançar os objetivos propostos, os quais serão detalhados no próximo item. Uma pesquisa é importante quando não se dispõe de informações suficientes para responder ao problema, ou então quando as informações

disponíveis se encontram em tal estado de desordem que não podem ser adequadamente relacionadas ao problema (GIL, 1991).

Para o presente trabalho serão utilizadas metodologias científicas com natureza de pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Sua abordagem será qualitativa, já que, segundo Silva e Menezes (2001), essa abordagem considera que o ambiente natural é a fonte direta de coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave, que tende a analisar os dados indutivamente. A interpretação dos fenômenos e a atribuição dos significados são básicas, não necessitando a utilização de métodos ou técnicas estatísticas.

Gil (1991) ainda classifica as pesquisas sob o ponto de vista de seus objetivos, sendo a pesquisa efetuada neste trabalho classificada como exploratória, a qual visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses, envolvendo um levantamento bibliográfico sobre o tema abordado e sua aplicação em um estudo de caso.

Segundo Yin (2001), os estudos de caso representam uma estratégia preferida quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em um contexto de vida real.

Além da abordagem qualitativa, a pesquisa será realizada quantitativamente através de coleta e tabulação de dados a fim de que estes sejam analisados através de técnicas estatísticas. Assim, pode-se também auxiliar na compreensão da realidade e na resolução do problema.

O estudo de pesquisa em questão trata da aplicação da técnica de análise de fluxo de valor na cadeia produtiva, delimitada a um produto de uma empresa específica.

Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico, que engloba o Sistema Toyota de Produção, Manufatura Enxuta, Mapeamento de Fluxo de Valor e Mecanismo Função Produção, com leitura de livros, artigos e trabalhos sobre o tema, conforme descrito no item Revisão Bibliográfica.

Posteriormente o autor foi a campo para iniciar o estudo, formalizando uma equipe de trabalho e fornecendo suporte necessário a todos os envolvidos, de forma a transmitir a todos eles a essência da

mentalidade enxuta e a utilização da ferramenta de MFV, bem como os conceitos do MFP em forma de treinamentos e palestras.

Posteriormente foi aplicado o MFV, inicialmente elaborando-se o mapa do estado atual, para em seguida, após análise do mapa, sugerir melhorias visando a elaboração do mapa futuro, e ao final propondo-se um plano de implementação.

As considerações finais resumizam a análise dos resultados obtidos, concluindo sobre a efetividade do modelo proposto.

## 1.5 OBJETIVOS

Os objetivos geral e específicos deste trabalho são apontados abaixo.

### 1.5.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral propor melhorias no sistema de manufatura do produto torno desfolhador, através dos conceitos de manufatura enxuta e a aplicação de seus métodos, visando reduzir ou eliminar os desperdícios e conseqüentemente o lead time de manufatura.

### 1.5.2 Objetivos específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre os aspectos teóricos e práticos de manufatura enxuta e do mapeamento de fluxo de valor;
- Criar um modelo de estrutura de suporte aos processos de implantação das atividades práticas;
- Realizar o mapeamento de fluxo de valor no setor de montagem dos subconjuntos e em seus processos fornecedores, integrando os conceitos de manufatura enxuta através da metodologia descrita por Rother e Shook (2003) particularizada a um produto que possui ampla gama de peças produzido sob encomenda, avaliando as atividades que agregam e as que não agregam valor;
- Utilizar o Mecanismo Função Produção descrita por Shingo (1996) para análise das atividades de manufatura;

- Elaborar o mapa do estado futuro e seu respectivo plano para implementá-lo, de forma a realizar melhorias do ponto de vista de manufatura enxuta.

## 1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Como o presente trabalho tem a característica de um estudo de caso, o resultado final pretendido limita-se ao conjunto de melhorias descritas no plano de implementação visando atingir o mapa futuro. O plano de implementação não deve possuir caráter de intervenção no sistema produtivo existente que, a critério da organização, poderá optar pela aplicação do mesmo. Neste trabalho, devido à limitação de tempo, não foram obtidos resultados da aplicação prática do mapa futuro proposto.

Não fazem parte dos objetivos desta dissertação mapear e propor melhorias no fluxo de valor da montagem final do produto e nos demais processos da organização tais como administrativo, compras, vendas e engenharia, entre outros, restringindo-se apenas à área de manufatura no fluxo de valor porta-a-porta. Entretanto, poderão ser consideradas, em trabalhos futuros, melhorias dos atributos de projeto e comerciais que contribuam às perspectivas do fluxo de valor de manufatura e aos objetivos propostos.

Também não será objeto de estudo deste trabalho mapear e propor melhorias nos fluxos de valor das operações logísticas após a expedição, e na montagem do produto em questão na planta do cliente final.

O plano de implementação de melhorias no fluxo de valor da manufatura do produto em questão abrange desde o recebimento à entrega dos subconjuntos à montagem final, com base nos conceitos do Sistema Toyota de Produção.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estruturação em capítulos desta dissertação é apresentada da seguinte forma:

### **Capítulo 1: Introdução**

Este capítulo apresenta o tema de pesquisa e caracteriza a aplicação do MFV em um produto sob encomenda. Contém o projeto de pesquisa na manufatura enxuta, apresentação do problema, as contribuições, as delimitações impostas, detalhamento de objetivos e a metodologia utilizada para alcançá-los.

### **Capítulo 2: Revisão Bibliográfica**

Contém a revisão da literatura existente sobre o Sistema Toyota de Produção e Manufatura Enxuta, descrevendo a filosofia *lean* de modo a esclarecer os conceitos do pensamento enxuto, bem como suas ferramentas e técnicas. São apresentadas a metodologia do Mapeamento de Fluxo de Valor e o Mecanismo Função Produção. Apresentam-se os conceitos e elementos teóricos relacionados ao tema de pesquisa, capazes de promover a sustentação teórica do estudo de caso.

### **Capítulo 3: Estudo de Caso: Implantação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor na fabricação de um produto sob encomenda**

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso, com análise do sistema produtivo e aplicação da metodologia do Mapeamento de Fluxo de Valor, de forma a enxergar visualmente todas as etapas envolvidas no fluxo de materiais e informações do estado atual, auxiliando na compreensão da agregação de valor e identificando todas as formas de desperdícios do sistema em questão. Também é explanada a situação ideal que o atual sistema de manufatura deverá atingir, com base no mapa futuro, ações de correção com propostas de melhoria e seu respectivo plano de implementação.

### **Capítulo 4: Conclusões**

No capítulo final são discutidas as conclusões do trabalho, os resultados obtidos com a pesquisa, levando em conta os objetivos

propostos, dificuldades encontradas e também recomendações e contribuições para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se a revisão da literatura existente sobre a Manufatura Enxuta, Sistema Toyota de Produção, sua ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor e o Mecanismo Função Produção. Apresenta-se um breve histórico deste sistema, explicitando as vantagens da adoção destes métodos em relação a outros sistemas produtivos existentes. A revisão bibliográfica fornece o suporte necessário para o desenvolvimento de uma proposta visando a aplicação de conceitos de manufatura enxuta em uma indústria do setor metal-mecânico, especificamente na fabricação de um produto sob encomenda.

### 2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E SUAS ORIGENS

O Sistema Toyota de Produção (STP), que atualmente é conhecido como Sistema de Produção Enxuta, tem grande contribuição na evolução dos sistemas de produção. De acordo com (GHINATO, 2000), o STP originou-se na indústria automobilística japonesa, quando engenheiros da empresa Toyota, após a Segunda Guerra Mundial, fizeram várias visitas a fábricas norte-americanas com o intuito de verificar o funcionamento do sistema de produção em massa e adaptá-lo à indústria japonesa. Isso porque, após o término da guerra, a economia japonesa devastada pela guerra, necessitava se reerguer de forma a alavancar a produtividade, através da implantação de novas técnicas de produção.

Tal situação fez com que o então presidente da Toyota, Kiichiro Toyoda, afirmasse que era preciso alcançar os Estados Unidos em três anos, caso contrário a indústria automobilística japonesa não sobreviveria (OHNO, 1996).

Apesar dos japoneses terem obtido um aprendizado considerável nas fábricas norte-americanas, eles constataram que a simples implantação do sistema de produção em massa não levaria às mesmas vantagens no Japão, tornando-se impraticável. Então a Toyota buscou adaptar o sistema de produção em massa à sua realidade.

O mercado japonês na época era servido de uma demanda limitada e necessitava de uma grande variedade de produtos. A

economia do país presenciava uma situação delicada, o país não dispunha de recursos para investimentos em tecnologia de ponta e para adquirir máquinas dedicadas à manufatura de somente um tipo de produto, pouco versáteis, como exigia o sistema de produção em massa. No contexto internacional, o ocidente estava repleto de fabricantes de veículos motorizados ansiosos por operar no Japão e dispostos a impor barreiras contra as exportações japonesas. Essa era a realidade do mercado japonês.

Certas restrições do mercado tornaram necessária a produção de pequenas quantidades e altas variedades de produtos sob condições de baixa demanda (OHNO, 1997). Assim, os engenheiros da Toyota buscaram desenvolver um sistema que unia as vantagens da produção artesanal, com trabalhadores altamente qualificados e ferramentas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor desejava, às vantagens da produção em massa, com elevada produtividade e baixo custo unitário. Este sistema inovador objetivava produzir muitos modelos em pequenas quantidades sem elevar os custos de produção, o que seria impossível com o sistema de produção em massa.

Pressupõe-se que o potencial para produção em massa é uma característica do mercado e nem sempre é uma opção disponível para uma empresa, pois a empresa não controla a demanda do mercado. Então a eliminação do desperdício passou a ser foco de todas as ações da Toyota para reduzir as desvantagens em relação à economia ocidental, pois ela teve que se adaptar às condições regionais de demanda, decidindo desafiar estes paradigmas com uma metodologia totalmente inovadora. Desta forma nasceu o Sistema Toyota de Produção, e segundo Ohno (1997) o objetivo mais importante foi aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios.

O sistema começou a ser implementado após término da segunda guerra, porém só obteve notoriedade com as adversidades decorrentes da crise do petróleo de 1973. Foi então que pela primeira vez os gerentes da Toyota notaram que estavam conseguindo resultados expressivos com a sua implacável perseguição à eliminação do desperdício, pois com a crise do petróleo e a recessão que havia afetado o mundo inteiro (incluindo o Japão), a Toyota, embora os lucros tivessem diminuído, se estabeleceu com ganhos maiores que as outras empresas. Este fato fez com que as pessoas se perguntassem sobre o que estaria acontecendo com a Toyota (OHNO, 1997).

Segundo Fujimoto (1999), o STP foi desenvolvido ao longo de décadas, através de tentativa e erro. Com a instigação de Ohno, surgiu o Princípio do Não Custo (também conhecido como o Princípio da Subtração de Custo), que modifica a tradicional equação: “Custo + Lucro = Preço”, a qual deve ser substituída por: “Preço – Custo = Lucro”. Desta forma, o preço passa a ser concebido a partir da aceitação do mercado.

Com esta nova abordagem, a produtividade passou a ter um outro enfoque na Toyota, pois a maneira de aumentar o lucro consiste na redução dos custos através da eliminação dos desperdícios de produção. Este raciocínio serviu como ponto central para o desenvolvimento do STP, e orientou os esforços da Toyota no sentido de implementação de melhorias.

A Figura 1 representa um modelo simplificado do STP, onde se pode observar que o objetivo real do STP é atender da melhor maneira possível as necessidades do cliente, fornecendo-lhe produtos e serviços de elevada qualidade, ao mais baixo custo e no menor *lead-time* possível (GHINATO, 2000). Deve-se considerar também que além dos itens citados, o STP proporciona um ambiente de trabalho seguro, no qual a moral e a satisfação dos trabalhadores são de extrema importância.

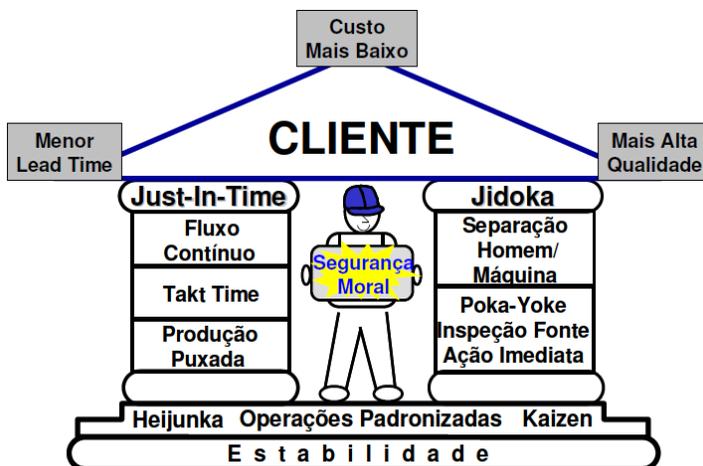


Figura 1 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.  
Fonte: Adaptado de Ghinato (2000).

O fundamento sobre o qual está estruturado todo o sistema de gerenciamento da Toyota é a absoluta eliminação do desperdício, e os dois pilares necessários à sustentação são o *Just in Time* e a Autonomia (*Jidoka*) (OHNO, 1997). Segundo Kosaka (2006), o *Just in time* relaciona-se mais ao aspecto quantitativo objetivando manter um fluxo contínuo das atividades em processo, enquanto o *Jidoka* busca parar o fluxo de materiais no caso de ocorrer qualquer anomalia. Portanto, o *Jidoka* está mais relacionado ao aspecto qualitativo do sistema.

Para iniciar uma transformação é necessária uma estabilidade básica antes de aplicar os elementos enxutos mais sofisticados. A estabilidade básica implica na previsibilidade geral e na disponibilidade constante de mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos – os 4M's. É necessário ter funcionários bem treinados e em quantidade suficiente para lidar com os processos; disponibilidade de máquinas suficiente para produzir de acordo com a demanda dos clientes; material suficiente em mãos para cumprir a produção; e métodos de trabalho adequados, tais como instruções básicas ou padrões estabelecidos.

A Toyota uma vez se esforçou grandiosamente para implementar a produção *lean*. Durante o caminho, descobriu que uma dose saudável de estabilidade básica é necessária antes de se tentar avançar para outros elementos (SMALLEY , 2005).

Atualmente o STP vem sendo implementado em várias empresas de diversos ramos produtivos no mundo todo, e tem sido uma das ferramentas mais fortes da indústria para garantir sua sobrevivência no mercado e alavancar seus resultados, sendo que no contexto atual a sociedade vive um momento de elevada competitividade, causada pela eficácia das operações e o efeito da globalização.

Shigeo Shingo, em sua busca pela revolução das práticas de produção, propôs o Mecanismo Função Produção (MFP), que é a principal ferramenta de investigação de processos utilizada para identificação de perdas. A partir de seu entendimento, pode-se compreender em profundidade as raízes conceituais do Sistema Toyota de Produção, e suas implicações em amplos campos do conhecimento industrial.

Spear e Bowen (1999) relatam que o desempenho industrial observado com a utilização do Sistema Toyota de Produção tem merecido o esforço de grandes empresas do mundo, no sentido de alcançar esses resultados. Segundo esses autores, o STP se baseia em quatro regras: (a) todo trabalho deve ser detalhadamente especificado em relação ao conteúdo, sequência, tempo e resultado desejado; (b) toda relação cliente-fornecedor deve ser direta, inequívoca no envio de solicitações e recebimento de respostas; (b) o caminho percorrido por cada produto deve ser simples e direto; (d) qualquer melhoria deve ser realizada pelos envolvidos na atividade que está sendo melhorada, de acordo com uma metodologia “científica” e com orientação de um especialista na metodologia.

## 2.2 MANUFATURA ENXUTA

Pode-se definir Manufatura Enxuta (ME) como uma abordagem que busca uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo a qual é possível fazer cada vez mais com menos recursos e menos tempo (WOMACK e JONES, 1998).

A Manufatura Enxuta surgiu a partir do Sistema Toyota de Produção. Atualmente, passados muitos anos do surgimento do STP, avanços realizados e práticas consolidadas, tanto na Toyota como em outras empresas, o termo Manufatura Enxuta passou a ser entendido como algo distinto e mais amplo que o Sistema Toyota de Produção.

O termo Manufatura Enxuta, do inglês “*lean manufacturing*”, tornou-se popular após a publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” em 1990 (WOMACK *et al.*, 2004), o qual trata do mais completo estudo sobre a indústria automobilística já realizado, encomendado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Mais tarde, em 1996, Womack e Jones (1998) ampliaram o termo para *Lean Thinking* (pensamento enxuto), uma generalização do STP, onde foram estabelecidas em cinco princípios as bases da mentalidade proposta, a partir dos quais diversas ferramentas foram desenvolvidas. Womack e Jones (1998) enfatizaram o pensamento enxuto, que o mesmo se aplica a toda empresa. Dessa forma, o pensamento enxuto

pode tornar-se uma abordagem mais ampla, servindo aos demais interessados da cadeia produtiva, não mais somente à manufatura.

Outros autores deram também as suas contribuições ao generalizar o STP, encontrando-se em todos eles uma linha comum. Como Fujimoto em 1999, Spear e Bowen em 1999, que interpretaram os princípios da filosofia *Lean* de forma diferente.

O pensamento enxuto é o meio pelo qual os processos são geridos com sinergia, oferecendo *feedback* imediato sobre os esforços para transformar desperdícios em valor. Princípios, sistemas enxutos, teorias e técnicas caminham juntos para que sejam geradas condições necessárias à formação das bases necessárias para a formação de um novo modelo de gerenciamento desses processos.

É preciso reconhecer que somente uma pequena fração do tempo total e do esforço de qualquer organização agrega valor para o consumidor final, e que definir claramente o valor de um produto ou serviço na visão do cliente faz com que todas as atividades que não agregam valor, ou desperdícios, possam ser categorizadas e eliminadas.

Com a revisão bibliográfica pode-se observar que as técnicas de ME vêm sendo aplicadas em diversas organizações dos mais variados ramos de negócio e também em diversos setores das organizações, haja visto um mercado cada vez mais competitivo e o elevado desempenho do STP: Agronegócio por Costa *et al.* (2007); Órgãos Públicos, Lima *et al.* (2011); Ambientes Administrativos, Tapping e Shuker (2002); Construção Civil, Reis (2004); Indústria Aeroespacial, Murman (2002), Indústria de Cerâmica por Macke (1999). A ME torna-se assim uma filosofia e uma cultura empresarial. Para Shingo (1996), as técnicas de ME podem ser aplicadas em qualquer organização de qualquer país, porém ela tem que ser adaptada às características de cada situação.

O pensamento enxuto, conforme abordado por Womack e Jones (1998), baseia-se em cinco princípios: valor; fluxo de valor; fluxo; sistema puxado; perfeição. Tendo como o valor o ponto de partida para o pensamento enxuto, o primeiro passo inicia com uma tentativa para definir esse valor em termos de produtos através de um diálogo com clientes, que são os responsáveis por atribuir o valor final do produto.

Repensar o valor na ótica dos clientes é o meio pelo qual se identifica o valor com precisão. Um passo seguinte a ser implantado deve ser a identificação da cadeia de valor, pois é pela análise dessa cadeia que se identificam três tipos de operações: as que criam valor; as

que não criam valor mas são indispensáveis; e as que não criam valor e devem ser removidas imediatamente.

Hines e Taylor (2000) descrevem que em uma empresa tradicional, para a maioria das operações somente 5% das atividades agregam valor, 35% não agregam valor, mas são necessárias e 60% são puro desperdício, cuja eliminação representa um imenso potencial de melhoria. Poucos produtos ou serviços são fornecidos por uma organização sozinha. Como os desperdícios devem ser removidos em toda a cadeia de valor, novas formas de relacionamento entre as empresas são necessárias para eliminar os desperdícios intermediários e gerir eficientemente todo o fluxo.

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 recursos humanos, equipamentos, espaço e tempo.

Barraza *et al.* (2009) *apud* Lima *et al.* (2010) realizaram uma revisão da literatura, na qual identificaram um grupo de conceitos, princípios, ferramentas e melhores práticas necessárias para aplicação bem sucedida do pensamento enxuto. Para eles, os conceitos abaixo relacionados trazem uma abordagem lógica e organizada para a obtenção do produto, visando principalmente o que o cliente espera deste produto:

- Produção puxada por *kanban* – Um sistema de instruções que dispara a produção de atividades em cascata, na qual o fornecedor não produz até que o cliente dê sinais de uma necessidade.
- *Layout* simplificado – Um layout projetado de acordo com a melhor sequência ou fluxo operacional.
- Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) – mecanismo para manter o funcionamento confiável dos equipamentos.
- 5S e controle visual – Representam os alicerces da melhoria contínua preservando um ambiente de ordem, limpeza e segurança do trabalho. Sendo os 5S:

***Seiri*** (senso de utilização) – Manter no espaço de trabalho apenas os materiais e ferramentas necessárias para a tarefa a executar nesse espaço, diminuindo assim a quantidade de obstáculos no local de trabalho;

***Seiton*** (senso de organização) – Facilitar a identificação e localização das ferramentas e materiais necessários para a

realização da tarefa, próximo do local de trabalho, evitando movimentos desnecessários;

**Seiso** (senso de limpeza) – Manter o local o mais limpo possível, com todos componentes nos respectivos locais;

**Seiketsu** (senso de padronização) – Padronizar as práticas de trabalho e a organização do espaço, conforme as regras anteriores;

**Shitsuke** (senso de autodisciplina) – Refere-se à manutenção e revisão dos padrões. Uma vez que os quatro S anteriores tenham sido estabelecidos, transformam-se numa nova maneira de trabalhar, não permitindo um regresso às antigas práticas. Entretanto, quando surge uma nova melhoria, ou uma nova ferramenta de trabalho, ou a decisão de implantação de novas práticas, pode ser aconselhável a revisão dos quatro princípios anteriores.

- Troca rápida de ferramentas (SMED – “*Single Minute Exchange of Dies*”) – Mecanismos necessários para reduzir o tempo de *setup*, importante para que haja uma maior flexibilidade nos processos.
- Desenvolvimento de fornecedores – Trabalhar estreitamente com os fornecedores para desenvolver a compreensão e confiança mútua.
- Fluxo contínuo - Desenvolver um fluxo consistente de processo de trabalho de modo a evitar retrabalhos e interrupções.
- Células de trabalho – Os processos de trabalho são projetados para formar células de trabalho que estejam localizadas próximas umas das outras, com o objetivo de reduzir transportes desnecessários e tempos de espera.
- Mapeamento do fluxo de valor – Usado para o estudo de toda a cadeia de valor necessária para entregar ao cliente um produto ou serviço. Representa a forma como os processos ocorrem em diferentes departamentos em uma organização, e mesmo em organizações distintas que trabalham em um mesmo fluxo de valor.

Para Barraza *et al.* (2009) *apud* Lima *et al.* (2010), a aplicação desses itens tem gerado resultados que permitem às organizações obterem vantagens competitivas, produzindo produtos com maior qualidade e menores custos.

Além dos conceitos citados acima, adicionalmente Nazareno (2003b), Nicholas (1998) e Bicheno (2000) elencam outras práticas e ferramentas da ME:

- Mecanismo de prevenção de falhas ou “*poka-yoke*” – Mecanismo para prevenção de materiais defeituosos pela colocação de diversos dispositivos de parada nas máquinas, ferramentas e instrumentos. A ideia é também expandi-las para as linhas de trabalho manual. Se alguma coisa irregular ocorre numa linha de produção, o operador pressiona seu botão de parada, parando toda a linha. Visa melhorar as atividades de inspeção e garantir que os defeitos sejam identificados e eliminados o mais rapidamente possível. Contribuiu significativamente para a eliminação de um tipo de desperdício, a fabricação de produtos com defeitos.
- Balanceamento da produção – Sincronização dos tempos de operação a fim de equalizar as cargas de trabalho, bem como reduzir os tempos que não agregam valor, como os tempos de espera.
- Nivelamento da produção – Quando os tempos de preparação de equipamentos são reduzidos, os lotes ficam menores. Neste instante, pode-se buscar produzir conforme a demanda do cliente. Nivelando a produção, tem-se reduções significativas de estoques, tanto de matéria-prima como de produtos acabados. A produção nivelada é uma das condições fundamentais para o melhor funcionamento da produção puxada. Enfim, refere-se à programação das atividades do chão de fábrica. Esta prática visa alcançar um *mix* de produção que reduza estoques de determinados itens, conferindo ao mesmo tempo uma significativa flexibilidade ao sistema.
- Operadores multifuncionais – em um ambiente enxuto, os operadores tem responsabilidade pela qualidade do produto, e devem estar sempre buscando eliminar desperdícios. Com o arranjo físico organizado de maneira celular, os operadores devem ser treinados para operar vários equipamentos diferentes.

## 2.3 MECANISMO FUNÇÃO PRODUÇÃO

Para o estudo e entendimento do Sistema Toyota de Produção, é necessária a compreensão correta do Mecanismo da Função Produção. Uma interpretação adequada dos elementos básicos de análise dos processos será importante para a análise do estudo de caso sob o ponto de vista de manufatura enxuta.

O Mecanismo Função Produção (MFP) é uma ferramenta para análise da produção que estabelece uma visão ampla e sistêmica dos

elementos que integram um sistema de produção, contribuindo para o processo de avaliação e identificação das perdas na produção.

Segundo Shingo (1996a) os sistemas de produção podem ser entendidos como redes de processos e operações. O MFP se baseia no reconhecimento da existência desses dois eixos de análise, e para que se entenda a sua lógica é preciso diferenciar a Função Operação da Função Processo. Este método difere da visão tradicional dos sistemas de produção baseados na lógica da produção em massa, onde a Função Processo é entendida como um simples conjunto de operações.

A Função Processo refere-se ao fluxo de materiais ou produtos de um trabalhador para outro, nos diferentes estágios em que pode-se observar a transformação gradativa das matérias-primas e produtos acabados. Os processos podem ser definidos como: "o fluxo de materiais para os produtos, que transforma-se de acordo com o curso simultâneo do tempo e do espaço" (SHINGO, 1996).

A Função Operação, por sua vez, refere-se à análise dos diferentes estágios em que os operadores podem estar trabalhando em diferentes produtos, ou seja, representa uma análise do comportamento humano na produção, no tempo e no espaço.

Neste trabalho, foi necessário algum tempo para compreender o fluxo de informações e materiais necessários para a fabricação de um torno desfolhador. Conforme descrito por Shingo (1996), todos os aspectos que constituem um processo (fluxo de materiais) no tempo e no espaço podem ser observados a partir dos elementos básicos para Análise dos Processos, mostrados na Figura 2.



Figura 2 – Simbologia dos elementos da função processo.  
Fonte: Adaptado de Shingo (1996).

Segundo Shingo (1996a), todas as atividades de produção, independentemente de diferenças na forma, quantidade ou combinação, podem ser representadas por esta simbologia. Slack *et al.* (2007) chamam o uso desta simbologia na identificação de processos como diagrama de fluxo de processo.

Pode-se definir os elementos básicos para análise da função processo como:

- **Estoque de matéria-prima:** Refere-se à matéria-prima que já foi entregue pelo fornecedor, mas ainda não se iniciou algum processamento sobre a mesma. A variável de análise envolvida neste elemento está ligada à quantidade em estoque da matéria-

prima referente ao produto. Neste período não está se agregando valor ao produto.

- **Transporte:** Qualquer transporte do produto ou matéria-prima antes, durante ou após a operação. As variáveis de análise envolvidas estão relacionadas ao tipo de transporte utilizado (carrinho, prateleiras, caminhões, empilhadeiras, esteiras, etc.) e a distância percorrida. O transporte também não agrega valor ao produto.
- **Operação de Transformação:** Para Ghinato (1994), o processamento ou trabalho em si significam a transformação das matérias-primas e materiais, que incluem: fabricação (usinagem, pintura, etc.), mudanças de qualidade do produto, montagens e desmontagens. Significa um elemento de transformação física ou qualitativa do material. É no processamento que ocorre a agregação de valor ao material.
- **Espera do Lote:** Quando um lote de transferência está próximo da máquina e a operação está em fluxo (isto é, processando as peças do lote). Em qualquer processo que trabalha em lotes (mais de uma peça entre operações) haverá um símbolo destes antes e depois de cada operação. A variável de análise envolvida é o tamanho do lote e o tempo em que o lote ficou esperando para ser processado. Neste período não está se agregando valor ao produto.
- **Espera do Processo:** Quando um lote está aguardando para ser levado para a operação seguinte. Ocorre quando há mais de um lote para processamento e se forma uma fila de espera. A variável de análise envolvida é o tempo total de espera e o tamanho do lote. Neste período não está se agregando valor ao produto.
- **Inspeção:** Corresponde à comparação de materiais em relação a determinados padrões. Esta operação está ligada à verificação da qualidade, seja pelo operador ou setor de qualidade. Geralmente as variáveis envolvidas são o tipo de inspeção (se 100% ou amostragem) e o tempo gasto com esta inspeção. A inspeção também não agrega valor ao produto.
- **Estoque de produto:** Indica o ponto de chegada do produto na expedição (almoxarifado de produtos acabados). As variáveis de análise envolvidas são a quantidade de produtos e o tempo em que eles permanecem até o momento de saída da fábrica para o cliente. Neste período não está se agregando valor ao produto.

Antunes (1994), em análise sobre o MFP, afirma que é preciso, na análise de sistemas de produção, deixar clara a necessidade de hierarquizar as ações de melhoria a partir da lógica da função operação. Isto é essencial para que se possa criar uma cultura técnica de melhorias fortemente enraizada na visualização da estrutura de produção enquanto uma rede.

A interpretação da Função Produção como uma rede possibilitou o tratamento das melhorias considerando também as não-operações, ou seja, os elementos da Função Processo que não coincidem com a Função Operação – as Esperas, rompendo com a visão tradicionalmente aceita de que o Processo é um mero conjunto de Operações.

Segundo Shingo (1996a) as principais melhorias estão necessariamente associadas ao processo, sendo que os processos servem aos clientes enquanto as operações melhoram a eficiência das partes. Shingo (1996a) cita que a função processo permite atingir as principais metas de produção, enquanto as operações desempenham um papel suplementar. Na mesma linha de raciocínio, Ohno (1997) postula que o STP é um sistema produtivo com foco na função processo, sendo que seu referencial de análise não se refere apenas aos operadores e máquinas, mas sim ao fluxo de materiais, desde matérias-primas até o produto acabado. Visto que tem maior impacto sobre o fluxo de valor da matéria-prima ao produto acabado, e não apenas em operações isoladas, Ohno (1997) propõe que melhorias sejam feitas primeiramente na função processo.

Bicheno (2000), ao discorrer sobre o MFP, postula que a análise básica dos processos através da simbologia de identificação dos processos possibilita o registro do estado atual, alcançando a proporção do tempo de valor agregado e identificação, via análise de Pareto, das áreas de maiores oportunidades de melhoria.

O gerenciamento da produção, sob o ponto de vista do STP, baseia-se primordialmente no princípio da minimização dos custos, que se amplia para um conceito de eliminação total das perdas na forma de efetivar a produção, e não apenas a visão tradicional de desperdícios de materiais. A partir desse princípio, o STP classifica as perdas no sistema de produção, tópico que é abordado no próximo item.

## 2.4 AS PERDAS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS

Para uma organização efetuar a transformação de um produto, é necessária a utilização de vários recursos, tais como: material, mão-de-obra, máquinas, tempo, etc. A perda é definida como a parcela de recursos utilizados de forma não necessária (GHINATO, 1996).

Sob o enfoque da qualidade, Taguchi (1990) define a perda como o prejuízo que um produto causa à sociedade no momento em que ele é liberado para a venda. O preço que o consumidor paga na hora da compra já é uma perda, e uma má qualidade no produto representa um custo adicional. Os custos incorridos pelos consumidores que adquirem um produto de má qualidade são sempre maiores que aqueles incorridos por quem causa o custo.

Com base no princípio da minimização dos custos, os conceitos de perdas e desperdícios sob a ótica do STP diferem-se consistentemente da abordagem tradicional, onde de forma geral Taylor (1990) associa a visão de perdas diretamente à problemática da eficiência industrial nos EUA. De acordo com Taylor (1990), a noção de perdas, hegemônica entre os industriais no início do século, vinculava-se basicamente ao desperdício dos materiais. Taylor associava as perdas a algumas causas fundamentais, entre elas:

- a falta de uma visão gerencial por parte do capital, com relação à questão do treinamento e da formação das pessoas, e da forma de organizá-las segundo a ótica do capital;
- a deficiente visão sistêmica da organização da produção na época.

Ford, na mesma linha de pensamento, questiona o que seria necessário colocar no centro da problemática do desperdício e, como proposta, sugere que seja o trabalho humano. Ford parte do princípio de que os materiais nada valem, adquirindo importância na medida em que chegam às mãos dos trabalhadores. Ou seja, dentro da lógica de agregação de valor, os materiais eram visualizados meramente como objetos da produção. As perdas de materiais implicariam diretamente na utilização desnecessária do trabalho humano.

Para Ohno (1997) o pensamento de Henry Ford é universal e ortodoxo no que concerne a análise das perdas no negócio. Daí a importância histórica do pensamento de Ford para o desenvolvimento do conceito de perdas. Para Ohno a capacidade de produção em um sistema produtivo pode ser visualizada através da seguinte equação:

$$\text{Capacidade de Produção} = \text{trabalho} + \text{perda} \quad (2)$$

Onde:

- Trabalho compreende as atividades que levam o processo a efetivamente alcançar seu objetivo, e são de dois tipos: (a) Trabalho que adiciona valor: refere-se ao trabalho efetivo, que representa algum tipo de processamento, ou seja, aquilo que agrega valor ao produto; (b) Trabalho que não adiciona valor: representa atividades necessárias, como suporte ao processamento propriamente dito. Refere-se aos movimentos decorrentes das condições atuais de trabalho que auxiliam a realização do processamento, como, por exemplo, a necessidade de caminhar para apanhar uma peça ou apertar o botão de acionamento de uma máquina. Tais movimentos constituem perdas que só podem ser eliminadas através de mudanças das condições de trabalho (GHINATO, 1994);
- Perda é toda atividade desnecessária que gera custos e não agrega valor ao produto e que, portanto, deve ser eliminada.

Analisando os fenômenos que constituem o mecanismo função produção sob a ótica de melhorias de processo, com a intenção de identificar e eliminar todas as operações que não agregam valor ao produto, Ohno (1997) e Shingo (1996) identificaram sete grandes grupos de desperdícios, os quais foram listados no capítulo 1. Para o STP são nestes que se encontram as principais formas de desperdícios na indústria, também conhecidos pelo termo *Muda*, que é uma expressão japonesa que significa desperdício, ou seja, atividade que consome recursos e não acrescenta valor (Pinto, 2008). Através dessa identificação, todas as ideias e ações inovadoras implementadas pela Toyota foram desenvolvidas para eliminar uma ou mais formas de desperdício.

A análise do sistema produtivo da Toyota através do MFP permitiu a identificação das sete perdas. Contudo, tais perdas não são as únicas existentes em sistemas produtivos de forma geral. Com o uso do MFP, ao serem identificadas as disfunções existentes nos processos produtivos, pode-se constatar a existência de outros tipos de perdas em diferentes sistemas de produção.

Segundo Liker (2005), ainda há um oitavo tipo de perda que deve ser dada atenção: desperdício da criatividade dos funcionários. Esta se

caracteriza por perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários.

Além das perdas descritas por Shingo (1996), Ohno (1997) e Liker (2005), Antunes (1998) e Ghinato (1996) relacionam a existência de outros tipos de perdas nos sistemas de produção como, por exemplo: (a) perdas relativas ao meio-ambiente; (b) perdas ergonômicas; (c) perdas energéticas; e (d) perdas na comunicação devido ao excesso de níveis hierárquicos.

Por sua vez, Mika (2001) sugere que, além das perdas relacionadas por Shingo, Ohno, Antunes e Ghinato e Liker, mais três desperdícios também estão presentes nos processos produtivos atuais: (a) baixa ou não-utilização da capacidade intelectual humana; (b) uso inadequado dos computadores; e (c) uso de indicadores mal estabelecidos.

Para implantar o STP, deve haver uma total compreensão do conceito das perdas para poder-se detectá-las e buscar-se sua eliminação (OHNO, 1997). Ohno propõe que os analistas industriais tenham uma visão dinâmica dos sistemas produtivos que, em longo prazo, aponte para a "perda-zero".

#### **2.4.1 Superprodução**

Existem basicamente dois tipos de perdas por superprodução: a perda por produzir excessivamente (superprodução por quantidade) e a perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação), resultando em um fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de estoque.

A superprodução e, como consequência, a geração de estoques, traz uma idéia de segurança. Segundo Ohno (1997), durante a Segunda Guerra Mundial, e depois dela, o ato de comprar e estocar constituíam um comportamento natural. Esse comportamento pode ser atribuído a uma cultura agrícola, desenvolvida no passado, e que se caracterizava pelo cultivo e posterior estocagem dos alimentos objetivando preparar-se para períodos difíceis impostos pela natureza. Atualmente, muitos industriais ainda pensam dessa mesma forma, necessitando manter algum estoque, tanto de matéria-prima e produtos em processo quanto de produtos acabados, objetivando preparar-se para eventuais momentos de incerteza e possíveis reajustes de valores de compra de matéria-

prima. Atualmente estudos tem mostrado que, com a economia globalizada e maior concorrência entre as indústrias, tal modelo de estocagem não é mais economicamente viável. O ideal é produzir somente o necessário, quando for necessário e na quantidade necessária.

Ghinato (2000) e Ohno (1997) afirmam que a perda por superprodução é a maior fonte de desperdício entre as demais, pois ela pode esconder as outras e é a mais difícil de ser eliminada. Segundo Menezes (2003), o método usado para eliminar esse tipo de perda é o *Just in Time*, que será descrito posteriormente.

### 2.4.2 Espera

Esta perda é caracterizada por um intervalo de tempo no qual nenhum processamento está sendo realizado, tanto pelo operador como pela máquina, embora seus custos horários continuem sendo elevados. Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultam em um fluxo pobre, bem como *lead times* longos. Segundo Ghinato (2000), pode-se destacar três tipos de perda por espera: (a) perda por espera no processo; (b) perda por espera do lote; e (c) perda por espera do operador.

De acordo com Shingo (1996) as causas centrais que levam ao aumento das perdas por espera são as seguintes:

- elevado tempo de preparação, ou seja, longos tempos de troca de dispositivos e ferramentas;

- falta de sincronização da produção, ou seja, o ritmo de produção não é uniforme, levando ao desbalanceamento da produção e a consequente espera de trabalhadores e máquinas. Tubino (2007) complementa que este problema é causado principalmente quando não se trabalha com sistemas de programação e sequenciamento de capacidade finita, gerando gargalos e grandes na frente deles.

- falhas não previstas que ocorrem no sistema, tais como: quebras de equipamentos, esperas pela chegada de matérias-primas e materiais, acidentes causados pela fadiga dos trabalhadores etc.

Shingo relaciona as principais técnicas passíveis a serem utilizadas para reduzir ou eliminar as causas fundamentais das perdas por espera: (a) a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), a qual ele mesmo originalmente a desenvolveu; (b) sistemas e técnicas que facilitem a sincronização de produção como, por exemplo, a técnica *Kanban*; (c) sistemas e técnicas que aumentem a confiabilidade do sistema

produtivo, impedindo, desta forma, paradas não programadas do mesmo.

### **2.4.3 Transporte excessivo**

Refere-se ao movimento excessivo de pessoas, informações ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia. De acordo com Slack *et al.* (2007), o transporte de materiais dentro da fábrica não agrega valor ao produto final, pois ele sempre estará da mesma forma no início e no fim do ciclo.

Para Shingo (1996) as perdas por transporte relacionam-se diretamente com todas as atividades de movimentação de materiais que geram custo e não adicionam valor e que, além disso, podem ser eliminados imediatamente ou em curto prazo claramente delimitado. O fenômeno de transportar não é trabalho que agrega valor, apenas eleva os custos de desempenho do sistema. Ou seja, se um trabalho de transporte manual é meramente mecanizado, isto significa que o alto custo do transporte foi convertido de manual em mecânico.

Considerando-as como desperdícios de tempo e recursos, as atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo. Segundo Slack *et al.* (2007), ações de melhoria de *layout* a fim de reduzir as distâncias percorridas minimizam ou eliminam as perdas por transporte. Elevada ênfase tem sido dada às técnicas de movimentação e armazenagem de materiais, enquanto o realmente importante é eliminar as necessidades de armazenamento, reduzindo os estoques, e eliminar a necessidade de movimentação, para que, então, se pense em racionalizar o transporte e a movimentação de materiais que não puderem ser eliminadas.

Segundo Shingo (1996), o fenômeno de transportar não aumenta o trabalho adicionado, mas apenas o trabalho eleva o custo de desempenho da fábrica. Melhorias no transporte são diferentes de melhorias no trabalho de transporte. O objetivo principal do STP é a eliminação absoluta do transporte. Shingo (1996), após a busca por melhorias no *layout*, propõe um segundo estágio, que consiste em executar melhorias no sentido da mecanização (em alguns casos, automatização) do transporte, difíceis de serem eliminados em curto e médio prazo.

#### 2.4.4 Perdas no processamento em si

Consistem em processamentos desnecessários para que o produto ou serviço adquiram suas características de qualidade. Deve-se procurar eliminar as etapas do processo que são dispensáveis para que se atinja as características básicas do produto ou serviço. Esta perda pode ser eliminada usando-se: (a) engenharia de valor, que tem como premissa questionar porque determinado produto ou serviço deve ser produzido; (b) análise de valor, que questiona os métodos a serem utilizados na produção de produtos ou serviços.

Como exemplos de desperdício de processamento tem-se o uso do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma abordagem mais simples pode ser mais efetiva. Slack *et al.* (2007) afirmam que no próprio processo pode haver fontes de desperdício, pois algumas operações existem apenas em função do projeto inadequado de componentes ou manutenção deficiente, podendo assim ser eliminadas.

Os constituintes do produto devem ser fabricados sem imperfeições, com projeto manutenção adequados, podendo usar-se dispositivos anti-erro, ou *Poka-yoke*. As máquinas devem ser menores e mais flexíveis, ajustadas à produção necessária. O processamento pode ser melhorado através de uma análise eficaz dos passos de todo o processo, eliminando aqueles que são desnecessários (REIS, 2004).

#### 2.4.5 Estoque desnecessário

Refere-se ao excesso de matéria-prima, de estoque em processo (WIP – *work-in-process*) ou de produtos acabados, causando *lead times* mais longos, obsolescência, custos de transporte e de armazenagem e atrasos. Estoques podem esconder outros problemas no sistema de produção, como, por exemplo, a fabricação de produtos defeituosos.

De acordo com Shingo (1996), as perdas por estoque resultam da existência de estoques elevados de matéria-prima, material em processo e produtos acabados, que acarretam elevados custos financeiros bem como perdas de oportunidade de negócios.

Segundo Shingo (1996), a existência de estoques tem como raiz fundamental a falta de sincronia entre o prazo de entrega do pedido de compra e o período de produção. Para solucionar este problema é necessário estabelecer uma política que busque o nivelamento da

quantidade, sincronização e o fluxo de operação de uma peça, bem como a adoção da produção em pequenos lotes.

As perdas por estoque estão, também, associadas à organização global do sistema produtivo. Assim, ações eficazes no sentido de eliminar as perdas por estoque envolvem melhorias do *layout*, ferramentas de sincronização da produção e ferramentas que melhorem a confiabilidade do fluxo produtivo. A introdução de métodos de trabalho como *Just in time* foi um dos grandes responsáveis pela redução dos estoques, contribuindo também para a redução de custos, aumento na flexibilidade e transparência nos processos.

#### **2.4.6 Movimentação desnecessária**

Corresponde à desorganização do ambiente de trabalho, resultando baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens. Estas perdas são relacionadas a todos os movimentos desnecessários que são realizados pelos operadores na execução de uma operação. Ghinato (2000) e Fullmann (1975) afirmam que para compreender e encontrar a raiz para reduzir e/ou eliminar este tipo de perda, é necessário aplicar o estudo de tempos e movimentos. Segundo Slack *et al.* (2007), a simplificação do trabalho é uma rica fonte de redução do desperdício de movimentação.

Outro recurso que vem de encontro à eliminação deste desperdício é a automação, a qual possui um papel muito importante na simplificação dos movimentos.

#### **2.4.7 Produtos defeituosos**

Estas perdas se caracterizam pela fabricação de produtos não-conformes, que não satisfazem os requisitos de projeto. Dentre todas as sete classes de perdas, a perda por fabricação de produtos defeituosos é a mais comum e visível, pois seus sinais se evidenciam no próprio produto ou serviço.

A produção de peças, submontagens e produtos acabados fora dos limites das especificações de projeto, resultam em refugo ou retrabalhos. Os retrabalhos geram custos adicionais como inspeção e reprocessamento, resultando em perdas no valor de venda. No caso de refugo a empresa, além de perder matéria-prima, perde também em processamento, custos diretos e indiretos. Se produtos não-conformes

não forem detectados e chegarem ao cliente, esta perda terá proporções bem maiores como o possível arranhão na imagem da empresa (DEON, 2001).

Nesta mesma linha de raciocínio, Imam (1996) postula que a pior situação da perda é aquela em que o defeito passa despercebido por todo o processo de manufatura e é descoberto mais tarde pelo cliente. Não só os custos de distribuição e garantia aumentam, como também os futuros negócios e o *market share* são afetados de maneira adversa. Tal perda pode acarretar prejuízos comerciais, imagem corporativa, processos judiciais entre outros. Estas consequências negativas justificam a devida atenção que as empresas de manufatura tem dado nos últimos anos a este tipo de perda, e a importância de eliminá-lo.

Para eliminar os defeitos que geram refugos ou retrabalhos deve-se realizar inspeções com o objetivo de prevenir a recorrência dos defeitos, e não somente identificá-los. Deve-se identificar as possíveis causas da não-conformidade e agir corretivamente sobre elas. Para o STP a eliminação deste tipo de perda é feita através das inspeções 100%, que são mais efetivas do que as inspeções por amostragem. O controle na fonte (auto-inspeção) é muito eficaz neste caso (Shingo, 1996). Já para outros autores, as inspeções 100% consomem muito tempo e recursos, não promovendo melhoria de processo, além de subordinar o desempenho dos operadores e do processo às inspeções.

A circulação de produtos defeituosos ao longo do fluxo de produção pode gerar outras perdas como espera, transporte, movimentação e estoque. É contra esse tipo de perda que, historicamente, a indústria de manufatura tem lutado, de maneira a melhorar a qualidade de seus produtos.

## 2.5 JUST IN TIME

Como já descrito anteriormente, o *Just in time* (JIT) forma um dos dois pilares de sustentação do STP. Segundo Ghinato (2000) pode-se tomar o conceito literal do JIT como a produção de bens e serviços exatamente no momento em que são necessários – não antes para que não formem estoques, e não depois para que seus clientes não tenham que esperar. Além desse elemento temporal, pode-se adicionar as necessidades de qualidade e eficiência.

Existem muitas obras na literatura que tratam a respeito deste assunto, trazendo vários conceitos e definições, muitas vezes até

distintos e contraditórios, dificultando a tarefa de definição de JIT. Dentre as definições encontradas, as mais abrangentes procuram explicá-lo como um sistema estratégico para reduzir estoques, enquanto outras o definem como um sistema de fabricação para eliminar desperdícios, que na maioria dos casos usa Kanbans para sua administração.

Ghinato (2000) explicita sua preocupação em relação à definição precisa do JIT, citando que há muitos conflitos nas definições de muitos autores, sendo que o maior problema envolvido está na definição de JIT como sendo o próprio Sistema Toyota de Produção (STP). É muito importante que se entenda que o JIT é somente um "meio" de se alcançar o verdadeiro objetivo do STP, que é o de aumentar os lucros através da completa eliminação das perdas (GHINATO, 2000).

Voss (1987) *apud* Slack *et al.* (2007) definem JIT como sendo uma abordagem disciplinada que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. Uma filosofia-chave do JIT é simplificação.

*Just in time* significa produzir o produto necessário na quantidade necessária no momento necessário. A relação entre clientes e fornecedores internos e externos é alterada, pois o fornecedor deverá proteger seu cliente de produtos somente na quantidade e no momento que esses forem utilizados pelo processo do cliente, o que implica entregas frequentes em quantidades pequenas, para que não haja a formação de estoques de matéria-prima e de produtos em processo.

A propagação dessa atitude por toda empresa implica em uma significativa redução de custo, como afirma Monden (1984): "Se o JIT é realizado em toda empresa, estoques desnecessários na fábrica são completamente eliminados, tornando almoxarifados e depósitos desnecessários. O custo de manter estoque é reduzido e a rotatividade do capital de giro aumentada".

Hirano (2008) relata que as práticas gerenciais do sistema de gestão JIT podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo e em qualquer organização, tendo por objetivo a melhoria contínua do processo produtivo. Liker (2005b) salienta que a prática do JIT diferencia-se da abordagem tradicional de administrar a produção, tendo como metas:

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

## 2.6 AUTONOMAÇÃO – “JIDOKA”

Também conhecido pelo termo japonês *Jidoka*, a automação teve início na década de 1920 com Sakichi Toyoda, o fundador da Toyota, e é um dos pilares de sustentação do STP. Segundo Kosaka (2006), Toyoda verificou que as máquinas de tear de sua fábrica não detectavam os problemas e anomalias que ocorriam nas linhas de produção ou quando a produção programada estivesse pronta. Com base nestas dificuldades, Toyoda desenvolveu dispositivos para que as próprias máquinas detectassem esses problemas durante o processo de fabricação.

Mais tarde, na Toyota, visando benefícios proporcionados por esses dispositivos, Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, adotou os mesmos conceitos e fez com que uma pessoa operasse várias máquinas simultaneamente, contribuindo assim para a redução de desperdícios e perdas por espera de lotes.

“*Jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anomalia” (GHINATO 2000). Segundo o autor, a palavra *Jidoka* significa “automação”, que é a combinação das palavras “autonomia” e “automação”, enquanto na verdade a expressão *Ninben no aru Jidoka* traduz o verdadeiro significado do conceito: máquina dotada de inteligência e toque humano, consagrada na engenharia industrial da Toyota como sinônimo de “automação com toque humano”.

No STP, a automação assegura a qualidade, pois permite que a linha seja parada no caso de detecção de peças defeituosas, gerando ação imediata de correção da anormalidade. Essa intervenção, segundo Monden (1984), valoriza a atuação do operador e estimula a aplicação de melhorias. O mecanismo *poka yoke*, como já descrito neste texto, é uma ferramenta útil, capaz de prover suporte à implantação da automação.

Um sistema de controle visual que indique as paradas é essencial para a orientação das ações corretivas. Utiliza-se, para isso, um painel luminoso em cada linha, fixado em posição de visibilidade total, com lâmpadas de indicação da condição da linha e de chamada de assistência, acionado por qualquer operador da linha. Este sistema de controle visual da linha é chamado de *Andon*.

Como resultado da autonomia, tem-se mudanças no gerenciamento do chão de fábrica. O operador não é necessário enquanto a máquina trabalha normalmente. Apenas quando a máquina pára por uma situação anormal é que a atenção humana é requerida. Desta forma, um operador pode atender várias máquinas (operador multifuncional), flexibilizando a mão-de-obra nas células de trabalho, possibilitando a redução de operadores, melhoria da qualidade, e portanto, aumentando a eficiência da produção. A chave da autonomia é dar à máquina a inteligência humana e, ao mesmo tempo, adaptar o movimento humano às máquinas autônomas.

Desta forma, a autonomia apóia o JIT, pois impede a fabricação de produtos defeituosos, elimina a superprodução e promove parada automática em caso de anormalidades da linha, permitindo que a situação seja investigada.

## 2.7 PRINCÍPIOS ENXUTOS

Os princípios do pensamento enxuto foram apresentados por Womack e Jones na publicação do livro chamado “A Mentalidade Enxuta” em 1996, cinco anos após a publicação de “A Máquina que mudou o mundo”. Jones e Womack interagiram com muitas empresas e acompanharam várias delas em diferentes ramos industriais (não só no automobilístico como no primeiro livro) durante a fase de transformação de uma empresa de produção em massa em uma de produção enxuta. Womack (1998) constatou que em empresas ocidentais se utilizam muitas técnicas inadequadas ao tentar implementar partes isoladas de um sistema enxuto, sem entender o todo. Os japoneses, criadores das técnicas de produção enxuta, trabalhavam de cima para baixo. Conversavam e pensavam principalmente sobre métodos aplicados a atividades específicas em departamentos de engenharia, compras, grupos de vendas e fábricas, equipes de desenvolvimento de produtos, fixação dirigida de preços, programação nivelada, fabricação celular.

Uma atividade é enxuta desde o momento em que proporciona uma forma de fazer mais com cada vez menos. Isto significa dizer: utilizar menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço, ao mesmo tempo em que são fabricados produtos que os clientes realmente desejam, facilitando, desta forma, o aumento do valor e a redução de desperdícios (WOMACK E JONES, 2004).

O pensamento enxuto é um processo dinâmico, orientado pelo conhecimento e focado no cliente, através do qual todas as pessoas em uma determinada empresa eliminam desperdícios com o objetivo de criar valor (MURMAN et al., 2002).

O processo do pensamento enxuto vai além das técnicas específicas e reflexões filosóficas de alto nível descritas por Taiichi Ohno no Sistema Toyota de Produção, ele reúne todos os métodos em um sistema completo. O Pensamento Enxuto, como já citado anteriormente, é baseado em cinco princípios:

- Princípio do Valor: especificar de forma precisa o valor;
- Princípio do Fluxo do Valor: identificar o fluxo do valor;
- Princípio do Fluxo: fazer com que o valor identificado flua;
- Princípio do Sistema Puxado: deixar que o consumidor puxe o valor; e
- Princípio da Perfeição: esforço rumo à perfeição.

**Valor:** A produção enxuta busca eliminar as fontes de desperdício e criar valor. De acordo com Womack (1998), o ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o valor. O valor só pode ser definido pelo cliente final, caso contrário corre-se o risco de fornecer eficientemente para o cliente algo que ele não deseja. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico, bens e serviços, que atendam às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico. Do ponto de vista do cliente, é para isso que os produtores existem, e portanto o valor é criado pelo produtor.

O pensamento enxuto deve começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor em termos de produtos específicos, com

capacidades específicas, oferecidas a preços específicos, através do diálogo com clientes específicos. [...] (LINDGREN, 2001).

**Fluxo de valor:** Womack e Jones (2004) definem o fluxo de valor como o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico (seja ele um bem, um serviço, ou, cada vez mais, uma combinação dos dois) a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a tarefa de solução de problemas que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia, a tarefa de gerenciamento da informação, que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma, e a tarefa de transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

Sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor (ROTHER E SHOOK, 2003).

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 *kaizens* com suas equipes.

**Fluxo:** Depois de especificar o valor, mapear o fluxo do valor e eliminar as atividades que não agregam valor, o próximo passo no pensamento enxuto consiste em fazer fluir as atividades que criam valor. Busca-se alcançar o fluxo contínuo como um dos objetivos mais importantes da produção enxuta.

Entende-se por fluxo contínuo produzir e movimentar um item por vez (ou um lote pequeno de itens) ao longo de uma das etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Segundo Womack e Jones (2004), para fazer com que o valor flua é preciso mudar a forma de ver o mundo. Este é um passo crítico que requer uma mudança de mentalidade, pois se trata de um comportamento natural do ser humano, a criação de lotes com o intuito de facilitar o trabalho e também pela busca de maior eficiência.

Alguns autores enfatizam que há um grande desafio na introdução do fluxo contínuo na produção de baixo volume de produção, como em produtos sob encomenda. É necessário trabalhar em

estratégias para alcançar o fluxo contínuo na produção de pequenos lotes.

**Sistema puxado:** na produção puxada um processo somente será acionado quando o processo seguinte solicitar; o objetivo é construir um processo para fazer somente o que o próximo processo necessita e quando necessita; em outras palavras, o cliente é quem deve puxar o produto, puxar a produção e puxar o valor; caso contrário, os processos fornecedores tenderão a fazer o que os processos clientes não precisam naquele momento, levando, com essa prática, ao excesso de produção, à formação de estoques, à produção empurrada e, enfim, ao desperdício.

Womack e Jones (2004) postulam que para que isto ocorra, é essencial que o princípio do fluxo seja realizado, o qual poderá reduzir de forma significativa os tempos de liberação no desenvolvimento de produto, no processamento de ordens e na produção. Desta forma, garante-se alta flexibilidade e também habilidade para projetar, programar e produzir exatamente o que os clientes desejam e quando eles desejam. Adicionalmente, o curto tempo de resposta à demanda do cliente possibilita aumentar o retorno sobre o investimento e reduzir estoques a um nível mínimo em um complexo ambiente de produção e fluxo de valor.

Diferentemente do sistema empurrado baseado em Planejamento dos Recursos da Manufatura (MRP – “*Material Requirement Planning*”) Slack *et al.* (2007) entendem por sistema de produção puxada os processos os quais produzem a partir de uma sinalização de necessidade vinda direta do cliente. Em um sistema de produção empurrada, a ordem de produção é enviada para o processo sem uma sinalização do cliente, partindo de uma previsão de vendas ou de um planejamento de produção do MRP.

**Perfeição:** à medida que os princípios anteriores sejam alcançados, ocorrerá a todos os envolvidos que as oportunidades de redução de esforço, de erro, de espaço, de tempo e de custo, são infinitas, possibilitando à empresa oferecer um produto que se aproxima cada vez mais do que o cliente realmente quer. Tem-se então a perfeição.

A perfeição é como o infinito. Tentar imaginá-la (e chegar lá) na verdade é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho (WOMACK, 2006).

## 2.8 OBJETIVOS DE DESEMPENHO

Conforme Slack *et al.* (2007), os cinco objetivos de desempenho mais amplos que uma organização pode perseguir, que sempre estarão relacionados com a satisfação de anseios e necessidades de pessoas ou grupos de interesses ligados a ela, são:

- **Objetivo qualidade:** Qualidade significa “fazer certo as coisas”, mas as coisas que a produção precisa fazer certo variam de acordo com o tipo de operação. Qualidade significa fornecer bens e serviços isentos de erros, de modo que seus consumidores fiquem satisfeitos. Isso significa proporcionar uma vantagem de qualidade para a empresa;
- **Objetivo rapidez:** Rapidez significa quanto tempo os consumidores precisam esperar para receber seus produtos ou serviços. O principal benefício da rapidez de entrega dos bens e serviços para os consumidores (externos) é que ela enriquece a oferta. Para a maioria dos bens e serviços, quanto mais rápido estiverem disponíveis para o consumidor, mais provável é que este venha a comprá-los;
- **Objetivo confiabilidade:** Confiabilidade significa fazer as coisas em tempo para os consumidores receberem seus bens ou serviços prometidos. Ou seja, confiabilidade é a capacidade da empresa cumprir com os prazos de entrega prometidos ao cliente;
- **Objetivo flexibilidade:** Flexibilidade significa capacidade de mudar a operação. Pode ser alterar o que a operação faz, como faz ou quando faz. Especificamente, a mudança deve atender a quatro tipos de exigência: flexibilidade de produto/serviço, mix, volume e flexibilidade de entrega;
- **Objetivo custo:** Produzir os bens e serviços com a qualidade desejada e com o menor custo possível, pois assim pode-se reduzir o preço do produto. Para as empresas que concorrem diretamente em preço, o custo será seu principal objetivo de produção.

Tubino (2007) acrescenta ainda o critério Ético-Social como um quinto critério de desempenho a ser considerado na definição do conjunto de políticas, no âmbito da função produção para a estratégia produtiva. Trata-se da capacidade de produzir bens e serviços, respeitando a ética nos negócios e a sociedade em geral.

Hill (1993) *apud* Megliorini e Guerreiro (2004) descrevem que uma forma para determinar a importância relativa dos critérios que os clientes possam adotar é distinguir entre fatores “qualificadores” e fatores “ganhadores” de pedidos. Esses fatores são, na ótica do cliente, os critérios que decidem a compra dos produtos e, para as empresas, os objetivos a que devem atender.

Para Slack *et al.* (2007) critérios ganhadores de pedidos são os que direta e significativamente contribuem para a realização de um negócio, para conseguir um pedido. São considerados pelos consumidores como razões-chave para comprar o produto ou serviço. Ou seja, são àquelas dimensões que realmente decidem por comprar ou não um produto e resultam em mais pedidos ou melhora a possibilidade de se ganhar mais pedidos. Segundo o autor, melhorar o desempenho em um critério ganhador de pedidos resulta em mais pedidos ou melhora a probabilidade de ganhar mais pedidos.

Os autores definem também critérios qualificadores de pedido, os quais não são os principais determinantes do sucesso competitivo, mas são importantes de outra forma. São aqueles aspectos da competitividade nos quais o desempenho da produção deve estar acima de um nível determinado, para ser sequer considerado pelo cliente. Ou seja, sem que a empresa possua este tipo de critério competitivo de desempenho, provavelmente a mesma nem possa ser considerada como potencial fornecedora do cliente. Logo, qualquer melhora nos fatores qualificadores, acima do nível qualificador, provavelmente não acrescentará benefício competitivo relevante.

Slack *et al.* (2007) citam ainda que, além dos critérios ganhadores e qualificadores de pedidos, podem ser acrescentados os critérios menos importantes, sendo que estes, não influenciam os clientes de forma significativa, podendo ser importantes para alguma parte da organização.

## 2.9 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

O Mapeamento do Fluxo de Valor, do inglês, *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta desenvolvida por Taiichi Ohno quando gerente na Toyota, originalmente desenvolvida para implementar STP nos fornecedores.

Para Rother e Shook (2003), a aplicação do MFV consiste basicamente em desenvolver um desenho de alto nível (representação extremamente visual) do fluxo de valor de uma empresa inteira para uma determinada família de produtos. Mostra também como é o fluxo de informações e de materiais necessários para produzir bens e serviços aos clientes, e propicia um processo de análise para melhorar o sistema, identificando-se e eliminando-se os desperdícios.

O MFV, como assim será chamado, é uma ferramenta qualitativa usada para descrever em detalhes como a produção opera e como deveria operar para criar um fluxo de valor otimizado. Conforme Rother e Shook (2003), esta ferramenta é capaz de representar visivelmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de materiais e informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor, auxiliando na compreensão da agregação de valor, desde o fornecedor até o consumidor.

A aplicação desta ferramenta permite aos gestores industriais aprender a enxergar e a transformar suas unidades de negócio, possibilitando um fácil delineamento de um Mapa de Fluxo de Valor ideal, 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. Os esforços para a aplicação de conceitos de manufatura enxuta em quaisquer áreas de uma organização tornam-se mais efetivos quando aplicados estrategicamente, no contexto de uma construção de cadeia de valor, como, por exemplo, usando-se a ferramenta de MFV.

Rentes *et al.* (2004) postulam que o mapeamento do fluxo de valor pode ser explicado da seguinte maneira: siga a trilha da produção de uma família de produtos de porta-a-porta da planta, do consumidor ao fornecedor e, cuidadosamente, desenhe o mapa do estado atual de seus fluxos de materiais e informações. Em seguida, elabore o mapa do estado futuro mostrando como o seu valor deveria fluir, segundo fluxos futuros melhorados de materiais e informações.

Com o objetivo de revelar oportunidades de melhoria, ajudando a identificar os desperdícios e suas fontes, há diferentes etapas que compõem o Mapeamento de Fluxo de Valor, conforme pode-se observar na Figura 3.

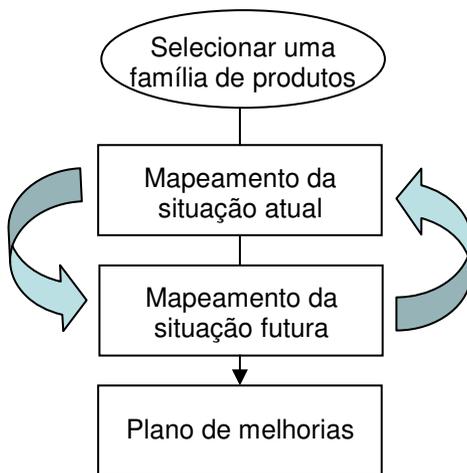


Figura 3 – Principais etapas do mapeamento do fluxo de valor.  
Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

De acordo com Rother e Shook (2003), a implantação do MFV consiste nas seguintes etapas:

1. Seleção da família de produtos – no início do processo de mapeamento é necessário selecionar o conjunto ou família de produtos que serão analisados no mapa de fluxo de valor. É necessário que os produtos sejam agrupados em famílias, levando em consideração a sequência de operações de cada produto, as máquinas por onde cada um passa, etc.;
2. Mapeamento da situação atual – depois de identificadas as famílias de produtos do chão de fábrica, inicia-se o mapeamento utilizando um conjunto de ícones, que represente o fluxo de material e de informação existente na empresa. No mapa da situação atual incluem-se símbolos de *kaizens* que são recomendados a serem aplicados a partes específicas do mapa atual, indicando de maneira explícita a presença de desperdícios;
3. Mapeamento da situação futura – a partir do mapa da situação atual, gera-se um mapa da situação futura da empresa, com a eliminação de todos os desperdícios que foram identificados antes;

4. Plano de melhorias – com base no mapa da situação futura propõe-se à empresa um plano de melhoria (incluindo um cronograma) para o alcance da situação futura.

Adicionalmente, Tapping e Shuker (2002) – que estudaram a aplicação do pensamento enxuto em ambientes administrativos – sugerem a implementação do VSM em oito etapas:

1. Comprometer-se com o conceito de manufatura enxuta;
2. Escolher o fluxo de valor;
3. Aprender com o conceito de manufatura enxuta;
4. Mapear o estado atual;
5. Identificar sistemas de medição;
6. Mapear o estado futuro;
7. Criar planos *kaizen* (melhoria contínua);
8. Implementar planos *kaizen* (melhoria contínua);

Assim, tem-se o mapeamento do estado atual, que tem por objetivo representar a situação atual, o qual ajudará a tomar decisões sobre o fluxo representado, tornando-o mais lógico e simples, abordando os conceitos e técnicas enxutas que fornecerá as informações para o desenvolvimento do mapa futuro e seu respectivo plano de implementações, composto por tarefas, responsabilidades e metas a serem atingidas. O mapa futuro representará o fluxo de valor, que pode tornar-se realidade em um curto espaço de tempo, apontando as melhorias potenciais, baseadas nas observações realizadas no decorrer do mapeamento do estado atual.

Rother e Shook (2003) apresentam a técnica do MFV objetivando realizar o mapeamento porta-a-porta da produção, ou seja, do recebimento da matéria-prima até a expedição para o cliente final.

O mapeamento do fluxo de valor é um método de modelagem relativamente simples, utilizando apenas lápis e papel é possível construir cenários de manufatura por meio de ícones e regras que levam em consideração tanto o fluxo de material como o de informação (ROTHER e SHOOK, 2003).

O MFV é uma ferramenta imprescindível para o processo de visualização da situação atual da organização e construção da situação futura. Rother e Shook (2003) identificam alguns aspectos que caracterizam a elevada importância desta ferramenta:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Ajuda a enxergar o fluxo;
- Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Ajuda a identificar as fontes do desperdício;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que se pode discuti-las;
- Integra conceitos e técnicas enxutas, evitando a implementação de algumas técnicas isoladamente;
- Forma a base para um plano de implementação, identificando a relação entre o fluxo de informações e o fluxo de materiais;
- Apresenta a relação entre o fluxo de informações e o fluxo de materiais;
- Trata-se de uma ferramenta qualitativa que descreve em detalhes como uma unidade produtiva deveria operar para criar um fluxo que agregue valor.

Segundo Rother e Shook (2003), o mapeamento ainda ajuda a estabelecer a real necessidade e o foco adequado das diversas ferramentas *Lean*, tais como: células para criar verdadeiro fluxo contínuo, sistemas puxados e nivelados, *setup* rápido, TPM (“*Total Productive Maintenance*”), gestão visual etc., e a enxergar melhor a integração entre elas.

Além das características do MFV citadas por Rother e Shook, Xavier e Sarmiento (2007) contemplam outros benefícios mais diretos e mais fáceis de serem sentidos pela alta administração:

- Definição real da capacidade produtiva da fábrica;
- Previsão real do prazo de entrega dos seus produtos ou serviços;
- Definição do efetivo real da empresa;
- Viabilização de recursos (matéria-prima e mão-de-obra);
- Definição real da situação atual da empresa;
- Elaboração de metas de melhorias do processo;

- Viabilidade de espaço físico devido à redução de estoques;
- Aumentar a capacidade de resposta referente às variações do mercado;
- Redução dos custos com retrabalho;
- Otimização do uso de equipamentos;
- Base para definições de investimentos na fábrica.

As representações gráficas utilizadas para desenhar os mapas de fluxo de valor foram criadas pelo *Lean Enterprise Institute* (LEI - instituto norte-americano criado para disseminar o sistema *lean*), conforme ilustrado na Figura 4. Para elaborar os mapas deste estudo de caso, serão utilizadas as simbologias da biblioteca do LEI, sendo que o autor desta dissertação possui liberdade para poder adaptá-las conforme necessário.

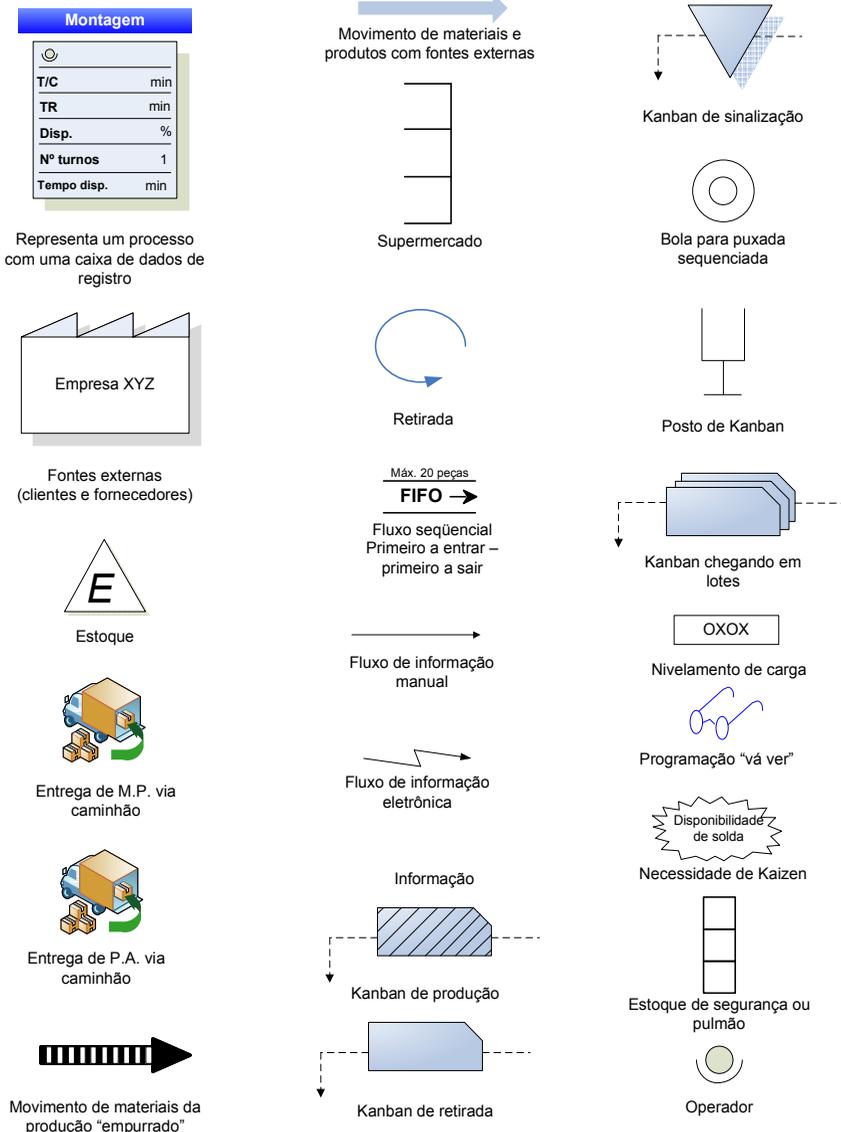


Figura 4 – Ícones do MFV.  
Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Logo, conclui-se que o MFV se destaca pela sua capacidade de reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo. Entretanto, o MFV não corresponde a uma técnica que pode vir a resolver todos os problemas de uma empresa. Mesmo assim, ela representa um grande avanço no que diz respeito à proposição e implementação de possíveis melhorias nas organizações, auxiliando no desenvolvimento conceitual da “situação futura” do sistema de manufatura enxuta.

### **2.9.1 Seleção da família de produtos**

Antes de desenhar o mapa do estado atual, é necessário definir claramente quais são os produtos que serão mapeados. Não é necessário mapear todos os produtos para a obtenção de bons resultados. Como ponto de partida, é necessário identificar a família de produtos a partir do lado do consumidor na cadeia de valor, baseando-se em técnicas conhecidas.

Womack (1998) recomenda usar a ferramenta Matriz de Família por Produto, que se trata de um método visual de fácil aplicação. Existem métodos sofisticados para identificar famílias de produtos, mas a análise visual tem se mostrado eficiente. Para Womack (1998), esta etapa consiste em simplificar a realidade, através do agrupamento de diversos produtos em poucas famílias de produtos, pois muitas empresas possuem uma elevada carteira de produtos, tornando o trabalho de desenhar o mapa da cadeia de valor para cada produto uma atividade muito dispendiosa.

A Figura 5 mostra a seleção de uma família de produtos a ser mapeada através da Matriz Família de Produtos.

		Etapas de Montagem & Equipamentos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Uma Família de produtos

Figura 5 – Selecionando uma família de produtos.  
 Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

A partir da construção desta tabela, pode-se identificar aqueles produtos que percorrem “caminhos comuns” (como os produtos A, B e C da figura 5), que formarão uma família cujo fluxo será mapeado.

Segundo Rother e Shook (2003) uma família é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam recursos comuns ao longo do processo de agregação de valor. De acordo com Nazareno *et al.* (2003) para definir a família de produtos é necessário levar em consideração alguns critérios:

- Similaridade de processos: trata-se do principal critério, e se aplica a produtos que geralmente compartilham uma mesma linha de produção;
- Frequência e volume da demanda: importante para a definição da política de atendimento da demanda (ATO – *Assembly to Order*, MTS – *Make to Stock*, MTO – *Make to Order*, etc.). Segundo o autor, esse critério pode ser decisivo para a inserção ou retirada do produto de uma mesma família;
- Tempo de ciclo do produto: representa o tempo que o produto leva para ser processado, desde o pedido até a entrega ao cliente. Nesse sentido, é aconselhável que produtos que compartilhem uma mesma linha, mas que possuem tempos de ciclo muito diferentes, sejam

incluídos em famílias diferentes. Isto porque políticas para definição e dimensionamento de supermercados (peças e matéria-prima) e escolha dos sistemas de controle (*kanban*, duas gavetas, etc.) mais apropriados geralmente tendem a variar em função desse critério.

Nazareno *et al.* (2003) apresentam em seu trabalho o eles denominam “Mapeamento por conjuntos de peças”, que é um método para selecionar itens a serem mapeados, quando se trata de produtos que possuem elevado número de componentes. Este método se difere principalmente por elaborar mapas exclusivos para os principais conjuntos do produto, pois a visualização do fluxo de valor, em apenas um mapa, pode comprometer o entendimento do fluxo, pois nesse caso tem-se uma visão muito superficial da situação atual do sistema de produção.

### **2.9.2 Mapa do Estado Atual**

Para desenhar o estado atual e posteriormente o estado futuro, é necessário inicialmente coletar informações sobre as demandas dos consumidores e coletar as informações no nível de fluxo “porta-a-porta”, ou seja, da entrada de matéria-prima à expedição do produto acabado, da família de produtos ou do fluxo de valor em análise. As informações dos elementos básicos de análise dos processos serão registradas na chamada “folha de mapeamento”. E com base nos dados coletados, elabora-se o mapa do estado atual.

Além das informações dos elementos da função processo descritas no item 3.3, Nazareno *et al.* (2003) apontam alguns dados, típicos de processos, importantes a serem registrados, a fim de compor o mapa atual:

- Tempo de ciclo (T/C): tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, em segundos.
- Tempo de trocas (T/TR): tempo que leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro. Envolve por exemplo, o tempo de troca de ferramentas ou *setup*.
- Disponibilidade: tempo disponível por turno no processo descontando-se os tempos de parada e manutenção.
- Índice de rejeição: índice que determina a quantidade de produtos defeituosos gerados pelo processo.

- Número de pessoas necessárias para operar o processo.

A Figura 6 mostra um exemplo do estado atual de mapa de fluxo de valor. O objetivo do mapa é retratar como o fluxo de informação e de material percorrem por toda a cadeia. Fornece também alguns dados de cada setor de produção e as ilhas de materiais parados entre processos.

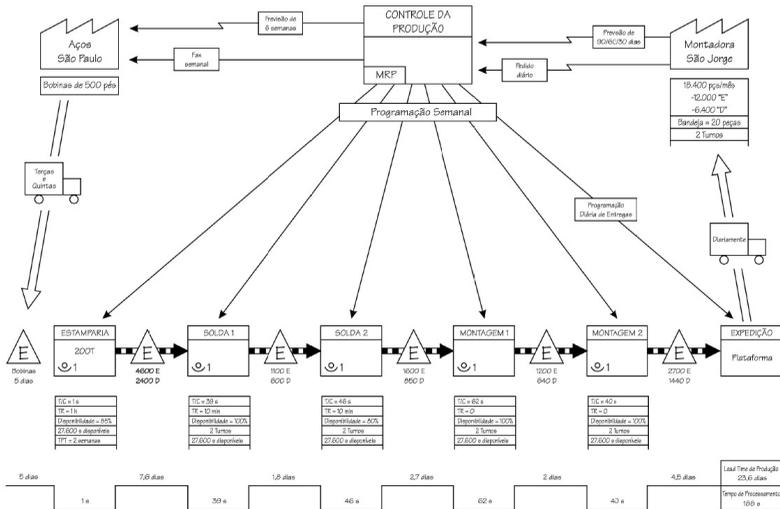


Figura 6 – Exemplo de mapa da situação atual.

Fonte: Rother e Shook (2003).

Neste exemplo de mapa atual, pode-se observar que a fabricação do produto é mostrada em seqüência, de acordo com cada processo, que é indicado nas caixas de dados padrão com suas informações de análise, desenhadas na parte inferior do mapa. O fluxo de material tem sentido da esquerda para direita, indicando seus tamanhos de estoque e tempos de espera. Já o fluxo de informações mostra a forma em que todo o processo de manufatura é programado e controlado. Na parte inferior do mapa tem-se a linha de tempo com a qual se compara o *lead time* total do produto e o tempo real de agregação de valor.

Entre os processos, também pode-se identificar o mecanismo de programação da produção, que pode ser empurrada, puxada, sequenciada (FIFO – *First In First Out*), ou fluxo contínuo. Rother e Shook (2003) recomendam alguns cuidados no mapeamento:

- Sempre coletar as informações do estado atual enquanto pessoalmente se caminha ao longo dos fluxos reais de materiais e informações;
- Começar com uma rápida caminhada por todo o fluxo de valor. Depois voltar e reunir as informações de cada processo;
- Começar pela expedição;
- Trazer seu próprio cronômetro e não se basear em tempos padrão;
- Mapear pessoalmente a cadeia completa de valor. Entender o fluxo por inteiro é o objetivo do mapeamento;
- Sempre desenhar a mão e a lápis, para facilitar as anotações e modificações necessárias, em campo.

Tapping e Shuker (2002) descrevem alguns passos importantes que devem ser seguidos para o mapeamento do estado atual:

- Desenhar as conexões externas (ou internas) clientes e fornecedores e listar os requisitos;
- Desenhar a entrada e saída do processo de fluxo de valor;
- Desenhar todos os processos entre a entrada e saída começando pelos fluxos mais distantes;
- Listar todos os atributos dos processos;
- Identificar as filas entre os processos;
- Identificar todos os meios de comunicação que ocorrem no fluxo de valor;
- Identificar o tipo de fluxo de trabalho, empurrado ou puxado;
- Completar o mapeamento com outras informações que julguem serem necessárias.

### **2.9.3 Mapa do Estado Futuro**

Através do mapeamento do estado futuro poder-se-á destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação das propostas de melhorias. Para isto, é necessário elaborar o mapa futuro, com aplicações dos conceitos enxutos. No mapa futuro, o fluxo de materiais e informações já estará de forma desejável, com o *lead time* total de manufatura reduzido.

A meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes ou por meio de fluxo contínuo ou puxada, e cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (ROTHER e SHOOK, 2003).

O mapa de estado futuro será uma projeção de como o processo de manufatura deverá ser modificado através das melhorias propostas. Os pontos de melhoria serão representados graficamente no próprio mapa. Rother e Shook (2003) estabelecem uma série de diretrizes a serem seguidas para elaboração do mapa da situação futura, as quais são:

1. **Produzir de acordo com o *takt time*:** a ideia é fazer com que o ritmo de produção acompanhe o ritmo das vendas. Produzir de acordo com o *Takt Time* requer esforços concentrados para fornecer resposta rápida para problemas, eliminar as causas de paradas de máquinas não planejadas e eliminar tempos de troca em processos posteriores.

*Takt Time* é o tempo disponível de trabalho dividido pelo volume de encomendas do cliente, ou seja, estipula o ritmo de produção para responder aos pedidos dos clientes (WOMACK E JONES, 2003).

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Demanda do cliente por turno}}$$

Exemplo:

$$Takt\ Time = \frac{27.600\ s}{460\ peças} = 60\ \text{segundos}$$

Considerando a disponibilidade de 27.600 segundos de trabalho em um turno, e para este mesmo turno a demanda do cliente é de 460 peças, o *takt time* será igual a 60 segundos, ou seja, deve-se produzir uma peça por minuto para que a necessidade do cliente seja satisfeita.

2. **Desenvolver um fluxo contínuo onde possível:** a ideia é fazer com que cada item processado seja transferido imediatamente ao estágio posterior, sem nenhuma interrupção. Com isso, reduz-se o tempo de espera, o tempo total de fabricação (as peças não precisam esperar até que todo o lote seja concluído), entre outros desperdícios.
3. **Usar supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não foi possível:** os supermercados são utilizados para associar a programação destes processos à demanda dos processos posteriores. Em geral, o supermercado é controlado por meio de um sistema *kanban*, que determina o fluxo de materiais.
4. **Enviar a programação do cliente para um único processo de produção:** como todos os processos estarão interligados (pelo sistema de programação puxada), as ordens de produção não precisam ser enviadas a todos os processos, mas somente ao processo puxador que determinará o ritmo de produção dos demais processos e a velocidade de resposta do sistema.
5. **Distribuir uniformemente a produção de diferentes itens ao longo do tempo:** é importante salientar que o nivelamento do *mix* de produção é importante para trazer a flexibilidade necessária ao sistema e permitir a redução dos estoques pela redução do tamanho do lote de processamento. Contudo, a frequência de tempo desta distribuição dependerá do tempo de processamento total de todos os itens que passam pelo processo, bem como do tempo de troca despendido.
6. **Criar uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador:** o objetivo é estabelecer um ritmo de produção consistente, nivelado, criando um fluxo de produção previsível que alerte para os problemas de forma que ações corretivas possam ser tomadas rapidamente. O incremento de trabalho liberado é chamado de *pitch*, que é baseado na quantidade de embalagens no contêiner, ou um múltiplo, ou fração daquela quantidade.
7. **Desenvolver a habilidade de fazer toda peça todo dia nos processos anteriores ao processo puxador:** no mesmo sentido da diretriz cinco acima, esta visa o nivelamento da produção. No entanto, tendo como foco os processos controlados por

algum tipo de supermercado puxado via *kanban*, em geral utilizando-se o quadro de programação nivelada, conhecido como *Heijunka Box* (ou quadro Heijunka).

Rother e Shook (2003) citam algumas questões chave, nas quais as diretrizes foram transformadas com o objetivo de desenhar o mapa do estado futuro, e devem ser respondidas na sequência que segue:

1. Qual é o *takt time*?
2. A produção será realizada para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para expedição?
3. Onde é possível implementar o fluxo contínuo?
4. Onde será necessária a utilização de supermercados de produção para o controle dos processos anteriores?
5. Em que ponto da cadeia produtiva a produção será programada?
6. Como o *mix* de produção será nivelado no processo puxador?
7. Quais quantidades de incremento de trabalho serão liberadas, e com qual frequência no processo puxador?
8. Quais melhorias serão necessárias para que os processos comportem-se como o projetado do estado futuro?

A Figura 7 apresenta um exemplo de mapa da situação futura, onde as reduções de tempo de preparação de máquinas e a formação de uma célula de manufatura contribuem para a redução do *lead time* total em consequência da redução dos estoques intermediários.

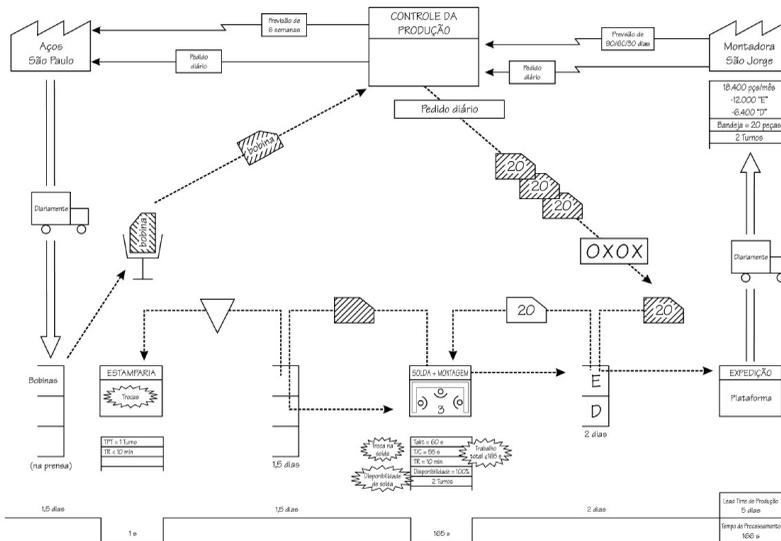


Figura 7 – Exemplo de mapa da situação futura.

Fonte: Rother e Shook (2003).

Para Rother e Shook (2003), o que torna o fluxo de valor enxuto é fabricar os produtos em um fluxo contínuo completo, com o *lead time* suficientemente curto para permitir a produção somente dos pedidos confirmados e com o tempo de mudança (*setup*) zero entre os diferentes produtos. Para isso, são necessários inúmeros mapas do estado futuro, cada um mais enxuto e mais próximo do ideal, com o processo fornecedor fazendo somente o que o processo cliente necessita e quando necessita.

### 2.9.4 Plano de Implementações

Depois do desenvolvimento do mapa do estado futuro, é muito importante que se elabore um plano para a implementação do mapa. Rentes *et al.* (2004) alertam que o mapeamento do fluxo de valor é uma técnica importante, mas ela não pode ser considerada como sendo a etapa final do MFV. Após completar-se o mapa futuro, é importante implementar efetivamente o fluxo de valor enxuto.

Rother e Shook (2003) afirmam que com o mapa do estado futuro em mãos, é preciso implementá-lo rapidamente com o apoio de um

plano de implementação do fluxo de valor, o qual deverá conter metas mensuráveis, responsáveis nomeados e datas planejadas, etapa por etapa.

Rother e Shook (2003) acrescentam que quando se tratar de um MFV em um sistema de manufatura com processos já existentes e com estrutura de máquinas e equipamentos já instalados, as características do estado atual não poderão ser mudadas imediatamente, pois elas geralmente estão atreladas à liberação de recursos financeiros. Então se deve elaborar o plano para implementar as melhorias, prevendo-se a sua implantação tão rápido quanto possível, buscando fazer o melhor possível com os recursos disponíveis.

Para Ferro (2003) um mapa do estado ideal pode ser uma boa visão de futuro, de dois a cinco anos na frente, porém uma perspectiva a longo prazo pode imobilizar a equipe diante dos investimentos necessários e outros fatores que impedem a ação imediata. Então sugere-se que o estado futuro, em primeira instância, seja definido com base na implementação de um período de seis meses a um ano, com poucos investimentos, para que gradativamente o estado ideal seja atingido. Deve-se ressaltar também a importância do envolvimento e comprometimento da alta administração na criação do fluxo enxuto, já que esta ferramenta é capaz de olhar para os processos de agregação de valor de forma horizontal.

De forma a tornar os esforços de implementação do estado futuro dividido em partes administráveis, Rother e Shook (2003) propõem a divisão do programa de implementação em etapas, uma vez que, na maioria dos casos, não é possível implementar o de estado futuro totalmente de uma só vez. Os autores propõem a divisão do MFV do estado futuro em segmentos (*loops*) como:

- *Loop* Puxador: inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o seu processo puxador. É o *loop* mais próximo do final, e a forma de gerenciamento deste *loop* impacta todos os processos anteriores (a montante) àquele no fluxo de valor.
- *Loops* adicionais: são os *loops* antes do *loop* puxador, ou seja, cada supermercado do sistema puxado, normalmente, corresponde ao final de outro *loop*.

Especificamente as melhorias em um *loop*, apresentado por Rother e Shook (2003) seguem o seguinte padrão:

1. Desenvolver um fluxo contínuo que opere com base no *takt time*;
2. Estabelecer um sistema puxado para controlar a produção.
3. Introduzir o nivelamento;
4. Praticar *kaizen* continuamente para eliminar desperdício, reduzir o tamanho dos lotes, encolher supermercados e estender o alcance do fluxo contínuo.

### 3. ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DA FERRAMENTA MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR NA FABRICAÇÃO DE UM PRODUTO SOB ENCOMENDA

#### 3.1 LAMINAÇÃO DE MADEIRA ATRAVÉS DE TORNOS

##### 3.1.1 Histórico

O processamento mecânico da madeira remonta aos primórdios do ser humano, e seu desenvolvimento acompanhou a evolução da civilização humana, partindo dos primeiros instrumentos rudimentares, até chegar aos equipamentos computadorizados da atualidade (ALBUQUERQUE, 1995).

A laminação, por sua vez, não constitui uma invenção moderna. Esse processo produtivo de obtenção de lâminas de madeira iniciou-se no Antigo Egito, há cerca de 3000 anos a.C., e destinava-se à confecção de peças de mobiliário pertencentes aos reis e príncipes, em que madeiras valiosas, como o ébano, eram transformadas em lâminas. (ALBUQUERQUE, 1996). Segundo Kollmann *et al.* (1975), o monumento construído na tumba de Tutancamom (1351 a 1352 a.C.) é feito de madeira cedro com folhas finas de marfim e ébano.

Os processos de obtenção de lâminas na indústria surgiram a partir do século XIX quando, segundo Kollmann *et al.* (1975), em 1805 houve a introdução da serra circular na indústria inglesa. Entretanto estes processos geravam grande quantidade de resíduos, o que levou ao surgimento da primeira máquina laminadora por faqueamento, patenteada por Charles Picot, em 1834, na França. Os autores relatam que o progresso na produção de lâminas resultou da construção do torno rotativo, o qual liderou economicamente a produção. A primeira máquina a produzir lâminas contínuas, por corte de toras em torno desfolhador surgiu em 1818. No ano de 1840, nos EUA, foi concedida uma patente de torno laminador a Dresser, enquanto na França uma patente foi concedida a Garand em 1844.

As primeiras empresas a produzir lâminas de madeira surgiram na Alemanha em meados do século XIX, um rápido desenvolvimento e aperfeiçoamento nos tornos laminadores contribuíram para a evolução

da indústria de compensados (KOLLMANN *et al.*, 1975). Segundo Kollmann *et al.* (1975), o advento das duas grandes Guerras Mundiais, proporcionou acentuada evolução na produção de lâminas e compensados, devido à utilização destes produtos na área militar. Para o autor, o derradeiro impulso se deu com a Segunda Guerra, onde o desenvolvimento e a automação dos sistemas de produção contínua proporcionaram uma gama crescente de produtos de qualidade superior e menores custos.

No Brasil, as atividades industriais de produção de lâminas e compensados iniciaram na década de 1940 com a vinda de imigrantes europeus, atraídos pela abundância da madeira de *Araucaria angustifolia*, na região sul do país.

A escassez da matéria-prima decorrente da exploração inadequada e incontrolada da madeira de *Araucaria angustifolia* até o início da década de 1970 fez com que as empresas transferissem as suas atividades produtoras para a região norte do país, em função da abundância e disponibilidade de matéria-prima proveniente da floresta Amazônica.

Atualmente, verifica-se uma redução da oferta de madeira para processamento mecânico oriundas de florestas nativas, devido a uma exploração inadequada, ausência de manejo sustentável, pressão sócio-ambiental, distância dos centros produtores e necessidade de certificação por exigências do mercado de exportação do produto.

Devido às necessidades de manejo sustentável de florestas nativas, o governo brasileiro estabeleceu leis federais e estaduais para a proteção dos recursos naturais ainda existentes, dificultando ao menos a retirada de madeira nativa apropriada para industrialização de lâminas e produção dos compensados. Com essa ação do governo, aumentou-se a demanda pela utilização de madeira oriunda de reflorestamento para processamento mecânico. As espécies mais utilizadas no Brasil atualmente são do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, as quais apresentam rápido crescimento e estão bem adaptadas às nossas condições climáticas.

A madeira de *Eucalyptus spp.* possui boas características físico-mecânicas, rápido crescimento e grandes áreas plantadas no Brasil. Pesquisas realizadas sobre o comportamento deste gênero para laminação e produção de painéis compensados tem sido amplamente realizadas no Brasil. Estimativas apontam que em médio prazo haverá um descompasso entre a oferta e a demanda da madeira de *Pinus*,

devido à redução das taxas de plantio nas décadas de 1980 e 1990. A madeira de *Eucalyptus spp* apresenta-se com grande potencial para suprir demanda de matéria-prima da madeira de *Pinus*, que é empregada há 30 anos na indústria de painéis compensados.

A cada dia os mercados nacionais e internacionais valorizam mais as espécies originárias de florestas plantadas, com o intuito de reduzir custos e atender consumidores de consciência ecológica. A possibilidade de utilizar o compensado manufaturado a partir do gênero *Eucalyptus spp*. proporciona redução no uso de madeira nativa, e contribuindo para uso mais racional, dos recursos florestais.

O compensado é um painel constituído de lâminas de madeira sobrepostas e cruzadas entre si, unidas por meio de adesivos e resinas especiais, mediante pressão e calor. É produzido com uma quantidade ímpar de lâminas, sendo que a lâmina de capa é, via de regra, posicionada de forma que seja orientada no sentido do comprimento da chapa (ABIMCI, 2010). A ampla utilização do compensado se justifica por suas características mecânicas e sua adaptação a uma gama de usos, como a construção civil e a indústria moveleira (TOMASELI, 1999).

Atualmente a região Sul do Brasil responde pela maior parcela da capacidade nominal produtiva de compensados, apesar de um crescimento progressivo na região Norte. Neste contexto, a região Norte se caracteriza por ser produtora de espécies tropicais, enquanto que a região Sul permanece com o processamento de madeiras provenientes de florestas plantadas.

### **3.1.2 Processo de laminação**

Segundo IWAKIRI (1996), lâmina é o material produzido pela ação de corte, através de faca específica, com espessura variando de 0,13 a 6,35 mm. Quanto maior a espessura, maior a dificuldade de produção. A lâmina ideal é aquela que apresenta uniformidade em espessura, aspereza igual àquela proporcionada pelo micrótomo, sem empenamento, sem a presença de fendas em ambas as faces, com cor e figura desejáveis.

SELLERS (1985) classifica três métodos para se obter lâminas finas: faqueamento, corte rotativo e serragem. O faqueamento é um processo realizado através de faqueadeiras, onde as lâminas são obtidas pela movimentação do bloco, tora ou torete lateralmente contra a faca ou vice-versa. O corte rotativo, também chamado de desfolhamento, é

realizado através de tornos desfolhadores, onde a lâmina é desenrolada, obtida de forma contínua centrando uma tora ou torete no torno, e girando em torno do seu eixo contra uma faca. Já no processo de serragem, as lâminas são obtidas por corte através de serras mecânicas alternativas. Este último, segundo a ABIMCI (2004), atualmente é praticamente instinto, em virtude da grande quantidade de resíduos que são gerados no processo, onde se perde pelo menos o equivalente à espessura da serra, resultando em tempos e custos elevados, e lâmina com baixa qualidade.

Segundo a ABIMCI (2004), as faqueadeiras são utilizadas em 5% do total de lâminas produzidas no país, sendo o produto final utilizado para revestimento de superfícies de painéis de madeira (compensados, aglomerados ou MDF – “*Medium Density Fiberboard*”) ou até paredes. As lâminas torneadas representam 95% da produção total nacional, as quais são utilizadas praticamente na fabricação de compensados.

O fluxo básico do processo industrial de fabricação de lâmina torneada através de corte rotativo é mostrado na figura 8. O qual inclui as seguintes etapas: (1) exploração e transporte de toras, (2) cozimento das toras, (3) laminação, (4) guilhotinagem de lâminas verdes, (5) secagem e (6) guilhotinagem de lâminas secas.

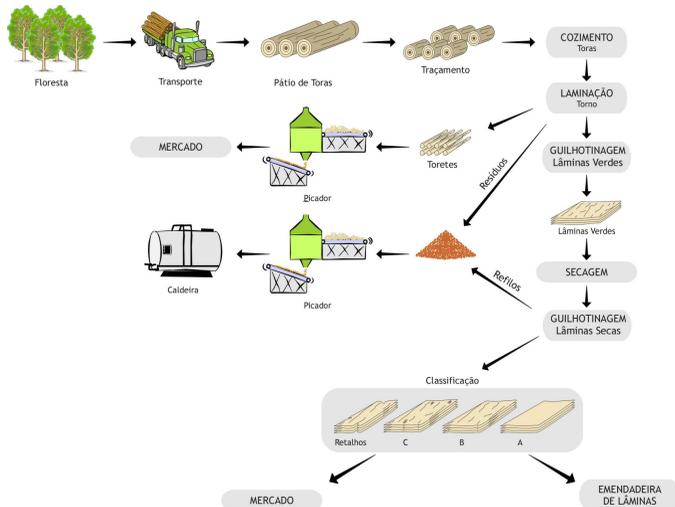


Figura 8 – Fluxograma Esquemático de Obtenção de Lâminas Torneadas de Madeira.

Fonte: ABIMCI 2004.

### 3.1.3 Torno desfolhador

Segundo TSOUMIS (1991), o corte rotativo, ou o desfolhamento segue os anéis de crescimento, realizado com uma tora preparada girando em um torno contra uma faca, a qual corta uma lâmina contínua de madeira (figura 9). O comprimento da faca é igual ao comprimento da tora, que varia dependendo da finalidade de uso da lâmina e é determinado pelo comprimento do torno.

As lâminas torneadas são obtidas através de um processo de desenrolamento de toras no torno. A laminação é uma operação que consiste em obter um lençol contínuo de lâminas, através do giro da tora, fixada entre duas garras, contra o conjunto cortante do torno desfolhador. O movimento do torno segue uma espiral com uma infinidade de centros, chamada de espiral de Arquimedes, que permanecem constantes no decorrer de toda operação (CTBA, 1979 E MANUAL DO TÉCNICO FLORESTAL, 1986).

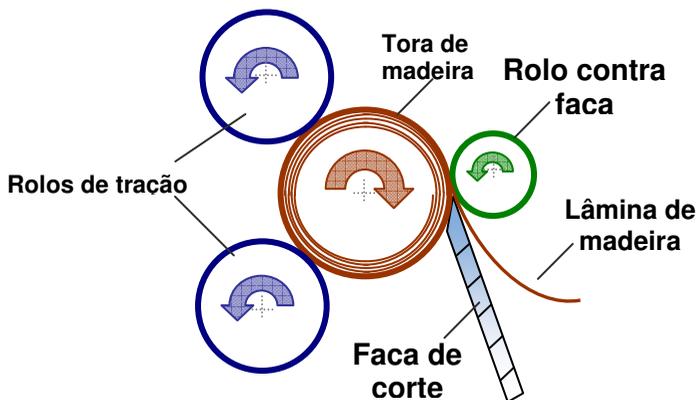


Figura 9 – Demonstração do movimento do torno seguindo uma espiral.  
Fonte: Empresa estudo de caso.

Atualmente são empregados dois tipos de tecnologias de tornos no processo de desfolhamento de madeira: torno sem garras ("*spindleless*") e torno de fuso. A Figura 9 ilustra o processo de laminação através do torno sem garras, no qual há dois rolos de tração realizando o tracionamento da tora em sua superfície tangencial. À

medida que a faca vai laminando a tora com o auxílio do rolo contra-faca, que faz pressão sobre a faca, o diâmetro da tora vai diminuindo e os rolos de tração realizam o movimento de avanço convergente ao gume da faca.

Já o processo de laminação com torno de fuso, o tracionamento da tora é realizado através de duas garras laterais, posicionadas nas duas extremidades da tora. À medida que a faca vai laminando a tora, neste caso com o auxílio de uma barra de compressão, que faz pressão sobre a faca, o diâmetro da tora vai diminuindo e o fuso realiza o deslocamento do centro da tora em direção ao gume da faca. A Figura 10 mostra a seção transversal de um torno, ilustrando a relação geométrica entre as partes diretamente relacionadas ao corte da lâmina.

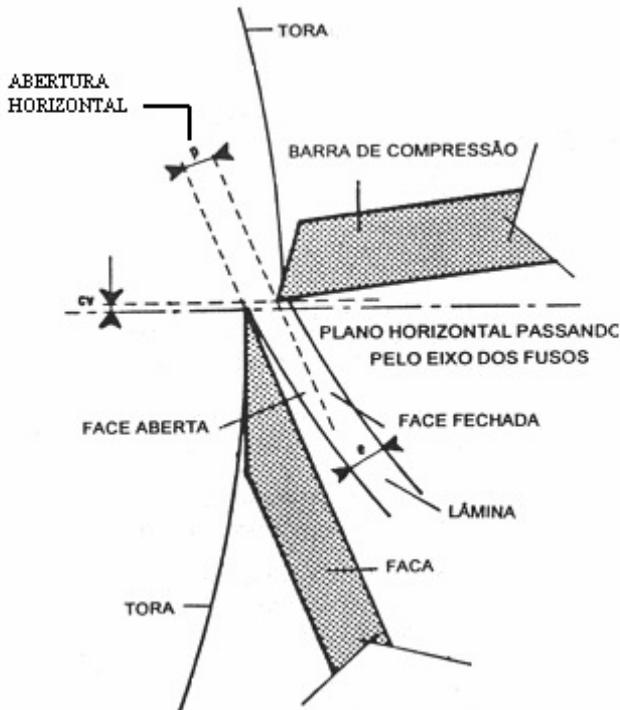


Figura 10 – Seção transversal de um torno, mostrando a relação geométrica entre as principais partes do corte da lâmina.

Fonte: MANUAL DO TÉCNICO FLORESTAL, 1986.

A função da faca é cortar a madeira em uma espessura determinada e de separar a lâmina resultante da tora (PALKA, 1974 e CTBA, 1979). Se o ângulo da faca for muito grande, serão produzidas lâminas corrugadas; se muito pequeno, as lâminas apresentarão alternância de espessuras grossas e delgadas. Esta irregularidade de espessura será mais pronunciada em toras que não foram aquecidas uniformemente. Quando o ângulo de afiação da faca é muito grande, favorece a formação das fendas de laminação. A afiação da faca é muito importante na rugosidade das lâminas, sendo que quanto melhor o fio, menor a rugosidade da lâmina (LUTZ, 1978).

A função da barra de pressão é comprimir a madeira frente ao bisel da faca. Tal pressão controla a qualidade das lâminas em termos de rugosidade, profundidade das fendas de laminação e uniformidade de espessura (LUTZ, 1978 e CBTA, 1979). A barra de compressão pode ser tanto uma barra estática como uma barra redonda rotativa.

Um estudo realizado por Lutz (1976), destinado a determinar a influência da umidade e da velocidade de laminação sobre a qualidade das lâminas de *Pinus taeda*, concluiu que com o aumento da umidade e da velocidade, aumentou-se a carga sobre a barra de pressão, originando-se lâminas delgadas e fracas em tração perpendicular (fendas de laminação profundas). Além disso, observou-se que em velocidades muito baixas, a porção do lenho juvenil sofreu “rasgo por compressão”.

Hayashida (1972), durante a produção de lâminas por desenrolamento a partir de *Pinus elliottii*, testou o efeito de duas velocidades - 35 e 45 rpm de laminação sobre a qualidade das lâminas - e observou que ao passar da menor à maior velocidade aumentou a frequência e a profundidade das fendas.

Todos os modelos de tornos desfolhadores que a empresa estudada fabrica possuem características técnicas as quais especificam o diâmetro máximo da tora laminável em 400 mm. Desta maneira, tais características promovem a utilização de apenas toras provenientes de reflorestamento, sendo que a empresa se preocupa com as questões ambientais, contribuindo assim com o processo de mudança para substituir o tradicional modelo de extrativismo florestal pelo de manejo sustentável das florestas e para o processo de sustentabilidade social, sendo que o crescimento econômico futuro dependerá de condições ecológicas protegidas.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO

O produto em questão (torno desfolhador) é considerado um bem de capital. Os bens de capital são classificados de acordo com a sua produção, sendo o critério mais utilizado aquele que distingue os produtos resultantes de fabricação seriada e não seriada ou sob encomenda, dada a diversidade de produtos existentes.

Apesar do grande esforço nos últimos anos visando tornar o produto o mais semelhante possível a um produto seriado, ainda existem muitas características que são customizáveis aos clientes e necessitam ser detalhadas pela engenharia de produto, tais como:

- Largura da mesa: define a limitação do comprimento máximo da tora;
- Sistema elétrico: Definição das tensões de comando e potência dos motores do equipamento;
- Nível de automação: Geralmente atrelado ao nível de automação que o cliente possui em sua planta fabril, comunicação com outras máquinas e linha de processamento de compensado;
- Escopo: O cliente pode optar ou não por alguns acessórios, os quais são dimensionados conforme *layout* do cliente. Como exemplos de acessórios tem-se o carregador de toras, guilhotinas rotativas, esteiras e canivetes;
- Exigências especiais: Geralmente associadas à legislação de segurança vigente no país e local de instalação; sensores de segurança, alarmes, plataformas de acesso, pinturas especiais, grau de proteção dos motores;
- Planta civil: detalhada conforme escopo definido.

A Figura 11 mostra uma fotografia do produto montado em operação.



Figura 11 – Torno desfolhador.  
Fonte: Empresa estudo de caso.

Alguns aspectos culturais também estão atrelados à especificação do produto. Os Tornos que são comercializados para região norte do país possuem algumas características diferentes aos comercializados no sul do país. Isto se deve ao fato da forma com que as pessoas operam a máquina e separam as lâminas após o processo.

Em virtude da natureza de seus produtos e de seu relacionamento com os clientes, a empresa apresenta predominantemente a política de atendimento da demanda sob encomenda, também conhecida pela sigla ETO (“*Engineering to Order*”), de acordo com a qual os pedidos dos clientes são emitidos do departamento de vendas ao de projetos, que após o detalhamento enviam os desenhos à produção, que por sua vez inicia o processo de fabricação do produto, não havendo estoque de componentes e de produtos acabados. Uma parcela dos pedidos é realizada por meio de representações especializadas, uma vez que as especificações dos produtos possuem alto grau de complexidade, dirigidos a clientes específicos.

De acordo com Tubino (2007), o sistema produtivo em questão – sob encomenda – é caracterizado por um baixo volume de produção de bens, muitas vezes tendendo à unidade. Produtos inseridos neste sistema produtivo visam o atendimento de necessidades específicas dos clientes, com data específica, negociado para serem concluídos e, uma vez concluídos, o sistema produtivo dá início a um novo projeto.

Pires (1995) classifica os sistemas produtivos pelo grau com que o cliente final participa na definição do produto. Para o autor, no sistema ETO o projeto básico pode ser desenvolvido a partir dos contatos iniciais com o cliente, mas a etapa de detalhamento e produção só se inicia após o recebimento formal do pedido. A interação com o cliente costuma ser intensiva e o produto está sujeito a algumas modificações, mesmo durante a fase de produção. Num sistema ETO, os produtos geralmente não são um de cada tipo, porque usualmente são projetados a partir de especificações básicas. Os tempos de entrega tendem a ser de médio a longo prazo, e as listas de materiais são usualmente únicas para cada produto.

Lins (1990), ao discorrer sobre o processo de competição entre as empresas do setor, chama a atenção para a existência de um elevado número de empresas fabricando os mesmos tipos de equipamentos, o que acaba gerando um excesso de capacidade, e com isso enfraquecendo o poder competitivo dessas empresas.

O processo de consolidação de uma negociação do produto em questão inicia-se, normalmente, com consultas feitas pelos clientes, que solicitam uma proposta técnica-comercial de fornecimento contendo a especificação detalhada do produto, preço de venda, forma de pagamento e financiamentos, prazo de entrega e outras informações que variam em função da natureza do fornecimento. A partir de formação do custo com base na lista de materiais do produto com as características especificadas pelo cliente, é gerado o preço de venda pelo gestor responsável pela área.

Muitas vezes a consulta realizada pelo cliente contempla a cotação de mais produtos, já que a empresa estudada dispõe de outros produtos deste mesmo segmento de mercado em sua carteira, bem como mais de uma cotação do mesmo produto, apresentando variações em sua especificação.

Uma vez consolidada uma encomenda, compete ao departamento de projetos realizar o detalhamento e à área de produção realizar o planejamento, programação e o controle da produção, tendo como referência o prazo de entrega prometido ao cliente. Muitas vezes estas atividades podem exigir uma administração complexa, tendo em vista a individualidade do projeto do produto, sequências diferentes de fabricação e emprego de grande quantidade de componentes que competem pelo uso da estrutura de produção com atividades requeridas por outros produtos.

A atividade de planejar e controlar a produção de empresas que fabricam sob encomenda é bastante diferente daquela de uma empresa que trabalha com produtos padronizados. Conforme Tubino (1997), no caso de produtos padronizados, pode-se iniciar a produção com base em uma previsão de vendas e equilibrar as vendas realizadas com o nível de estoques, enquanto na produção sob encomenda, o planejamento e controle da produção espera a manifestação do cliente antes de agir. Na produção sob encomenda, o planejamento da produção é desenvolvido baseando-se nas encomendas dos clientes e não em previsão de vendas, situação esta que leva a frequentes replanejamentos decorrentes de novas encomendas que são acrescentadas à carteira de pedidos.

O ambiente de produção sob encomenda é caracterizado pela diversidade de produtos que podem ser trabalhados com a mesma estrutura produtiva. A estrutura de manufatura é voltada para atender vários produtos ao mesmo tempo, é conhecida como *job-shop* ou layout funcional, a qual, segundo Tubino (2007) proporciona devido à sua natureza a ocorrência dos desperdícios enumerados por Shingo.

O modelo atual de produção do torno desfolhador, que faz com que a matéria-prima se transforme em produto acabado de forma programada, é a produção empurrada. O modelo de produção empurrada não considera o fluxo contínuo de produção como algo importante para o processo. Neste sistema onde o fluxo dos materiais não é relevante, a produção acontece de forma isolada em cada máquina. Os operadores recebem uma lista do que deve ser produzido durante o seu turno, realizam a produção e “empurram” as peças para a etapa seguinte do processo, independente da situação a jusante.

Segundo Tubino (2007) empurrar a produção significa elaborar periodicamente um programa de produção completo, para atender a um plano de longo prazo, desde a compra de materiais até a montagem do produto acabado, e transmiti-lo aos setores responsáveis através da emissão de ordens de compra, fabricação e montagem. Lista-se abaixo uma série de problemas que a atual gestão da produção do torno desfolhador encontra no seu ambiente de manufatura:

- Atrasos de fornecedores internos, principalmente provenientes dos processos de guilhotina, oxicorte e usinagem;
- Atrasos de recebimento de matéria-prima e fornecedores externos de equipamentos;
- Elevado *lead time* total de manufatura;
- Grande variabilidade no *lead time* total de manufatura;

- Elevado tempo de espera de lotes entre as operações;
- Excesso de movimentação de materiais e energia;
- Atrasos nas solicitações de alterações e revisões de desenho;
- Processos não sincronizados;
- Atrasos de montagem em decorrência de sequência de montagem com pouca eficácia, proporcionando o atraso na chegada de peças que deveriam ser montadas antes, ou a chegada antecipada de peças que deveriam ser montadas depois;
- Atrasos de montagem em decorrência de operador com pouca qualificação técnica;
- Planejamento e controle de montagem com pouca eficácia, planejamento não funciona na prática;
- Programação dos recursos e sequenciamento da produção dependente da experiência das pessoas (programadores em nível de “chão de fábrica”);
- Nível de estoque descontrolado;
- Alta variabilidade de componentes;
- Algumas peças manufaturadas chegam até a montagem fora de especificação e necessitam ser retrabalhadas ou substituídas;
- Deficiência de controle de qualidade e estatística;
- Arranjo físico e disposição dos recursos desfavoráveis;
- Falta de conhecimento da dinâmica do sistema por parte dos operadores;
- Operadores necessitam se deslocar de sua área de trabalho para transportar peças, assumindo dupla função;

Tendo em vista as inúmeras dificuldades do sistema atual de manufatura e a significativa quantidade de desperdícios, este trabalho tem por objetivo implementar melhorias no sistema de manufatura do produto torno desfolhador, através dos conceitos de manufatura enxuta e a aplicação de seus métodos, visando reduzir ou eliminar esses desperdícios.

Picchi (2004) postula que as transformações *lean* iniciadas na manufatura rapidamente ficam limitadas quanto à sua eficiência, custo e qualidade do produto. Eis um desafio a ser superado, já que segundo o autor, produtos difíceis de montar, peças não padronizadas, variedade desnecessária, grande variedade no início do processo, equipamentos

pouco flexíveis e fornecedores inadequados são fatores causadores desta limitação.

### 3.3 ESTRUTURA DE IMPLANTAÇÃO

O estudo da filosofia de produção sob ótica de manufatura enxuta, na empresa estudo de caso, se trata de um novo paradigma para a organização. A *priori* não havia sido implementado STP em alguma área da organização, logo este projeto passa a ser caracterizado por um novo programa, chamado de manufatura enxuta. Para tanto, o ponto fundamental no processo de convencimento e partida do programa perante os gestores, foi o fato de que, a criação de um cenário de manufatura enxuta, aplicando o MFV com o objetivo de revelar desperdícios, propor e implementar melhorias, contribuiriam para um salto no desempenho da produção e estariam envidando esforços para atingir a meta anual de produtividade para o chão de fábrica – aumento de 30% de produtividade, estabelecida pelos mesmos.

A maioria dos problemas nas empresas não são estruturados, não são situações claramente definidas. O que existe no mundo real são situações complexas e não estruturadas para as quais não existem soluções prescritas [...] quando analisamos uma situação complexa, analisando partes da mesma isoladamente, perdemos o verdadeiro significado, a verdadeira explicação do fato: as interações existentes entre as partes que enxergamos isoladas e tentamos resolvê-las separadamente (MACKE, 1999).

Foi necessário elaborar um modelo de estrutura de implementação, com o intuito de estabelecer uma estratégia, nortear o caminho e fornecer os recursos de suporte ao processo encaminhamento do programa. A Figura 12 mostra o modelo da estrutura proposta, na qual é possível observar as etapas de implementação, relacionadas às principais atividades necessárias para concluí-las.

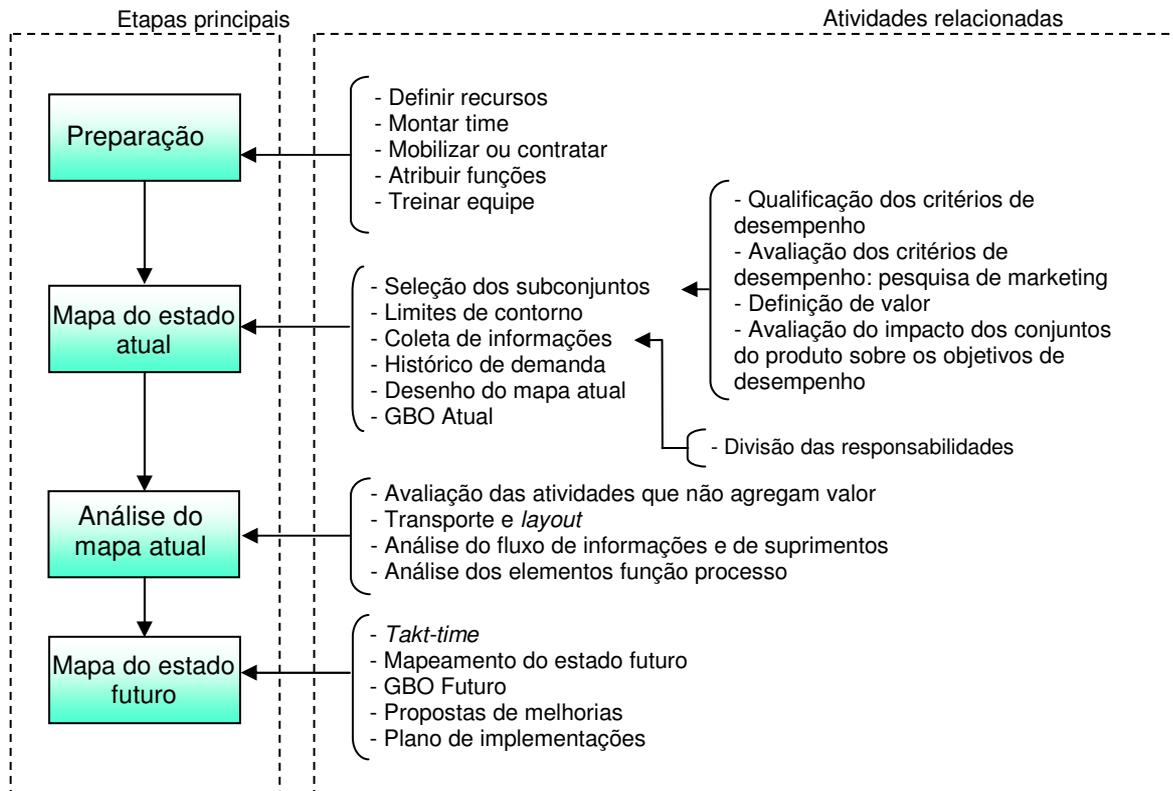


Figura 12 – Estrutura de implementação do programa de manufatura enxuta.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As principais etapas da implementação tratam da aplicação do MFV conforme os passos abordados por Rother e Shook (2003) e a parte de preparação e planejamento forma uma base sólida para o bom desdobramento do programa. Foi necessário definir recursos humanos, tecnológicos e de materiais, estabelecer um programa de qualificação a fim de promover o processo de mudanças e implantação de forma estruturada e fortalecida.

Os resultados da aplicação do MFV, bem como de outras ferramentas do *lean*, são atingidos por meio da participação das pessoas, e portanto deve haver uma preocupação com essas pessoas. Assim, foi necessário fornecer aos colaboradores conhecimento, suporte, estímulo à criatividade, estabelecer metas, acompanhar, cobrar resultados, prazos e excelência.

### 3.4 PREPARAÇÃO

Nos itens a seguir é detalhada a fase de preparação, na qual são abordados os tópicos relacionados às seguintes atividades da estrutura de implementação: definir recursos, montar time, mobilizar ou contratar, atribuir funções e treinar a equipe.

#### 3.4.1 Recursos necessários

A fim de desenvolver o trabalho de forma planejada e alcançar os objetivos de maneira eficiente, torna-se necessária a definição dos recursos necessários para a pesquisa. Tais recursos provenientes da universidade, da empresa onde o trabalho foi desenvolvido e do autor, principalmente no que diz respeito ao material didático e as pessoas que formarão a equipe de trabalho:

- Cronômetros;
- Material de pesquisa como dissertações, livros e manuais;
- Computador com software de planilhas de dados e impressora;
- Internet com acesso a páginas de periódicos;
- Bibliotecas;
- Infra-estrutura de treinamentos: sala de treinamentos, recursos áudio-visual, material didático;
- Duas pessoas da empresa para auxiliar diretamente no trabalho de mapeamento das peças.

### 3.4.2 Formação da equipe

A fim de criar uma estrutura de suporte ao processo de implementação do MFV, foi necessário montar um time multifuncional. Os integrantes foram selecionados, e algumas funções foram atribuídas a eles, com autoridades e responsabilidades, de acordo com a competência do colaborador, de modo a obter uma melhor contribuição para o desenvolvimento do trabalho. O time multifuncional deve conter vários membros com formação e conhecimentos diferentes. Além desta característica, o time deve conter membros de diversos níveis da organização.

Howardell (2004) *apud* Pizzol e Maestrelli (2004) destacam que há três esferas que auxiliam a empresa na implementação do que eles chamam de “*Lean Enterprise*”, e também se aplicam às características individuais as quais os membros do time multifuncional devem possuir: experiência, conhecimento e habilidade.

Observados os aspectos ambientais da empresa, como capacidade, experiência, interesse e custo, pode-se negociar a mobilização de colaboradores internos, de maneira a formar um “time paralelo”. Cohen e Bailey (1997) *apud* Rentes (2000) definem times paralelos como “pessoas de diferentes unidades de trabalho, agrupadas para realizar funções que a estrutura organizacional comum não está equipada para realizar adequadamente - estas estruturas existem em paralelo com a estrutura organizacional formal”.

Alguns autores, como Hutton (1994) *apud* Menezes (2003b), destacam a necessidade de criação de alguns papéis, tais como o patrocinador, que é o “primeiro homem”, introduzindo a organização no processo de mudança. O patrocinador deve ter legitimidade para tal função e garantir os recursos necessários para atingir os objetivos. Hutton (1994) *apud* Menezes (2003b) sugerem ainda o papel do líder do projeto, que é responsável por gerenciar operacionalmente e orquestrar o plano de transformação.

Além disso, Rother e Shook (2003) destacam que pode ser necessária também a figura de um “*Sensei*” para ajudar com sua experiência. Normalmente um consultor independente, que auxilia na condução do processo, fornecendo o treinamento necessário e auxiliando no processo de planejamento junto com o agente de mudança. Segundo o Léxico Lean (2003), *Sensei* significa professor em japonês. Usado pelos pensadores *lean* para denotar um mestre em conhecimento *lean*, resultante de anos de

experiência em transformar o *gamba* local, no qual o trabalho é realizado. O *sensei* deve também ser um professor que inspire seus alunos e cujos ensinamentos devem ser fáceis de entender.

Segundo a abordagem PMBoK (PMI, 2004), as atividades de formação da equipe podem variar desde um item de pauta de cinco minutos, em uma reunião de avaliação do andamento, até uma experiência externa com facilitadores profissionais. Tais atividades são importantes para estimular a comunicação, devido à sua função no desenvolvimento da confiança e no estabelecimento de boas relações de trabalho, de forma a aprimorar as relações interpessoais.

Para a implantação ocorrer de forma estruturada, foram necessários tanto recursos humanos dedicados aos trabalhos de levantamento de informações, bem como à qualificação e coordenação, como pessoas chave para a entrada de informações no programa. Para tanto, o time multifuncional foi dividido em dois grupos, denominados diretos e indiretos, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Time multifuncional.

Diretos	Indiretos
Mapeador 1	Engenheiro de projetos
Mapeador 2	Gerente de vendas
Mapeador 3 / Gerente de Fluxo de Valor / Líder	Planejador de recursos de materiais
Chefe de PCP	Gerente de compras
Gerente Industrial	Controle de recebimento
Supervisor de Usinagem	Professor UFSC
	Operadores

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os integrantes do grupo denominados diretos são as pessoas responsáveis pela condução da aplicação (tal grupo também pode-se chamar de grupo de transformação). Os resultados e o sucesso da implantação da ferramenta irão depender fundamentalmente do desempenho destes papéis. Estes receberam treinamentos e tarefas, tiveram suas responsabilidades e atribuições específicas.

Os três colaboradores designados mapeadores tiveram papel fundamental na primeira etapa do programa, a qual tende a ser mais trabalhosa. A função destes é percorrer o fluxo de valor de forma a realizar

a coleta e o registro das informações dos elementos básicos de análise dos processos, que formará a base de dados para a elaboração do mapa atual.

A função do gerente industrial é desempenhar um papel estratégico de patrocinador, de forma a garantir o processo de mudanças efetivas através do seu envolvimento e comprometimento. Ferro (2003) postula que a priorização das ações e a determinação das medidas de ganho, sem envolvimento da alta administração podem ser imprecisas, tornando as propostas muito menos interessantes do que poderiam ou deveriam realmente ser.

Rother e Shook (2003) e Rentes *et al.* (2004) destacam que muitas pessoas são envolvidas na implementação enxuta, e todas precisam entender o mapeamento do fluxo de valor. No entanto, os autores frisam o papel do líder, pois o mapeamento em si e a equipe de implementação do estado futuro precisam ser liderados por uma única pessoa, alguém que enxergue através das fronteiras dos fluxos de valor de uma família de produtos e que faça as coisas acontecerem.

O autor desta dissertação encarregou-se do papel de gerente de fluxo de valor, atuando como líder do projeto, entretanto, na primeira etapa, também assumiu o papel de mapeador, frente à coleta das informações para elaboração do mapa do estado atual.

O gerente do fluxo possui a responsabilidade de entender o fluxo e as melhorias necessárias. O gerente de fluxo deve ter autonomia para fazer as mudanças necessárias no processo produtivo, por isso é interessante que esta pessoa esteja ligada à autoridade máxima da unidade produtiva (SHOOK, 1999 *apud* LUZ E BUIAR, 2004).

O Lean Enterprise Institute (1999) *apud* Pizzol e Maestrelli (2004) relacionou algumas responsabilidades que são aplicáveis ao gerente de fluxo de valor. Pizzol e Maestrelli (2004) estudaram o MFV aplicado à fase de pré-implementação de novos produtos. Foi possível relacionar algumas responsabilidades descritas pelos autores, e adaptá-las ao gerente de fluxo de valor do presente estudo de caso:

- Definir os produtos que fazem parte da mesma família, definido assim a família de produtos;
- Assegurar que o MFV seja criado do início ao fim, envolvendo todos os processos;
- Preparar o Estado Futuro de implementação empregando técnicas de manufatura enxuta, identificando e eliminando os desperdícios;
- Criar e liderar o plano de ação para a implementação do Estado Futuro;

- Mobilizar e liderar as pessoas que estão envolvidas na atividade do mapeamento, para a realização das mudanças necessárias para a implementação do programa;
- Contar com o comprometimento da alta gerência nos momentos críticos do plano de ação e ter liberdade de tomada de decisão.

Segundo o Lean Enterprise Institute (1999) *apud* Pizzol e Maestrelli (2004), o gerente do MFV deve ser capaz de visualizar o mapeamento de uma perspectiva ampla e entender as restrições do sistema, sendo capaz de destacar os assuntos críticos do processo. O gerente do MFV não deve focar na sub-otimização das partes do fluxo de valor, mas sim concentrar-se na melhoria de todo o sistema. Para os autores, o gerente de fluxo de valor deve ser selecionado observando-se primeiramente a personalidade do indivíduo. Deve possuir habilidade para convencer e motivar outros indivíduos para realizar o melhor pela empresa. Ser um bom comunicador, com o objetivo de compartilhar as mudanças e aperfeiçoamentos realizados e assim adquirir credibilidade pessoal e do processo de mudança. Em segundo lugar em termos de importância, está o conhecimento das técnicas enxutas, conhecimento esse que deve preferivelmente ter sido adquirido na própria empresa. E em último plano, o gerente deve ser um conhecedor dos fluxos de material e informação dos processos correntes.

Ferro (2003) afirma ainda que é preciso que o gerente de fluxo se envolva diretamente com o mapeamento, caminhe pessoalmente pelos fluxos de valor e apóie as atividades explicitamente. Para o autor isso garante a relevância do estado futuro à alta administração, que deverá estar familiarizada com a nova linguagem e conhecerá bem o estado atual para cobrar os resultados da implementação do estado futuro.

Ao estabelecer metas, fazem-se necessárias algumas avaliações do andamento do processo. Como parte do gerenciamento, foi necessário compartilhar encontros de *follow-up* periódicos, discutindo as dificuldades, acompanhando o cronograma, realizando um *feedback* dos resultados parciais ao patrocinador do programa e revelar oportunidades de identificar desvios e tomar as ações corretivas, de forma a retomar os objetivos inicialmente propostos. Os encontros foram realizados em horários alternados, visando não interferir no horário atual dos colaboradores, sendo que estes também possuem alguns encontros de rotina, referente às suas funções.

Já os integrantes do grupo denominado de indiretos, pessoas chave para o desdobramento da pesquisa e a implantação do projeto, embora não

participam do programa de qualificação, dos encontros de *follow-up*, do levantamento de informações e do desenho dos mapas, servem de apoio para o *input* de informações de vital importância. Suas informações são importantes para definir as necessidades do cliente, formação do conceito de valor, informações sobre o projeto do produto em questão e colaboração para o registro do fluxo de informações.

### 3.4.3 Programa de qualificação

Como uma atividade pró-ativa a fim de desenvolver a habilidade e a capacidade necessária dos integrantes do time, foi necessário desenvolver um plano de treinamento como parte do programa de implementação.

O treinamento inclui todas as atividades criadas para aprimorar as competências dos membros da equipe do projeto. O treinamento pode ser formal ou informal. Exemplos de métodos de treinamento incluem o uso de sala de aula, treinamento on-line, baseado em computador, no trabalho oferecido por outro membro da equipe do projeto, aconselhamento e orientação (PMI, 2004).

Aplicar as técnicas lean em oficinas especializadas requer mais do que apenas pendurar alguns impressos coloridos no quadro e ocasionalmente perguntar aos trabalhadores o que eles pensam sobre algo. É necessário reservar um tempo para ensinar as pessoas a pensar criticamente sobre seus esforços individuais e para todos os processos (HARRIS, 2007).

Além de treinamento para capacitação, foi necessário abordar os princípios de manufatura enxuta, de forma a “converter” o time à filosofia *lean*. Por se tratar de um trabalho inovador na empresa em questão, muitos colaboradores desconheciam os conceitos e técnicas de manufatura enxuta. O correto entendimento dos princípios enxutos, e a boa assimilação do colaborador quanto ao seu papel no processo de implantação, tornam-se fundamentais para maximizar o potencial do time na obtenção de bons resultados.

O bom entendimento dos objetivos do programa também contribui para o processo de envolvimento das pessoas, partindo do fato que há uma tendência natural do ser humano em resistir aos processos de mudança. As pessoas também podem se sentir ameaçadas perante um modelo de trabalho

diferente ao qual estão habituadas. Estas possibilidades devem ser consideradas e devidamente tratadas.

Segue abaixo, de maneira generalizada, os principais tópicos e conteúdos abordados no programa de qualificação, o qual foi ministrado pelo líder do projeto:

- **Proposta de trabalho:** Apresentação da proposta de trabalho aos gestores com plano de trabalho e principais contribuições;
- **Mecanismo Função Produção:** Conceitos e definições, detalhamento dos elementos função produção;
- **Manufatura enxuta:** Princípios, objetivos, técnicas e ferramentas associadas;
- **Perdas:** Conceituação das perdas nos processos produtivos;
- **Mapeamento de fluxo de valor:** A essência do MFV e etapas do mapeamento conforme abordagem de Rother e Shook (2003), adaptada ao presente estudo de caso;
- **Folha de mapeamento:** Capacitação e habilitação dos mapeadores quanto ao acompanhamento do fluxo de valor e registro das informações sob perspectiva do MFP;
- **Encontros de *follow-up*:** Apresentação parcial dos resultados e realimentação dos objetivos da capacitação a partir de dificuldades mensuradas;
- **Apresentação final:** Apresentação dos resultados e incentivo à continuidade do programa para implantação e ampliação para outras áreas da manufatura e outras áreas do negócio;

### 3.5 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL

#### 3.5.1 Seleção dos subconjuntos do produto

Sob o ponto de vista de manufatura enxuta, deve-se conhecer o que é valor para o cliente, e melhorar efetivamente o que realmente lhe faz diferença. A partir desta perspectiva, foi definida uma estratégia de seleção de subconjuntos para selecionar adequadamente os subconjuntos do produto a serem mapeados, e assim, não correr o risco de mapear alguma parte do produto, do qual poderá agregar valor algum ao cliente.

Na mesma linha de pensamento, Power (2011) postula que nem todas as organizações usam a mesma abordagem para a criação de valor para o cliente, nem devem fazer isso. Ter uma estratégia clara ajuda uma organização a focar seus esforços. Para Power (2011), uma estratégia é eliminar ineficiência e desperdícios, fornecendo serviços consistentes e confiáveis de baixo custo. O autor acrescenta ainda que há mais duas estratégias: adequar as ofertas para cada cliente, baseando-se no conhecimento profundo de suas necessidades únicas, e oferecer produtos e serviços de ponta, tecnicamente inovadores.

É fundamental haver clareza nas definições de valor do produto pela ótica do consumidor, caso contrário poder-se-á correr o risco de melhorar um fluxo de valor que para o consumidor final venha a ser algo que ele efetivamente não deseja (ROTHER E SHOOK, 2003).

Mapear todos os fluxos de valor de uma organização pode ser um exercício relevante. Muitos ficam apaixonados pela ferramenta e a aplicam amplamente, mapeando tudo. Mas muito mais importante e, em verdade, a única coisa que importa, é a ação concreta na implementação dos estados futuros definidos. Como os recursos são limitados, inclusive o tempo dos responsáveis pelo mapeamento, mapear por mapear não é uma estratégia válida (FERRO, 2003).

O produto em questão se trata de um equipamento que possui uma ampla gama de peças. Os componentes terceirizados, comerciais e manufaturados, somam mais de 400, que são montados em 10 subconjuntos. Estes formam a estrutura de produto do conjunto de montagem torno desfolhador.

Conforme Nazareno (2003), o mapeamento por conjunto (peças submontadas) deve ser utilizado quando o produto apresenta uma grande quantidade de conjuntos e subconjuntos a serem montados. Neste caso, a representação de todo o sistema produtivo da empresa em um único mapa pode comprometer a identificação de desperdícios e monitoramento das ações planejadas e a serem implementadas. Com isso, existe a necessidade de se elaborar um mapa para cada conjunto. Entretanto, no primeiro momento é aconselhável que se mapeie apenas os conjuntos mais representativos do produto. Estes conjuntos podem ser aqueles que contenham o maior número de componentes, o maior *lead time* de fabricação e submontagem, a maior incidência de paradas de linha por falta

do mesmo, dentre outros fatores cuja importância relativa irá depender de cada empresa.

Sendo impraticável o mapeamento de todos os subconjuntos do produto, foi necessário realizar a seleção de apenas alguns subconjuntos. Através da qualificação dos critérios de desempenho na organização, pode-se determinar quais são as necessidades de melhoria no processo produtivo do produto em questão, e relacioná-las com os subconjuntos do produto. A Figura 13 ilustra a linha de pensamento estabelecida, a fim de responder algumas questões chave: Quais subconjuntos devem ser escolhidos para serem mapeados? Como a implementação de um mapa futuro poderá efetivamente contribuir para a redução de desperdícios? A base para formulação destas respostas deve ser a definição do conceito de valor através da qualificação dos critérios de desempenho da organização.

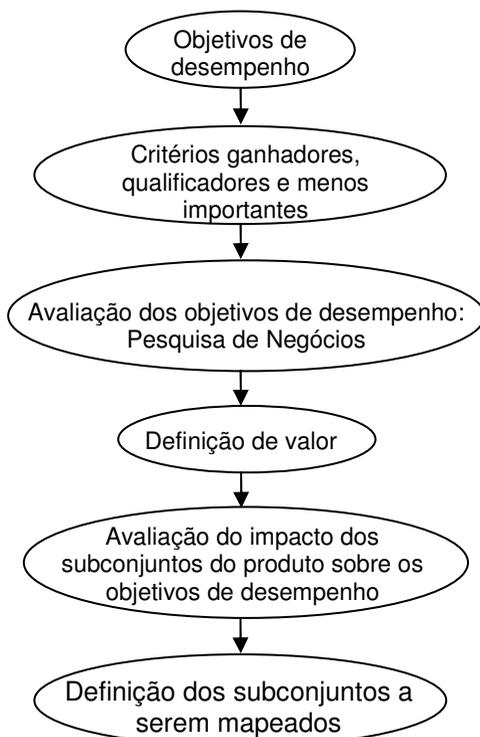


Figura 13 – Conceito de seleção dos subconjuntos a serem mapeados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De forma a encarar o MFV do produto, como uma fonte de vantagem competitiva, os planos de manufatura devem estar integrados à estratégia corporativa, e para tanto a escolha dos subconjuntos a serem mapeados devem estar alinhados com os objetivos de negócio da organização. As necessidades dos clientes, influenciadas pelas ações dos concorrentes, constroem o conceito de valor, para a qual a estratégia corporativa deverá estar coesa.

[...] a chave para o desenvolvimento de uma estratégia de produção está em compreender como criar ou agregar valor para os clientes. Especificamente, o valor é agregado através da prioridade ou das prioridades competitivas que são selecionadas para uma determinada estratégia (DAVIS et al., 2001).

#### **Avaliação dos critérios de desempenho e pesquisa de marketing.**

A avaliação dos objetivos de desempenho visa orientar os trabalhos no sentido de desenvolver melhorias de acordo com o que o cliente realmente necessita.

Com objetivo de conhecer o conceito de valor do ponto de vista do cliente, atendendo ao primeiro princípio enxuto proposto neste trabalho, foi necessário avaliar os objetivos de desempenho do torno desfolhador. Para tanto, foi realizado um estudo junto ao departamento de vendas da empresa.

O estudo, de caráter empírico, foi conduzido pelo gestor da área, que usou indicadores mercadológicos relacionados ao negócio do produto, dos quais destacam-se: índice de satisfação dos clientes, indicadores de pós-vendas, ações dos concorrentes, análise de estatísticas, entrevistas e *workshops*. Avaliou-se assim o desempenho alcançado pelo produto, relacionando-o com as exigências do mercado.

Através das análises dos resultados, alinhados com a alta organização da empresa, pode-se sistematizar os resultados e ilustrar a avaliação dos critérios de desempenho em forma de representação polar, conforme mostra a Figura 14.

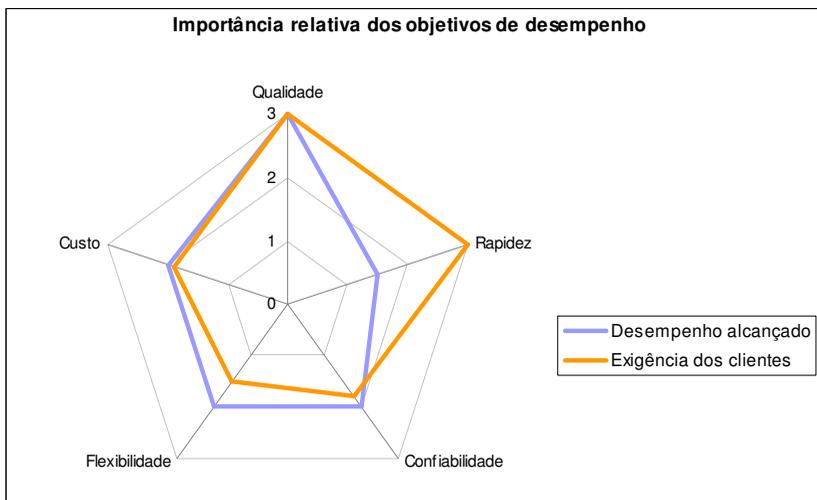


Figura 14 – Importância relativa dos objetivos de desempenho.  
Fonte: Empresa estudo de caso.

Através do gráfico da figura 14 pode-se obter a classificação da importância de cada objetivo de desempenho, destacada pelos clientes atuais e potenciais, em relação aos objetivos de desempenho alcançado pela organização.

Através da classificação da importância dos objetivos de desempenho, pode-se concluir que, sob ponto de vista do cliente, os objetivos de rapidez e qualidade possuem acentuada significância em relação aos demais, logo, estes foram classificados como critérios ganhadores de pedidos. Entretanto o desempenho da organização quanto ao quesito rapidez, não está atendendo a exigência dos clientes, e por este pretexto, há uma grande perda de *market share* de produtos do segmento de tornos desfolhadores. O objetivo de qualidade possui excelente desempenho, alcançando as expectativas dos clientes, já os objetivos de custo, flexibilidade e confiabilidade foram considerados secundários, não justificando a concentração de esforços imediatos.

A qualidade do produto de bem de capital está relacionado com a qualidade do produto final o qual ele produz. Segundo a ABIMCI (2010), nos últimos anos, o compensado, que tem como principal matéria-prima a lâmina de madeira, tem enfrentado períodos de grande competitividade gerados pelo avanço de outros painéis de madeira no mercado. Por este motivo, é importante considerar medidas que venham a melhorar a

competitividade do produto, colocando-o em igualdade de condições com esses painéis de madeira. Em virtude destes fatos, clientes que adquirem tornos desfolhadores passaram a observar o equipamento, sob aspecto criterioso, sendo que aumentos de produtividade, qualidade da lâmina e diminuição dos custos operacionais estão entre as principais características. Isto justifica a exigência dos clientes pela qualidade.

A Tabela 2 embasa a pesquisa de vendas, e demonstra como as ações dos concorrentes influenciam no objetivo de desempenho rapidez, pois o conceito de valor para o cliente, sob o ponto de vista da estratégia corporativa da organização, é influenciado pelas ações dos concorrentes. A tabela mostra a relação de alguns fabricantes concorrentes do produto em questão, sendo que os fabricantes que possuem prazos de entrega menores, ocupam uma grande parcela do mercado atual. De acordo com Slack (2007), em um contexto estratégico, as medidas de desempenho somente adquirem significado quando comparadas com o desempenho dos concorrentes.

Tabela 2 – Desempenho do objetivo de rapidez de fabricantes concorrentes.

Fabricante	Origem	Prazo de entrega [dias]
Fabricante I	Nacional	0 (Pronta entrega)
Fabricante II	Nacional	50
Fabricante III – Estudo deste trabalho	Nacional	70
Fabricante IV	Nacional	90
Fabricante V	Importado	300

Fonte: Elaborado pelo autor.

Lins (1990) *apud* Megliorini e Guerreiro (2004), a fim de justificar a definição de valor para o cliente no contexto de ambiente concorrencial, enfatiza que em geral, as empresas fabricantes de bens de capital sob encomenda operam com uma linha diversificada de produtos e possibilita a existência de um elevado número de empresas fabricando os mesmos tipos de equipamentos. Isto acaba gerando um excesso de capacidade, provocando com isso o enfraquecimento do poder competitivo no setor.

### **Definição de valor: critérios ganhadores de pedido.**

A Tabela 3 apresenta a “Matriz impacto dos subconjuntos do produto nos objetivos de desempenho”, na qual pode-se cruzar os principais

subconjuntos de montagem do produto com os objetivos de desempenho da organização. Os cruzamentos marcados com “X” indicam que as características produtivas do subconjunto afetam diretamente o objetivo de desempenho. Desta forma, foi possível identificar os subconjuntos que não estão atendendo as exigências dos clientes no objetivo de desempenho rapidez - Rolo de tração e Rolo contra-faca - e dar sentido coerente aos objetivos da organização e necessidades específicas dos clientes à seleção dos subconjuntos. Desta forma, a implementação do MFV e seu plano de implementações podem definir uma direção para que os esforços se tornem, de fato, um potencial de agregação de valor e vantagem competitiva.

Tabela 3 – Matriz impacto dos subconjuntos do produto nos objetivos de desempenho.

		Objetivos de desempenho				
		Qualidade	Rapidez	Custo	Confiabilidade	Flexibilidade
Subconjuntos do produto	Rolo de tração	X	X	X		
	Rolo contra-faca	X	X			
	Guilhotina	X		X	X	
	Faca			X		
	Estrutura superior					X
	Base			X		X
	Acionamentos		X		X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas informações de programação da produção do torno desfolhador, foi possível elaborar um cronograma de fabricação, representado em um gráfico de *Gantt*. As barras da Figura 15 indicam as datas de início e finalização das atividades de fabricação e montagem, MP (Matéria-Prima) e PA (Produto Acabado) respectivamente, do conjunto torno desfolhador e de seus principais subconjuntos.

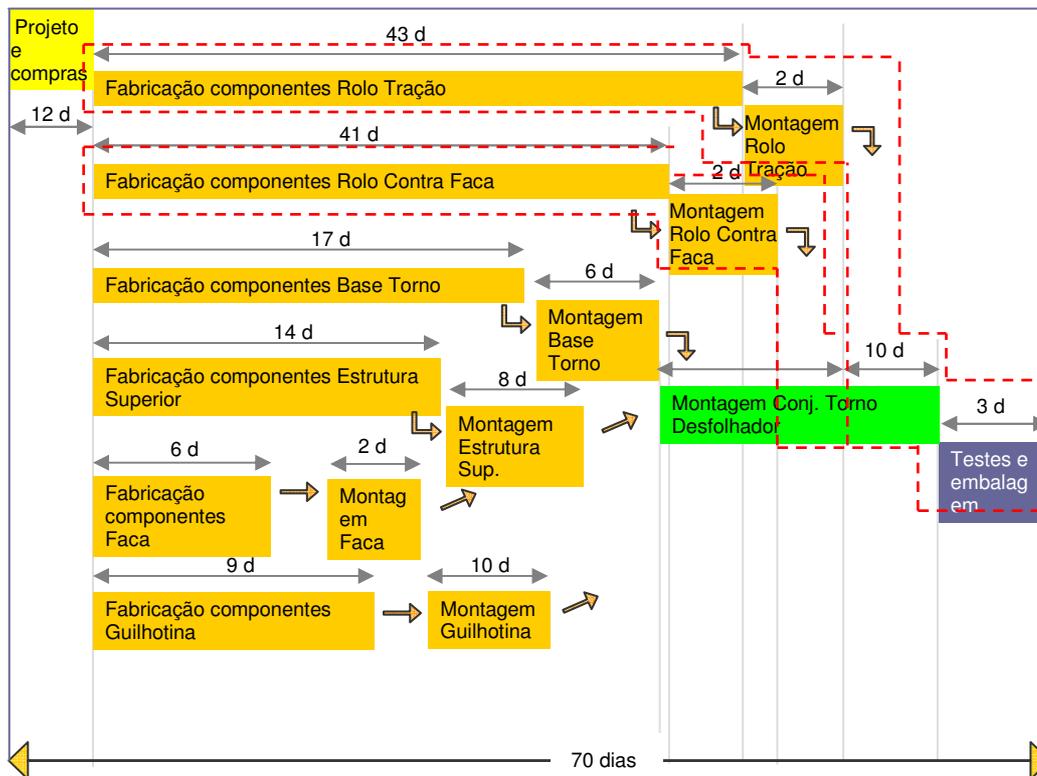


Figura 15 – Cronograma de fabricação do produto.

Fonte: Empresa estudo de caso.

Através da análise dos caminhos dos subconjuntos que formam as ramificações do conjunto de montagem geral do produto, foi possível traçar um caminho crítico (linha vermelha tracejada), de modo a determinar os caminhos com os maiores *lead times* de produção. Tão logo foi possível observar que os conjuntos Rolo de tração e Rolo contra-faca possuem *lead times* elevados, impactando diretamente no *lead time* total de fabricação do produto.

Através da linha de pensamento desenvolvida, observou-se que os critérios ganhadores de pedido têm relação direta com os conceitos de valores definidos pelo cliente. A seleção adequada dos subconjuntos foi possível graças ao método proposto, o qual priorizou os conceitos de valor. Pois o simples fato de estar potencializando a agregação de valor ao produto em sua manufatura, não determina necessariamente se a agregação de valor é ganhadora, qualificadora ou menos importante.

Adicionalmente, foi possível observar que a classificação da importância dos critérios de desempenho demonstrou claramente tendências do comportamento dos consumidores da sociedade moderna, os quais buscam produtos customizados, de alta qualidade e que sejam entregues rapidamente em suas mãos. Tais características reforçam a ideia de que os processos de manufatura e sua cadeia de suprimentos devem responder rapidamente às necessidades dos clientes, principalmente através da redução do *lead time*.

### **3.5.2 Limites de contorno do mapeamento**

O fluxo foi construído no nível “porta-a-porta” da fabricação dos subconjuntos em questão, ou seja, iniciando-se pela porta de entrada (matéria-prima) no setor de recebimento, passando pelos seus processos de transformação como corte, dobra, tratamento térmico, torneamento até sua finalização (produto acabado) onde o subconjunto se encontra acabado a disposição de seu cliente, que é a montagem final do conjunto principal do torno desfolhador.

Observa-se na Figura 16 o limite de contorno do MFV para os subconjuntos selecionados. Não foi mapeado o conjunto principal de montagem do produto, testes e operações logísticas de entrega do produto ao seu destino final – a planta do cliente.

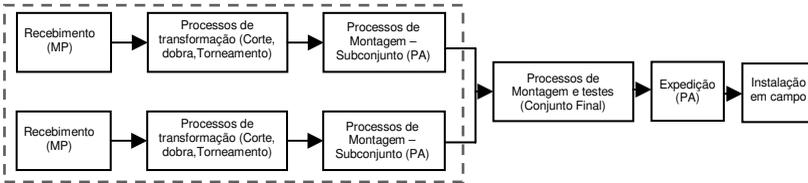


Figura 16 – Limites de contorno do MFV.

Fone: Elaborado pelo autor.

O plano de implementações do mapa futuro está direcionado ao processo de manufatura do produto, entretanto as sugestões de melhorias podem ter abrangência no restante da cadeia produtiva. Neste contexto, podem ser considerados atributos de outras áreas do negócio, tais como: comercial, recursos humanos, projetos, sob perspectiva de estarem, de forma indireta, contribuindo com os objetivos de agregação de valor e redução do *lead time* de do fluxo de manufatura.

### 3.5.3 Registro das informações

Depois de realizada a fase de preparação, definidos os limites de contorno e realizada a seleção dos subconjuntos, deu-se o início aos trabalhos de registro das informações do fluxo de valor no nível porta-a-porta dos subconjuntos.

No âmbito do diagnóstico da situação real do fluxo de valor, que corresponde à segunda grande etapa da implantação do MFV estabelecida por Rother e Shook (2003), efetua-se o registro das informações. Após a seleção da família de produtos, é mapeado o estado atual, que servirá de base para análise e elaboração do mapa futuro e proposição de melhorias.

Foi necessário dividir a responsabilidade da coleta das informações dos dois subconjuntos a dois mapeadores, logo, o mapeador 1 ficou com o subconjunto Rolo de Tração e o mapeador 2 com o Rolo Contra-Faca. Já o mapeador 3 não teve sob a sua responsabilidade um grupo de peças específicas, mas sim sua função foi a de contribuir como pessoa de apoio aos dois mapeadores, analisar o fluxo com uma visão dinâmica e orientar os mapeadores de forma pró-ativa, sobre os processos e operações subsequentes e informações sobre eventual mudança de programação e outras informações úteis, colaborando para a organização dos mapeadores,

que por sua vez devem estar mais concentrados com cronometragem e registro de dados.

A Tabela 4 mostra a estrutura simplificada dos dois subconjuntos com a divisão das responsabilidades dos mapeadores.

Tabela 4 – Estrutura simplificada dos subconjuntos e respectivos encarregados do mapeamento.

Subconjunto	Componente	Nível	Número do desenho	Qtd.	Encarregado
Rolo de tração	Montagem Rolo de tração	0	1201	2	Mapeador 1
	Rolo de tração	1	7332	4	
	Bucha Entalhada	1	2475	4	
	Eixo Entalhado	1	2474	4	
Rolo contra faca	Montagem Rolo contra faca	0	1401	1	Mapeador 2
	Rolo contra faca	1	4139	4	
	Bucha Entalhada contra faca	1	3724	4	
	Eixo Entalhado contra faca	1	3723	4	

Fonte: Elaborado pelo autor.

De posse da estrutura do produto (torno desfolhador), este trabalho focalizou nos dois conjuntos apontados acima e seus principais componentes. O nível 0 (zero) corresponde à etapa de montagem dos conjuntos, enquanto o nível 1 (um) refere-se à fabricação de seus componentes.

Pontuada a divisão das responsabilidades, cada mapeador recebeu a relação de componentes que foram acompanhados. O comportamento dos elementos básicos de análise dos processos descrito no subcapítulo

Mecanismo Função Produção proposto por Shingo (1996), bem como algumas informações adicionais propostas por Nazareno et al. (2003) na seção 2.8.2 são as principais informações que, coletadas, foram registradas na folha de mapeamento.

A Figura 17 mostra o modelo de folha de mapeamento, onde em sua parte superior constam algumas informações da estrutura e do componente, e no corpo da folha são registrados os dados do fluxo de valor, informações dos processos e os tempos decorrentes de cada operação, necessários para a elaboração do mapa do estado atual. Também há um campo para preenchimento da distância percorrida, a fim de registrar as distâncias percorridas no transporte dos componentes entre as operações. Cada componente do subconjunto tem a sua folha de mapeamento.

FOLHA DE MAPEAMENTO										
MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR										
ANTES DAS MELHORIAS										
DATA: 05/03/2011										
Folha : 01/02										
ESTOQUE MATÉRIA PRIMA	TRANSPORTE	ESPERA DE LOTES	ESPERA DO PROCESSO	PROCESSAMENTO	INSPEÇÃO	ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO	PRODUTO: <i>Torno Desfolhador</i>		TEMPO	DISTÂNCIA
							D.P.: 12340/11			
							PRAZO DE ENTREGA: 05/05/11		Minutos	Metros
							SUBCONJUNTO: <i>Montagem rolo tração 1201</i>			
							DESCRIÇÃO DO COMPONENTE: <i>Rolo de tração</i>			
							NÚMERO DO DESENHO: 7332			
							TAMANHO DO LOTE: 8			
01	○	○	△	△	○	▽	Recebimento da matéria-prima na área de inspeção 16/3 - 10:00		1535	-
02	△	○	△	△	○	▽	Inspeção de recebimento (diâmetro e comprimento da barra) 21/3 - 8:41		15	-
03	△	○	△	△	○	▽	Transporte do lote até estoque E1 (Empilhadeira) 21/3 - 8:56		4	56
04	△	○	△	△	○	▽	Aguardando transporte até estoque E2 21/3 - 9:00		3663	-
05	△	○	△	△	○	▽	Transporte do estoque E1 até estoque E2 (Empilhadeira + Paleteira) 30/3 - 8:27		18	120
06	△	○	△	△	○	▽	Aguardando processo marcação e furo de centro 30/3 - 8:45		1005	-
07	△	○	△	△	○	▽	Marcação e furo de centro em apenas um lado da barra (punção e furadeira manual) Setup: 10 min; T/C: 11 min; T/R: 1 min 1/4 - 7:24		106	-
08	△	○	△	△	○	▽	Aguardando transporte até torno convencional TO86 1/4 - 9:10		703	-
09	△	○	△	△	○	▽	Transporte do estoque E2 até torno convencional TO86 (Paleteira Munk) 4/4 - 12:35		20	5
10	△	○	△	△	○	▽	Aguardando processamento TO86 4/4 - 12:55		118	-
11	△	○	△	△	○	▽	Processamento pré-desbaste, furo de centro lado 2, facoamento, pré-desbaste final (tomo convencional TO86) Setup: 10 min; T/C: 132 min; T/R: 16 min 5/4 - 5:35		1194	-

Figura 17 – Modelo de folha de mapeamento.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Cantidio (2009) orienta que na fase de coleta de informações do mapa atual (usando-se papel, lápis e borracha, entrevista às pessoas, verificação de registros, verificação *in loco*, acompanhamento, cronometragem, análise e registro de tudo o que será observado), existem algumas dificuldades às quais se deve dar atenção. Há uma tendência muito grande de que, ao coletar as informações, as pessoas queiram elaborar o mapa e já pensar em soluções. Segundo Cantidio (2009), isto não é aconselhável, devendo-se elaborar o mapa do estado atual somente depois de reunir as informações, tendo já base de conhecimento para a elaboração do mapa de estado futuro. O autor salienta que a vantagem do mapa futuro é que ele evita *kaizen* isolado e pontual que, embora seja importante, pode não ser significativo quando visto sob o ponto de vista do fluxo de valor.

O fluxo de valor é composto pelo fluxo de materiais e fluxo de informações, os quais são representados no mapa de fluxo de valor. No fluxo de informações em questão, todos os pontos da cadeia produtiva necessitam receber informações sobre o quê, quando e quanto devem produzir, já que se trata de uma produção empurrada. O fluxo de materiais inicia-se quando o fornecedor recebe os pedidos e envia a matéria-prima. Outra característica da produção “empurrada” é que cada sub-processo não sabe a real necessidade do cliente ou do processo subsequente. O objetivo principal consiste em produzir aproveitando totalmente a capacidade do equipamento e “empurrar” a produção à etapa subsequente, o que acaba inevitavelmente contribuindo para a geração de desperdícios.

Depois de consolidada uma negociação, a gerência de produção é informada da necessidade de produção de um torno desfolhador através de uma O.P. (Ordem de Produção) juntamente com a lista de materiais e os desenhos agregados à estrutura do produto.

A partir da lista de materiais e dos desenhos do produto que são emitidos pelo departamento de projetos, compete ao PCP planejar e programar a manufatura do produto em nível operacional (curto prazo). Atualmente a empresa possui um sistema ERP (Planejamento de Recursos Empresariais - “*Enterprise Resource Planning*”), entretanto ela não utiliza seu módulo “produção”, o qual está em fase de implantação. Há um colaborador que faz o planejamento de materiais para as ordens de produção, o qual revisa o sistema e, fisicamente, a quantidade de matéria-prima contida no estoque, comparando-a com a necessidade do produto. A partir desta verificação, o mesmo elabora uma lista de materiais para compra, chamada de ordem de compra, que é enviada por meio do ERP até

o departamento de compras, que por sua vez a transforma em pedidos de compra aos fornecedores.

A programação das ordens de fabricação e ordens de montagem são realizadas a partir de um calendário de carregamento de recursos em forma de diagrama de *Gantt*. Este calendário possui os *lead times* para as diversas tarefas a serem executadas, os quais são adaptados à nova necessidade de recursos, tendo em vista o prazo de entrega, geralmente acordado com o cliente.

Tubino (2007), ao abordar as características da programação da produção em sistemas sob encomenda, postula que o atraso na entrega de uma encomenda não só compromete a reputação de quem se dispõe a trabalhar neste segmento, como traz consigo pesadas multas contratuais. A liberação de recursos financeiros por parte do cliente muitas vezes está atrelada à conclusão de etapas da produção, e portanto eventuais atrasos podem acarretar multas para a empresa fabricante. Atualmente, estas práticas são adotadas frequentemente pelo mercado. Perdas de reputação também podem ocorrer, sendo que o *portfolio* é um importante instrumento de *marketing* neste segmento de mercado.

A grande quantidade de componentes e o uso da estrutura para produzir outros produtos tornam a elaboração do calendário uma atividade complexa. As ordens de fabricação e montagem são enviadas do PCP aos operadores. Tendo em vista o grau de complexidade do componente, algumas ordens são enviadas do PCP para os líderes de área, que as distribuem aos operadores com alguma eventual orientação.

As ordens de produção entregues pelo líder de área, as quais ordenam os processos a executarem as funções, são liberadas a fim de processar o atendimento da necessidade de uma encomenda. Visto que muitos componentes são únicos, logo o número de peças solicitadas na ordem é dimensionado para a sua fabricação.

### **3.5.4 Levantamento da demanda**

A fim de se obter as informações de demanda dos clientes para compor o mapa, foi necessário listar um histórico de encomendas de produtos de todo o ano de 2010 e dos primeiros cinco meses do ano de 2011, totalizando um período de dezessete meses.

Além do produto principal relacionado em carteira, a empresa atende a assistência técnica com *kits* de reposição para as máquinas já instaladas

que necessitam de manutenção. Há uma grande diversidade de peças e partes do produto que sofrem desgaste por utilização e necessitam de manutenção ou substituição ao longo da vida útil, dentre elas incluem-se peças avulsas dos subconjuntos rolos de tração e rolo contra faca, faca, atuadores hidráulicos, engrenagens entre outros.

O atendimento a estes componentes deve ser ágil, pois muitos clientes trabalham com seus sistemas de laminação em até quatro turnos em suas plantas, e paradas prolongadas podem acarretar grandes prejuízos financeiros. Alguns clientes que possuem técnicas mais eficazes de manutenção, como preditiva e preventiva, optam por manter tais componentes sobressalentes.

As informações para elaborar-se o histórico de demanda do produto torno desfolhador foram reunidas a partir dos registros de comercialização do departamento de vendas, já para os kits de reposição as informações foram reunidas a partir dos registros da Assistência Técnica, departamento responsável pelo atendimento ao consumidor quanto às peças de reposição.

A Figura 18 ilustra o histórico de demanda do produto no período analisado, e com esses valores foi calculada a média de encomendas mensais do produto em questão, sendo 1,24 unidades por mês. Ou seja, os clientes solicitam um produto em média a cada vinte e quatro dias. Pode-se observar que o comportamento da demanda do produto se caracteriza por um produto de baixo giro, com uma significativa variabilidade, tanto no tamanho da demanda quanto no tempo médio entre as encomendas, caracterizando-se assim por uma demanda errática e intermitente.

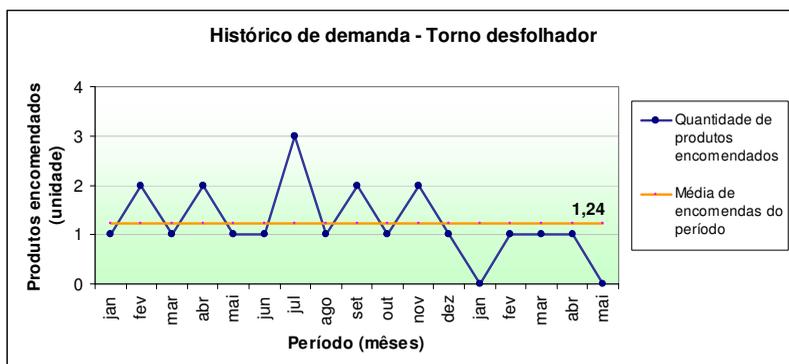


Figura 18 – Histórico de demanda produto torno desfolhador.

Fonte: Empresa estudo de caso.

Além das quatro unidades do componente rolo contra-faca que o produto torno desfolhador possui em sua estrutura, a listagem dos históricos de encomendas da Assistência Técnica mostrou que ainda são fabricados em média 1,47 unidades mensais a fim de atender os *kits* de reposição, conforme ilustrado na Figura 19.

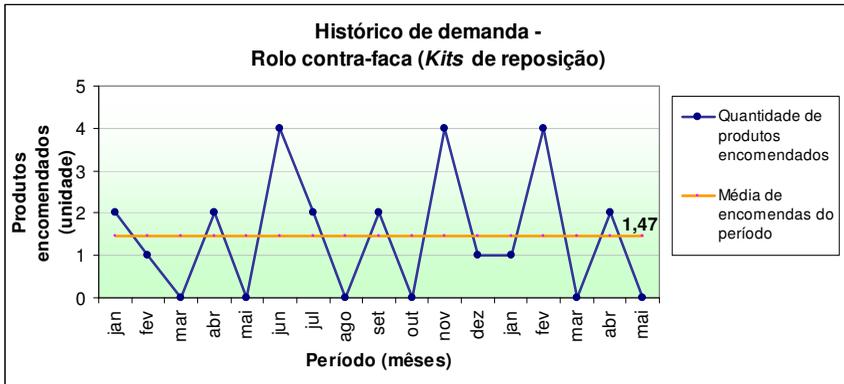


Figura 19 – Histórico de demanda rolo contra faca (*Kits* de reposição).

Fonte: Empresa estudo de caso.

Para o componente rolo tração, o histórico de demanda da Assistência Técnica mostrou que a média de fabricação mensal dos componentes no período de dezessete meses listado é de 3,94 unidades. Estes componentes são fabricados avulsos a fim de atender os clientes que solicitam peças de reposição. A Figura 20 ilustra o histórico de demanda para o período em questão. Para se obter a média total de componentes manufaturados mensalmente, devem ser considerados os oito componentes contidos na estrutura do produto Torno desfolhador.

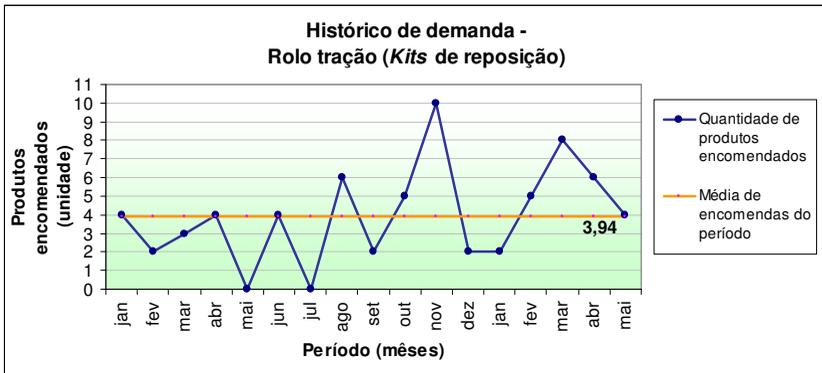


Figura 20 – Histórico de demanda rolo tração (Kits de reposição).

Fonte: Empresa estudo de caso.

A demanda para peças de reposição possui características bastante peculiares e muito diferentes das que são normalmente encontradas nos produtos. Pode-se observar nos gráficos de histórico de demanda das peças de reposição que há uma variabilidade do período entre pedidos, onde a demanda oscila entre períodos de valores nulos e não nulos caracterizando-se por um padrão intermitente na demanda. Tais padrões de demanda de peças de reposição causam uma grande dificuldade no processo gestão de estoque para atendimento aos clientes que necessitam de manutenção.

A Tabela 5 mostra o resumo dos históricos de demanda dos componentes analisados, podendo-se observar que os componentes do subconjunto rolo contra faca e rolo de tração já possuem a demanda mensal total, que é igual à demanda destes itens quando manufaturados para atender as encomendas do produto torno desfolhador, somada à demanda média quando manufaturadas a fim de atender a encomendas de reposição.

Tabela 5 – Resumo da demanda.

Produto	Demanda média mensal total [unidades/mês]	Período médio entre pedidos [dias]
Torno desfolhador	1,24	24,3
Rolo contra faca	6,4	4,7
Rolo tração	13,8	2,2

Fonte: Empresa estudo de caso.

### 3.5.5 Mapa do estado atual

Os tradicionais mapas de fluxo de valor são concebidos a partir de uma fotografia da situação atual de uma família de produtos selecionada, são registradas informações do processo a fim de se obter os tempos de agregação de valor, e é realizada uma contagem do estoque a fim de se obter o *lead time* total. Tal metodologia caracteriza-se por uma abordagem estática do fluxo de valor, já que o mapa é exibido em função de um tempo único.

O produto considerado neste trabalho possui um baixo volume de encomendas (igual a 1,24 unidades por mês), conforme visto na seção 3.5.4. Isto configura os processos responsáveis para manufaturá-lo a trabalharem em regime de intermitência ao produto, ou seja, os processos ficam aguardando o lote de uma encomenda de um cliente específico. Neste período de espera, os processos se voltam a atender as necessidades de outros produtos, já que estão inseridos em um ambiente de manufatura *job shop*.

A fim de representar o fluxo de valor do produto torna desfolhador em um mapa de MFV, com foco no *lead time*, sendo que a sua redução é o principal objetivo específico deste trabalho, foi necessário seguir o caminho percorrido pelo lote, cronometrando-se todos os tempos das funções produção, conforme descrito na seção 3.5.3 e na folha de mapeamento exemplificada na Figura 17. Assim, as esperas entre os processos foram cronometradas ao longo da cadeia dos processos para um mesmo lote, conforme mostra a Figura 21, onde todas as etapas que formam o *lead time* são mostradas para um mesmo lote, em tempos diferentes. Desta forma, caracteriza-se a visualização do fluxo de materiais como uma abordagem dinâmica.

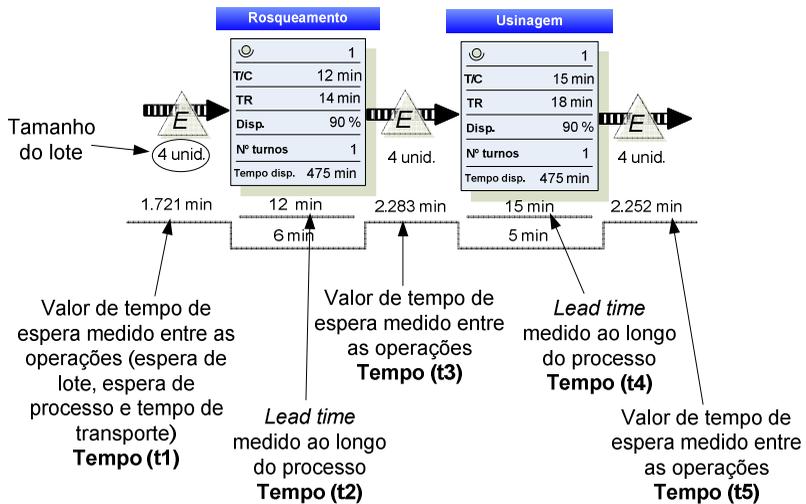


Figura 21 – Exemplo de mapa de fluxo de valor dinâmico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O exemplo ilustrado na figura acima mostra o comportamento de um mesmo lote em função do tempo, o qual sua quantidade está indicada no ícone de estoque, onde no instante t1 o lote esteve em espera e transporte, em t2 houve o processamento, em t3 esteve em espera e transporte, t4 houve processamento novamente e em t4 esteve em espera. Nos 12 minutos de rosqueamento de t2, o lote estava sendo processado, neste período, o processo subsequente que é usinagem não estava processando componentes deste produto ou subconjunto. Somente após uma espera de 2.283 minutos que o lote de 4 componentes voltou a ser processado. Ou seja, o mapa mostra os processos e as esperas percorridas ao longo do tempo por um lote de uma encomenda de um cliente, e desta forma foi possível enxergar todo o *lead time* de manufatura, da chegada de matéria-prima até ser completado o produto acabado no nível de fluxo porta-a-porta. Esta abordagem de representação do *lead time* acaba por mostrar o tempo corrido contado a partir do momento que a matéria-prima encomendada a um pedido de um cliente chega ao fluxo porta-a-porta, percorrendo o *layout* de manufatura até o momento em que, transformado em produto acabado, ele seja entregue ao cliente, no caso a montagem geral do produto, conforme os limites de contorno determinado para este trabalho.

Estas particularidades, caracterizadas por uma adaptação aos modelos tradicionais, foram sugeridas neste trabalho especificamente por se tratar da análise de fluxo de valor de um produto sob encomenda, com política de atendimento à demanda do tipo ETO, com baixo volume de unidades produzidas, diferente dos modelos expostos por Rother e Shook (2003), nos quais existe uma continuidade de produção observada no fluxo de valor em todos os processos. Geralmente, no caso de volumes elevados de produção em sistemas MTS (*Make to Stock*), pode-se detectar simultaneamente acúmulos de materiais pré-acabados em todas as etapas entre os processos. Nestes casos, os tempos de espera entre os processos podem ser estimados dividindo-se o número de produtos em estoque pela demanda diária do cliente, conforme a metodologia proposta por Rother e Shook (2003).

No caso do um cálculo estimado, a fim de se obter uma aproximação do valor real do *lead time*, alguns pontos podem ficar descobertos, possibilitando diversas interpretações dos fenômenos que efetivamente estão causando as esperas. A análise destes tempos de espera sob perspectiva da função processo através do MFP possibilitou identificar-se a parcela real de cada elemento ao somatório destas esperas, permitindo a hierarquização do tratamento das melhorias para o mapa futuro.

Após a fase de coleta das informações do fluxo de valor no nível porta-a-porta dos subconjuntos e o levantamento das informações de demanda, foi possível elaborar o mapa do estado atual. A

Figura 22 ilustra o mapa do estado atual referente ao produto torno desfolhador, o qual proporciona uma visão ampla do fluxo de materiais e informações, do pedido do cliente, chegada de matéria-prima até a obtenção do produto acabado. Os componentes que constituem os conjuntos rolo tração e rolo contra faca são exibidos de forma resumida, pois adicionalmente foram elaborados mapas individuais para os subconjuntos.

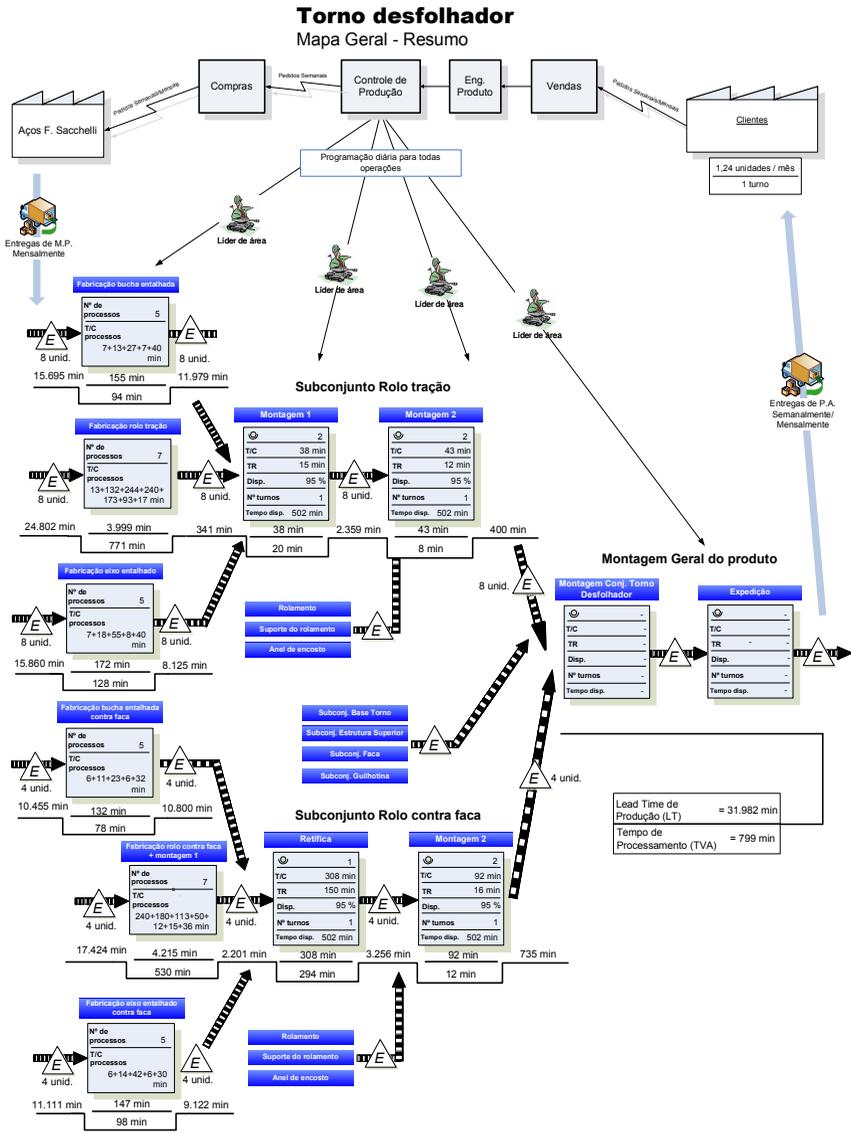


Figura 22 – Mapa do estado atual.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar que no mapa do estado atual foi possível representar o fluxo de valor do produto de forma macro, sendo que o fluxo de materiais inicia-se no armazenamento da matéria-prima entregue para cada componente, posteriormente passando pela fabricação dos componentes, que são montados em seus subconjuntos e posteriormente montados no conjunto final. No mapa do estado atual são exibidas apenas as informações resumidas dos elementos função operação dos componentes que compõe os subconjuntos. A montagem do conjunto final, expedição e instalação no cliente não foram mapeados, conforme os limites de contorno preestabelecidos.

O mapa em questão caracteriza-se pelo seu aspecto, onde a partir da fabricação dos componentes há uma convergência dos processos em direção aos fluxos principais dos subconjuntos, que por sua vez convergem para o conjunto de montagem final.

Pode-se observar no mapa que o *lead time* necessário para que os componentes se movam ao longo de um processo é maior que o tempo de agregação de valor. Isto ocorre em virtude dos tempos de operação auxiliar de processamento, como por exemplo carga e descarga máquina, estarem sendo incluídos no tempo de processamento, embora não agreguem valor. Para tanto, o *lead time* de processo foi separado em *lead time* ao longo do processo e tempo de agregação de valor, conforme ilustrado na Figura 23. O tempo de processamento é o tempo equivalente ao tempo de ciclo da máquina, sendo que sob ponto de vista do MFP, o tempo de ciclo está associado ao eixo das operações. O tempo de agregação de valor corresponde ao tempo em que o material está efetivamente sendo transformado.

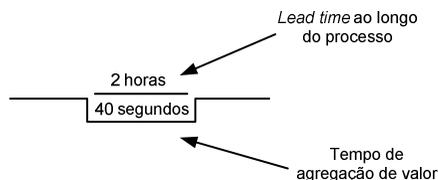
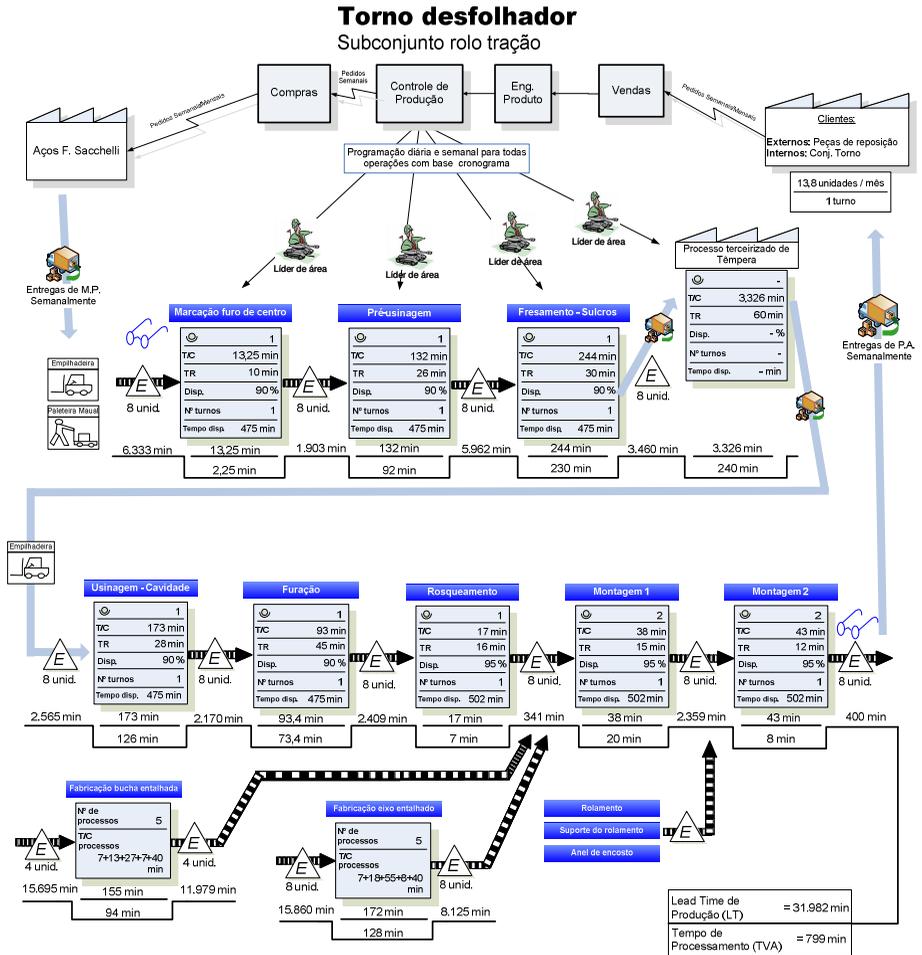


Figura 23 – *Lead time* do processo.

Fonte: Rother e Shook (2003).

A Figura 24 mostra o mapa do estado atual do subconjunto Rolo Tração, enquanto a Figura 25 mostra o Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO), onde pode-se observar os tempos de ciclo atuais dos processos do subconjunto Rolo Tração.



**Figura 24 – Mapa do estado atual rolo tração.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

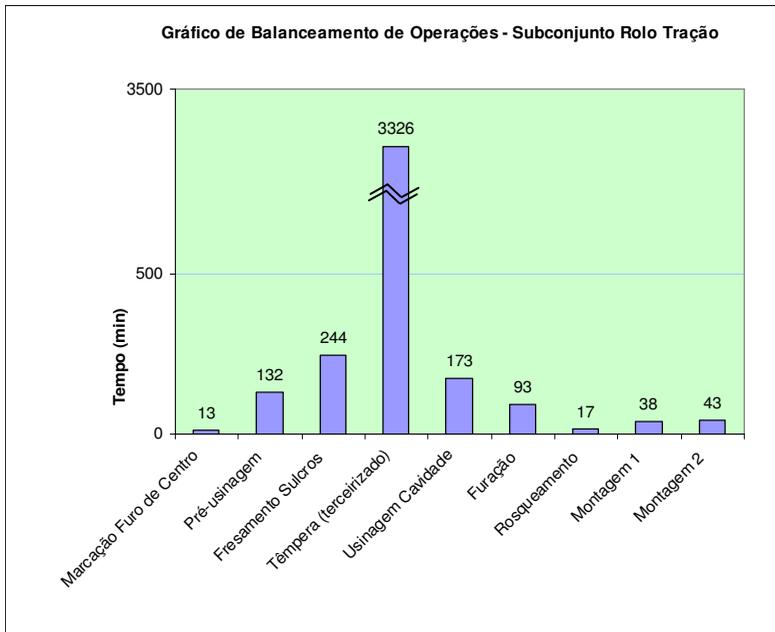


Figura 25 – GBO Atual Rolo Tração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os dados atuais obtidos pelas observações e coletas registradas na folha de mapeamento, foi possível resumir as condições atuais do fluxo de valor. O *lead time* de produção do produto formado pelo caminho crítico é de 31.982 minutos, enquanto o tempo de processamento (onde agrega-se valor) é de 799 minutos. Logo tem-se a quantidade de 31.183 minutos em que não há agregação de valor ao produto. São necessários dez operadores qualificados para executarem os processamentos nas estações de trabalho.

A Figura 26 mostra o mapa do estado atual do subconjunto Rolo Contra Faca, enquanto a Figura 27 mostra o Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO), onde pode-se observar os tempos de ciclo atuais dos processos do subconjunto Rolo Contra Faca.

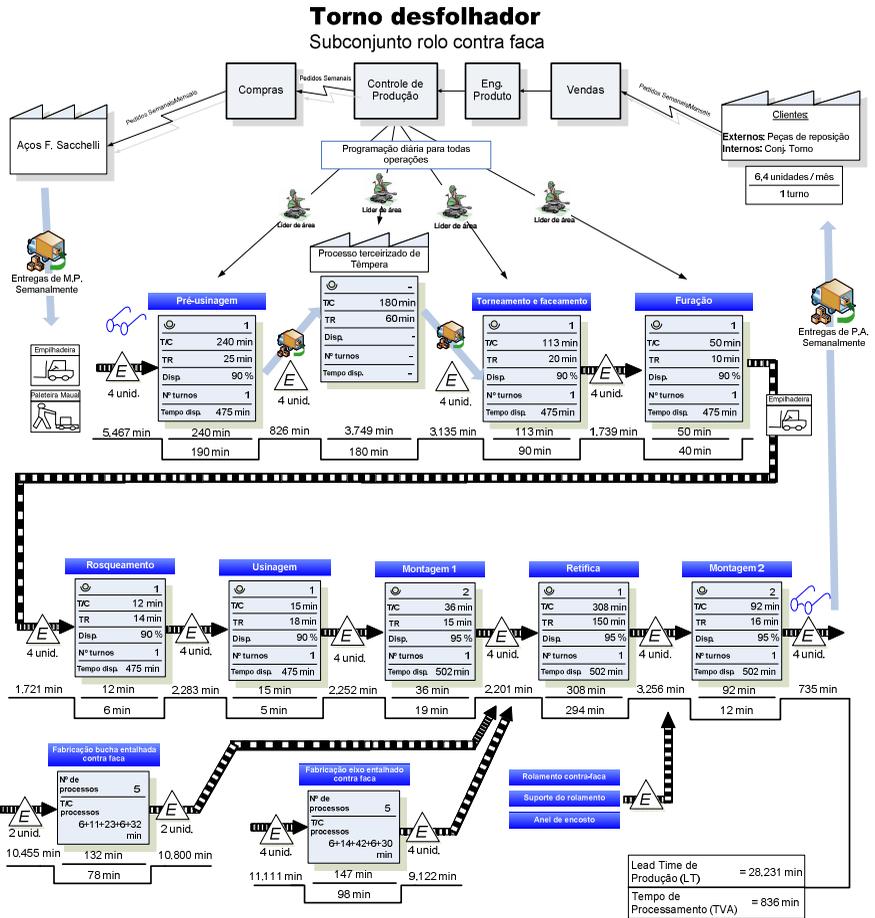


Figura 26 – Mapa do estado atual rolo contra faca.

Fonte: Elaborado pelo autor.

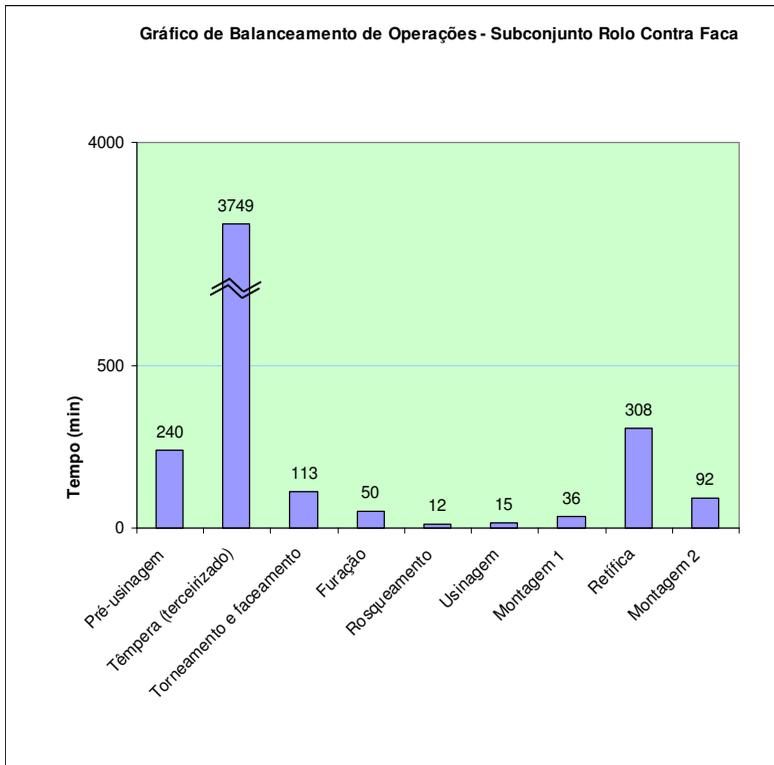


Figura 27 – GBO Atual Rolo Contra Faca.

Fone: Elaborado pelo autor.

Com os dados atuais obtidos pelas observações e coletas registradas na folha de mapeamento, foi possível resumir as condições atuais do fluxo de valor do subconjunto Rolo Contra Faca. O *lead time* de produção do subconjunto é de 28.231 minutos, já o tempo de processamento (onde agrega-se valor) é igual a 836 minutos. Portanto tem-se 26.616 minutos em que não há agregação de valor ao produto. São necessários dez operadores qualificados para executarem os processamentos nas estações de trabalho.

Pode-se observar que em ambos os mapas dos subconjuntos, os fluxos dos componentes bucha entalhada e eixo entalhado são mostrados de forma resumida, e os componentes rolamentos, suporte do rolamento e anel de encosto não foram mapeados, já que não são itens críticos. A Tabela 6 mostra a situação do mapa do estado atual resumida.

Tabela 6 – Resumo da situação do estado atual.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<i>Lead time</i> de manufatura (minutos)	31.982	28.231
<i>Lead time</i> dos processos (minutos)	4.080	4.615
Tempo de agregação de valor (minutos)	799	836
Tempo em que não há agregação de valor (minutos)	31.183	27.395
Número de operadores	10	10

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.6 ANÁLISE DO MAPA ATUAL

Após as fases de coleta das informações e elaboração dos mapas de fluxo de valor atual com seus resultados expostos, realizou-se a análise dos fluxos de valor dos dois subconjuntos do produto estudado. Esta análise está centrada na identificação das atividades que não agregam valor, e por conseqüência acabam por contribuir para o aumento dos custos e para o elevado *lead time* de fabricação do produto. Dentre os tempos que não agregam valor, tem-se: tempos de espera de processo, tempos de espera de produto acabado, tempos decorrentes de estoques de matéria-prima e estoques de produto acabado, tempo decorrente de transporte, inspeção e tempos de espera e movimentação no processamento. Nesta análise busca-se entender e apontar as origens destas atividades, sob óptica de análise do MFP, bem como da análise das perdas nos fluxos de valor, conforme ilustrado na Figura 28.

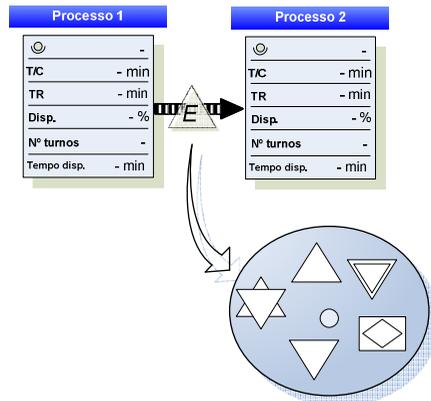


Figura 28 – Ilustração da análise do tempo de espera.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das informações necessárias para a elaboração dos mapas atuais, as informações obtidas pelas observações e dados registrados na folha de mapeamento, possibilitaram a análise dos elementos função processo separadamente, conforme mostrado nos gráficos das Figura 29 e Figura 30, para os subconjuntos Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente, os quais serão discutidos nas seções subseqüentes.

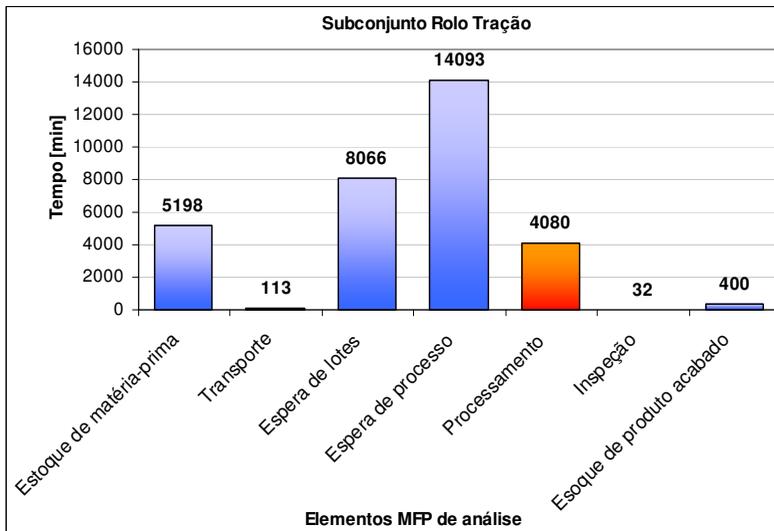


Figura 29 – Elementos função processo subconjunto rolo Tração.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

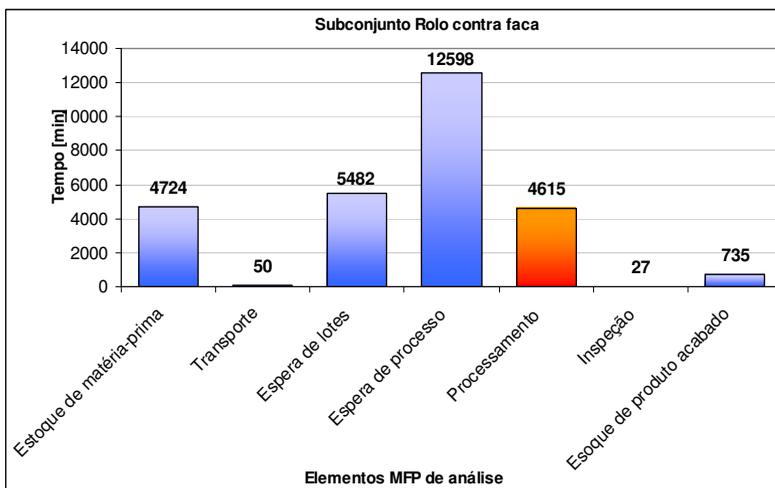


Figura 30 – Elementos função processo subconjunto rolo Contra Faca.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.6.1 Rapidez

Analisando-se o mapa do estado atual sob ponto de vista de rapidez, critério de desempenho qualificado como ganhador de pedidos, pode-se observar que, conforme mencionado na Tabela 2 da seção 3.5.1, o produto é ofertado com o prazo de entrega de 70 dias corridos. Entretanto, observou-se que somente a fabricação do subconjunto Rolo Tração, não considerando a montagem final do produto, demandou um *lead time* de 31.982 minutos, equivalente a um período de 63 dias úteis de trabalho (85 dias corridos). Para atender o cronograma, ele deveria ser fabricando em 50 dias corridos. Portanto, pode-se observar que o sistema produtivo, com política de atendimento à demanda do tipo ETO, não consegue atender o prazo de entrega genérico, mensurado nos contatos iniciais da negociação com o cliente.

O que a gerência de produção tem realizado para conseguir tratar este problema consiste na liberação de uma ordem de produção genérica de um produto torno desfolhador, endereçado à própria fabricante como sendo o cliente, a fim de adiantar a produção para um futuro cliente, na tentativa de então conseguir atender os prazos de entrega acordados. Entretanto, tal ação não é eficaz, e acaba por contribuir com outros desperdícios e problemas burocráticos, pois as ordens não são liberadas de maneira planejada, sendo estas arbitradas, sem que haja parâmetros que indiquem uma data ideal a qual deve ser iniciada. Observou-se que esta ação, que tenta auxiliar a produção a atender os prazos de entrega, acarreta os seguintes problemas:

- Dificuldades para o PCP programar as datas das tarefas e estabelecer prioridades em meio ao *mix* de produtos, já que este visa atender um cliente que não possui prazo. No instante em que a O.P. genérica assume um cliente específico, novas prioridades são estabelecidas, sendo que esta então terá um prazo acordado;
- Transtornos burocráticos, pois em meio à produção, a O.P. é transferida para um cliente específico, o qual encomendou o produto. Isto acarreta em transtornos na organização, pois todos os papéis e documentos devem de ser substituídos e endereçados com o nome do novo cliente, originando grandes fluxos de informações desnecessárias;
- Superprodução, pois produz-se com antecedência algo que o cliente não solicitou.

### 3.6.2 Espera de lotes

O tempo de espera do lote é o tempo gasto para o item ser processado, e para que os demais itens do lote também o sejam. No sistema estudado, é possível observar que os componentes nos mapas são processados em lotes, sendo que cada lote possui a quantidade necessária para a montagem de uma encomenda (um Torno Desfolhador). Esta característica condiciona a formação de um lote entre as operações de processamento. Uma condição para que o lote se desloque até a próxima operação é a finalização do processamento total do lote.

No subconjunto Rolo Tração, as peças são processadas em lotes de 8 (oito) unidades, e no Rolo Contra Faca são processadas em lotes de 4 (quatro) unidades, conforme pode-se observar em seus respectivos mapas do estado atual. Esta característica de planejamento para processamento das peças em lotes contribuiu significativamente para a formação do longo *lead time* mapeado nos conjuntos, conforme pode-se observar no gráfico da Figura 29, onde 8.066 minutos correspondem a 25% do *lead time* total do subconjuntos Rolo Tração, e no gráfico da Figura 30 onde 5.482 minutos correspondem a 19% do *lead time* total do subconjunto Rolo Contra Faca.

A Tabela 7 mostra um resumo dos tempos de espera de lotes a sua parcela na formação total do *lead time* de manufatura dos subconjuntos estudados.

Tabela 7 – Resumo dos tempos de espera de lote.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Tempo de espera de lotes (minutos)</b>	8.066	5.482
<b>Contribuição ao <i>lead time</i> total de manufatura (%)</b>	25	19

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.6.3 Espera de processo

A partir da observação dos fenômenos que ocorrem com os materiais, foi possível identificar que, tanto para o subconjunto Rolo Tração como para o Rolo Contra Faca, a maior parcela de tempo que compõe o *lead time* é a espera de processo. Identificou-se que os principais aspectos que contribuem para este tempo de espera desfavorável são:

- Lotes dos subconjuntos aguardam na fila de espera para serem processados, permanecendo todo tempo necessário para que todos os lotes com prioridades superiores à sua sejam processados;
- Dificuldade de planejamento em nível operacional (curto prazo): na maioria das vezes, observou-se que as esperas de processo, aguardando por processamento de outros lotes de outros produtos, resultaram de prioridades não bem definidas, fruto da má organização do sistema de planejamento e controle de produção e sequenciamento das atividades, causando desbalanceamento entre as cargas exigidas e as capacidades disponíveis dos recursos, acarretando em muita dificuldade de permitir a continuidade dos processos com eficiência e causando atrasos constantes. Tal fato, somado aos diversos problemas que o sistema de manufatura possui, acarreta em constantes necessidades para solucionar problemas emergenciais, e também no aumento dos custos com horas-extras;
- Ineficiência na gestão de transportes, acarretando em lotes processados nas estações de trabalho, aguardando para serem transportados;
- Problemas relacionados à estabilidade: observou-se que a manutenção do tipo corretiva é a mais aplicada nas máquinas. O lote fica parado constantemente, esperando finalizar a manutenção da máquina;
- Elevados tempos de *setup*;
- Falta de padronização nos procedimentos de *setup*;
- Dispositivos e ferramentas não estão disponíveis no local no momento do *setup*;
- Elevados tempos de troca de ferramentas;
- Muitos programas CNC (Comando Numérico Computadorizado) são redigidos cada vez que o lote da peça é produzido, algumas vezes com erros que necessitam ser corrigidos, gerando retrabalhos e quebras de ferramentas;
- Falta de peças: observou-se que em algumas etapas da montagem faltaram alguns componentes comprados;

- Falta de operadores: algumas máquinas programadas não puderam operar por falta de operadores.

A Tabela 8 mostra um resumo dos tempos de espera de lotes e a sua parcela na formação total do *lead time* de manufatura dos subconjuntos estudados.

Tabela 8 – Resumo dos tempos de espera de processo.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Tempo de espera de processo (minutos)</b>	14.093	12.597
<b>Contribuição ao <i>lead time</i> total de manufatura (%)</b>	44	44

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.6.4 Transporte e Layout

O transporte de materiais tem os seguintes objetivos: repor matérias-primas nas linhas de produção, transportar materiais em processamento, encaixotar e armazenar produtos tendo em conta o tempo e espaço disponíveis.

Um arranjo físico adequado e um *layout* pertinente permitem utilizar um espaço físico da maneira mais eficiente possível, permitindo a movimentação de materiais e acesso a qualquer estação de trabalho com agilidade, facilidade e segurança. Entretanto, o planejamento de logística dos recursos no sistema estudado caracteriza-se por um processo de baixa eficiência, com dificuldades na organização, roteiros e *layout* desfavoráveis que dificultam os subconjuntos movimentarem-se ao longo de sua transformação de forma harmônica e enxuta.

Na área externa do pavilhão o transporte dos componentes em processo, matéria-prima e produto acabado entre as estações de trabalho é realizado através de empilhadeiras, enquanto na área interna do pavilhão usa-se paleteira manual, paleteira manual com sistema de *munk* adaptado, bem como transporte manual.

Através do levantamento das informações do estado atual, foi possível acompanhar o fluxo de material e esboçar seus trajetos sobre o *layout*, conforme é ilustrado na

Figura 31 e Figura 32, para os subconjuntos Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente.

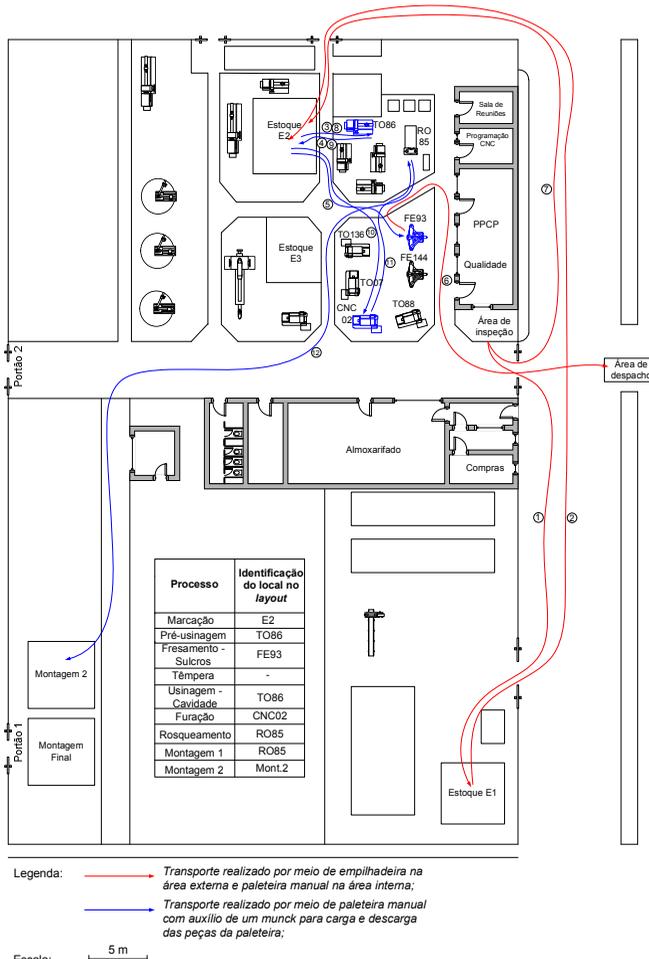


Figura 31 – Fluxo de transporte atual do subconjunto rolo tração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

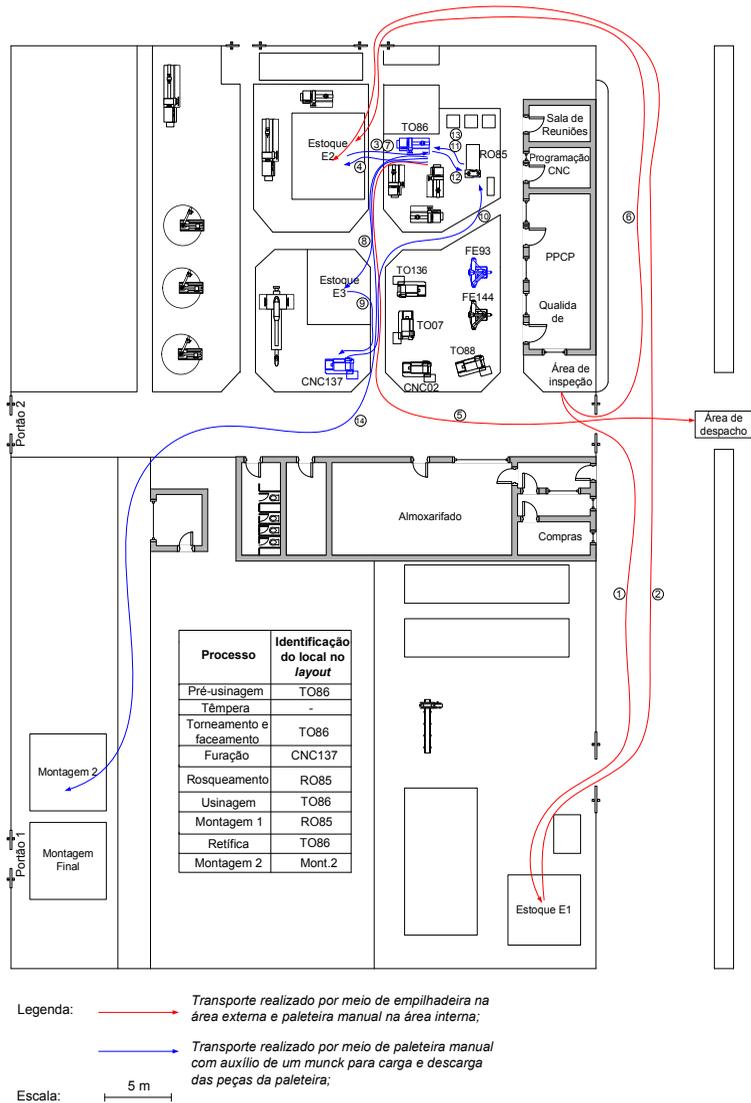


Figura 32 – Fluxo de transporte atual do subconjunto rolo contra faca.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das análises das atividades de transporte dos subconjuntos do produto estudado, foi possível identificar os principais aspectos que contribuem para o cenário desfavorável das esperas, identificado nos mapas do estado atual:

- Armazenamento sem necessidade, ocasionando transporte sem necessidade;
- Grandes distâncias percorridas entre armazenamento de matéria-prima até as estações de trabalho;
- Operadores de máquinas como tornos CNC (Comando Numérico Computadorizado) com maior grau de qualificação efetuando transporte de componentes, caracterizando desperdício de recursos intelectuais;
- Falta de instruções, planejamento das rotas e padronização nos procedimentos de transporte. Colaboradores executam o transporte arbitrariamente, usando as ferramentas que estiverem mais próximas e da forma que acreditam ser a melhor;
- Ineficiência na gestão de transportes, quanto à definição de quem, quando e como será realizado o transporte. Os transtornos e a lentidão acarretam elevadas esperas por processo, já que sistematicamente há lotes processados nas estações de trabalho, aguardando para serem transportados;
- *Layout* departamentalizado, ou seja, equipamentos agrupados por tipo de processo e não por produto ou seqüência das operações;
- Meios de transporte ineficientes, demandando tempos de transporte elevados, 113 minutos para o subconjunto Rolo Tração, conforme o gráfico da Figura 29, e 50 minutos para o subconjunto Rolo Contra Faca, mostrado no gráfico da Figura 30. Os elevados tempos de espera de processo e espera de lote escondem o tempo de transporte, quando comparado em termos de proporcionalidade do *lead time* total, e tal comparação deve ser realizada qualitativamente, já que este influencia os próprios tempos de espera. A partir do momento que o sistema operar com técnicas enxutas e produção em lotes unitários, o transporte irá representar uma parcela muito maior do *lead time* total, podendo tornar-se um obstáculo na implementação de fluxo contínuo;
- Falta de dispositivos e ferramentas que auxiliem o processo de carregamento e descarregamento do componente da paleteira manual que possui o *munk* adaptado. O dispositivo *munk* consiste em uma ferramenta construída internamente com o objetivo de movimentar

componentes tão pesados quanto não possam ser movimentados por força humana. O dispositivo possui rodas para transporte e, os movimentos de elevação são realizados por um braço que possui uma articulação dando movimento horizontal. As peças são presas ao braço com auxílio de correntes com gancho e sintas. O movimento é realizado através de um acionamento hidráulico manual por força de alavanca;

- Tempo elevado na atividade de substituição de embalagem no recebimento e expedição dos componentes quando os processos são realizados em terceiros, não permitindo o abastecimento direto do componente à estação de trabalho;
- Transportes com interrupções, pois em alguns trajetos os componentes são transportados por meios e pessoas diferentes, ocasionando espera entre os transportes;
- Montagem do equipamento muito distante da usinagem, principal fornecedor de componentes;
- A parte externa do trajeto externo é realizada com empilhadeira, enquanto o restante é realizado com paleteira, ocasionando frequentes estoques intermitentes nos corredores, já que passa um certo tempo até que um encarregado perceba a necessidade de finalizar o transporte até o destino final;
- Elevadas distâncias percorridas, conforme detalhado na
- Tabela 9 e Tabela 10 para os subconjuntos Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente.

Tabela 9 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Tração.

Trajeto	Distância (m)	Trajeto	Distância (m)
1	59	7	76
2	109	8	9
3	9	9	9
4	9	10	28
5	25	11	17
6	42	12	104
		<b>Total</b>	<b>496</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Contra faca.

Trajeto	Distância (m)	Trajeto	Distância (m)
1	59	8	22
2	109	9	11
3	9	10	28
4	9	11	6
5	57	12	6
6	76	13	6
7	9	14	103
<b>Total</b>			<b>510</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

O planejamento do arranjo e movimentação dos recursos no sistema estudado demonstrou-se de baixa eficiência, pois o sistema não possibilita uma boa movimentação de pessoas e materiais. As elevadas distâncias de movimentação são um desperdício, pois o gasto com transporte envolve máquinas, pessoas, combustíveis, e tempo, não agregando valor algum ao produto.

### 3.6.5 Processamento

O tempo de processamento é o tempo gasto com a transformação da matéria-prima em produto acabado. Ele é decorrente do esforço conjunto de homens e máquinas. Ohno (1997) ao classificar as perdas nos sistemas produtivos, salienta que algumas operações de um processo poderiam nem existir.

No mapa atual é possível observar que existe uma acentuada diferença entre os tempos de processamento e os tempos de agregação real de valor. A Tabela 11 mostra o tempo de processamento *versus* o tempo em que está se agregando valor ao cliente, ou seja, tempo em que materiais estão sendo transformados ou montados.

Tabela 11 – Tempos de processamento *versus* tempos de agregação de valor.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Lead time dos processos (minutos)</b>	4.080	4.615
<b>Tempo de agregação de valor (minutos)</b>	799	836

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das análises das atividades de processamento dos subconjuntos do produto estudado, foi possível identificar os principais aspectos que contribuem para os altos tempos nos processos de usinagem, os quais não está se agregando valor ao produto:

- Falta de roteiro e padronização nas operações: cada operador executa-as como achar melhor;
- Ocorrência de especificação inadequada dos parâmetros de usinagem dos tornos convencionais, como por exemplo o controle de cavacos: diversas vezes o operador pára de processar a peça para remover os cavacos que saem em forma de fita;
- Falta de qualidade e retrabalhos constantes: um exemplo é o processo de retífica do subconjunto Rolo Contra Faca, o qual é realizado com uma retífica adaptada em um torno convencional. Esta adaptação via de regra não atinge padrões aceitáveis de qualidade, além dos elevados tempos de *setup* e ciclo, acarretando a necessidade de retrabalho em peças ali produzidas;
- Carência quanto a uma adequada engenharia de métodos e processos;
- Operador de máquina CNC efetuando transporte de dispositivos e materiais, caracterizando desperdício de recursos intelectuais;
- Dificuldades com desenhos, já que algumas peças não possuem desenhos específicos para a execução de um processo específico. Geralmente são utilizados desenhos que possuem informações para diversos processos, contendo muitas informações que pouco são úteis;
- Posto de trabalho desorganizado, não havendo identificação das ferramentas de trabalho;
- Operações que envolvem movimentação das peças como carga e descarga máquina e inversão do lado da peça, demandam de muito

tempo para serem realizadas. Estas operações são demoradas principalmente pelo fato da ferramenta de auxílio à operação de movimentação ser uma paleteira manual com *munk* adaptado, o qual é extremamente lento. Muitas vezes tal ferramenta não está disponível, e na maioria das vezes é necessário que o operador busque-a, pois se encontra em um outro local da planta;

- Elevado *lead time* dos processos realizados em terceiros: percebeu-se que há um significativo tempo despendido no processo de têmpera, no qual são necessários 3.326 e 3.749 minutos para os subconjuntos Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente. Tal fato é atribuído a uma política ineficiente de desenvolvimento e relacionamento com o fornecedor, ocorrendo pouco diálogo e iniciativas de melhorias. O que a produção interna tem feito é esperar formar-se o lote (o maior possível) para obter ganhos no transporte, despachá-lo para o terceiro e aguardar o seu retorno, uma semana depois. Do ponto de vista tradicional, a alternativa de menor custo geralmente significa adquirir lotes grandes e *lead times* longos, porém este procedimento não é o proposto na Manufatura Enxuta.

O cenário desfavorável dos altos tempos, nos quais não está se agregando valor, também se estende aos processos de montagem dos subconjuntos. Os principais aspectos que contribuem para estes desperdícios são:

- Inexistência de procedimentos padronizados de montagem;
- Dependência da criatividade do operador para movimentar e manusear as peças;
- Falta de itens comerciais padronizados, que constam na estrutura do produto;
- Falta de ferramentas, dispositivos de movimentação e gabaritos. Operador move uma peça de 64 kg usando uma cinta e uma ponte rolante com capacidade de carga de 10 toneladas sobre a bancada de montagem;
- Dependência de uma ponte rolante que também é utilizada em outros processos;
- Excesso de operadores, falta de ferramentas e dispositivos, ocasionando constantemente operadores extras para auxiliar em operações simples;

- *Layout* de montagem inadequado, composto por uma bancada retangular, ocasionando posições antiergonômicas e excesso de movimentação do operador no perímetro da mesma;
- Organização deficiente no local de trabalho, ferramentas misturadas;
- Falta de integração entre as operações, causando excesso de paradas;
- Excesso de movimentação dos operadores;
- Falta de planejamento quanto aos recursos necessários para montagem;
- Chegada de itens sem sincronismo para montagem dos conjuntos;
- Inexistência de uma gestão de abastecimento das peças de montagem;
- Longo *lead time* de reposição: itens comerciais padronizados seguem o mesmo processo tradicional de compras de itens especiais;
- Diversos itens comerciais sem código e sem identificação;
- Inexistência de uma gestão para suprimento de itens de assistência técnica;
- Grande ociosidade dos operadores;
- Falta de treinamentos e qualificação dos operadores;
- Deficiência nos desenhos de montagem, desenhos com poucos detalhes, e muitas vezes complexos;

Ineficácia na prática de utilização de recursos da gestão da qualidade como RNC (Relatório de Não Conformidade): operadores não costumam utilizar este recurso quando recebem componentes fora de especificação, ajustando os problemas na montagem, causando problemas de qualidade diversas vezes, sem que seus custos sejam mencionados.

O procedimento mostrado na Tabela 12 detalha duas das quatro etapas do processo de Montagem 2 do subconjunto Rolo Tração, observado no mapa de fluxo de valor atual. Nas etapas demonstradas, a Bucha Entalhada (2) já está montada no rolo tração (1), e o Eixo Entalhado (10) já montado no Rolo Tração (7). Então, a tarefa trata-se da montagem do Rolamento (5) no Mancal (4), e depois (na segunda etapa) eles devem ser montados sobre o Eixo Entalhado (10). Após estas duas etapas, ainda são necessárias outras duas etapas subseqüentes para finalizar o processo de Montagem 2, na qual o Eixo Entalhado (10) é montado na Bucha Entalhada (2), e este conjunto por sua vez é montado em uma base chamada de Suporte do Rolo, e então forma-se o subconjunto completo do Rolo Tração.

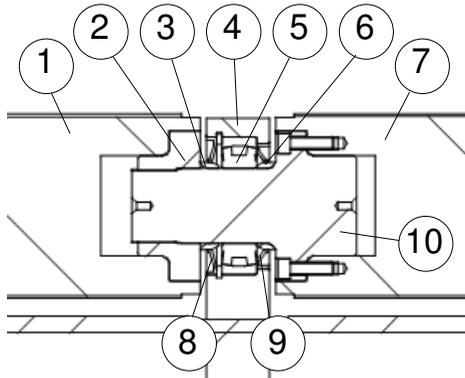


Figura 33 – Subconjunto Rolo Tração em corte.  
Fonte: Empresa estudo de caso.

Onde tem-se:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1 – Rolo tração;       | 6 – Anel de encosto 1; |
| 2 – Bucha Entalhada;   | 7 – Rolo tração;       |
| 3 – Anel de encosto 2; | 8 – Anel de retenção;  |
| 4 – Mancal;            | 9 – Retentor;          |
| 5 – Rolamento;         | 10 – Eixo entalhado.   |

A tabela 12 mostra as tarefas necessárias para a montagem das duas etapas e os tempos cronometrados para realizá-las.

Tabela 12 – Etapas de montagem rolamento no mancal e eixo atual.

<b>Etapa</b>	<b>Duração (s)</b>	<b>Tempo acumulado (s)</b>	<b>Descrição da tarefa</b>
<b>Primeira parte: Montagem do rolamento no mancal</b>			
1	10	10	Engraxar mancal
2	08	18	Carregar mancal no aquecedor e iniciar o ciclo de aquecimento da máquina
3	180	198	Aguardar enquanto o mancal é aquecido
4	08	206	Descarregar o aquecedor
5	05	211	Montar o rolamento no mancal
211 x 8 = 1.688 segundos			
<b>Segunda parte: Montagem do conjunto rolamento/mancal no eixo</b>			
6	04	04	Montar retentor e anel de vedação
7	13	17	Engraxar eixo
8	25	42	Montar anel de encosto 1
9	110	152	Montar conjunto rolamento/mancal no eixo
10	25	177	Montar anel de encosto 2
177 x 8 = 1.416 segundos			
	1.688	1.688	Montagem primeira parte
	1.416	3.104	Montagem segunda parte

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar que este é um caso típico onde o operador está trabalhando para a máquina, permanecendo parado em frente à máquina para monitorá-la. O *lead time* total da montagem é de 3.104 segundos, necessários para montagem do lote de oito unidades. A tarefa número 3 (em vermelho), que é o tempo de ciclo da máquina (aquecedor indutivo), é a tarefa com o tempo mais longo, e neste período o operador fica ocioso, e ele poderia estar realizando as tarefas subsequentes. Devido à não implementação de operações padronizadas, o operador arbitra a forma que vai executar as tarefas subsequentes, e por não possuir qualificação e treinamentos, reduz-se a produtividade do processo.

Além do tempo supramencionado, ocorrem muitas esperas nos processos de montagem. Pode-se destacar alguns exemplos de ocorrências

corriqueiras, que contribuem para os elevados tempos onde não há valor agregado nos processos de montagem:

- Ao iniciar a montagem, percebe-se que faltam alguns rolamentos, tanto no abastecimento da montagem como no almoxarifado, causando uma espera de processo de mais de dois dias, contribuindo para as elevadas esperas de processo já citadas;
- Operador monta um anel de encosto com a numeração que define o seu tamanho diferente do tamanho do respectivo rolamento, por falta de etiqueta, numeração, e códigos;
- Operador se desloca para outra estação de trabalho para buscar graxa, insumo que é necessário para o processo de montagem;
- Operador demanda certo tempo para pensar e tomar uma decisão de como vai realizar os procedimentos de movimentação e montagem;
- Operador apresenta dificuldades de interpretar o desenho e entender como a montagem deve ser realizada, e constantemente recorre à utilização de anotações pessoais;
- Operador necessita de auxílio de um segundo colaborador para realizar uma operação de movimentação do Rolo de Tração, e se desloca à procura do líder de área para solicitar auxílio. Por sua vez, o líder de área indica um colaborador, e o operador aguarda este colaborador finalizar a tarefa que estava executando em seu posto até que esteja disponível para auxiliá-lo;
- Processos inadequados: Foram encontrados alguns componentes fora das especificações, principalmente nos processos de montagem, onde as peças defeituosas geralmente são percebidas. Baseando-se no depoimento dos montadores, observou-se também falhas no processo de decisão sobre os produtos defeituosos, pois os defeitos simples de solucionar foram ajustados pela própria montagem, sem comunicação ao setor da qualidade através do RNC. Desta forma, muitos defeitos não são tratados e seus custos não são mensurados, acarretando em constantes reincidências e desperdícios sistemáticos.

### **3.6.6 Estoques de matéria-prima e produto acabado**

Os estoques de matéria-prima e produto acabado, e consequentemente as esperas de matéria-prima e esperas de produto, são formados a partir do momento em que a matéria-prima chega à fábrica, até o momento que a mesma é transportada para os processos iniciais para

iniciar sua fabricação. Quando o produto é acabado (no caso estudado o foco é nos subconjuntos considerados), eles aguardam até o momento de iniciar a montagem no conjunto final (isto é, o Torno Desfolhador). Segundo Antunes (1994), estas duas estocagens são fenômenos ligados a fatores externos à fábrica.

Teoricamente, as ordens de compra são emitidas apenas no momento em que uma encomenda é consolidada, em virtude do produto ser sob encomenda. Entretanto, observou-se que, na prática, a produção tem emitido ordens de compra de diversas encomendas antecipadamente, conforme já mencionado na seção 3.6.1, com a intenção de adiantar-se, evitando atrasos aos futuros clientes. Tal comportamento tem contribuído para a formação de esperas de matéria-prima, visto que a matéria-prima, ao chegar na fábrica, não possui um cliente específico e acaba por não ser manufaturada. Desta forma, aumenta-se o *lead time* e os custos produtivos.

A Tabela 13 mostra um resumo dos tempos de espera de matéria-prima e a sua contribuição ao *lead time* de manufatura dos subconjuntos estudados.

Tabela 13 – Resumo dos tempos de espera de matéria-prima.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Tempo de espera de matéria-prima (minutos)</b>	5.198	4.724
<b>Contribuição ao <i>lead time</i> total de manufatura (%)</b>	16	17

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 14 mostra um resumo dos tempos de espera de produto acabado a sua parcela na formação total do *lead time* de manufatura dos subconjuntos estudados.

Tabela 14 – Resumo dos tempos de espera de produto acabado.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Tempo de espera de produto acabado (minutos)</b>	400	735
<b>Contribuição ao <i>lead time</i> total de manufatura (%)</b>	1,3	2,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos fatores que causam estes tipos de espera, relacionados à política de ordens de compra praticada, outros fatores também contribuem para estes tempos:

- Elevada demora no processo de elaboração de ordens de compra, pois a atual configuração do sistema ERP faz com que seja necessária a elaboração manual de uma nova listagem da lista de materiais para cada ordem de produção. Tal processo demanda um *lead time* de 4 (quatro) dias;
- Inexistência da prática de previsões: não há uma rotina de envio de previsões de compras de matéria-prima para os fornecedores, já que não há uma rotina de envio de previsão de vendas ao PCP e planejamento de materiais.

### 3.7 MAPA DO ESTADO FUTURO

A melhoria, ato de tornar as coisas melhores do que seu estado atual, só pode ocorrer após uma pessoa ter descoberto e entendido a plena natureza de um problema atual. (SHINGO, 2010).

Após a finalização da fase de mapeamento do estado atual e análise de seus desperdícios, deu-se o início à elaboração do mapa do estado futuro do fluxo de valor no nível porta-a-porta dos subconjuntos do produto torno desfolhador. O mapeamento do estado futuro corresponde à terceira etapa da metodologia do MFV estabelecida Rother e Shook (2003), e representa uma projeção do estado ideal sob a ótica dos princípios da manufatura

enxuta. O mapeamento do estado futuro foi centrado na idéia de um fluxo de valor que teria a capacidade de completar o produto utilizando as mesmas etapas de processamento, porém modificado e melhorado, por meio das técnicas e ferramentas do STP, de forma a torná-lo enxuto, com menos desperdícios, e por conseqüência o cliente final teria um produto com maior valor agregado. Ou seja, o produto (Torno Desfolhador) estaria produzindo bens na fábrica do cliente em um curto período de tempo, e com menor custo de aquisição.

De acordo com as linhas de pensamento que compõem o STP, o fluxo de valor futuro foi construído a partir de melhorias propostas na função processo, com seu referencial de análise ao fluxo de materiais, desde matérias-primas até o produto acabado. Além das melhorias nas esperas, transporte e inspeções, os processos de transformação individuais também foram melhorados. Entretanto, para o processamento as melhorias foram sugeridas a partir de análises abrangentes, onde os métodos tradicionais foram estudados e questionados por método e processo baseado na literatura e nas experiências postas em prática pela Toyota, a fim de se obter uma estimativa do potencial de melhoria.

A partir disso, todos os esforços e recursos foram mobilizados pela equipe, a fim de se conceber o mapa do estado futuro, sendo este com menor custo possível para implementá-lo. A Figura 34 ilustra o mapa do estado futuro projetado para o fluxo de valor do subconjunto Rolo Tração.

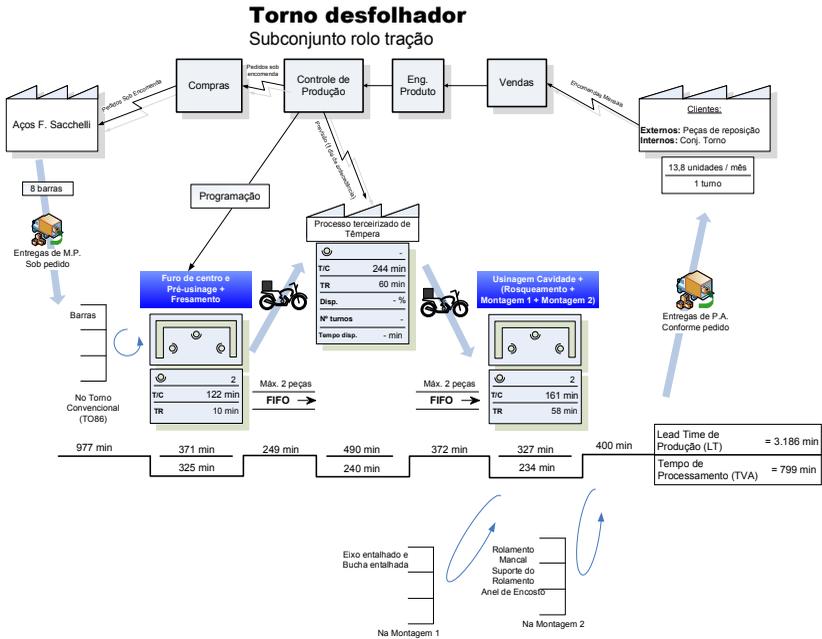


Figura 34 – Mapa do estado futuro rolo tração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 35 mostra o Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO) do estado futuro, onde pode-se observar os tempos de ciclo futuro dos processos do subconjunto Rolo Tração.

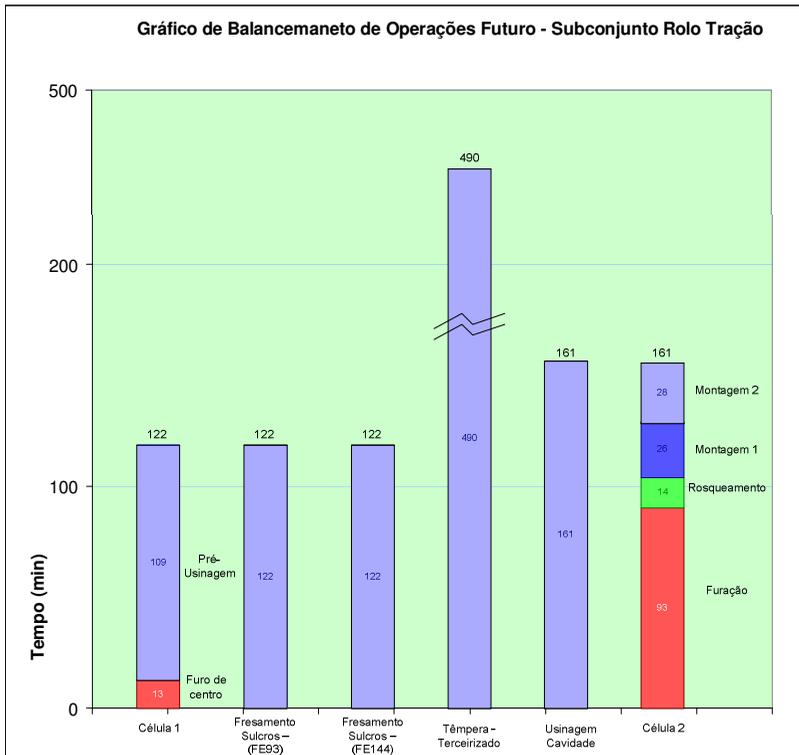


Figura 35 – GBO Futuro Rolo Tração.

Fone: Elaborado pelo autor.

Para um melhor entendimento, são feitas algumas considerações acerca da dinâmica de funcionamento do mapa do estado futuro do subconjunto Rolo Tração:

- Não há estoque de matéria-prima, a qual é comprada mediante a solicitação do cliente;
- Após a especificação do produto, pedido do cliente, processo de compra e chegada da matéria-prima, o lote de 8 unidades acumula-se em frente ao primeiro processo que é Furo de Centro, necessário para suprir a necessidade de um pedido do cliente;

- O lote é processado em fluxo contínuo e unitário pela célula 1 e Fresamento dos Sulcros, no qual foi necessário utilizar duas máquinas;
- Após os processos realizados neste primeiro fluxo contínuo, é necessário que acumule duas unidades para serem despachadas ao serviço terceirizado de têmpera;
- Ao retornarem da têmpera, em lotes de duas peças, estas são submetidas em processo de fluxo contínuo e unitário pelos processos balanceados;
- Transcorridos 3.186 minutos da chegada da matéria-prima, tem-se a primeira peça do lote produzida e sendo utilizada na montagem final e, a cada 161 minutos posteriores ocorre a finalização de um novo item, e assim sucessivamente, até a finalização das 8 unidades.

A Figura 36 ilustra o mapa do estado futuro para o fluxo de valor do subconjunto Rolo Contra Faca.

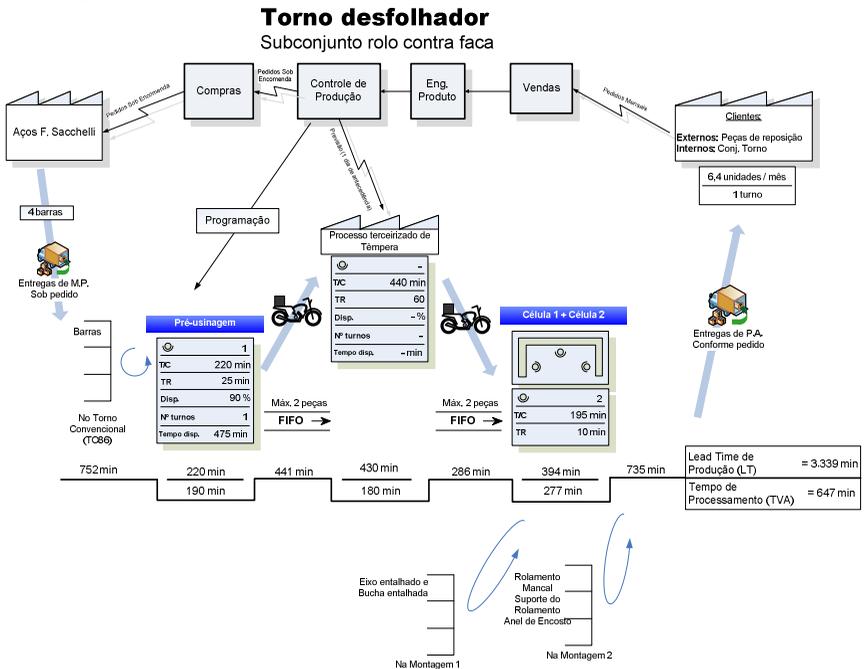


Figura 36 – Mapa do estado futuro rolo contra faca.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 37 mostra o Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO) do estado futuro, onde pode-se observar os tempos de ciclo futuro dos processos do subconjunto Rolo Tração.

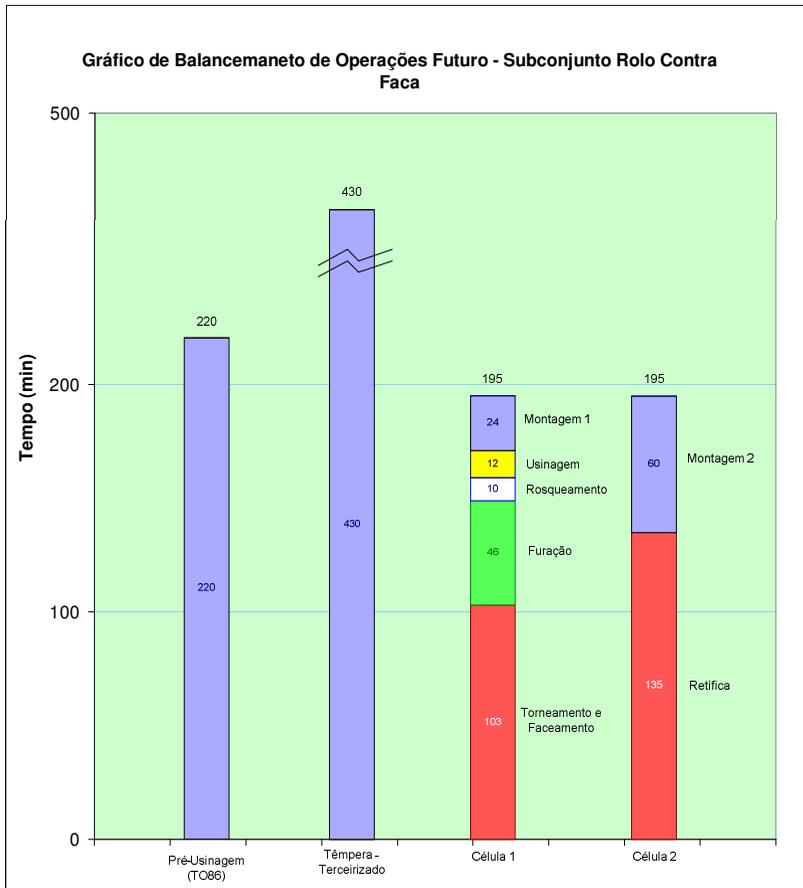


Figura 37 – GBO Futuro Rolo Contra Faca.

Fone: Elaborado pelo autor.

Para um melhor entendimento, são feitas a seguir algumas considerações acerca da dinâmica de funcionamento do mapa do estado futuro do subconjunto Rolo Contra Faca:

- Não há estoque de matéria-prima, a qual é comprada mediante a solicitação do cliente;
- Após o processo de especificação, pedido do cliente, processo de compra e chegada da matéria-prima, o lote de 4 unidades acumula-se em frente ao primeiro processo que é Pré-usinagem, necessário para suprir a necessidade de um pedido do cliente;
- O lote passa por processamento de Pré-usinagem, e após o acúmulo de 2 unidades após este processamento, estas são despachadas ao serviço terceirizado de têmpera;
- Ao retornarem da têmpera, em lotes de duas peças, estas são submetidas em processo de fluxo contínuo e unitário pelos processos balanceados;
- Transcorridos 3.339 minutos da chegada da matéria-prima, tem-se a primeira peça do lote produzida e sendo utilizada na montagem final, e a cada 195 minutos posteriores ocorre a finalização de um novo item, e assim sucessivamente, até a finalização das 4 unidades.

O mapa do estado futuro foi concebido baseando-se na metodologia estabelecida por Rother e Shook (2003), em que as questões chave propostas pelos autores, foram transformadas em diretrizes a fim de se desenhá-lo. As características do mapa do estado futuro proposto são explanadas abaixo, onde pode-se compreender como os desperdícios puderam ser reduzidos através das melhorias, e de qual forma se dará a programação através dos fluxos do novo sistema de manufatura.

De acordo com Rother e Shook (2003), o primeiro passo para a obtenção do mapa do estado futuro é o cálculo do *takt time*, o qual é feito através dos tempos apurados no mapa do estado atual. O *takt time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, e o resultado deste cálculo define a meta a ser alcançada pelo tempo de ciclo.

Entretanto, esta meta é aplicável aos sistemas apresentados nos exemplos citados por Rother e Shook (2003), onde são produzidos altos volumes de itens padronizados com base em previsões de demanda e sem customização, geralmente em ambientes de manufatura do tipo MTS e MTO. Logo, constatou-se que no ambiente de manufatura do produto e empresa estudada (isto é, ETO), o emprego do conceito *takt time* tradicional na busca por metas da produção não seria adequado, visto que os valores do *takt time* para os subconjuntos e produtos são dados em grandeza de dias, e os tempos de ciclo são dados em horas ou minutos.

Neste caso, foi necessário planejar o *takt time* para os processos e células a partir de outras metas, tais como a capacidade de produção em fluxo contínuo e, principalmente, como típico de ambientes ETO, o maior esforço foi concentrado na redução do *lead time* através do planejamento e redução dos desperdícios após a entrada do pedido, já que o cliente demanda poucas unidades, mas quando ele entra com o pedido, ele deseja receber sua encomenda o mais rápido possível. Desta forma, buscou-se estabelecer uma consonância entre as metas da produção para o mapa futuro e os objetivos propostos, em termos de estratégia corporativa da organização na classificação da importância dos objetivos de desempenho, melhorando efetivamente o que realmente agrega valor ao cliente.

Para o cálculo do *takt time*, cuja fórmula é mostrada abaixo, foram utilizados valores de demanda do cliente de acordo com a Tabela 5:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Demanda do cliente por turno}}$$

O *Takt Time* para o subconjunto Rolo Tração, considerando 20 dias de trabalho por mês, é calculado como se segue:

$$Takt\ Time = \frac{508\ \text{min}}{(13,8 / 20)\ \text{unidades}} = 735\ \text{minutos}$$

O *Takt Time* para o subconjunto Rolo Contra Faca, considerando 20 dias de trabalho por mês, é calculado como mostrado abaixo:

$$Takt\ Time = \frac{508\ \text{min}}{(6,4 / 20)\ \text{unidades}} = 1.585\ \text{minutos}$$

Os mapas de fluxo de valor, desenhados para a situação futura, tanto para o subconjunto Rolo Tração quanto para o Rolo Contra Faca, possuem sua programação baseada no sistema puxado sequenciado, no qual as ordens de produção são enviadas para o primeiro processo, no início do fluxo de materiais no nível porta-a-porta. As instruções para iniciar-se a produção são liberadas conforme o pedido do cliente, que em geral é

unitário. No sistema proposto, o lead time de atendimento ao cliente será o lead time de manufatura, somado ao lead time de compra dos materiais, e desta forma o sistema é caracterizado como sendo sem estoques. Neste caso, é importante um bom planejamento, pois o lead time de atendimento ao cliente está diretamente atrelado à capacidade do sistema de responder conforme a sua eficiência.

O estudo das melhorias foi elaborado com base nos resultados da análise do mapa do estado atual e seus desperdícios. Através da lógica do MFP, foi possível priorizar as ações de melhoria observado o sistema produtivo como uma rede de processos e operações, dando ênfase às melhorias nas funções processos, focando aquelas que desempenham melhores contribuições para os objetivos propostos. Em segundo lugar, buscou-se aperfeiçoar as ações dos processos por meio de melhorias em suas operações restantes.

No decorrer do processo de geração de ideias para as soluções dos desperdícios evidenciados, percebeu-se que, por característica do sistema produtivo o qual o produto está inserido (job shop), pode-se obter diversas melhorias, vista a grande quantidade de opções de máquinas disponíveis. Para tanto, foi necessário estar atento às soluções, e diversos critérios e variáveis tiveram que ser consideradas para se chegar a uma solução, e que os custos envolvidos não comprometam o plano de implementação. Em seguida, são detalhadas as melhorias propostas, necessárias para que o sistema e seus processos comportem-se de tal forma como projetado no mapa do estado futuro.

### **3.7.1 Melhorias no transporte e Layout**

As melhorias na disposição e movimentação dos materiais no sistema estudado foram divididas em melhorias no processo de transporte e na operação de transporte, ou seja, buscou-se todas as formas possíveis de eliminar as atividades de transporte através das modificações no *layout*, para só então melhorá-lo através das ferramentas utilizadas nas operações. Cabe salientar que as modificações no *layout* a fim de se melhorar o transporte, serão de vital importância para a adoção da produção de lotes de transferência unitários propostos no mapa futuro. As ações de melhorias foram norteadas a fim de se obter um *layout* do tipo celular com a concentração da produção de componentes e desenvolvimento de células de montagem.

Para tanto, foram propostas alterações no *layout* existente, melhorias nas operações e na gestão dos processos e operações:

- Eliminação das armazenagens intermediárias Estoque E1 e Estoque E2. Desta forma, ocorrem apenas dois movimentos com um item: um para se trazer a matéria-prima para a máquina, e outro para levar o item pronto para seguir seu roteiro, possibilitando também a eliminação dos transportes externos realizados com empilhadeira;
- Eliminação dos transportes externos com empilhadeira, eliminando automaticamente os estoques intermitentes;
- Aproximação do grupo de máquinas utilizadas nas operações dos subconjuntos;
- Localização do grupo de máquinas mais próximo da área de recebimento (inspeção) e conveniente à montagem final, cliente dos subconjuntos;
- Aproximação do torno convencional (TO86) ao grupo;
- Substituição da utilização da mesa de bancada e rosqueadeira (RO85) por uma célula de montagem (CE01) junto ao grupo;
- Aproximação da montagem final do produto Torno Desfolhador ao grupo. A montagem final estava localizada próximo ao Portão 1, para facilitar a expedição do equipamento, e esta foi rearranjada próximo ao Portão 2, ficando mais próxima ao seus processos fornecedores;
- Alocação da Retífica (RE01) junto ao grupo;
- Criação de uma gestão de transportes a partir da engenharia industrial. Esta gestão deverá atuar em melhorias do layout, elaboração e padronização de roteiros, fornecimento de treinamentos para as operações de transporte com foco nas técnicas enxutas e transporte e armazenagem unitários, podendo-se em estágios mais avançados implementar técnicas como o *Milk Run*;
- Gestão visual de transporte através de envio de sinais sonoros e visuais na necessidade de um transporte;
- Criação da função de transporte de materiais, e desta forma evita-se que os operadores de máquinas os transportem;
- Melhorar as condições de identificação dos itens por meio da padronização de informações contidas nas etiquetas que acompanham os componentes;
- Projeto e desenvolvimento de uma solução melhorada para transportar e armazenar os Rolos Tração e Rolo Contra Faca, em termos de dispositivos, que possibilite o transporte unitário, aliado às

características de agilidade e facilidade no carregamento e descarregamento.

Através do mapeamento do estado futuro, foi possível simular o fluxo de material e esboçar seus trajetos sobre o *layout* futuro, conforme é ilustrado na Figura 38 e Figura 39, para os subconjuntos Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente. Deve-se observar também que as alterações caracterizam-se por baixo custo de investimento.

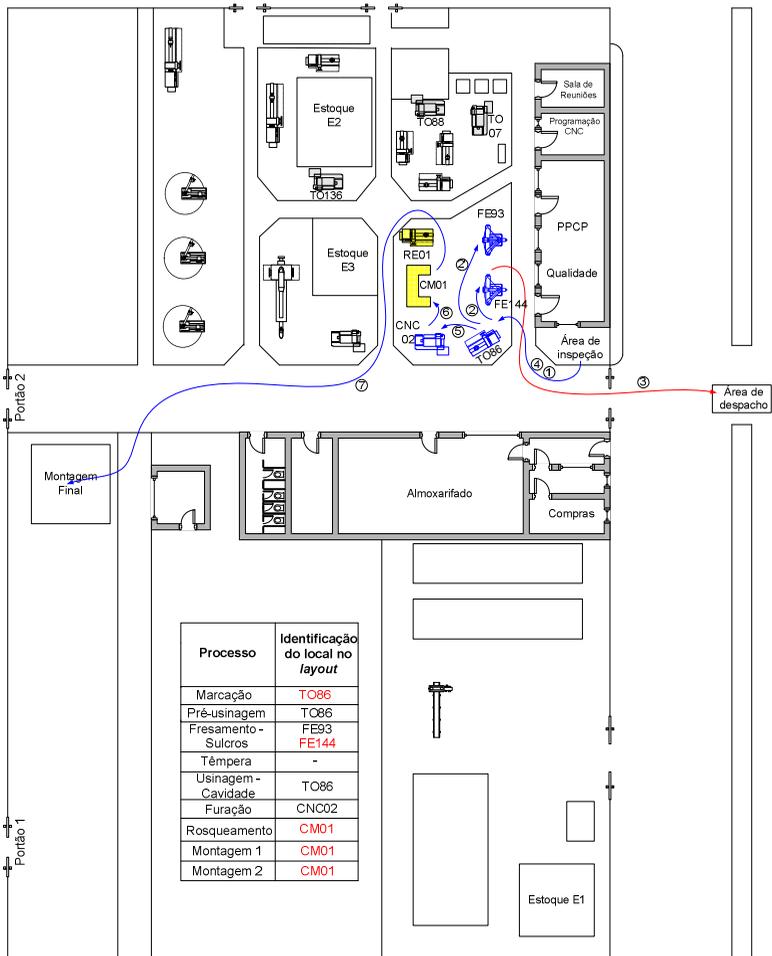
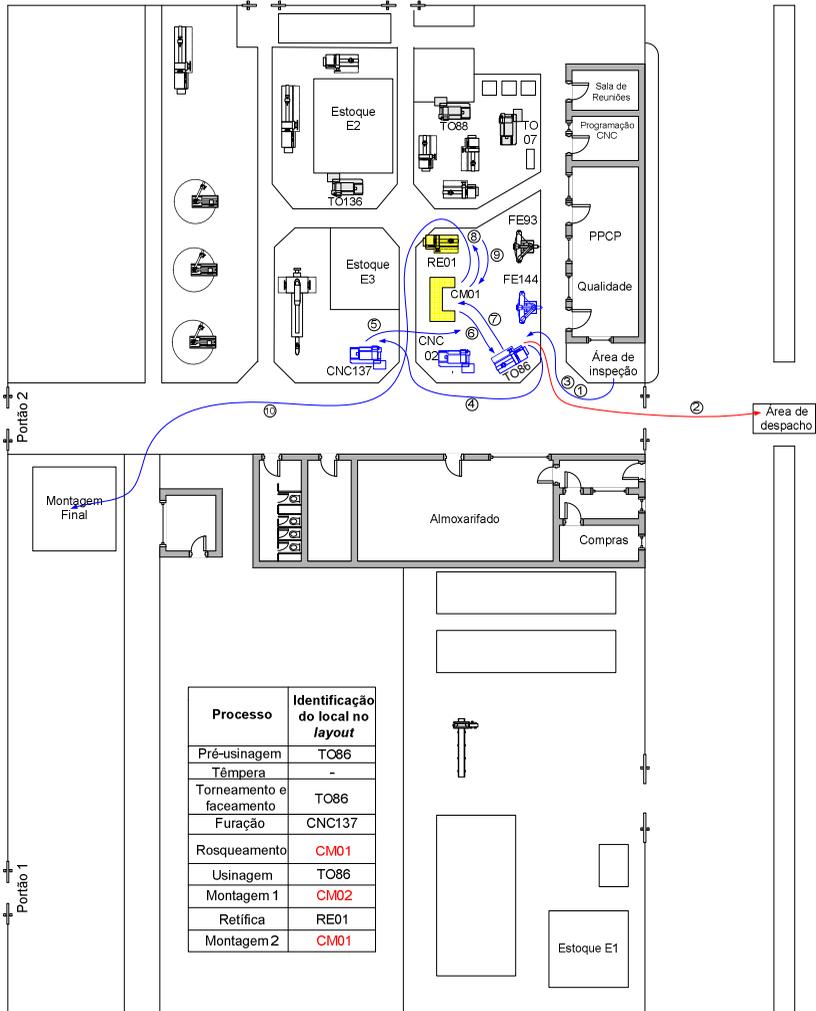


Figura 38 – Fluxo de transporte futuro do subconjunto rolo tração.

Fonte: Elaborado pelo autor.



Legenda: → Transporte realizado por meio ferramenta desenvolvida para transporte unitário na área externa e interna;

→ Transporte realizado por meio ferramenta desenvolvida para transporte unitário na área interna;

Escala: 5 m

Figura 39 – Fluxo de transporte futuro do subconjunto rolo contra faca.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas Tabela 15 e Tabela 16 mostram as novas distâncias percorridas pelos subconjuntos Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente.

Tabela 15 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Tração – *layout* futuro.

Trajeto	Distância (m)
1	10
2; 2'	4; 7
3	31
4	10
5	4
6	4
7	51
<b>Total</b>	<b>117</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 16 – Distâncias percorridas subconjunto Rolo Contra faca – *layout* futuro.

Trajeto	Distância (m)	Trajeto	Distância (m)
1	10	6	5
2	26	7	5
3	10	8	5
4	19	9	5
5	8	10	51
		<b>Total</b>	<b>142</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do *layout* e operações de transporte propostas, relaciona-se abaixo as principais contribuições esperadas a fim de se obter um cenário futuro enxuto:

- Redução nos tempos de transporte;
- Redução na área total utilizada;
- Melhor eficácia do arranjo;
- Redução dos custos das operações de transporte, mão de obra, combustível, manutenção, reduzindo assim, tanto custos fixos como variáveis;
- Eliminação do desperdício de mão de obra intelectual no transporte de materiais;

- Redução de 745 metros na distância percorrida pelos subconjuntos, representando uma redução de 74% do total, conforme comparativo mostrado na Tabela 17;

Tabela 17 – Comparativo das distâncias percorridas.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Distância percorrida – Layout Atual (metros)</b>	496	510
<b>Distância percorrida – Layout Futuro (metros)</b>	117	144
<b>Redução (%)</b>	76	72

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Melhor flexibilidade quanto frente às variações na demanda do cliente;
- Boa perspectiva ao atendimento de necessidades atuais e futuras da organização, visando, assim, garantir condições de competitividade à empresa;

### 3.7.2 Melhorias no processamento

As melhorias nas operações de processamento foram propostas a fim de atingir os resultados esperados no fluxo de valor futuro. Através da análise do mapa atual, pode-se observar que os processos de têmpera, os quais são realizados em terceiros, apresentam elevado *lead time*. A terceirização da têmpera é feita porque a gestão da produção da empresa optou pela alternativa de menor custo de transporte por item transportado, resultando na adoção de lotes grandes e *lead times* longos. A aplicação tradicional de grandes lotes é sustentada também pelo princípio da redução de custo unitário de transporte através do aumento do volume da viagem. Percebeu-se que estas características se estendem ao restante cadeia de suprimentos.

Em virtude desta problemática, buscou-se melhorar este cenário através de um estudo visando chegar a uma solução enxuta, sendo que o desafio no sistema de fornecimento consiste em manter um equilíbrio entre um sistema JIT com o menor custo de transporte e estoque no mínimo possível.

A região onde está instalada a empresa é privilegiada por uma gama muito grande de pequenos prestadores de serviços de tratamento térmico, tanto como outros tipos de serviços. A grande parte destas empresas possui, em sua essência, grande interesse em fornecer lotes unitários e em prazos menores, já que diferentemente dos fornecedores tradicionais que a empresa costuma trabalhar, os quais são de maior porte, e por conseqüência trabalham com demandas maiores, possuem uma maior dificuldade em enquadrar seus serviços com prazos curtos a lotes menores.

Diante do problema exposto, com o objetivo de reduzir o *lead time* e tempo de ciclo dos processos de têmpera realizados em terceiros, sugere-se o desenvolvimento dos fornecedores destes serviços, tanto já existentes como novos fornecedores, através de uma visão moderna de gestão da cadeia de suprimentos (*supply chain management*). As relações com os fornecedores devem ser estreitadas, com relacionamento de longo prazo, no sentido de buscar uma solução, não apenas em qualidade do serviço, mas também em prazos de entrega, programação das tarefas e redução dos desperdícios na logística.

Para tanto, buscou-se iniciar tal desenvolvimento através de contatos com o fornecedor existente, nos quais foram realizadas e discutidas algumas melhorias a fim de se aproximar este serviço aos requisitos do mapa do estado futuro.

Na busca de um ponto de equilíbrio entre o emprego de lote com o menor número de itens possíveis e os custos de transporte, considerando-se também a formação de fila por espera de lote e seu impacto no *lead time*, sugeriu-se a realização de entregas com lotes de duas peças, tanto para o subconjunto Rolo Tração como o Rolo Contra Faca. Por meio do envio de previsão de serviços para o fornecedor com um dia de antecedência, o fornecedor não terá dificuldade de programar o serviço em sua produção.

Ao final, pode-se reduzir os *lead times* (da saída do lote da empresa à chegada do mesmo já processado) do subconjunto Rolo de Tração para 490 minutos e do Rolo Contra Faca para 430 minutos.

Também foi necessário estudar o potencial de sistemas de transporte mais eficientes, tais como o transporte com motocicleta, que possui custo baixo e é mais rápido, proporcionando maior disponibilidade (menor dependência do cronograma do transportador), exclusividade (não há compartilhamento com entregas de outros produtos) e menos burocracia. Considerou-se também a possibilidade da empresa realizar o transporte utilizando um automóvel próprio.

Com relação à montagem, as melhorias a serem aplicadas serão de vital importância para o conceito de células, pois as reduções esperadas para os tempos de montagem visam o balanceamento das atividades dos operadores a fim de se obter a produção em fluxo contínuo e lotes unitários nas mesmas.

Uma “visualização” do que é para ser alcançado. Isto pode tomar várias formas, mas está tudo relacionado a dar às tropas algo mais do que apenas ordens para elas marcharem (HARRIS, 2007).

A frase citada acima resume a principal carência nos processos de montagem, apontada na seção de análise dos desperdícios do mapa atual. O procedimento mostrado na

Tabela 18 detalha duas das quatro etapas do processo de Montagem 2 do subconjunto Rolo Tração, porém com suas sequências de execução já modificadas e melhoradas, implementando-se a separação homem-máquina, isto é, buscando-se conferir paralelismo nas atividades do operador e da máquina.

Tabela 18 – Etapas de montagem rolamento no mancal e eixo futuro.

<b>Etapa</b>	<b>Duração (s)</b>	<b>Tempo acumulado (s)</b>	<b>Descrição da tarefa</b>
<b>Primeira parte: Montagem do rolamento no mancal e engraxar mancais</b>			
1	10	10	Engraxar mancal (1)
2	08	18	Carregar mancal no aquecedor e iniciar o ciclo de aquecimento da máquina (1)
3	70	88	Engraxar os 7 (sete) mancais restantes
4	110	198	Aguardar enquanto o mancal é aquecido (1)
5	08	206	Descarregar o aquecedor (1)
6	05	211	Montar o rolamento no mancal (1)
<b>211 x 1 = 211 segundos</b>			

Continuação da  
Tabela 18

<b>Segunda parte: Montagem do rolamento no mancal e Montagem do conjunto rolamento/mancal já montado anteriormente no eixo</b>			
7	08	08	Carregar mancal no aquecedor e iniciar aquecimento (2)
8	04	12	Montar retentor e anel de vedação (1)
9	13	25	Engraxar eixo (1)
10	25	50	Montar anel de encosto (1)
11	110	160	Montar conjunto rolamento/mancal no eixo (1)
12	25	185	Montar anel de encosto (1)
13	13	198	Aguardar enquanto o mancal é aquecido (2)
14	08	206	Descarregar o aquecedor (2)
15	05	211	Montar o rolamento no mancal (2)
211 x 7 = 1.477 segundos			
<b>Terceira parte: Montagem do último conjunto rolamento/mancal no eixo</b>			
16	04	04	Montar retentor e anel de vedação (8)
17	13	17	Engraxar eixo (8)
18	25	42	Montar anel de encosto 1 (8)
19	110	152	Montar conjunto rolamento/mancal no eixo (8)
20	25	177	Montar anel de encosto 2 (8)
177 x 1 = 177 segundos			
	211	211	Montagem primeira parte
	1.477	1.688	Montagem segunda parte
	177	1.865	Montagem terceira parte

Fonte: Elaborado pelo autor.

O *lead time* total da montagem com os procedimentos atuais é de 3.104 segundos para a montagem do lote de oito unidades, conforme mostrado na Tabela 12. Com a mudança no procedimento e a ocupação dos tempos em que o operador fica aguardando a máquina, tem-se um novo tempo de 1.865 segundos, ou seja, uma redução de 40 %.

O exemplo acima mostra a potencialidade de melhoria que pode ser alcançável em todas as operações de montagem analisadas no mapa atual. Para tanto, são sugeridas as seguintes as seguintes modificações na montagem atual:

- Criação de uma célula de montagem para a realização das seguintes operações para o Subconjunto Rolo Tração: Rosqueamento, Montagem 1 e Montagem 2. Na mesma célula serão realizadas as seguintes operações para o Subconjunto Rolo Tração: Rosqueamento, Montagem 1 e Montagem 2. Ou seja, há um agrupamento da Montagem 2 junto à Montagem 1 na célula. Deve-se lembrar que o importante das células de manufatura não é a disposição física em si, mas como estabelecer o fluxo contínuo de peças através dela;
- Elaborar procedimentos padronizados de montagem. Com base nas dificuldades observadas na coleta dos dados para o mapa do estado atual, as quais causam as principais esperas mencionadas nos mapas, é desejável que os procedimentos padronizados de montagem possuam:
  - Detalhamento das etapas;
  - Relação de ferramentas e dispositivos para efetuar a montagem;
  - Relação de ferramentas e dispositivos do posto de trabalho;
  - Relação de instrumentos de medição;
- Melhoramento dos desenhos para montagem e melhoramento do fluxograma de *feedback* entre montagem e engenharia de produto. Elaboração de desenhos que contenham experiências, auto-explicações e ilustrações de funcionamento do subconjunto, de tal forma que sejam facilmente entendidos pelos operadores;
- Realização de “*kaizen* no papel” para a nova célula de montagem, o qual trata de eliminação imediata das etapas desnecessárias na etapa de projeto da célula, antes mesmo que estas sejam colocadas em prática. A melhoria das operações de montagem podem ser mensuradas através do estudo de tempos e movimentos das operações de montagem, e por meio destes estudos em conjunto com treinamentos, serão alcançadas melhorias nos métodos de trabalho;

- Melhorar o planejamento de espaço entre os equipamentos para facilitar a movimentação de peças e dispositivos;
- Utilização de moldes e gabaritos para facilitar a execução das tarefas de montagem em conjunto com dispositivos *poka-yoke* para a certificação da tarefa executada conforme as especificações. Isto porque em alguns casos os operadores se proviam de anotações pessoais específicas para efetuar a montagem de alguns componentes, tornando a operação lenta, pois o operador demanda um certo tempo para compreender o funcionamento da peça no subconjunto; além disto, a operação torna-se altamente suscetível a erros de montagem e retrabalhos;
- Projeto e desenvolvimento de um dispositivo para auxílio na tarefa de movimentação das peças na célula. Isto porque a movimentação com a ponte rolante, além de ser um processo lento, depende de disponibilidade, já que esta também é utilizada por outros processos;
- Utilização de ferramentas que agilizam os processos de montagem (como por exemplo parafusadeiras);
- Manter a célula mais limpa, facilitando a implementação da Gestão Visual;
- Desenvolvimento de quadro tipo sombra para ferramentas;
- Utilizar controle e indicadores de retrabalho e orientações quanto ao uso dos procedimentos da gestão de qualidade e RNC, melhorando o fluxograma de tomada de decisões para peças defeituosas.

Através das melhorias propostas para as operações de montagem, espera-se obter grandes ganhos nos tempos de ciclo de montagem através do conceito de célula, conforme mostrado Tabela 19.

Tabela 19 – Reduções nos tempos de processamento da montagem.

Processo	Tempo (minutos)					
	Subconjunto Rolo Tração			Subconjunto Rolo Contra Faca		
	Atual	Futuro	Redução (%)	Atual	Futuro	Redução (%)
<b>Montagem 1</b>	36	24	33	38	26	56
<b>Montagem 2</b>	92	60	35	43	28	34

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além da têmpera e montagem, também sugeriu-se melhorias no restante das operações de processamento, as quais também são aplicáveis aos processos de montagem. Os mapas dos estados atuais e sua análise mostraram que, em diversos processos, existe uma diferença significativa entre o tempo de processamento e o tempo de agregação de valor. As sugestões abaixo relacionadas contribuem para a redução deste intervalo de tempo, no qual não está-se realizando algo que realmente o cliente deseja. Os valores das metas de reduções foram estabelecidos a fim atingir o comportamento esperado no balanceamento das atividades dos operadores, apresentados no mapa do estado futuro:

- Melhoria dos desenhos para usinagem: os desenhos devem ser elaborados especificamente para a usinagem com todos os detalhes e cotas necessárias, e apenas as informações absolutamente necessárias para usinagem. Desta forma reduzir-se-á os tempos em que o operador fica pensando sobre o desenho. Para tanto, também será necessário melhorar o fluxograma de *feedback* entre usinagem e engenharia de produto;
- Integrar as máquinas CNC à rede LAN (*Local Area Network*) a fim de manter um banco de dados comum para os programas das peças. Deve-se administrar o banco de dados e eliminar os programas de peças antigas que não são mais fabricadas, e desta forma reduzir-se-á os tempos em que o operador desperdiça digitando o programa e simulando o processamento;
- Detalhamento dos parâmetros de usinagem através da engenharia industrial, pois os operadores decidem arbitrariamente os parâmetros com base em sua experiência;
- Projeto e desenvolvimento de dispositivos para auxílio na tarefa de carga e descarga máquina: tais dispositivos devem ser específicos e exclusivos para uso dos componentes rolo Tração e Rolo Contra Faca, pois no tempo de processamento esta tarefa corresponde à operação mais demorada entre as que não estão agregando valor. Esta demora é causada pela dificuldade no manuseio com a paleteira manual com *munk*, pois além de ser um processo lento, depende da disponibilidade, já que também é utilizado por outros processos;
- Da mesma forma que na montagem, sugere-se a elaboração de procedimentos padronizados de trabalho, com o detalhamento das atividades, relação de ferramentas e dispositivos para realizá-la. Para garantir a boa execução dos procedimentos, sugere-se a criação e implantação de um plano de capacitação e qualificação dos operadores

visando, além de elevada qualidade e tempo reduzido, boa ergonomia na execução das tarefas;

- Implantação de ferramentas para gerenciar e explicitar o grau de conhecimento de uma pessoa ou de um time, transformando informações invisíveis em visíveis. A partir da realização de avaliações, poder-se-á melhorar as iniciativas de treinamentos aos integrantes e adequar suas funções às respectivas habilidades e capacidades;
- Elaborar um plano de treinamento para a capacitação dos operadores quanto à sua multifuncionalidade, aumentando a flexibilidade da mão de obra. Com a realização da análise nos postos de trabalho, poder-se-á estabelecer planos de treinamentos que proporcionem um único colaborador a realizar múltiplas tarefas, a fim de atingir as metas de balanceamento da situação futura e consequentemente a produção em fluxo contínuo de lotes unitários;
- Desenvolver e implantar um sistema de medição de desempenho, juntamente com o efeito desejável dos treinamentos (isto é, trabalhadores mais qualificados), levando ao aumento do comprometimento da mão de obra, e por consequência à redução do número de não conformidades das peças, conduzindo a um menor desperdício de tempo e recursos. O aumento do comprometimento da mão de obra, juntamente com a não necessidade de resolver problemas graves e urgentes, proporcionará um aumento da produtividade, que deverá conduzir a uma diminuição dos custos com horas extras;
- Além de conhecer a demanda, é necessário conhecer a capacidade do processo e a média real de produção. Smalley (2005) cita a utilização de um documento básico chamado de Folha de Capacidade de Processo, criado na Toyota a fim de medir o verdadeiro potencial de produção de um processo durante um turno. Trata-se da geração e análise de gráficos de Pareto, identificando as principais causas de paradas e problemas nas máquinas. Tais informações são obtidas por meio de observação e cronoanálise dos tempos de processamento e paradas das máquinas. Desta forma, será possível comparar os valores de produção planejada versus a quantidade real produzida, a fim de se estabelecer planos de melhorias para melhorar a disponibilidade das máquinas;
- Desenvolver e consolidar o hábito de realizar breves reuniões de discussões sobre formas de desempenho, e como podem ser efetuadas

pequenas melhorias pontuais e imediatas com foco na redução do *lead time* em um determinado processo;

- Em uma análise mais detalhada sobre o processo de retífica juntamente com os gestores da produção, concluiu-se que poder-se-ia considerar a aquisição de uma retífica cilíndrica nova, diferente da atual que a empresa possui, a qual se trata de uma retífica adaptada em um torno convencional, necessitando ser montada sempre que for utilizada. A empresa possui diversas peças que passam pelo processo de retificação, e que constantemente sofrem problemas de qualidade e retrabalho. A compra de uma nova retificadora resultaria na eliminação dos custos relacionados com a falta de qualidade, somada à redução do tempo necessário para realizar o processo de retificação, tempo despendido no *setup*, e à redução do *lead time* de manufatura do subconjunto Rolo Contra Faca. Considerando-se a implementação de um fluxo contínuo através de uma célula de manufatura, proporcionar-se-á um *payback* em médio prazo quanto aos investimentos necessários. Além do fato que esta adaptação acentua o desgaste do Torno, reduzindo sua vida útil. Com esta aquisição, espera-se uma redução de 56% no tempo de ciclo, além da redução de 87 % no tempo de *setup*, contribuindo para a melhora nas esperas de processo;
- Conforme mencionado nas melhorias de transporte e *layout*, os operadores dos postos de trabalho não mais realizarão transporte de peças. O transporte será realizado por uma pessoa específica, por auxílio de métodos de gestão visual, através de envio de sinais sonoros e visuais, dada a necessidade de transporte. Além disso, contribui-se para as operações de processamento, pois o tempo disponível de processamento irá aumentar;
- Implementar um sistema 5S nos postos de trabalho, eliminando-se tudo que é desnecessário, organização e identificação das ferramentas e dispositivos;
- Criar e implementar melhoria no processo de inspeção com o intuito de prevenir e reduzir o número de peças defeituosas que vão para a montagem. Para tanto, sugere-se realizar inspeções através do método *poka-yoke* com inspeção na fonte e auto-inspeção em 100% das peças, garantindo-se a boa continuidade operacional;
- Adicionalmente, os tempos de processamento também podem ser melhorados através da prática de técnicas como Projeto Para Fabricação e Montagem (DFMA), também conhecida como Engenharia de Valor por Shingo (1996).

Através das melhorias propostas nos processos, espera-se obter ganhos significativos nos tempos de processamento, conforme mostrado na Tabela 20.

**Tabela 20 – Reduções nos tempos de processamento.**

Processo	Tempo (minutos)					
	Subconjunto Rolo Tração			Subconjunto Rolo Contra Faca		
	Atual	Futuro	Redução (%)	Atual	Futuro	Redução (%)
<b>Pré-usinagem</b>	132	109	18	240	220	8
<b>Têmpera</b>	3.326	490	85	3.749	430	88
<b>Torneamento e Faceamento</b>	-	-	-	113	103	9
<b>Usinagem cavidade</b>	173	161	7	-	-	-
<b>Furação</b>	93	93	0	50	46	8
<b>Rosqueamento</b>	17	14	18	12	10	17
<b>Usinagem</b>	-	-	-	15	12	20
<b>Retífica</b>	-	-	-	308	135	56

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.7.3 Melhorias nas esperas de processo

A análise do mapa atual mostrou que a espera por processo corresponde à maior parcela do *lead time* de manufatura dos subconjuntos estudados, e suas principais causas estão relacionadas à baixa eficácia dos trabalhos do PCP e à produção empurrada, comprometendo o sequenciamento da produção, resultando em paradas por manutenção das máquinas e elevados tempos de *setup*. Com o advento da situação futura, espera-se que estes tempos sejam reduzidos significativamente, através da implementação do sistema puxado sequenciado. Para que o mapa futuro se comporte da forma esperada com a minimização das esperas por processo, serão necessárias as seguintes mudanças no sistema atual:

- Melhoria no *setup*: O tempo gasto com a preparação dos recursos é indesejável, porém necessário ao processo produtivo. Dentro dos processos convencionais são gerados grandes lotes de itens com intuito de minimizar os tempos de interrupções com a troca de ferramentas ou programação de *setup*, porém isto resulta em um elevado tempo de espera em fila. Para se reduzir esse tempo de espera em fila, deve-se reduzir os tempos de *setup* de forma a tornar econômico o uso de lotes menores. Da mesma forma que nas operações de processamento, a falta de padronização, trabalho padrão e treinamentos se estendem para as operações de *setup* das máquinas. Sugere-se o melhoramento destes procedimentos por meio da adoção de técnicas consolidadas de redução de *setup*, como TRF (Troca Rápida de Ferramentas) desenvolvido por Shingo na Toyota, que é amplamente utilizado nas empresas que buscam migrar para sistemas enxutos. Através de esforços da produção, as técnicas TRF podem ser implementadas ao sistema existente com poucos investimentos, pois estas técnicas possuem em sua essência a separação e a transferência de elementos do *setup* interno para o *setup* externo, redução dos tempos de preparação da matéria-prima dos dispositivos e tempos de gastos com centragem, ajustes e processamentos iniciais. Estes tempos correspondem à maior parcela do tempo do *setup*, enquanto os tempos em que efetivamente está-se realizando a fixação e remoção das ferramentas correspondem a uma parcela muito pequena do tempo total de *setup*. Após a elaboração de procedimentos padrão para a realização dos *setups*, os mesmos devem ser agregados ao plano de capacitação e qualificação dos operadores, garantindo uma boa execução dos procedimentos e melhoria contínua;
- A empresa possui certificação ISO 9000, conseqüentemente será de vital importância a gerência da qualidade, incorporar os procedimentos padronizados de *setup* dos processos aos PGs (Procedimentos Gerais), e garantir a qualificação dos funcionários através de treinamentos específicos. Da mesma forma, os procedimentos padronizados de trabalho que serão desenvolvidos para montagem e usinagem, também deverão ser incorporados aos PGs;
- Para garantir que a movimentação das componentes no sistema de manufatura ocorra conforme planejado no mapa futuro, evitando a formação de elevados tempos de espera por processo de outros lotes, deverá ser implementado um sistema de gestão visual para as peças dos dois subconjuntos estudados. Após o processamento de uma peça,

esta deverá ser transportada prontamente para a próxima estação, e o responsável por transportar a peça deverá ser avisado através da emissão de sinais visuais e sonoros por uma sirene rotativa (ou mecanismo equivalente) a partir do local onde a peça está. No momento em que a primeira peça de todas encomendadas chegar ao processo posterior, esta peça deverá aguardar a finalização do processamento do lote em que o processo está trabalhando, e também aguardar a realização do *setup* para seu processamento. Logo, algumas esperas serão consideradas, entretanto quem irá ordenar para que se inicie fabricação de uma peça será a própria chegada da mesma na estação, e não mais uma ordem de produção vindo do cronograma do PCP;

- Será indispensável a estruturação do setor de manutenção, o qual deverá adotar a manutenção preditiva e preventiva em todas as máquinas, equipamentos e dispositivos existentes, incorporando conceitos melhorados e técnicas de gestão, a fim de se obter um melhor rendimento operacional global, contribuindo para o melhoramento da estabilidade básica.

A Tabela 22 mostra os resultados esperados nos tempos de espera de processo para a situação futura.

Tabela 21 – Resumo dos tempos de espera de processo na situação futura.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Tempo de espera de processo atual (minutos)</b>	14.093	12.598
<b>Tempo de espera de processo futuro (minutos)</b>	211	216
<b>Percentual de redução (%)</b>	98	98

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.7.4 Melhorias na espera de lotes

A análise do mapa atual mostrou que a espera de lotes representa uma grande parcela na formação *lead time* de manufatura dos subconjuntos estudados, a qual é causada pelo fato dos processos serem programados para o processamento em lotes com quantidade de itens referente a uma encomenda, e se deslocarem para o próximo processo somente após o processamento de todo lote, causando assim esperas de lotes em todas as estações de trabalho. No desenho do mapa futuro, estas esperas foram reduzidas através da produção de lote com fluxo unitário, formação de uma célula de montagem, balanceamento das operações, melhorias no *layout* e transporte. Entretanto, ainda haverá espera por formação de lotes no primeiro processo da fabricação de cada subconjunto, sendo que a matéria-prima chega ao processo em um lote contendo a quantidade total necessária para encomenda.

Também haverá uma pequena formação de lotes em virtude dos processos de têmpera ainda serem processados em lotes de duas unidades, ou seja, o processo de têmpera deverá esperar pela formação de duas peças (em forma de fluxo *FIFO*) somente após esta espera, ocasionando desta forma espera de lotes antes e depois do processo de têmpera. A Tabela 22 mostra um comparativo entre os tempos de espera de lotes na situação atual em relação à situação futura.

Tabela 22 – Resumo dos tempos de espera de lote na situação futura.

Processo	Subconjunto	
	Rolo Tração	Rolo Contra Faca
<b>Tempo de espera de lotes atual (minutos)</b>	8.066	5.482
<b>Tempo de espera de lotes futuro (minutos)</b>	1.332	1.310
<b>Percentual de redução (%)</b>	83	76

Fonte: Elaborado pelo autor.

### **3.7.5 Melhorias nos estoques de matéria-prima e produto acabado**

Através do método proposto, no qual as ordens de compra serão emitidas apenas no momento em que o cliente firmar uma encomenda, espera-se eliminar os estoques de matéria-prima em sua totalidade, e conseqüentemente os tempos decorrentes de sua armazenagem. Entretanto, para os estoques de produto acabado, e os tempos decorrentes de sua armazenagem, necessitou-se fazer algumas considerações em virtude da contagem do seu tempo estar atrelada a uma ligação externa ao limite de contorno estabelecido para o mapeamento. Através do mapa do estado futuro proposto, não se pode garantir que os subconjuntos mapeados sejam utilizados imediatamente após a sua finalização, na montagem final do torno desfolhador. Sendo assim, os valores das esperas de produto acabado foram mantidos, conforme apurados no mapa do estado atual, e desta forma foi possível realizar a comparação de todo o fluxo de materiais do mapa do estado atual com o mapa do estado futuro nas mesmas bases.

### **3.7.6 Resumo dos resultados referentes aos mapas futuros**

Através do comportamento do estado futuro, projetado através dos mapas de valor e suas e as melhorias propostas, pode-se resumir as condições futuras dos subconjuntos estudados. A Tabela 23 e a Tabela 24 resumem os resultados esperados para o subconjunto Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente. Adicionalmente, o ANEXO II e o ANEXO III resumem os tempos esperados para os elementos função processo na situação futura para os subconjuntos Rolo Tração e Rolo Contra Faca respectivamente.

Tabela 23 – Resumo dos resultados do mapa futuro do subconjunto Rolo Tração.

Processo	Subconjunto Rolo Tração		
	Situação Atual	Situação Futuro	Redução %
<i>Lead time de manufatura (minutos)</i>	31.982	3.186	90
<i>Lead time dos processos (minutos)</i>	4.080	1.178	71
<i>Tempo de agregação de valor (minutos)</i>	799	799	0
<i>Tempo em que não há agregação de valor (minutos)</i>	31.183	2.387	92
<b>Número de operadores</b>	10	4	60

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 24 – Resumo dos resultados do mapa futuro do subconjunto Rolo Contra Faca.

Processo	Subconjunto Rolo Contra Faca		
	Situação Atual	Situação Futuro	Redução %
<i>Lead time de manufatura (minutos)</i>	28.231	3.339	88
<i>Lead time dos processos (minutos)</i>	4.615	1.040	77
<i>Tempo de agregação de valor (minutos)</i>	836	647	23
<i>Tempo em que não há agregação de valor (minutos)</i>	27.395	2.692	90
<b>Número de operadores</b>	10	3	70

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 25 mostra de forma sintetizada as principais melhorias propostas e suas contribuições, as quais serão transformadas em metas para o plano de implementações. Adicionalmente, o ANEXO I mostra a parcela de contribuição das melhorias sobre os *lead times* totais dos dois subconjuntos.

Tabela 25 – Síntese das principais melhorias propostas.

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Solução</b>	<b>Principais Contribuições</b>
Elevados esperas nas operações de montagem.	Falta de instruções, <i>layout</i> inadequado, lentidão na movimentação das peças.	Célula de montagem, <i>kaizen</i> no papel, procedimento padrão de montagem, treinamentos e outros.	Redução de 34 % nos tempos de montagem.
Elevado <i>lead time</i> no processo de têmpera.	Ineficiente política de desenvolvimento e relacionamento com fornecedor.	Desenvolvimento de fornecedor, lotes menores e melhoria na logística.	Redução de 87 % no <i>lead time</i> do processo de têmpera.
Elevados tempos de processamento das operações de usinagem.	Falta de padrões nas operações, qualificação e manuseio das peças na carga e descarga máquina.	Implantação de trabalho padrão e treinamentos, criação de dispositivos para manuseio dos itens e folha de capacidade de processo.	Redução de 18 % nos tempos de usinagem.
	Elevado tempo de retífica.	Aquisição de uma retífica cilíndrica	

**Continuação da**  
Tabela 25

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Solução</b>	<b>Principais Contribuições</b>
Elevada espera de processo.	Deficiência na programação e sequenciamento da produção empurrada.	Implantação de programação puxada seqüenciada.	Redução de 98 % nos tempos de espera de processo.
	Máquinas em manutenção.	Prática de manutenção preventiva e preditiva.	
	Elevados tempos de <i>setup</i> .	Procedimentos padrões de <i>setup</i> , troca rápida de ferramentas e <i>setup</i> em paralelo, aquisição de uma retífica cilíndrica.	
	Espera por processo de outros produtos.	Priorização e implantação de técnicas de gestão visual para sinalizar a necessidade de processamento	
Elevada espera de lotes.	Produção em lotes e processos desbalanceados.	Produção em lotes unitários e produção em fluxo contínuo e operadores multifuncionais.	Redução de 80 % no tempo espera de lotes e 65% no número de operadores.
Elevado distância de transporte.	Layout funcional.	Concentração geográfica da produção dos componentes (layout celular) e células de montagem.	Redução de 74% na distância percorrida.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.8 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO

Após a finalização da fase de mapeamento do estado futuro, é necessário que se elabore um plano de implementação, de forma a atingir as metas das melhorias propostas. O plano de implementação corresponde à quarta etapa da metodologia do MFV estabelecida Rother e Shook (2003).

Foi necessário evidenciar junto à equipe de trabalho que, do estado atual até o estado futuro, há a necessidade de um salto muito grande de mentalidade por parte dos operadores como também por parte da alta administração, líderes de área e supervisores de produção. É completamente compreensível que a migração para o novo sistema de manufatura deverá ocorrer em passos lentos, de acordo com as limitações existentes, pois trata-se de uma mudança da forma de pensar sobre os processos e operações produtivas.

É fundamental a participação da alta direção em deixar clara a prioridade da implantação do estado futuro desenhado, suas expectativas de prazos para implementação e recursos (principalmente humanos) que devem ser alocados (FERRO, 2003).

O autor chama a atenção do envolvimento da alta administração junto às propostas de implementação. Tal característica será fundamental para que as transformações *lean* estejam embasadas na real necessidade do negócio. A alta administração deverá participar desde o início de forma a liderar as iniciativas.

Quando pressionados, entretanto, veteranos da Toyota comentam que certas pré-condições são necessárias para que a implementação ocorra com maior tranquilidade. Por exemplo, deve haver poucos problemas na disponibilidade dos equipamentos, o material deve estar disponível com poucos defeitos e deve haver forte supervisão nas linhas de produção. Estes são precisamente os problemas que, ainda hoje, vejo muitas empresas tentando resolver (SMALLEY, 2005).

As experiências postas em prática com sucesso na Toyota mostraram que fazer mudanças radicais e melhorias não é fácil. Conforme Smalley (2005), a Toyota aprendeu da maneira mais árdua que, para iniciar uma transformação, é necessária muita estabilidade básica antes dos elementos *lean* mais sofisticados. Para tanto, será necessário, antes de tudo, reconhecer a importância da estabilidade básica para a implementação do mapa futuro. Pode-se perceber no mapa de estado atual que muitos desperdícios estão relacionados à falta de estabilidade básica do sistema de fabricação.

As propostas de melhorias do mapeamento do estado futuro mostraram que, de modo geral, há uma grande quantidade de melhorias para serem implementadas a fim de atingir o estado futuro, sendo que muitas delas podem ser implementadas em curto prazo com custos baixos. Harris (2007) postula que investimento em tecnologia não é pré-requisito para a implementação dos princípios *lean*. Enquanto novas tecnologias podem ajudar em algumas circunstâncias, a maioria das melhorias irá resultar do avanço na produtividade relacionadas ao *setup* de equipamentos ou reestruturação de processos.

Além dos problemas de natureza técnica, será necessário resolver os problemas de natureza cultural. Para a fase de implementação, será de fundamental importância para a empresa a assistência de um profissional *lean* que entenda profundamente os princípios, técnicas e ferramentas de manufatura enxuta. Ele deverá ser ouvido nas decisões de mudança, e terá que dialogar com os operadores, líderes e supervisores, além de ter um poder significativo de persuasão sobre a opinião das pessoas. Este profissional deverá realizar uma importante missão, que consiste em mudar a forma que as pessoas pensam e agem sobre seus trabalhos, e convencer e treinar os colaboradores na busca dos resultados decorrentes da manufatura enxuta.

Por final, elaborou-se o plano de implementação do mapa futuro, onde são detalhadas as atividades e o seu respectivo cronograma a fim de atender as metas das melhorias estabelecidas na seção anterior. O plano é mostrado na Tabela 26.



Continuação  
Tabela 26

Atividade	Cronograma (meses)																	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
<i>Kaizen</i> no papel, estudo dos tempos movimentos, trabalho padrão e treinamentos na montagem.																		
Estudo dos tempos movimentos, trabalho padrão e treinamentos na usinagem.																		
Implantação da folha de capacidade do processo																		
Aquisição de uma retífica cilíndrica																		
Redução nos tempos de <i>setup</i>																		
Criação de dispositivo de gestão visual para transportes e processo																		
Aplicar 5S nas estações de trabalho																		
Implementar sistema puxado sequenciado																		
Avaliar eficácia da implementação																		

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implementação das melhorias no fluxo de valor, sob o ponto de vista de agregação de valor ao cliente, integradas à estratégia corporativa da organização, foram realizadas a partir da seleção de subconjuntos de montagem, descritas na seção 3.5.1 do trabalho. Entretanto, tão logo que o mapa futuro e suas respectivas melhorias forem implementadas, um processo iterativo para seleção de novos subconjuntos de montagem do produto torna-se necessário, sendo que estes novos subconjuntos possuirão elevados *lead times*, de modo que sejam novos mapas de fluxo de valor para esses outros subconjuntos.

Para os primeiros produtos que forem produzidos através do sistema puxado sequenciado, a produção poderá optar por manter um fluxo FIFO entre os processos que possuem fluxo contínuo, até que estes estejam totalmente confiáveis balanceados conforme o mapa futuro. Desta forma, haverá uma limitação da extensão do fluxo contínuo. Rother e Shook (2003) recomendam esta como uma boa prática a ser aplicada antes de se estabelecer fluxo contínuo puro.

## 4. CONCLUSÃO

### 4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de dissertação de mestrado propôs a implementação de conceitos de manufatura enxuta em uma empresa do setor metal-mecânico que fabrica produtos sob encomenda. Foi realizada uma análise do fluxo de valor porta-a-porta de forma a quantificar os fenômenos dos processos produtivos e todas as formas de desperdícios presentes no mesmo. Para tanto, foi aplicada a metodologia do MFV descrita por Rother e Shook (2003) particularizada ao produto considerado neste trabalho, o qual possui ampla gama de peças. Como forma de análise das atividades de manufatura, utilizou-se o MFP proposto por Shingo (1996).

Os principais resultados obtidos foram: 89% de redução no *lead time* de produção, 74% de redução na distância percorrida e 65% de redução da necessidade de operadores, obtidos nos estudos através da aplicação da metodologia proposta. Houve portanto uma redução significativa de custos produtivos, bem como uma maior agregação de valor para o cliente final, permitindo demonstrar a potencialidade da aplicação dos conceitos enxutos em ambientes de manufatura onde são fabricados produtos sob encomenda.

Através da análise do estudo de caso, foi possível concluir que para agregar valor a produtos fabricados sob encomenda, que possuem ampla gama de peças, produzidos em ambientes ETO, não há a necessidade de elaborar uma quantidade elevada de mapas, pois além de ser uma tarefa muito dispendiosa, mapas em excesso podem comprometer a visibilidade do fluxo de valor. A estratégia de seleção de subconjuntos e componentes com caminhos críticos, sob a perspectiva de agregação de valor para o cliente, foi adequada para a aplicação da metodologia. Entretanto, é necessário que se faça uma ressalva quanto à utilização destes procedimentos, pois a avaliação dos critérios de desempenho (por exemplo, impactos dos subconjuntos) são variáveis que, se forem mal definidas, poderão comprometer a definição do conceito de valor para o cliente, podendo desta forma prejudicar o restante do trabalho e implementações que a empresa pretende realizar.

Neste trabalho o *lead time* corresponde ao tempo corrido de um pedido firmado, contado do recebimento da matéria prima até a obtenção do produto acabado, e ele é determinado através do acompanhamento e análise temporal dos elementos da função processo, e este método mostrou-se eficaz quanto a uma aproximação referente ao estado atual. Desta forma, possibilita-se um melhor diagnóstico e interpretação dos fenômenos que causam desperdícios, contribuindo para o processo de melhoramento da produção através das técnicas de manufatura enxuta.

A aplicação do MFP com a representação dos *lead times* corridos mostrou um grande potencial para visualizar o estado atual, e para a criação de um ambiente favorável através do conjunto de técnicas e ferramentas enxutas. A prática combinada com a análise dos processos sob o ponto de vista do MFP, permitiu-se conciliar a criação de um sistema de manufatura puxado com as melhorias reais voltadas à redução do *lead time* de manufatura.

Tradicionalmente a utilização de níveis de estoques elevados tem sido praticada para mascarar os problemas que não são visíveis. Em casos específicos como no sistema estudado, em virtude do produto ser sob encomenda, tais práticas tornam-se inviáveis economicamente, e desta forma não há “benefícios” quanto à utilização de estoques adicionais. Sendo assim, os mesmos problemas de produção acabam por acarretar no aumento *lead time* produtivo do produto firmado e, conseqüentemente sobre os critérios de desempenho da organização. Através da aplicação do estudo de caso, foi possível observar que, com a visualização do fluxo de valor da fabricação do produto através dos mapas, elaborados e analisados sob a ótica do MFP, os problemas de manufatura ficam mais visíveis e palpáveis, e por conseqüência tornam-se mais fáceis de serem tratados.

É necessário que se faça uma ressalva quando à contribuição total das melhorias esperadas na redução de 98% das esperas de processo. Conforme mostrado no ANEXO I, estas representam 48,9% do tempo total reduzido no *lead time* dos subconjuntos, em virtude das esperas de processo possuírem as maiores contribuições nos tempos onde não está-se agregando valor ao produto. As parcelas dos tempos de espera são específicas de cada sistema produtivo estudado, e dificilmente encontrar-se-á esta proporcionalidade em um sistema de manufatura estruturado, por mais empurrado que seja, a não ser no caso estudado, onde os métodos de programação ainda possuem baixo grau de profissionalização e excesso de informalidade. Estas características potencializaram reduções no *lead time* total, diante da implementação de meios de programação puxada.

Através dos resultados obtidos na pesquisa, pode-se afirmar que estes vêm de encontro às linhas de pensamento de Rother (2005), que postula que frequentemente os processos de produção sob encomenda de itens customizados são erroneamente considerados não adequados para o processo de fluxo contínuo. Contribui-se desta forma para a desmistificação de dificuldades apontadas por estudos aparentemente pouco consistentes.

É conveniente fazer uma analogia quanto às características do ambiente de manufatura onde o estudo de caso foi realizado, o qual possui um baixo volume de itens produzidos, com as declarações feitas por Shingo (1996), a fim de comparar os sistemas Ford com o sistema Toyota. Conclui-se que é difícil fazer um julgamento dos dois sistemas, entretanto tem-se a certeza que o sistema Toyota é especialmente apropriado para produção em período de crescimento econômico lento.

## 4.2 CONTRIBUIÇÕES

Muitas obras da literatura tratam de manufatura enxuta e MFV como uma filosofia, abordam suas técnicas e os passos para a implantação dos programas. Entretanto, observa-se que há uma carência da literatura principalmente no que diz respeito à construção de uma estrutura de mudanças. Como deve ser planejada esta estrutura, quais os recursos necessários, formação de equipes e treinamentos para que o processo de mudanças e implantação possa ocorrer de forma adequada e sustentável.

Através do plano de implementação, o presente trabalho contribui no processo de auxílio à criação de um modelo de estrutura de implantação de práticas de manufatura enxuta e MFV, abordando uma metodologia básica, de modo a servir de modelo à aplicação do MFV, bem como responder questões chave que ocorrem nos processos de implementação destes programas.

Através da sistematização das soluções buscadas para as várias dificuldades e dúvidas que foram surgindo no decorrer da pesquisa, propôs-se uma estrutura de suporte à aplicação da ferramenta MFV e ao plano de implantação das melhorias. Estas características abordadas no presente trabalho resultaram das respostas a questões como “Por que muitos programas de aplicação do MFV falham?”. Vários autores na literatura abordaram esses insucessos, salientando que diversas empresas buscam aplicar conceitos enxutos, porém não conseguem resultados satisfatórios.

Este trabalho também contribui com auxílio ao processo de formulação do conceito de valor sob o ponto de vista do cliente, considerando-se as ações das organizações concorrentes, como variável na formulação do mesmo. A partir desta abordagem, pode-se aplicar a metodologia do MFV em nível de processo, com seus objetivos alinhados às metas de desempenho e à estratégia corporativa da organização.

Existem muitos processos, como por exemplo tratamento térmico terceirizado, o qual possui elevado *lead time*, e raramente realiza-se alguma ação de melhoria a fim de reduzir este tempo, que é causada por: (a) falta de visão sistêmica do fluxo, pois primeiramente é necessário que se admita o impacto negativo que o serviço causa no *lead time* total do produto; (b) pelo fato da acomodação em pensar que os métodos atuais são os mais adequados. A busca por soluções desta natureza, através das técnicas enxutas, contribui para uma desmistificação da visão existente em que fornecedores tradicionais e de maior porte são as melhores opções, a que muitas vezes é influenciada por questões políticas e comerciais. Desta forma, introduzindo-se o conceito em que as empresas produtoras de bem de capital devem rever algumas práticas que no mundo globalizado são completamente antiquadas, apontam para a busca por fornecedores mais flexíveis, que consigam fornecer itens em lotes menores e até unitários.

Através dos resultados obtidos pode-se concluir que o presente estudo de caso auxilia no estudo e identificação de oportunidades de melhoria e na criação de ambientes enxutos na gestão das empresas que produzem bens de capital sob encomenda, contribuindo para o setor, que é de grande importância no contexto da competitividade industrial nacional e mundial.

Além da significativa redução no *lead time* de manufatura alcançada através das melhorias propostas, a aplicação da ferramenta MFV possibilitou a agregação de valor cultural aos operadores e supervisores, pois no processo de análise e questionamento da razão pela qual a sequência das operações estavam ordenadas de tal forma, houve muitas quebras de paradigmas, identificando-se fluxos ineficazes e processos desnecessários na manufatura. Tais aspectos descaracterizaram um antigo ambiente de acomodação, e trouxeram a cultura de que os fluxos e processos podem ser simplificados, e podem ser melhorados continuamente. Esses colaboradores passaram a visualizar os processos no âmbito de fluxo de valor, obtendo uma visão sistêmica, passando a aplicar estes atributos em fluxos de outros produtos da organização.

Foi necessário ajudar os trabalhadores a entender que o mundo lá fora se trata de uma grande competição global, e portanto eles precisam estar sempre melhorando para que ninguém os substitua. A grande maioria dos colaboradores envolvidos nas atividades desenvolvidas não possuía conhecimento algum quanto aos conceitos e princípios de manufatura enxuta, já que a implantação do MFV se tratou de uma ferramenta totalmente inovadora para a empresa estudada. Desta forma, o trabalho levou ao desenvolvimento social para os colaboradores do grupo direto, sendo que estes participaram do programa de qualificação, e de forma estruturada, conciliando teoria e prática, foram capacitados e agregaram experiência no diferente modelo de manufatura. Estes colaboradores com suas novas capacitações se tornaram profissionais com maiores qualificações e atribuições, garantindo desta forma maior estabilidade profissional.

Além da diminuição nos custos de manufatura, a implantação da ferramenta e os resultados dos mapas atuais possibilitaram a realimentação do processo orçamentário do produto estudado, sendo que os tempos de processo utilizados para gerar os valores de custos de manufatura eram valores estimados, e alguns processos não estavam agregados à planilha de custo, os quais passaram a ser considerados. Desta forma, contribuiu-se para uma aproximação mais realística dos custos produtivos do produto em questão, o que permitiu também ao sistema de geração de preço de venda aumentar a precisão das margens de lucratividade, diminuindo o valor total de venda, contribuindo com o objetivo de desempenho de custo, o qual fora pesquisado e avaliado neste trabalho.

#### 4.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a continuidade desta pesquisa, sugere-se que sejam abordadas as seguintes questões em pesquisas futuras:

- Estudar o comportamento do sistema de produção proposto no mapa futuro em meio à fabricação dos outros produtos no ambiente de manufatura, e propor soluções quanto ao comportamento do sistema como um todo, de forma a nivelar a produção dos outros produtos e planejar a sincronização das diferentes áreas;
- Criação de um método de trabalho para levantamento de informações visando o mapeamento de fluxo de valor em processos de montagem;

- Estudar o projeto do produto para padronizar os componentes dos rolos de tração e contra faca de maneira que possam ser produzidos repetitivos e em lotes para atender os diversos modelos de tornos disponíveis;
- Dar continuidade à aplicação das ferramentas de MFV com MFP para o setor de montagem final do produto, a fim de se reduzir os desperdícios nos processos e operações subsequentes às já estudadas, reduzindo o *lead time* do produto;
- Dar continuidade à aplicação das ferramentas de MFV com MFP para os outros subconjuntos do produto através de um processo de seleção de subconjuntos, de modo a selecionar os novos subconjuntos que impactam no *lead time* total do produto;
- Reproduzir a mesma pesquisa para um grupo de empresas, delimitado à produtoras de bens de capital sob encomenda, porém em produtos de diferentes portes;
- Simular o sistema proposto em software, levando em consideração diferentes possibilidades com variação da demanda para se obter o melhor fluxo de valor com a melhor responsividade;
- Desenvolvimento de uma metodologia que permita a inserção dos tempos de fluxo de informações nos mapas de fluxo de valor, já que o mapeamento no nível porta-a-porta da planta, desenhado conforme metodologia abordada por Mike Rother e Jim Shook (Rother e Shook, 2003), considera no *lead time* total apenas os tempos demandados a partir do recebimento da matéria-prima na fábrica, ou seja, apenas os tempos dos fluxos de materiais, sem considerar que antes da chegada da matéria-prima. É necessário emitir ordens de compra e pedidos de compra para os fornecedores e, entre estes eventos, sempre há esperas, as quais podem estar causando grandes atrasos e elevados *lead times* na cadeia produtiva. Tais aspectos, quando observados no mapa de fluxo de valor, podem ser mais facilmente detectados, tratados e eliminados.
- Desenvolvimento de técnicas e meios enxutos de transporte e logística de movimentação de materiais, incluindo avaliação de desempenho;
- Desenvolvimento de metodologias para programação da produção puxada em ambientes que possuem processos com grande variabilidade de tempo de ciclo.

## 5. REFERÊNCIAS

ABIMCI. **Upgrade em laminadoras e fábricas de compensado**. ABMI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Curitiba, Maio. 2010.

ABIMCI. **Fluxograma de Produção de Lâminas de Madeira**. ABMI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Curitiba, Maio. 2004.

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Processamento mecânico da madeira na evolução humana**. Revista da Madeira. Caxias do Sul, [s.n.], v. 4, n. 23, jul./ago. 1995.

ANDRADE, J.H.; CHINET, F. S.; UTIYAMA, M. H. R.; FILHO, M. G. **Quick Response Manufacturing: Aplicação de conceitos e Ferramentas para a redução do Lead Time na Manufatura de Bens de Capital Sob Encomenda**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Em Direção a Uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da Teoria das Restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero**. Tese de Doutorado em Administração, Programa de Pós-graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Porto Alegre, 1998.

ANTUNES, J. A. V. **O Mecanismo da Função de Produção: a análise dos sistemas produtivos do ponto-de-vista de uma rede de processos e operações**. Revista da Produção, Vol. 4, nº 1, 1994. P. 33-46.

AVELLAR, A.P. **Relatório setorial final: bens de capital**. Pesquisa DPP – Diretório de Pesquisa Privada, 2008. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/PortalDPP>> Acesso em 03/2010.

BARRAZA, M. F. S.; SMITH, T.; DAHLGAARD-PARK, S. M. *Lean-kaizen public service: an empirical approach in Spanish local governments*. The TQM Journal, Vol. 21, nº 2. 2009. P. 143-167.

BICHENO, JOHN. *The Lean Toolbox*. Buckinham: PICSIE Books, 2000, 201p.

CANTIDIO, SANDRO. **Mapeamento do Fluxo de Valor - o primeiro passo para uma produção enxuta**. 2009. Portal Administradores. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/mapeamento-do-fluxo-de-valor-o-primeiro-passo-para-uma-producao-enxuta/32889>> Acesso em 22 out. 2010.

CARDOSO, A. **Aplicando lean em indústrias de processo**. 2009. Disponível em Lean Institute Brasil: <[http://lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo\\_117.pdf](http://lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_117.pdf)> Acesso em 16/05/2011.

COHEN; BAILEY: *What Makes Teams Work: Group Effectiveness Research from the Shop Floor to Executive Suite*. Journal of Management, Vol. 23, no. 3, 1997.

COSTA, R N.; LIMA, J. D.; PESSA, S. R. **Mapeamento do Fluxo de Valor na Cotonicultura - Estudo de Caso**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

CTBA. **Tecnologia de laminação de madeiras**. editora Paris, 82p.,1979.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3 ed. Editora Bookman, Porto Alegre, 2001.

DEON, Agostinho M. **Medição do custo das perdas associadas ao processo produtivo de fabricação de celulose e papel**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

FERRO, J. R. (2003). **A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”**. Lean Institute Brasil. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 04/10/2007.

FULLMANN C. **Estudo do trabalho**. São Paulo: Ivan Rossi, 1975.

FUJIMOTO, T. *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. New York: Oxford University Press, 1999.

GHINATO, Paulo. **Elementos para a Compreensão de Princípios Fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Autonomia e Zero Defeitos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia (Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Porto Alegre, 1994.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção - Mais do que simplesmente *Just-in-time***. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora UFPE, Recife, 2000.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição. São Paulo: Atlas. 1991.

HARRIS, R. *Lean para Oficinas Especializadas (Job Shops)*. 2007. Disponível em Lean Institute Brasil: <http://www.lean.org.br>. Acesso em 18/04/2011.

HAYASHIDA, K. **Compensado de Pinus elliottii e suas propriedades físicas e mecânicas**. São Paulo, IPT, 1972.

HILL, T. *Manufacturing strategy*. London, Open University. 1993.

HINES, P.; TAYLOR, D. *Going Lean*. Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000.

HOWARDELL, D. *Seven skills people need to create a lean enterprise*. In: Lean Thinkers' Corner, 2004. Disponível em: <<http://www.lean.org/Community/Resources/ThinkersCorner.cfm>> Acesso em: 29 abr. 2004.

HUTTON, D. W. *The Change Agent's Handbook*. American Society for Quality. Quality Press. 1994.

IMAM. **Menos Perdas (Desperdícios), Maior Produtividade**. 3ª ed. São Paulo: IMAM, 1996.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira**. Curitiba: FUPEF/Série didática n° 1/98, 1998. 128p.

KLIPPEL, A.F. **Implementação da Gestão Enxuta em Empresas de Mineração a partir de um Modelo de Gestão Integrada: Uma Perspectiva de Sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção**. 2007. 219f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2007.

KOLLMANN, F.P.; KUENZI, E.W. & STAMM, A.J. *Principles of wood science and technology*. New York: Springer, 1975. 703p.

KOSAKA, G. I. *Jidoka*. 2006. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/102/jidoka.aspx>> Acesso em: 08 ago.2010.

LÉXICO LEAN. **Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean**. Lean Institute Brasil. São Paulo, 2003.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: A empresa que criou a produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K., **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIMA, M. M. X; BISIO, L. R. A e ALVES, T. C. L. **Mapeamento do Fluxo de Valor do Projeto Executivo de Arquitetura em um Órgão**

**Público.** 2010. Disponível em:  
<<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/jornal/index.php/gestaodeprojetos/artic le/viewFile/113/156>> Acesso em: 18 abr. 2011.

LINS, S.E.B. 1990. **Padrão nacional da indústria de bens de capital no Brasil na década de 70.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte - MG, 1990.

LUCERO, A. G. R. Um método de otimização para a programação da manufatura em pequenos lotes. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

LUTZ, J. F. *Effect of moisture content and split of cut on quality of rotary – cut – venner.* USDA : Forest Service FPL research.note, Madison, n.176, p.1- 63, 1974.

LUTZ, J. F. *Techniques for peeling, slicing and drying venner.* USDA : Forest Service FPL research. Paper, Madison, n.228, p.1- 63, 1974.

LUTZ, J. F. *Wood Veneer: log selection, cutting and dryng.* USDA. Technical bulletin, (1577). 1978.

MACKE, J. **Desenvolvimento de um Modelo de Intervenção Baseado no Sistema Toyota de Produção e na Teoria das Restrições: a utilização da pesquisa-ação em uma indústria de cerâmica vermelha de pequeno porte da região metropolitana de Porto Alegre.** 182p. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MEGLIORINI, E., GUERREIRO R. **A Percepção dos Gestores sobre quanto a fatores competitivos nas Empresas produtoras de Bens de Capital Sob Encomenda: Um Estudo Exploratório.** BASE – Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos. 1(2):5-14, setembro/dezembro, 2004.

MENDES, L. M.; SILVA,G.A.; SANTOS, I. F.; MORI, F.A. e SILVA, J. R.M. **Produção de lâminas decorativas produzidas por faqueamento.** *Revista da Madeira.* N.121. 2009.

MENEZES, R. L. **Aplicação de Conceitos e Técnicas de Produção Enxuta em um Sistema de Manufatura**. São Carlos – SP, 2003. Monografia (Graduação). Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MIKA, G. *Manufacturing Engineering. Eliminate all muda*. Dearborn. Proquest. Copyright Society of Manufacturing Engineers, Apr 2001.

MONDEN, Y. **Produção sem estoques - Uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota**. São Paulo: IMAM, 1984.

MURMAN, E. et. al.. *Value in Aerospace Industry*. Palgrave: New York, 2002.

NASSIF, A. **Estrutura e Competitividade da Indústria de bens de capital brasileira**. Texto para discussão nº 109, BNDES, Rio de Janeiro, ago. 2007.

NAZARENO, R. R.; SILVA, L. C. e RENTES, A. F. **Mapeamento do Fluxo de Valor para produtos com ampla gama de peças**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP - Ouro Preto, MG, Brasil, 22 a 24 de outubro de 2003.

NAZARENO, R. R. (2003b). **Desenvolvimento e aplicação de um método para a implementação de sistemas de produção enxuta**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

NICHOLAS, John. *Competitive Manufacturing Management*. Chicago: Irwin/McGraw-Hill, 840 p.1998.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**. Bookman, 1997.

PALKA, L. C. *Venner cutting review*. Can. For. Serv. Inf. Rep. 135 p. 1974.

PICCHI, Flávio. **Desenvolvimento Lean de Produtos**. *Lean Summit*, 2004.

PINTO, JOÃO. 2008. Lean Thinking - Glossário de termos e acrônimos. Internet. Disponível em <[http://www.leanthinkingcommunity.org/livros\\_recursos.html](http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos.html)> acessado em 02/10/2008.

PIRES, S.R.I. **Gestão Estratégica da Manufatura**. Editora UNIMEP, 1995.

PIZZOL, W. A.; MAESTRELLI, N. C. **Uma Proposta do Mapeamento do Fluxo de Valor a uma Nova Família de Produtos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Florianópolis, SC, Brasil 03 a 05 de novembro de 2004.

PMI. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)**. 3rd edition. Project Management Institute Inc. Four Campus Boulevard. Newtown Square. Pennsylvania, 2004.

PORTER, M. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

POWER, BRAD. **Melhoria Contínua Centrada no Cliente**. 2011. Disponível em: <<http://lean.org.br/artigos/157/melhoria-continua-centrada-no-cliente.aspx>> Acesso em: 5 jun. 2011.

REIS, TATHIANA. 2004. **Aplicação da mentalidade enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do mapeamento do fluxo de valor: Estudos de caso**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

RENTES, A. F.; QUEIROZ, J. A.; ARAÚJO, C. A. C. **Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 24., 2004, Santa Catarina. Anais. Florianópolis: Abep, 2004.

RENTES, A.F. **TransMeth - Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas**. Tese de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2000.

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

ROTHER, Mike. *Value-stream mapping in a make-to-order environment*. Lean Enterprise Institute. 2005.

SELLERS, T. *Plywood and adhesive technology*. New York: Marcel Dekker, 1985. 661 p.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo. **Kaizen e a arte do pensamento criativo**. 1 .ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3a. ed. revisada, UFSC, Florianópolis, SC. 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SMALLEY, A. **Estabilidade é a Base para o Sucesso da Produção Lean**. Tradução: Odier Tadashi. *Lean Institute Brasil*. 21 de Setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/94/estabilidade-e-a-base-para-o-sucesso-da-producao-lean.aspx>> Acesso em 17/06/2011.

SPEAR, S, BOWEN, H. Kent. *Decoding the DNA of the Toyota production system*. Harvard Business Review, Boston: Harvard Business School, v.77, nº 5, p. 97-106, septemberoctober, 1999.

TAGUCHI, Genechi. **Engenharia da qualidade em sistema de produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

TAPPING, D. e SHUKER, T. *Value Stream Management for the Lean Office*. New York: Productivity Press, 2002.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios de administração científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

THE LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. *The value stream manager*. In: Lean Thinkers' Corner, 1999. (<http://www.lean.org/Community/Resources/ThinkersCorner.cfm>) Acesso em: 29 abr. 2004.

TOMASELLI, I. **Tendências de mudanças na indústria de painéis**. Revista da Madeira, Curitiba, n. 43, p. 36-42, 1999.

TSOUMIS, G. *Science and technology of wood: structure, properties, utilization*. New York: Chapman & Hall. 1991. 494p.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

TUBINO, D. F. **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

VOSS, C.A. *Just in Time Manufacture*. IFS, Springer/Verlag, 1987.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. 2ª ed. UK: Free Press Business, 2003.

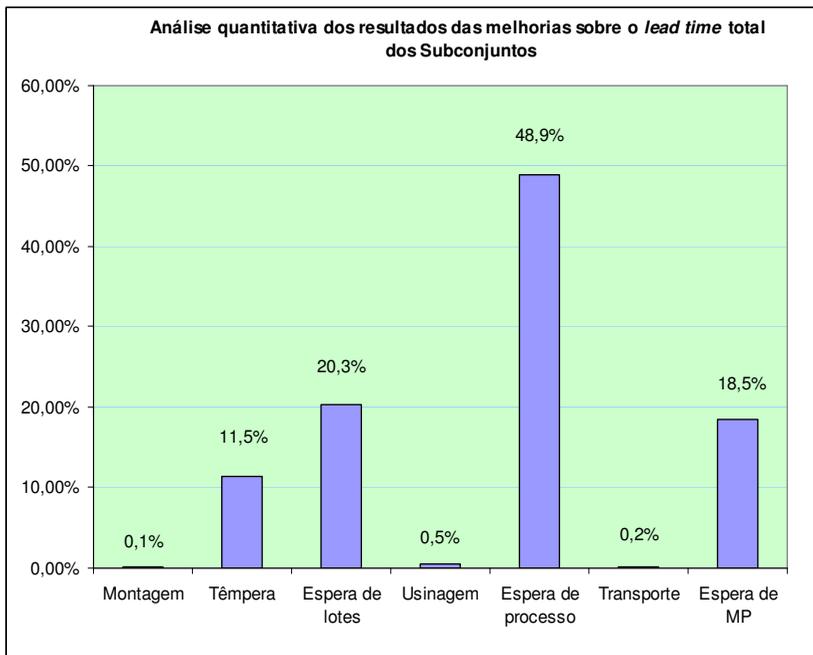
WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2004.

WOMACK, J. P. *Value Stream Mapping. Manufacturing Engineering*. Dearborn, vol.136, n.5, p. 145, maio, 2006.

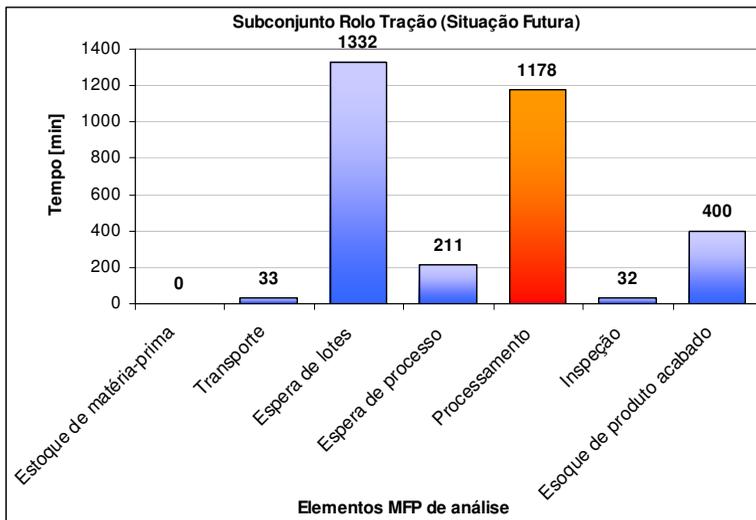
XAVIER, V. G.; SARMENTO, S. S. **Lean production e mapeamento do fluxo de valor**. 2007. Disponível em *Lean Institute Brasil*: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 17 out. 2007.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e método**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## ANEXO I – Parcela de contribuição das melhorias sobre os *lead times* total dos subconjuntos.



## ANEXO II – Valores de tempo dos elementos função processo esperados na situação futura para o subconjunto Rolo Tração.



### ANEXO III – Valores de tempo dos elementos função processo esperados na situação futura para o subconjunto Rolo Contra Faca.

