

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA – FAEN
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Danubio Casari Angelico

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO PUXADO EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS: UM
ESTUDO DE CASO**

Dourados – MS
2017

Danubio Casari Angelico

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO PUXADO EM UM EMPRESA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Engenharia (FAEN) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de habilitação: Engenharia de Operações e Processos da Produção: Planejamento, Programação e Controle da Produção (ABEPRO, 2014).

Orientador: Prof. Me. Carlos Eduardo Soares Camparotti.

Dourados – MS
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Inserir aqui a ficha gerada a partir do Sistema de Geração Automática de Fichas

Danubio Casari Angelico

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO PUXADO EM UM EMPRESA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Engenharia (FAEN) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Carlos Eduardo Soares Camparotti – UFGD

Márcio Rogério Silva – UFGD

Fernanda Cavichioli Zola – UFGD

Dedico este trabalho a todos que contribuíram de alguma forma na minha formação, em especial para meus pais e minha namorada.

AGRADECIMENTOS

Sou grato a Universidade Federal da Grande Dourados e a minha faculdade, a Faculdade de Engenharia (FAEN). Tenho orgulho de ter estudado nesta instituição.

Agradeço ao meu orientador Carlos Eduardo Soares Camparotti não só pelos conselhos relacionados a minha formação acadêmica, mas pela amizade que cultivamos.

Sou grato por ter conhecido os professores Marcio Rogério, Rogério Silva, Carlos Camparotti, Rodolfo Benedito e João Gilberto. São exemplo de profissionais que eu respeito muito.

Sou grato à todos os funcionários da empresa onde estagiei e pude realizar este trabalho. Todos contribuíram de várias formas, tanto no meu crescimento profissional quanto pessoal.

Também sou grato aos vários amigos que criei ao longo da graduação. Obrigado Alexandre Penzo, André Cesar, Barbara Ramires, Fernando Queiroz, Guilherme Artuzi, Guilherme Meza, Hanna Zago, Jean Casagrande, Jefferson Santos, Jennifer Lopes, João Tramarin, Kenner Bitencourt, Leandro Dorneles, Mariana Ruhoff, Michele Parlandim, Richard Deller, Rone Vieira, Samara Martins, Thiago Savaris. Todos foram muito importante ao longo da trajetória.

Vocês quatro não estão entre os amigos porque já são da família. Sou imensamente grato a vocês Lilian Siqueira, Antonio Longhe, Ariel Casari e Iasmin Casari.

E por último, e não menos importante, devo tudo a vocês Pascoalino Angelico e Lucia Casari. Não tenho palavras para exprimir a gratidão que tenho por vocês.

Não existe um caminho perfeito.

BOYER R.; FREYSSENET M. O Mundo que Mudou a Máquina.

RESUMO

Resumo: No atual cenário empresarial mundial, as empresas buscam incessantemente aumentar a sua competitividade, seja pela redução de custos, pela melhoria do produto, agregando mais valor ao cliente e se diferenciando da concorrência ou pela especialização em algum segmento ou nicho de mercado. Melhorias nos sistemas produtivos são foco de estudos a muito tempo, sendo que várias fórmulas, métodos e ferramentas já foram criadas em diferentes localidades do globo com a finalidade de aumentar a produtividade e reduzir os custos. Duas grandes filosofias de melhoria são o Sistema Toyota de Produção (STP) ou *lean production* e a Teoria das Restrições (TOC). Essas duas filosofias, principalmente a *lean production*, são veneradas pela grande maioria das empresas, e tidas como a salvação universal para todos os modelos produtivos existentes no mundo. A fim de se estudar tal afirmação, este trabalho tem como objetivo analisar a implementação de uma linha de produção puxada através de cartões *kanban* em uma indústria de embalagens flexíveis. Com base na revisão bibliográfica, foram vários conceitos tanto da *lean production* quanto da Teoria das Restrições, além de análises sobre o *layout* da fábrica e elaboração de séries temporais para o conhecimento do comportamento da demanda do setor. Concluindo, o sistema puxado através de cartões *kanban* não se mostrou convincente devido às particularidades apresentadas pelo setor, a viabilidade de um sistema produtivo depende não só da vontade da empresa, dependendo também de fatores externos e internos como a distribuição de renda, o entorno político que envolve a empresa, a relação com o trabalhador, entre outros aspectos. Algumas das ferramentas encontradas em ambas as filosofias podem ser aplicadas em trabalhos futuros, como os cálculos das flutuações estatísticas nos processos e os eventos *kaizen* de melhoria contínua.

Palavras-chave: Embalagens flexíveis; sistemas de produção; produção puxada.

ABSTRACT

Abstract: In today's global business scenario, as companies incessantly seek to increase their competitiveness, cost reduction, product improvement, adding more value to the customer and differentiating from the competition or by specialization in any segment or niche market. Improvements in production systems are a focus of long-term studies, and various formulas, methods and tools have already been created in different locations around the globe to increase productivity and reduce costs. Two major philosophies of improvement are the Toyota Production System (STP) or lean production and the Theory of Constraints (TOC). These two philosophies, mainly lean production, are venerated by the great majority of companies, and regarded as the universal salvation for all productive models in the world. In order to study this assertion, this work aims to analyze the implementation of a production line drawn through kanban cards in a flexible packaging industry. Based on the bibliographical review, there were several concepts of lean production as well as the Theory of Constraints, as well as analyzes about the layout of the factory and elaboration of time series for the knowledge of the behavior of the sector's demand. In conclusion, the system pulled by kanban cards was not convincing due to the particularities presented by the sector, the viability of a productive system depends not only on the company's will, but also on external and internal factors such as income distribution, the political environment. Which involves the company, the relationship with the worker, other aspects. Some of the tools found in both philosophies can be applied in future works, such as calculations of statistical fluctuations in processes and kaizen continuous improvement events.

Keywords: Flexible packaging; production systems; pull system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Programação e sequenciamento da produção de sistemas produtivos	41
Figura 2 – Definição de lead time	42
Figura 3 – Fatores importantes em função da estratégia de resposta à demanda	43
Figura 4 – Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão nas empresas	44
Figura 5 – Definição de agregação de valor	52
Figura 6 – Alguns ícones para a utilização do MFV	54
Figura 7 – Exemplo de MFV do estado atual e do futuro	55
Figura 8 – Tempo de Ciclo	56
Figura 9 – Kaizen de Fluxo e de Processo	57
Figura 10 – Quadro Heijunka nivelando a produção	59
Figura 11 – Quadro Heijunka nivelando a produção	60
Figura 12 – Meta Operacional	62
Figura 13 – Relacionamento entre recursos gargalos e recursos não gargalos	63
Figura 14 – Três estágios possíveis de recursos gargalos e não gargalos	65
Figura 15 – Lógica tradicional e do ponto de vista da OPT do cálculo do Lote Econômico ...	67
Figura 16 – Efeito das mudanças de tamanho dos lotes de processamento e transferência para uma ordem de 1000 unidades	69
Figura 17 – Tempo de processamento e conclusão do Processo A para o Processo B e vice-versa	71
Figura 18 – Valor bruto da produção por segmento	80
Figura 19 – Emprego formal	81
Figura 20 – Funcionamento de uma extrusora	85
Figura 21 – Funcionamento de uma impressora flexográfica	86
Figura 22 – Funcionamento de uma laminadora solventeless	87
Figura 23 – Imagem de uma refiladeira	88
Figura 24 – Funcionamento de uma laminadora solventeless	88
Figura 25 – Família de produtos	93
Figura 26 – Árvore do produto: atomatados	94
Figura 27 – Gráfico de Gantt da produção de bobinas para atomatados	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferenças básicas entre os sistemas jobshop e flowshop	42
Quadro 2 – Cálculos do IS.....	90
Quadro 3 – Erros e previsão do período 37	91

LISTA DE ABREVIATURAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
AP	Administração da Produção
APS	<i>Advanced Planning and Scheduling Systems</i> (Sistema de Planejamento e Programação Avançada)
ATO	<i>Assembly to Order</i> (Montagem sob encomenda)
AV	Atividade que Agrega Valor
BOM	<i>Bill of Materials</i> (Árvore de Materiais)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Assistido por Computador)
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> (Manufatura Assistida por Computador)
CCR	<i>Capacity Constraint Resource</i> (Recurso Restritivo Crítico)
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i> (Manufatura Integrada por Computador)
COM	<i>Critical Path Method</i> (Método do Caminho Crítico)
CPM	<i>Critical Path Method</i> (Método do Caminho Crítico)
CRP	<i>Capacity Resource Planning</i> (Cálculo das Necessidades de Produção)
DA	Demanda Anual
EP	Engenharia de Produção
EPF	Embalagens Plásticas Flexíveis
FGV	Faculdade Getúlio Vargas
FMS	<i>Flexible Manufacturing System</i> (Sistemas Flexíveis de Manufatura)
IBM	<i>International Business Machines</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
MMC	Média Móvel Centrada
MPS	<i>Master Production Schedule</i> (Planejamento Mestre da Produção)
MRP	<i>Material Requirement Planning</i> (Planejamento das Necessidades de Materiais)
MRP II	<i>Manufacturing Resources Planning</i> (Planejamento dos Recursos de Manufatura)
MTO	<i>Make to Order</i> (Fabricação sob encomenda)
MTS	<i>Make to Stock</i> (Produção para estoque com base em previsão da demanda)

NAV	Atividade que não Agrega Valor
NAVN	Atividade que não Agrega Valor mas é Necessária
OP	Ordem de Produção
OPT	<i>Optimized Production Technology</i> (Tecnologia de Produção Otimizada)
OS	Poliestireno
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PE	Polietileno
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i> (Programa de Avaliação e Revisão Técnica)
PET	Polietileno tereftalato
PO	Pesquisa Operacional
PP	Polipropileno
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
QPE	Quantidade de Pedido Econômico
QRTS	<i>Quick Response to Stock</i> (Produção para estoque com base numa rápida reposição de estoque)
ROP	Rotinas de Operações Padrão
RTO	<i>Resources to Order</i> (Recursos insumos sob encomenda)
SCO	Sistemas de Coordenação de Ordens
SP	Sistema de Produção
STP	Sistema Toyota de Produção
TC	Tempo de Ciclo
TOC	<i>Theory of Constraints</i> (Teoria das Restrições)
UFGD	Universidade Federal da Grande Dourados
WIP	<i>Work in Process</i> (Estoque em Processo)

LISTA DE SÍMBOLOS

P_t	Previsão do período t
D	Demanda
n	Número de períodos escolhido
t	Período analisado
P_{t-1}	Previsão do período $t - 1$
α	Coefficiente de ponderação ou suavização, onde $0 \leq \alpha \leq 1$
β	Coefficiente de ponderação ou suavização, onde $0 \leq \beta \leq 1$
N_t	Nível médio
T_t	Tendência da série (inclinação média)
h	Períodos a frente a previsão, usualmente o $h = 1$
TK	<i>Takt Time</i>
TD	Tempo Disponível
L_e	Lote Econômico
DA	Demanda Anual
C_f	Custo fixo de se fazer um pedido de ressuprimento
C_e	Custo unitário anual de Estocagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	29
1.1 DECLARAÇÃO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA	32
1.2 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA	33
1.2.2 JUSTIFICATIVA ACADÊMICA	33
1.2.2 JUSTIFICATIVA EMPRESARIAL	33
1.3 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	34
2. METODOLOGIA DE PESQUISA	35
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
3.1 ASPECTOS GERAIS DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP).....	39
3.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO (SP)	39
3.1.2 ESTRATÉGIA DO PCP	43
3.2 PREVISÃO DE DEMANDA	45
3.2.1 CÁLCULO DOS ERROS.....	47
3.2.2 TENDÊNCIA.....	47
3.2.3 SAZONALIDADE.....	48
3.3 PRODUÇÃO ENXUTA	48
3.3.1 HISTÓRIA DA MANUFATURA ENXUTA	50
3.3.2 FUNDAMENTOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	50
3.3.3 OS OITO DESPERDÍCIOS.....	51
3.3.4 ALGUMAS FERRAMENTAS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	53
3.3.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor	53
3.3.4.2 Eventos <i>Kaizen</i>	57
3.3.4.3 Kanban	58
3.3.4.4 Heijunka Box – Produção Nivelada	59
3.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES	60
3.4.1 META DA EMPRESA	62
3.4.2 OS PRINCÍPIOS DA TOC EM OPERAÇÕES.....	62
3.4.2.1 Princípio 1 – Balancear o fluxo e não a capacidade	64
3.4.2.2 Princípio 2 – Utilização dos não gargalos é determinada pelas restrições	65
3.4.2.3 Princípio 3 – Ativar nem sempre é igual a utilizar	65
3.4.2.4 Princípio 4 – Uma hora perdida em um gargalo é uma hora perdida em todo o sistema	66

3.4.2.5 Princípio 5 – Uma hora economizada num recurso não gargalo é uma miragem	66
3.4.2.6 Princípio 6 – Lote de transferência nem sempre é igual ao lote de processo	67
3.4.2.7 Princípio 7 – Os lotes de processo devem ser variáveis, não fixos	70
3.4.2.8 Princípio 8 – Gargalos governam o volume de produção e de estoque em processo	72
3.4.2.9 Princípio 9 – A soma dos ótimos locais no geral não é igual ao ótimo global	74
3.5 O MUNDO QUE MUDOU A MÁQUINA	74
3.5.1 <i>ESTRATÉGIAS DE LUCROS E SISTEMAS PRODUTIVOS</i>	75
4. ESTUDO DE CASO	79
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR PRODUTIVO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS	79
4.2 A EMPRESA	81
4.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO	82
4.4 LAYOUT DA INDÚSTRIA	83
4.4.1 <i>SETOR DE EXTUSÃO</i>	84
4.4.2 <i>SETOR DE IMPRESSÃO</i>	85
4.4.3 <i>SETOR DE LAMINAÇÃO</i>	87
4.4.4 <i>SETOR DE REFILE</i>	87
4.4.5 <i>SETOR DE CORTE E SOLDA</i>	88
4.5 TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA	89
4.6 MAPA FLUXOGRAMA DE VALOR	92
4.6.1 <i>VALOR PARA O CLIENTE</i>	92
4.6.2 <i>FAMÍLIA DE PRODUTOS</i>	92
4.6.3 <i>MFV DO ESTADO ATUAL</i>	93
4.7 TEORIA DAS RESTRIÇÕES	98
4.8 A MÁQUINA QUE MUDOU O MUNDO OU O MUNDO QUE MUDOU A MÁQUINA?	99
5. CONCLUSÕES, PERSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES	100
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXO A.1 - EXEMPLO DE UM MODELO PRODUTIVO	107
ANEXO A.2 – O MODELO TAYLORISTA	108
ANEXO A.3 – O MODELO WOOLLARDISTA	109

ANEXO A.4 – O MODELO FORDISTA	110
ANEXO A.5 – O MODELO SLOANISTA	111
ANEXO A.6 – O MODELO TOYOTISTA.....	112
ANEXO A.7 – O MODELO HONDISTA	113
ANEXO B – LAYOUT DA EMPRESA.....	114
ANEXO C.1 – TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: VENDAS E MÉDIA EXPONENCIAL DUPLA (MÉTODO DE HOLT).....	115
ANEXO C.2 – TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: MÉDIA MÓVEL DE 2 PERÍODOS E MÉDIA EXPONENCIAL MÓVEL ($\alpha = 0,65$).....	116
ANEXO D.1 – GRÁFICO DE GANTT EM HORAS: ATOMATADOS	117
ANEXO D.2 – GRÁFICO DE GANTT EM HORAS: ATOMATADOS	118
ANEXO D.3 – GRÁFICO DE GANTT EM HORAS: ATOMATADOS	119
ANEXO E – MAPAFLUXOGRAMA DE PROCESSO ATUAL: ATOMATADOS.....	120

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário empresarial mundial, as empresas buscam cada vez mais aumentar a sua competitividade, seja pela redução de custos, pela melhoria do produto, agregando mais valor ao cliente e se diferenciando da concorrência ou pela especialização em algum segmento ou nicho de mercado. A competição tem escalas globais, sendo que acontecimentos ocorridos em países distantes podem trazer consequências instantâneas para a indústria local (MENDONÇA; GASPAROTTO, 2010).

Desta forma, faz-se necessário buscar melhoria de desempenho através do aumento da produtividade. Segundo Gaither e Frazier (2002):

Para obter sucesso na competição global, as empresas devem ter um compromisso com a receptividade do cliente e com a melhoria contínua rumo à meta de desenvolver rapidamente produtos inovadores que tenham a melhor combinação de excepcional qualidade, entrega rápida e no tempo certo, e preços e custos baixos.

Melhorias nos sistemas produtivos são foco de estudos a muito tempo. Várias fórmulas, métodos e ferramentas já foram criadas em diferentes localidades do globo com a finalidade de aumentar a produtividade e reduzir os custos. Duas grandes filosofias de melhoria são o Sistema Toyota de Produção (STP) e a Teoria das Restrições (TOC), ambas estão contidas em uma das grandes áreas da Engenharia de Produção (EP) chamada de “Engenharia de Operações e Processos da Produção: Planejamento, Programação e Controle da Produção” (ABEPRO, 2014).

Define-se o STP como sendo uma forma de otimizar a produção através de vários fatores que, quando alinhados, acabam por possibilitar um melhor desempenho do sistema produtivo como um todo. Entre estes fatores estão itens como: 1) redução dos tempos de fabricação e dos estoques; 2) flexibilização; 3) trabalhadores multifuncionais; 4) diminuição das perdas; 5) produção puxada pela demanda e 6) a busca constante para eliminar qualquer perda que não gere valor agregado aos produtos. Este sistema desenvolve o hábito de melhoria contínua na empresa, onde os colaboradores são peça fundamental para o sucesso (WOMACK; JONES, 2004; GHINATO, 2000; MOREIRA, 2008).

O modelo de produção enxuta relaciona a vantagem do desempenho da manufatura à sua aderência com relação a três princípios: 1) melhorar o fluxo de material e informação no ambiente de negócios; 2) ênfase na produção “puxada” do consumidor, ao invés da produção

“empurrado” pela organização e; 3) Comprometimento com o melhoramento contínuo por meio do desenvolvimento das pessoas (ARAÚJO, 2004).

A filosofia criada na Toyota não é a única existente; supervisionar as restrições também é uma forma de se planejar e controlar a produção, tendo como norte a otimização deste recurso crítico. Este método, que tem como principal mentor Goldratt, revolucionou a forma de se administrar a produção, pois a mesma pode trazer resultados muito satisfatórios em pouco tempo, e ainda por cima, sem precisar de grandes aquisições de maquinário, mão de obra ou *software*.

Corbett (1997) sugere a TOC como sendo uma das grandes revoluções na administração, deixando de lado o paradigma mecanicista da administração científica, passando a encarar empresas e organizações como sistemas dinâmicos. Mabin e Balderstone (1999) publicaram um estudo independente, com o resultado obtido por uma amostra de empresas que vinham usando e aplicando os conceitos da TOC. Alguns dos resultados apresentados foram: 1) 70% de redução média do tempo de *lead time*; 2) 44% de índice médio de melhoria na pontualidade de entrega; 3) 63% de aumento médio de faturamento e lucro; 4) 65% de redução média do tempo de ciclo; 5) e 49% de redução de níveis de inventário.

A cadeia de plásticos pode ser, de maneira simplificada, dividida em três partes: 1) primeira geração, responsável pela produção de derivados petroquímicos; 2) segunda geração, responsável pela produção de resinas e; 3) terceira geração, que engloba o segmento de transformados plásticos. A terceira geração, tema central deste estudo, utiliza diferentes processos industriais e tecnologias, tais como extrusão, injeção, compressão, etc., para transformar os produtos da segunda geração em produtos que possam ser consumidos.

Os principais polímeros utilizados como matéria-prima por estas indústrias são os polietilenos (PE), polipropilenos (PP), policloreto de vinila (PVC), poliestirenos (PS), poliésteres (exemplo desta família de polímero muito encontrado nas empresas de terceira geração é o polietileno tereftalato (PET)) e poliuretanos (PU) (ABDI, 2009).

Até o momento, segundo Baer (2016), as embalagens flexíveis tem papel fundamental em conter, transportar, identificar e vender o produto aos consumidores. O ramo da indústria de embalagens flexíveis é responsável pela maior participação no valor da produção brasileira, correspondente a 39,07% do total, seguido pelo setor de embalagens celulósicas com 34,30% (somados os setores de papelão ondulado com 18,54%, cartolina e papel cartão com 9,87% e papel com 5,89%), metálicas com 17,14%, vidro com 4,81% e madeira com 2,59% (ABRE, 2015).

Pode-se atribuir o contínuo crescimento deste setor, mesmo na conjuntura atual de crise política, devido à extrema relação entre a marca, a embalagem e o consumidor. David Luttenberger, diretor global do departamento de Embalagens da Mintel, afirmou em 2015 que:

Há um caminho paralelo entre as marcas que se esforçam para envolver os consumidores em um nível mais pessoal e as expectativas deles para que as embalagens forneçam essa experiência: impressão digital que cria experiências ‘hiper’ pessoais; mensagem clara no rótulo que aumenta a transparência da marca e promove confiança na compra; embalagem ecologicamente responsável, que capacita a consciência social; híbridos que oferecem benefícios funcionais e ambientais, juntamente com grande presença de prateleira; tamanho certo de embalagem que atenda às necessidades de deslocamento dos consumidores, e aplicativos que apoiam embalagens “conectadas por celulares.

A impressão digital chama a atenção das marcas por meio da criação de oportunidades para envolver os consumidores em um nível local, pessoal e até mesmo emocional. Grande parte dos clientes se sentem instigados por embalagens chamativas e diferenciadas, se sentindo motivados a pagarem mais por essa customização. É provável que de 2016 em diante exista um momento decisivo neste segmento de mercado, pois à medida que as marcas investem mais em edições personalizadas e limitadas, ganhando, assim, vantagem econômica no mercado de decoração de embalagem tradicional, novos obstáculos surgem (MINTEL, 2015).

Especificamente, no ramo de embalagens para alimentos, nota-se uma crescente número de embalagens competindo pela atenção dos compradores, ao mesmo tempo que os consumidores estão exigindo mais informações sobre o que eles, realmente, estão comprando, buscando informações sucintas, claras e precisas, que não confundam suas decisões de compra (MINTEL, 2015).

O setor de embalagens flexíveis vive um momento de extrema competição, em um mercado que demanda de uma altíssima adaptabilidade, qualidade e prazos de entregas mínimos. Tais exigências dos clientes fazem as empresas procurarem por melhorias em seus processos produtivos, e ambas as abordagens da Toyota quanto da TOC podem auxiliar as empresas a se manterem competitivas no mercado.

A empresa na qual o trabalho foi realizado preferiu não ter seu nome revelado. Tal empresa encontra-se instalada em de Mato Grosso do Sul, cujo seu ramo empresarial está situado na produção de embalagens flexíveis.

Concluindo, a questão que guia este trabalho é: Seria vantajoso implantar um Sistema de Produção Puxado através de cartões *kanban* na empresa em questão?

1.1 DECLARAÇÃO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

O trabalho tem como objetivo geral, analisar a viabilidade de se implantar uma linha de produção puxada através de cartões *kaban* na empresa em questão, levando em consideração as especificidades do seu ramo produtivo. Após análise, são irão ser propostas melhorias em sua linha de produção baseadas nos resultados encontrados com a aplicação das ferramentas.

Como objetivo específico tem-se:

1. Entender o ramo empresarial da empresa, levando em consideração suas características e particularidades;
2. Identificar qual o sistema produtivo da empresa quanto ao atendimento da demanda;
3. Identificar qual o sistema produtivo da empresa quanto ao tipo de produto;
4. Identificar qual o sistema produtivo da empresa quanto ao fluxo de material e informações;
5. Definir detalhadamente o que significa “valor” em um produto, a partir da perspectiva do cliente final;
6. Desenhar um esboço do *layout* da fábrica;
7. Aplicar técnicas de previsão de demanda;
8. Aplicar o Mapa Fluxograma de Processo em uma linha de produtos de significativa importante;
9. Elaborar um gráfico de Gantt para esta mesma linha de produto; e
10. Fazer uma discussão a respeito da viabilidade ou não da aplicação de uma linha de produção puxado através de cartões *kanban* na indústria.

1.2 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA

1.2.2 JUSTIFICATIVA ACADÊMICA

Como justificativa acadêmica, perante o desenvolvimento teórico, faz-se necessário a elaboração de um método teórico a respeito da viabilidade de se implementar uma linha de produção puxada, mais especificamente através de cartões *kanban*, em uma empresa de embalagens plásticas flexíveis (EPF) com alta variedade de produtos e clientes. Tal nivelamento da produção será construído sobre os alicerces do Sistema Toyota de Produção e da Teoria das Restrições, assim a construção deste método visa preencher uma lacuna conceitual existente na comunidade acadêmica de EP.

Ferramentas teórico/práticas são sempre bem vindas em ambientes empresarias, cuja aplicabilidade seja viável tanto para o ambiente organizacional quanto financeiramente. Levando em consideração este conceito, existe potencialidade de aplicação prática dos conceitos e princípios do método proposto neste trabalho em empresas que desejam se inteirar sobre a possibilidade da implantação de sistemas puxados em suas plantas.

1.2.2 JUSTIFICATIVA EMPRESARIAL

Embora as empresas tenham conhecimento dos princípios da Produção Enxuta e da Teoria das Restrições, as mesmas encontram dificuldade em estabelecer conceitos, práticas e métodos que tragam ganhos reais.

Essas questões são potencializadas em função do cenário atual de extrema competitividade e alto nível de exigência dos clientes quanto a variedade, qualidade e rapidez de entrega dos produtos. Sabendo disso, este trabalho visa desenvolver um método – baseado na Produção Enxuta e na TOC – que propõe práticas e mudanças que podem tornar a empresa mais competitiva no seu ramo empresarial através de um sistema puxado de produção.

Algumas questões básicas que justificam este trabalho são: 1) sugestão de melhor aproveitamento dos funcionários do chão de fábrica; 2) melhoria no fluxo de informação; 3) melhoria no fluxo de materiais; 4) melhor eficiência nos processos produtivos através de métodos que realmente tragam ganhos para a empresa, seja através da produção puxada, MRP ou Teoria das Restrições; e 5) gerar contribuição acadêmica para a Engenharia de Produção,

tanto teórico como prático, sobre a viabilidade da implantação de sistemas puxados em ambientes de Embalagens Plásticas Flexíveis.

1.3 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho está dividido em seis grandes blocos, são eles: 1. Introdução; 2. Metodologia de Pesquisa; 3. Revisão Bibliográfica, 4. Estudo de Caso, 5. Conclusões, Perspectivas e Recomendações; e 6 Referências Bibliográficas.

No primeiro capítulo vê-se a importância e relevância do tema escolhido, que ao longo do trabalho vai sendo esclarecido e respondido. Passa-se para a justificativa do trabalho, onde é feito o embasamento para aplicação dos princípios, do STP e da TOC. É importante frisar que existe uma justificativa de cunho acadêmica e outra de cunho empresarial. Em seguida temos o objetivo geral e específico, que norteiam a pesquisa. Por último temos a explicação de como o trabalho é organizado.

Temos no índice dois, a metodologia de pesquisa, que resumidamente, informa o enquadramento da pesquisa quanto à abordagem (qualitativa), à natureza (pesquisa aplicada), aos objetivos (exploratória) e aos procedimentos (estudo de caso).

Já no terceiro capítulo, têm-se toda a referência teórico, que nada mais é do que um grande apanhado de resultados passados, dizeres, teorias e especulações de vários autores, tudo isto contidos em livros; na internet; artigos de periódicos; teses e dissertações de graduação, mestrado e doutorado de várias universidades de grande renome. A *Lean Production* e a TOC são dissecadas desde o seu surgimento até as mais diversas ramificações atuais. Técnicas de previsão de demanda são explanadas neste capítulo, e tendo uma visão na contra mão da *lean production* há uma discussão feita a partir do artigo do GERPISA intitulado “O mundo que mudou a máquina”.

Na quarta parte é apresentado o estudo de caso, onde a empresa em questão é apresentada e contextualizada. Ainda neste tópico é apresentado o passo a passo das atividades feitas dentro da empresa. As ferramentas aplicadas no estudo de caso seguem basicamente os passos apresentados na parte de “Objetivos Específicos”.

No capítulo cinco, são apresentadas as conclusões obtidas, tomando como base os resultados alcançados, fazendo comparações e recomendações para trabalhos futuros.

Encerra-se o trabalho com as referências bibliográficas listadas em ordem alfabética.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Gerhardt e Silveira (2009) podemos classificar esta pesquisa científica segundo quatro modalidades: 1) abordagem; 2) natureza; 3) objetivos; e 4) procedimentos.

Quanto a abordagem, esta é uma pesquisa qualitativa, ou seja, contém as seguintes características: ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos; delineamento do contexto do ambiente da pesquisa; abordagem não muito estruturada; múltiplas fontes de evidência; importância da concepção da realidade organizacional; e proximidade com o fenômeno estudado (BRYMAN 1989 apud MIGUEL, 2010).

Quanto à natureza, temos que segundo Gerhardt e Silveira (2009), esta pesquisa é aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais.

Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, que segundo Gil (2002), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, objetivando torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A maioria dessas pesquisas envolve: levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Essas pesquisas, ainda segundo o autor, podem ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Quanto aos procedimentos, esta pesquisa é um estudo de caso, pois conforme Yin (2001), o estudo de caso é um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno atual no contexto da vida real, geralmente considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto onde se insere não são claramente definidas. Miguel (2010) nos diz que, dentre os benefícios da condução do estudo de caso temos a possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e de aumentar o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos.

Para a realização do estudo a observação de fatos e fenômenos é fundamental, fazendo as observações de forma espontânea, sempre coletando dados e variáveis que a princípio são relevantes. A pesquisa de campo propriamente dita, não deve ser confundida com uma simples coleta de dados, é algo mais que isso, pois exige contar com controles adequados e com objetivos pré-estabelecidos que discriminem suficientemente o que deve ser coletado (TRUJILO, 1982 apud BARROS; LEHFELD, 2000).

Com isso pretende-se, em primeiro lugar, realizar-se uma pesquisa bibliográfica sobre o tema em questão. Ela servirá como o primeiro passo para saber em que estado se encontra atualmente o problema, que trabalhos já foram realizados a respeito e quais são as opiniões

reinantes sobre o assunto. O primeiro passo permitirá que se estabeleça um modelo teórico inicial de referência, da mesma forma que auxiliará na determinação das variáveis e elaboração do plano da pesquisa.

Os passos para o estudo da linha de produção da empresa, podendo assim concluir se há aplicabilidade da produção puxada através de cartões *kanban*, seguiu uma série de passos.

Primeiramente, foi feita uma ambientação na empresa, através do contato com os colaboradores do chão de fábrica (isso traz informações a respeito das dificuldades apresentadas nos momentos de transformação e movimentação dos produtos) e com a alta gerência (buscando entender os planos estratégicos da empresa a curto e longo prazo). Além disso foi feito um estudo do cenário atual que circunda a empresa (concorrentes, prospecção de vendas, receptividade do mercado consumidor, aspectos políticos, geográficos e econômicos, entre outros) e a identificação do que é “valor” para os clientes

Em seguida, com o entendimento dos fatores citados logo acima, o foco foi o estudo da linha de produção referente ao: 1) atendimento da demanda; 2) tipo de produto; e 3) fluxo de materiais e informações pela fábrica. O construção do *layout* da fábrica ajudou em muito a entendimento do sistema produtivo da empresa.

Após os dois passos anteriores, foi feito o estudo do comportamento das vendas, identificando-se a tendência e sazonalidade. Estes dois fatores apoiaram os modelos de previsão de demanda elaborados.

Somando o conhecimento do comportamento das vendas com os tipos de sistemas de produção identificados, seguiu-se para a análise da aplicabilidade de conceitos contidos nas filosofias *lean* e TOC.

Quanto a *Lean Production*, foram feitas a divisão de famílias de produtos; Mapa Fluxograma de Valor (MFV) da condição atual da fábrica (a partir de um exemplo de produto que apresentava maior constância nos pedidos); cálculo do *takt time*; cálculo do *lead time* total e de cada processo; e cálculo do tempo de agregação de valor total e de cada processo. Quanto a Teoria das Restrições, foram encontrados os gargalos de produção, e seus impactos no fluxo de materiais.

Com todos os resultados anteriores em mãos, foi feita uma discussão onde o objetivo era confrontar duas afirmações: uma dizendo que uma linha de produção empurrada sempre traz ganhos para as empresas não importando o cenário geopolítico e econômico (tais conceitos podem ser encontrados no livro “A máquina que mudou o mundo” dos autores Womack, Jones, e Roos publicado em 2004); e a outra apresentada pelos pesquisadores do GERPISA que acreditam que tanto os fatores internos quanto externos afetam os modelos de

produção das empresas, e que nem sempre conceitos enxutos vão trazer melhorias reais para as corporações (estes conceitos são apresentados no artigo intitulado “O mundo que mudou a máquina” publicado em 2000).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ASPECTOS GERAIS DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)

Este tópico tem como objetivo explicar de forma sucinta e o mais completa possível sobre a origem, as etapas de evolução dos conceitos básicos e das formas de se gerenciar sistemas produtivos, abordando assuntos relacionados ao PCP. Devido a vasta literatura e pesquisas feitas neste campo, percebeu-se um grande número de nomes para uma mesma coisa, os chamados sinônimos.

Muitos sinônimos são encontrados para se referir ao método de PCP criado por Taichi Ohno na Toyota, sendo assim qualquer um dos nomes citados a seguir são sinônimos: Sistema Toyota de Produção; Produção Enxuta; Manufatura Enxuta; *Lean Production*; e *Lean Manufacturing*. O mesmo ocorre para a TOC, que pode ser chamada de OPT, Manufatura Sincronizada, ou Manufatura Síncrona.

Outros sinônimos aparecem quanto a gestão dos processos produtivos, sendo assim, para maior simplificação, utilizará com maior frequência o termo PCP, porém existem muitos outros sinônimos, como: Administração da Produção (AP); Gestão de Produção e Operações, Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP), etc.

3.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO (SP)

Existe um grande número de classificações de SP encontrados na literatura, alguns são voltados à resposta ao cliente, outros baseados aos processos, temos os baseados no fluxo de materiais, existem os que são classificados com base na forma do estoque, enfim, para fins deste trabalho irão ser apresentados as classificações mais pertinentes para a compreensão do estudo de caso.

A intensidade e o detalhamento com que são executadas as funções de programação da produção pelo PCP em geral, e a função de sequenciamento em particular dependem do tipo de sistema produtivo que se está programando. Abaixo estão alguns dos tipos de SP, e na Figura 1, pode-se compreender melhor cada um deles (TUBINO, 2007).

Nos sistemas de produção contínuos, como a demanda é concentrada em grandes volumes em uma pequena variedade de produtos acabados com o sistema produtivo focado no roteiro desses produtos, a função de programação da produção, incluindo o sequenciamento,

se dá apenas no nível do produto acabado, conhecido como *Master Production Schedule* (MPS), definido seus volumes de produção, normalmente em lotes únicos para o período, e seus estoques de abastecimento e distribuição. Ou seja, o foco é na função de administração de estoques ou logística e não no sequenciamento em si (TUBINO, 2007).

De forma semelhante, em função da baixa variedade e alto volume de produção, os sistemas de produção em massa também tem seu foco na logística de abastecimento e distribuição, bem como na utilização do MPS para a definição dos ritmos de trabalho, ou tempo de ciclo (TC), que serão implantados na linha de montagem. A partir da definição dos TC se faz o chamado balanceamento de linha, ou balanceamento das rotinas de operações-padrão (ROP), que pode ser entendido como o sequenciamento dos postos de trabalho. Como esses sistemas estão focados na montagem de produtos acabados, a função da programação da produção não precisa se preocupar com o detalhamento (sequenciamento, emissão e liberação) de ordens de produção (OP) de componentes para cada posto de trabalho (TUBINO, 2007).

Nos sistemas de produção repetitivos em lotes, visto que a variedade de produtos acabados é maior, e a demanda desses produtos não justifica uma focalização da produção deles, a competição por espaço nos recursos produtivos é grande, fazendo com que a programação da produção necessite desmembrar o produto acabado (MPS) em seus diferentes níveis de componentes, geralmente via cálculo das necessidades chamado de *Material Requirement Planning* (MRP), de forma a gerar ordens detalhadas (compras, fabricação e montagem). Essas ordens devem ser sequenciadas via *Advanced Planning and Scheduling* (APS), recurso a recurso, visando garantir certa fluidez no processo produtivo. Quando são montadas células de fabricação, dentro do conceito de manufatura enxuta, a produção passa a ser em fluxo unitário dentro delas, reduzindo a complexidade do sequenciamento individual (TUBINO, 2007).

No caso de o sistema produtivo voltado para atender sob encomenda, o foco da programação da produção deixa de ser a administração dos materiais (que fluem de forma mais lenta) e passa a ser administração da capacidade produtiva, via um sistema APS de capacidade finita para sequenciamento e um acompanhamento das ordens emitidas, de forma a garantir ao cliente que seu pedido especial seja atendido no prazo acordado. Normalmente, devido a exclusividade do produto, junto com as ordens de fabricação e montagem, a programação da produção deve providenciar as rotinas de operações-padrão para cada posto de trabalho (TUBINO, 2007).

Quando o produto a ser fabricado possui tempos operacionais altos, como semana ou até meses, como no caso da indústria da construção civil, o PCP é realizado através do conceito de rede, aplicando-se a técnica de chamada *Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method* (PERT/CTM), que permite identificar o chamado caminho crítico, que deve ser acompanhado detalhadamente para evitar atrasos na data de entrega negociada com o cliente (TUBINO, 2007).

Figura 1 – Programação e sequenciamento da produção de sistemas produtivos

Contínuos Massa	Repetitivos em Lotes	Sob Encomenda
Alta	Demanda/Volume de Produção	Baixa
Baixa	Flexibilidade/Variedade de itens	Alta
Baixo	Detalhamento da Programação e Seqüenciamento	Alto
Logística das MP/PA e PMP Define TC para balanceamento da linha	Explosão dos itens (MRP) e seqüenciamento das ordens por recurso (APS)	Garantia da data de entrega (APS capacidade finita ou PERT/ CPM)

Fonte: TUBINO, 2007.

Com base no tipo de produto, Johnson e Montgomery (1974 apud (FERNANDES; FILHO, 2010)) classificam os SP em:

- Sistema contínuo: poucas famílias de produtos similares, feitos em grande volume;
- Sistema intermitente: nos estágios produtivos ocorrem frequentes mudanças de um produto para outro, como consequência de uma grande variedade de produtos fabricados. Distinguem-se nessa categoria o:
 - O sistema intermitente *flowshop*, onde todos os itens feitos numa linha têm a mesma seqüência de operações nas diversas máquinas;
 - Sistema intermitente *jobshop*, em que os itens fabricados num setor produtivo não têm o mesmo roteiro de fabricação; e
- Sistema grande projeto: nesse sistema, são feitos produtos complexos e especiais, muitas vezes únicos.

Putman (1983 apud (FERNANDES; FILHO, 2010)) faz um resumo das diferenças básicas entre os sistemas *flowshop* e *jobshop*, veja o quadro 1.

Quadro 1 – Diferenças básicas entre os sistemas *jobshop* e *flowshop*

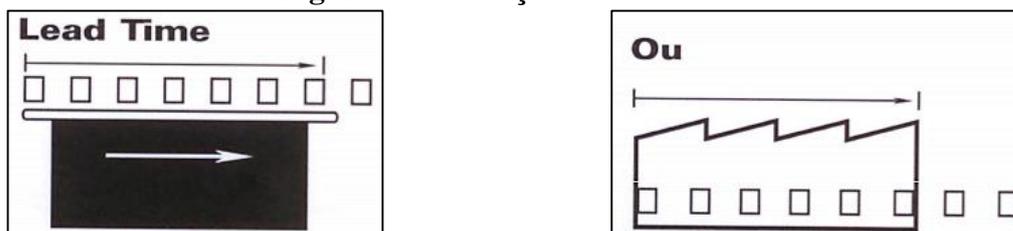
<i>JOBSHOP</i>	<i>FLOWSHOP</i>
Opera em lotes	Opera em um fluxo de materiais e peças.
Varia a produção variando o tamanho dos lotes ou a frequência dos lotes.	Varia a produção alterando a taxa de produção.
Tende a ter custos maiores de <i>setup</i> .	Tende a ter custos menores de <i>setup</i> .
Materiais são traduzidos para os departamentos ou centros de trabalho onde cada operação é realizada. Filas nos centros de trabalho são maiores.	As operações de tipos diferentes são sequenciadas de modo que o fluxo seja mantido. Filas são pequenas e variações têm que ser acompanhadas.
Utilização de equipamentos de uso geral.	Utilização de equipamentos de uso especializado (dedicado).

Fonte: PUTMAN apud FERNANDES; FILHO, 2010.

Outra classificação muito importante a respeito dos SP é a classificação baseada na estratégia de resposta à demanda. Apresentar-se-á seis tipos: 1) produção para o estoque, em inglês *Make to Stock* (MTS); 2) produção para estoque com base numa rápida reposição de estoque, em inglês *Quick Response to Stock* (QRTS); 3) montagem sob encomenda, em inglês *Assembly to Order* (ATO); 4) fabricação sob encomenda (porém, existe estoque dos insumos), em inglês *Make to Order* (MTO); 5) recursos insumos sob encomenda, em inglês *Resources to Order* (RTO); e 6) projeto sob encomenda, em inglês *Engineering to Order* (ETO) (FERNANDES; FILHO, 2010).

A definição das políticas de atendimento da demanda interna e externa é uma característica baseada em como a empresa atende aos seus pedidos. O *lead time* de atendimento ao cliente (tanto interno quanto externo) é determinado em função da política escolhida, assim como os níveis de estoque de produtos acabados e matérias-primas (NAZARENO, 2003). Falando em *lead time*, é importante comentar sua definição, sendo ele o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, desde o começo até o fim, veja figura 2 (ROTHER; SHOOK, 2003).

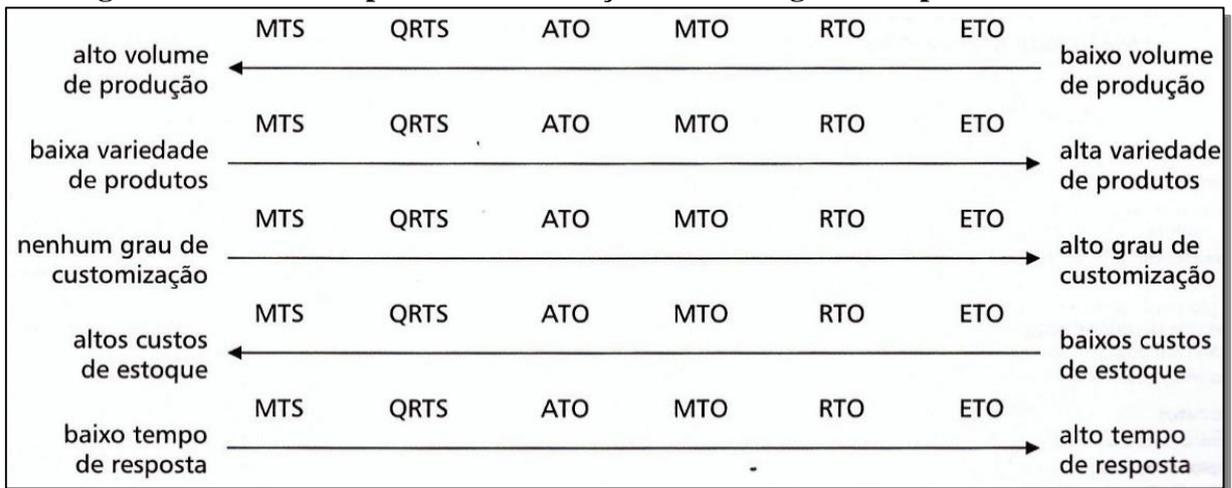
Figura 2 – Definição de *lead time*



Fonte: ROTHER; SHOOK, 2003.

Na figura 3 vê-se a relação dos componentes estratégicos de resposta a demanda das seis classificações citadas anteriormente com relação ao volume de produção, a variedade de produtos, ao grau de customização, ao custo de estoque e ao tempo de resposta. As setas mostram a qual o tipo de sistema de produção as empresas se enquadram relacionado a cinco fatores: 1) volume de produção; 2) variedade de produtos; 3) grau de customização; 4) custos de estoque; e 5) tempo de resposta.

Figura 3 – Fatores importantes em função da estratégia de resposta à demanda



LEDENDA

MTS – *Make to Stock*

QRTS – *Quick Response to Stock*

ATO – *Assembly to Order*

MTO – *Make to order*

RTO – *Resources to Order*

ETO – *Engineering to Order*

Fabricação sob encomenda

Produção para estoque com base numa rápida reposição de estoque

Montagem sobre encomenda

Fabricação sobre encomenda

Recursos insumos sobre encomenda

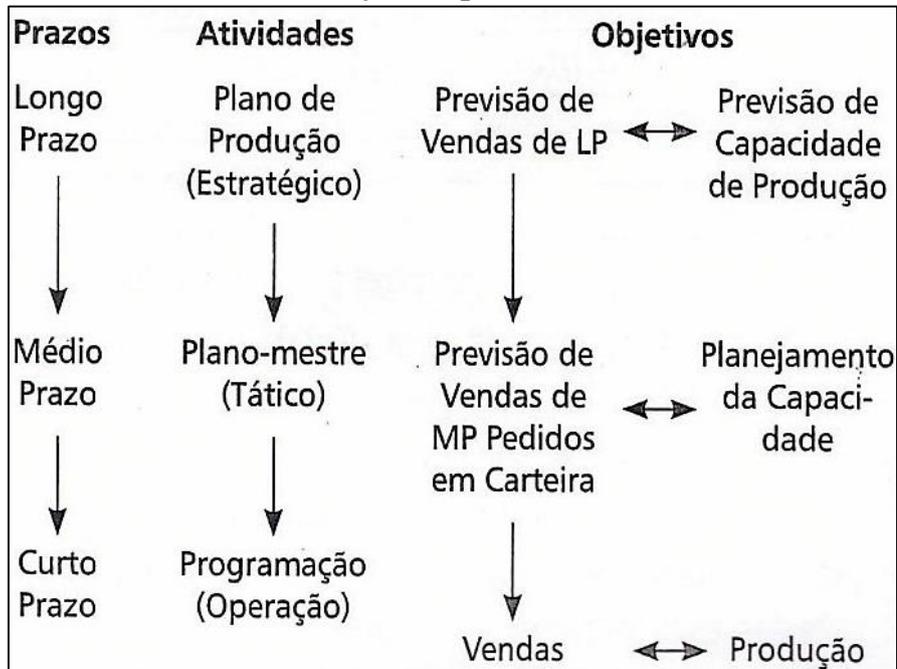
Projeto sob encomenda

Fonte: FERNANDES; FILHO, 2010.

3.1.2 ESTRATÉGIA DO PCP

O PCP pode ser introduzido como um setor de apoio dentro de um SP, tratando de informações com base no desenvolvimento de quatro funções: Planejamento Estratégico da Produção (longo prazo), Planejamento Mestre da Produção (médio prazo), Programação da Produção (curto prazo), e Acompanhamento e Controle da Produção (curtíssimo prazo). Observe a figura 4 (TUBINO, 2007).

Figura 4 – Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão nas empresas



Fonte: TUBINO, 2007.

As atividades do PCP são exercidas nos três níveis hierárquicos de planejamento e controle das atividades produtivas de um sistema de produção. No nível estratégico são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa, determinando como os ativos financeiros e físicos serão utilizados, com o PCP participando da formulação do Planejamento Estratégico da Produção, gerando um Plano de Produção (TUBINO, 2007).

No nível tático, onde são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção, o PCP desenvolve o MPS, planejando o uso da capacidade instalada para atender a demanda. No nível operacional, em que são preparados os planos de curto prazo de produção e realizado o acompanhamento dos mesmos, o PCP prepara a Programação da Produção, administrando estoques, sequenciando, emitindo e liberando as ordens de compras, fabricação e montagem, bem como executa o acompanhamento e controle da produção, gerando um relatório de avaliação de desempenho.

Ao longo do tempo, a tarefa de desenvolver e gerenciar sistemas de produção tem-se tornado progressivamente mais complexa. Alterações nos produtos, processos, tecnologias de gestão, conceitos e culturas estão resultando em maiores desafios e demandas diferenciadas, tornando a PCP essencial para o sucesso das industriais (FERNANDES; FILHO, 2010).

3.2 PREVISÃO DE DEMANDA

A demanda pode ser entendida como a disposição de um determinado mercado perante o consumo de bens e/ou serviços (SILVA, 2014). A demanda de um produto é o montante que um determinado consumidor eventual estaria disposto a obter, considerando um certo período (KOTLER, 2000).

Segundo Werner e Ribeiro (2006) existem diversos métodos de previsão de demanda, onde é indicado a utilização de mais de um método simultaneamente com o máximo de informações possíveis, a fim de obter dados satisfatórios. Para sanar esta lacuna, é necessário agregar diversas previsões em uma única e nova previsão (ARMSTROG, 2001; WERNER, 2004)

Na visão de Abraham e Ledolter (2005), a técnica que a empresa vai escolher deve levar em consideração diversos fatores como: 1) horizonte da previsão; 2) disponibilidade de dados; 3) precisão; 4) tamanho do orçamento para a previsão; e 5) disponibilidade de pessoal qualificado.

Um dos principais motivos para a realização de previsões é o conhecimento do *lead time* (tempo que a matéria-prima leva para se transformar em produto acabado ou tempo de atravessamento da fábrica). Com a previsão de demanda a tomada de decisão referentes à reposição dos estoques e prazos para se fazer pedidos de matérias-primas serão melhor gerenciados (MAKRIDAKIS et al. 1998).

As técnicas de previsão são obtidas através de modelos quantitativos e/ou qualitativos de previsão de demanda. Os métodos quantitativos utilizam dados históricos para criar modelos matemáticos que possam estimar demandas futuras, dispostas em séries temporais. Essas técnicas são conhecidas como técnicas *forecasting* (PELLEGRINI, 2000).

Existem dois grupos referentes as técnicas quantitativas, a primeira enquadram-se as séries temporais que buscam apenas compreender o comportamento da demanda a partir de dados passados, não se importando com as causas da oscilação da demanda. Já o segundo grupo, chamado de modelos causais se preocupam em identificar e compreender as variáveis que interferem na demanda (MAKRIDAKIS et al., 1998).

Dos vários métodos existentes serão apresentados três. O primeiro é Média Móvel, tal modelo é indicado quando há hipótese de permanência, sem que se identifique tendência

crescente ou decrescente (CORRÊA; GIANESI; COAN, 2007). Veja a fórmula da média móvel abaixo.

$$P_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n}}{n} \quad (1)$$

Onde P_t é a previsão do período t ; D é a demanda; t é o período analisado; e n é o número de períodos escolhido.

O segundo método, chamado de Média Exponencial Móvel, utiliza todos os dados históricos, com coeficientes de ponderação que decrescem exponencialmente, veja a fórmula 2 (TUBINO, 2007).

$$P_t = P_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - P_{t-1}) \quad (2)$$

Onde P_t é a previsão do período t ; P_{t-1} é a previsão do período $t - 1$; α é o coeficiente de ponderação, que deve ser $0 \leq \alpha \leq 1$, sendo que quanto mais alto o valor escolhido maior será a reação a variações na demanda.

O último método é o Método de Holt, ou Média Exponencial Dupla. Na década de 90 Holt estendeu o método da suavização exponencial simples, pretendendo obter previsões com o acréscimo da tendência. Sendo assim, este método utiliza duas constantes, uma para suavizar o nível e outra para suavizar a tendência (WERNER, 2017)

$$N_t = \alpha \cdot P_t + (1 - \alpha) \cdot (N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3)$$

$$T_t = \beta \cdot (N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1} \quad (4)$$

$$\dot{P}_t = N_t + h \cdot T_t \quad (5)$$

Onde N_t é o nível médio; α é a constante de suavização do nível médio, sendo que $0 \leq \alpha \leq 1$; T_t é a tendência da série (inclinação média); β é o coeficiente de suavização da tendência, sendo que $0 \leq \beta \leq 1$; \dot{P}_t é a previsão da demanda; n representa quantos períodos a frente a previsão irá prever, usualmente o $h = 1$.

3.2.1 CÁLCULO DOS ERROS

Relacionado a previsões, é importante que os erros destes cálculos sejam calculados e comparados, podendo assim, escolher o melhor método para cálculo da série temporal. Segundo Paliwal e Kumar (2009) as medidas de erros mais utilizadas são: 1) Erro Absoluto Médio, em inglês *Mean Absolute Error* (MAE); 2) o Erro Quadrático Médio, em inglês *Mean Square Error* (MSE); e 3) o Erro Percentual Absoluto Médio, em inglês *Mean Absolute Perceptual Error* (MAPE). As fórmulas para se calcular estes erros encontram-se logo abaixo, onde e_t é o erro da previsão no instante t ; e D_t é a demanda observada no tempo t .

$$MAE = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{n} \quad (6)$$

$$MSE = \sum_{t=1}^n \frac{e_t^2}{n} \quad (7)$$

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \left| \frac{(e_t/D_t) \cdot 100}{n} \right| \quad (8)$$

3.2.2 TENDÊNCIA

Segundo Tubino (2007):

A tendência refere-se ao movimento gradual de longo prazo da demanda. O cálculo da estimativa da tendência é realizada pela identificação de uma equação que descreve este movimento. A plotagem dos dados passados permitirá a identificação desta equação. Esta equação pode ser linear ou não linear (exponencial, parabólica, logarítmica, etc.).

Voltando a atenção mais para o cálculo da tendência linear, temos a seguinte equação da reta:

$$y = ax + b \quad (9)$$

Onde y é a previsão da demanda para o período x ; a é coeficiente angular; x é o período da previsão ($x \geq 0$); e b intersecção no eixo y . Os coeficientes de a e b podem ser descobertos através das seguintes equações:

$$a = \frac{n[(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)]}{n[(\sum x^2) - (\sum x)^2]} \quad (10)$$

$$b = \frac{\sum y - b(\sum x)}{n} \quad (11)$$

Onde n é o número de períodos observados.

3.2.3 SAZONALIDADE

A sazonalidade, segundo Tubino (2007), caracteriza-se por variações nas séries temporais onde existe certa semelhança entre os períodos observados da demanda, podendo as semelhanças ocorrerem anualmente, semestralmente, quinzenalmente, etc. A sazonalidade é aplicada em termos de quantidade ou percentagem.

Ainda segundo o autor, o método mais usual de aplicação da sazonalidade é através do método da média móvel centrada, e aplicá-los sobre o valor médio ou tendência previsto para o período em questão.

3.3 PRODUÇÃO ENXUTA

A produção em massa pode reduzir custos de produção e aumentar o volume produzido, entretanto, segundo Zimmermann et al. (2000), os consumidores estão demandando uma maior variedade de produtos e continuam a exigir cada vez mais qualidade. Desse enredo nasce a manufatura enxuta, combinando eficiência em custo, qualidade, flexibilidade e tempo. Womack e Jones (1996) modelaram a filosofia de produção enxuta

como sendo um sistema produtivo integrado, com enfoque no fluxo de produção, produzindo em pequenos lotes, conduzindo a um nível reduzido de estoques.

Resumidamente, tem-se como princípios básicos da manufatura enxuta, apontados por Womack e Jones (1996), que caracterizam esta filosofia os seguintes pontos: 1) envolve ações de prevenção de defeitos ao invés da correção posterior; 2) é flexível, organizada por meio de times de trabalho formados por operadores multifuncionais; e 3) pratica um envolvimento ativo na solução das causas de problemas, buscando maximizar a agregação de valor ao produto final.

Desde o surgimento da Produção Enxuta até sua difusão no mundo, alguns termos popularizaram-se, dentre eles alguns sinônimos. No decorrer deste trabalho qualquer um dos termos a seguir poderá ser usado como sinônimo, sendo eles:

- Sistema Toyota de Produção (STP);
- Produção Enxuta;
- Manufatura Enxuta;
- *Lean Production*;
- *Lean Manufacturing*;
- Manufatura de fluxo contínuo;
- Manufatura de alto valor agregado; e
- Manufatura veloz.

Segundo Womack e Jones (1996) a produção enxuta possui cinco princípios básicos, são eles:

- 1) Definir detalhadamente o significado de valor de um produto a partir da perspectiva do cliente final, em termos das suas especificações como preço, prazo de entrega, etc.;
- 2) Identificar a cadeia de valor para cada produto, ou família de produtos, incluindo os dados de cada operação de transformação necessária, bem como o fluxo de informação inerente a esta família ou produto;
- 3) Fazer o valor fluir sem interrupções, isso só é possível com uma mudança de mentalidade dos funcionários e com a redução das etapas que não agregam valor ao produto;
- 4) Deixar com que o cliente puxe o *start* das operações, produzindo somente o necessário; e

- 5) Buscar a perfeição, fazendo os quatro princípios anteriores interagirem em um processo contínuo visando a eliminação de desperdícios.

3.3.1 HISTÓRIA DA MANUFATURA ENXUTA

O sistema conhecido atualmente como Produção Enxuta foi desenvolvido na *Toyota Motor Company*, no Japão, ao final da década de 40, objetivando o combate aos desperdícios. Taiichi Ohno, que trabalhou em várias áreas gerenciais na *Toyota*, é considerado o “pai” do sistema chamado *Just In Time* (JIT), chamando seu método de Sistema Toyota de Produção. Em 1949, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda publicaram o livro *Toyota Production System*, no qual afirmam que JIT significa que em um processo produtivo, onde estejam envolvidos clientes e fornecedores, os componentes devem chegar à linha de montagem corretamente, no momento e quantidades certas.

Os princípios que permeiam a produção enxuta, não são rigorosamente novos, afirmam Machado e Heineck (2000), uma vez que muitos deles podem ter suas origens rastreadas em trabalhos pioneiros como Taylor e seus princípios da administração científica. Para este autor, a teoria da produção enxuta vem sendo moldada por meio da desagregação de princípios de algumas teorias já existentes, aproveitando aqueles associados às suas diretrizes. No entanto, James-Moore e Gibbons (1997) afirmam que somente após o estudo da indústria automobilística japonesa, todo o potencial desta forma de produção pôde ser compreendido.

3.3.2 FUNDAMENTOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

O objetivo da produção enxuta, tomado em sua utopia plena, é atender à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita, e sem nenhuma espécie de desperdício. Segundo Corrêa e Gianesi (1996) a produção enxuta não assume a estabilidade de metas e variáveis de desempenho de forma passiva, incentivando o melhoramento contínuo das características de processo por meio da eliminação dos desperdícios.

A fim de alcançar a meta estabelecida, os gerentes devem eliminar refugos e as avarias nas máquinas, reduzir o tamanho dos lotes e os tempos de preparação. O trabalho em equipe, tanto dentro da fábrica quanto com os fornecedores externos, deve ser feito com o mesmo afinco. A negociação com os fornecedores externos deve levar em conta a qualidade dos

materiais e produtos que eles fornecem, as quantidades e frequência de entrega, bem como o tamanho das caixas em que vêm os produtos (SLACK, 1999).

Nazareno et al. (2001) afirmam que a produção enxuta tem uma visão bastante similar ao conceito de *Just In Time* (JIT), diferindo com a adição de novas ferramentas, como CONWIP (*Constant Work In Process*) e quadros de nivelamento da produção (*Heijunka Box*), trabalhando de forma integrada às ferramentas tradicionais da abordagem JIT.

Cusumano (1994) apresenta um conjunto de princípios que designariam a adoção de uma gerência de produção enxuta, dentre os quais, pode-se destacar:

- Minimização de estoques intermediários;
- Concentração geográfica da produção de componentes e montagem;
- A demanda sendo puxado por meio de cartões *Kanban*;
- Nivelamento da produção;
- Redução do tempo de preparação das máquinas (*setup*);
- Padronização do trabalho;
- Trabalhadores multifuncionais;
- Melhoria contínua do processo; e
- Desenvolvimento de sistemas a prova de falhas (*poka-yoke*).

3.3.3 OS OITO DESPERDÍCIOS

Ohno (1997) relacionou os desperdícios mais comuns encontrados em empresas por meio de sete tipos, e Liker (2005) adicionou um oitavo desperdício, sendo estes os seguintes:

1. Superprodução: produção de itens que não serão utilizados imediatamente no próximo processo, ou seja, produção sem demanda;
2. Espera: tempo ocioso durante a jornada de trabalho;
3. Transporte: existe movimentação desnecessária tanto dentro como fora da empresa;
4. Superprocessamento: existência de processos que não agregam valor para o cliente ou ineficiência de processos;
5. Estoque: todo excesso de estoque gera vários problemas como defeitos, problemas com a sua manutenção, *setup*, falta de vínculo constante com o cliente ou fornecedor, etc.;

6. Movimento: execução de movimentos desnecessários durante as tarefas;
7. Retrabalho: produção de produtos defeituosos devido à falta de qualidade; e
8. Intelectual: desperdício do tempo, das competências, oportunidades e criatividade dos funcionários.

Dentro deste conceito, temos ainda três tipos de atividades presentes dentro de uma indústria (veja a figura 5), são elas (HINES; TAYLOR, 2000):

1. Atividades que agregam valor (AV): são atividades que, perante o consumidor, agregam valor. São atividades pelas quais os clientes estão dispostos a pagar;
2. Atividades desnecessárias e que não agregam valor (NAV): é exatamente o oposto do primeiro item;
3. Atividade necessárias mas que não agregam valor (NAVN): estas atividades não agregam valor ao produto, partindo do ponto de vista do cliente, porém sem elas não é possível produzir tal produto ou permanecer com a empresa em pleno funcionamento.

Figura 5 – Definição de agregação de valor



Fonte: ROTHER; SHOOK, 2003.

Encerrando este tópico, é importante distinguir os termos “Balanceamento” e “Nivelamento” da produção. O primeiro termo refere-se à sincronização dos tempos de operações e visa equalizar as cargas de trabalho, reduzindo os tempos que não agregam valor. Já o segundo se foca na redução dos tempos de preparação de equipamentos, tendo lotes menores. No nivelamento da produção tem-se reduções significativas de inventários, programando o chão de fábrica afim de se obter o melhor *mix* de produção com certa flexibilidade (NAZARENO, 2003).

3.3.4 ALGUMAS FERRAMENTAS DA PRODUÇÃO ENXUTA

3.3.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

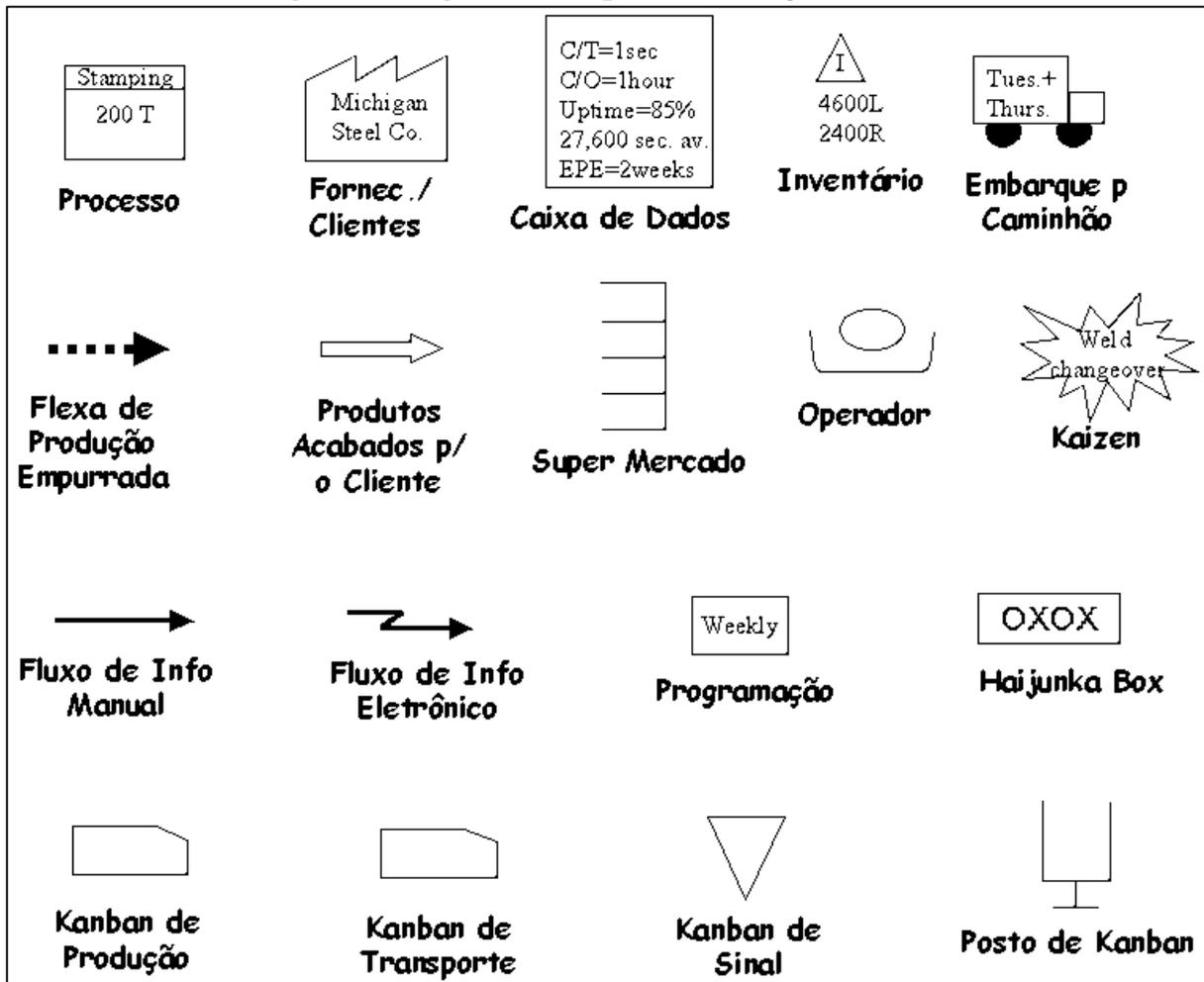
O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta que visa auxiliar no entendimento dos fluxos de materiais e informações, representando cada processo de forma visual, demonstrando a sequência e estrutura das tarefas executadas, recursos utilizados, identificando fontes de desperdícios e o valor do processo analisado (WORMACK; JONES; ROSS, 2004). Esta ferramenta desenvolvida pelos autores Rother e Shook (1998) é uma metodologia de análise da linha de valor dentro de uma empresa. Segundos os próprios autores, o MFV é uma ferramenta essencial pois:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, facilitando também a visualização do fluxo;
- Ajuda a identificar mais que os desperdícios, partindo para o combate das fontes de perdas;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que você possa discuti-las;
- Integra conceitos e técnicas enxutas, evitando a implementação de algumas técnicas isoladamente; e
- Forma a base para um plano de implementação, identificando a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

A ideia de valor é fundamental para a construção do mapa. Agregação de valor é o tempo dos elementos de trabalho que efetivamente transformam o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar (ROTHER; SHOOK, 2003).

O MFV apresenta um conjunto de ícones a serem utilizados na modelagem. Porém outros ícones podem ser criados e ser incluídos ao longo do processo de melhoria. A figura 6 mostra alguns dos ícones pré-definidos para o MFV.

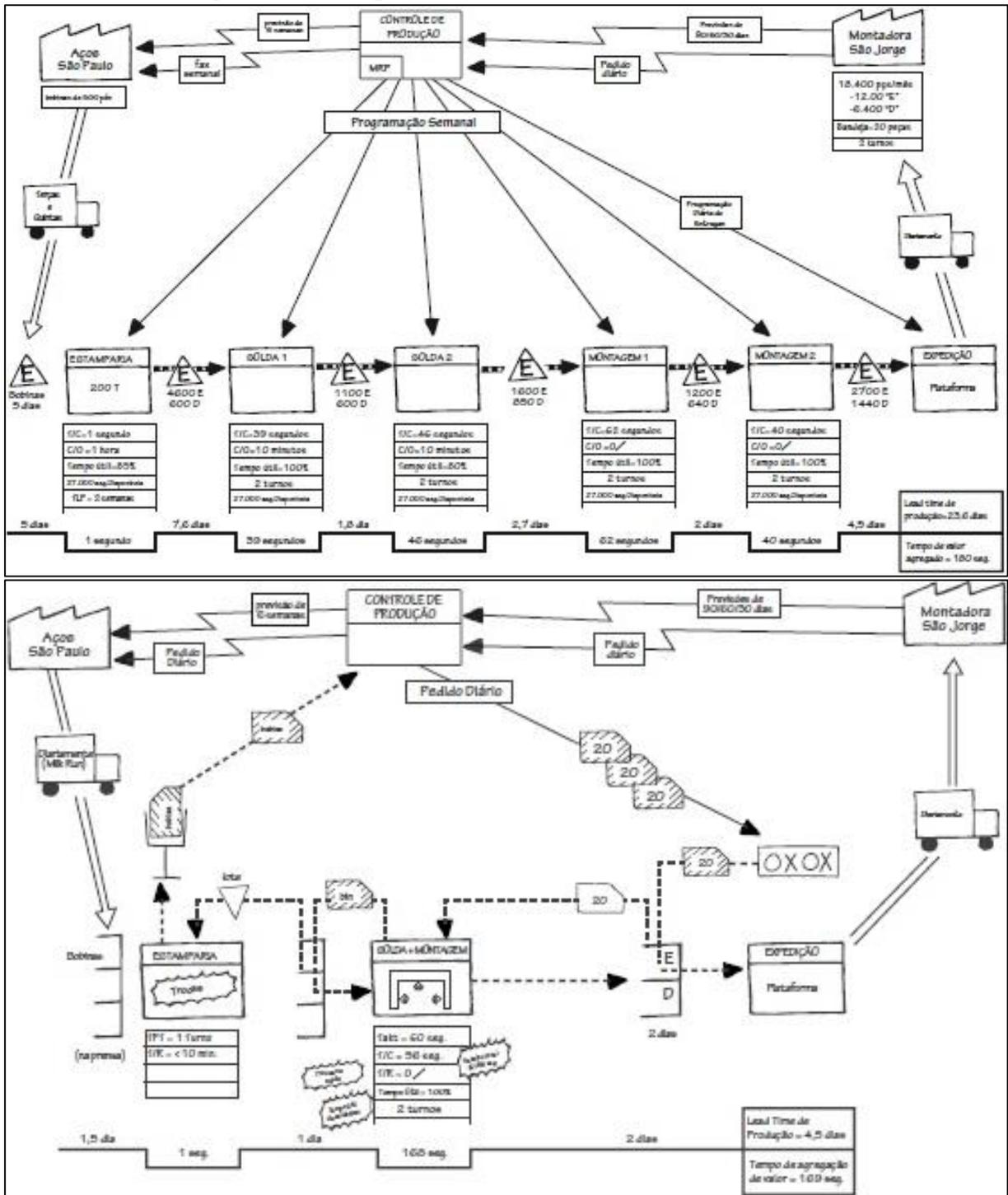
Figura 6 – Alguns ícones para a utilização do MFV



Fonte: RENTES, 2000.

Os mapas de fluxo podem representar diferentes momentos do processo avaliado, sendo comumente desenhado um mapa do estado atual representando os fluxos de informações e materiais. Em seguida é verificada quais são as possíveis melhorias que podem ser realizadas a fim de atingir um melhor nível de desempenho operacional. Por último é desenhado um mapa do estado futuro considerando as melhorias identificadas. Veja a figura 7. (LEAN INSTITUTE, 2016).

Figura 7 – Exemplo de MFV do estado atual e do futuro



Fonte: ROTHER; SHOOK apud LEAN INSTITUTE, 2016.

Tal ferramenta baseia seus princípios na identificação e eliminação dos desperdícios encontrados ao longo do fluxo produtivo, como excesso de inventário entre as estações de trabalho e tempos de espera elevados. As etapas básicas desta ferramenta são (ROTHER; SHOOK, 2003):

- 1) Selecionar uma família de produtos;
- 2) Mapear a situação presente;
- 3) Propor um novo rearranjo do sistema (situação futura); e
- 4) Criar um plano de melhorias.

Um parâmetro importante tanto para a Produção Puxada quanto para o JIT é o sincronismo da produção de acordo com a demanda, em outras palavras o *Takt Time* (TK). O TK é o ritmo no qual os produtos são produzidos para atender os clientes, e deve ser baseado na demanda de vendas (ROTHER; SHOOK, 2003). Suas unidades de medidas são baseadas na medição da Demanda (D) e do Tempo Disponível (TD). Temos que a D pode ser medida em quilogramas, toneladas, peças, unidades, etc., e o TD pode ser medido em segundos, minutos, horas, etc., com isso sabe-se que o TK irá obter a unidade referente a divisão do tempo disponível pela demanda, conforme mostra a equação logo abaixo.

$$TK = \frac{TD}{D} \quad (12)$$

Já a noção de *Pitch* vem da multiplicação entre o TK e a capacidade que o contêiner de transporte suporta (CC), seja em peças, quilogramas ou qualquer outra medida (ROTHER. SHOOK, 2003).

$$Pitch = TK * CC \quad (13)$$

Outro conceito fundamental para a aplicação do MFV é o Tempo de Ciclo (TC). Segundo Rother e Shook (2003) esta medida é a frequência com que uma peça ou produto é realmente completada em um processo. Veja a figura 8.



Fonte: ROTHER; SHOOK, 2003.

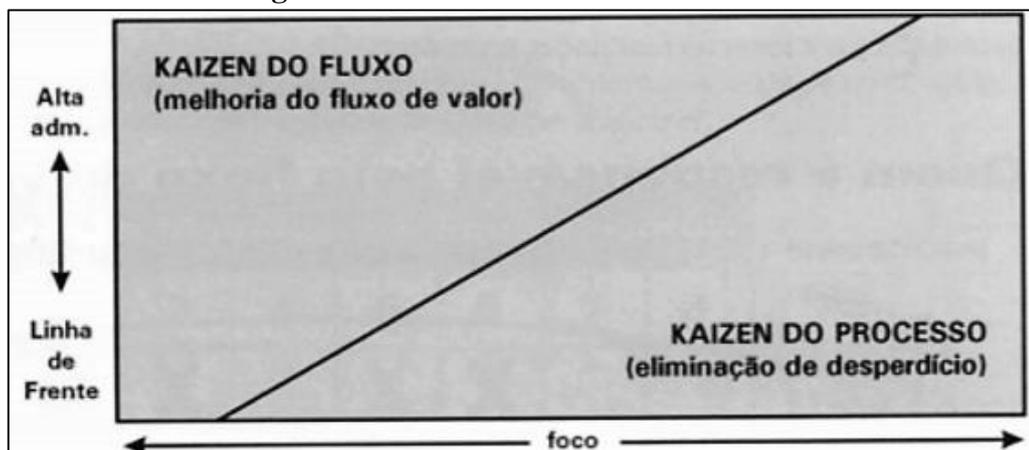
E para encerrar este tópico, é preciso falar de valor. Existem várias definições para o que significa valor para o cliente. Neste trabalho usaremos a definição apresentada por Zeithaml e Bitner (2003), que afirma que os clientes definem valor de quatro maneiras diferentes: 1) valor é preço baixo: alguns consumidores igualam valor a preço baixo (foco no preço); 2) valor é tudo o que eu quero: alguns consumidores destacam os benefícios obtidos (foco na qualidade); 3) valor é a qualidade que obtenho pelo preço que pago: outros consumidores veem o valor como uma troca entre o dinheiro que entregam e a qualidade que recebem; e 4) valor é o que eu recebo pelo que eu dou: finalmente, alguns consumidores consideram todos os benefícios que recebem assim como todos os componentes de sacrifício (dinheiro, tempo, esforço).

3.3.4.2 Eventos *Kaizen*

O termo *Kaizen* significa “Melhoria Contínua”. Esta ferramenta é muito utilizada em empresas *lean*, onde sua abordagem considera que nada é ou será absolutamente perfeito, sempre havendo oportunidades de melhoria (SOUZA, 2014).

Em seu livro “Aprendendo a Enxergar”, Rother e Shook (2003) apresentam dois tipos de *Kaizen*, um é o de “fluxo” que visa realizar melhorias nas movimentações de materiais e informações tendo abrangência em vários processos e em suas interdependências podendo gerar impactos significativos na empresa. Já o segundo tipo, chamado de *Kaizen* de “processo” tem enfoque mais direcionado na eliminação de desperdícios característicos dos fluxos de pessoas e de processos. Veja o esquema na figura 9.

Figura 9 – *Kaizen* de Fluxo e de Processo



Fonte: ROTHER; SHOOK, 2003.

3.3.4.3 Kanban

O sistema *kanban* é um sistema de informação criado pela Toyota, que controla a produção de toda uma fábrica, isto é, dá autorizações de produção, de transporte e informa a localização de componentes através de cartões. A função do *kanban* é limitar a quantidade de estoque em processo através de um número determinado de cartões, onde só produzem-se ou retiram-se peças de um processo ou estoque que tenham-se cartões correspondentes a elas, nas quantidades fixadas. As principais vantagens associadas a sua utilização são (GAURY; PIERREVAL; KLEIJNEN, 2000):

- Eliminação do estoque de material em processo (WIP);
- Aumento de produtividade;
- Redução dos *lead time*;
- Devido a produção puxada, o nível de produtos finais pode ser reduzido ou deixar de existir; e
- Menor ocupação de espaço (redução das áreas de almoxarifado e WIP).

Segundo Tardin (2001), o nivelamento da produção é um pré-requisito para aplicar a produção puxada, pois caso a produção não esteja nivelada, os estoques de produtos, na forma de supermercados, serão grande demais, reduzindo assim, os benefícios trazidos pelo sistema.

Segundo Monden (1998), existem cinco regras que devem ser cumpridas para que o sistema *kanban* funcione, são elas:

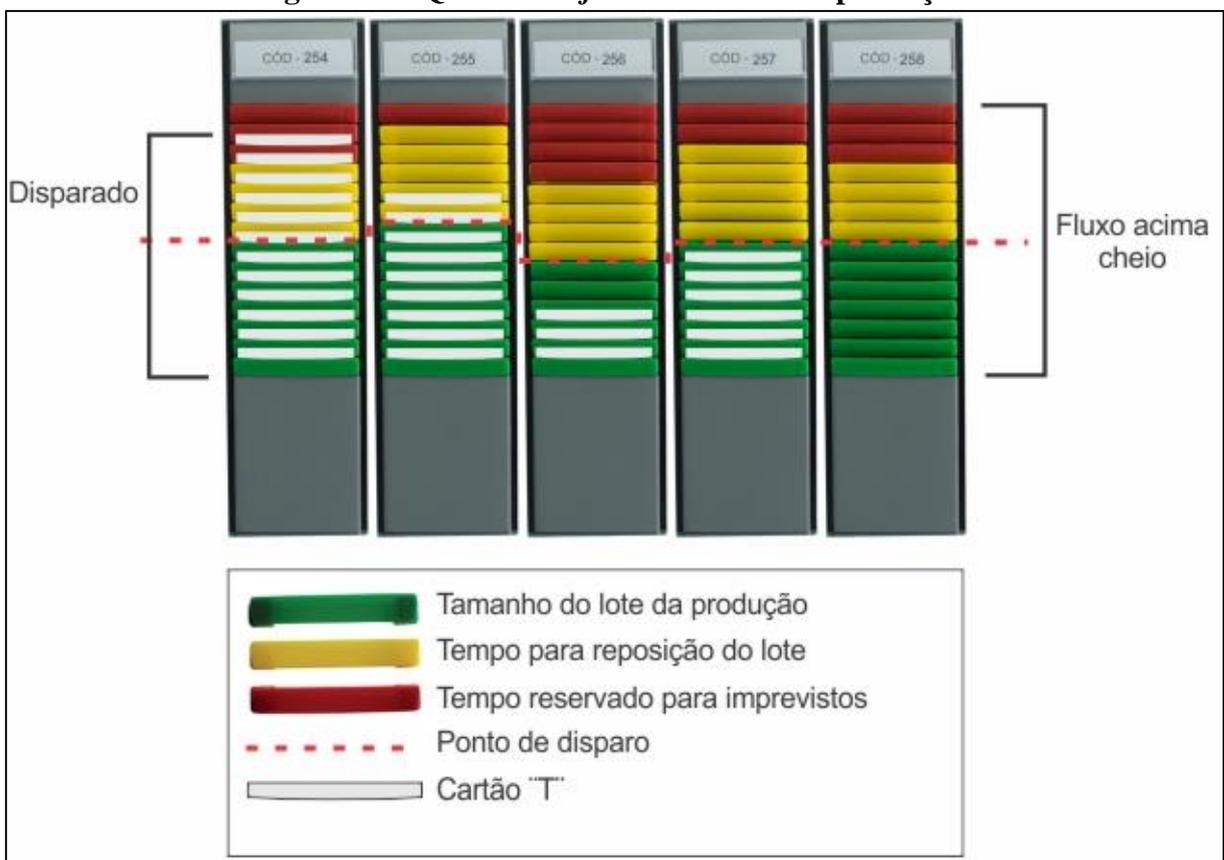
1. O processo seguinte deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento correto;
2. O processo anterior deve produzir produtos para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este;
3. Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes;
4. O número de *kanbans* deve ser minimizado;
5. O *kanban* deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda.

Pode-se encontrar vários tipos de *kanban*, sendo eles divididos basicamente em cartões de retirada e de produção. O primeiro funciona como o dinheiro, sendo utilizados para “comprar” peças de um estoque ou processos, sendo que há limite na compra de matérias. Já o segundo *kanban* também estipula uma quantidade fixa de cartões com base em cálculos de atendimento a demanda e capacidade (NAZARENO, 2003).

Somente para ilustrar a variedade de tipos de cartões *kanban* presentes atualmente, temos, segundo Monden (1998): 1) *kanban* de sinal; 2) *kanban* expresso; 3) *kanban* de emergência; 4) *kanban* de ordem de serviço; 5) *kanban* integrado; 6) *kanban* de fornecedor; carreta ou carrinho como *kanban*; 7) e *kanban* eletrônico.

Geralmente os demais tipos de *kanbans* são praticamente idênticos aos cartões de retirada e produção, variando apenas tarjas, bordas e o modo como as informações são dispostas, veja um exemplo de cartões *kanban* na figura 10 (NAZARENO, 2003).

Figura 10 – Quadro *Heijunka* nivelando a produção



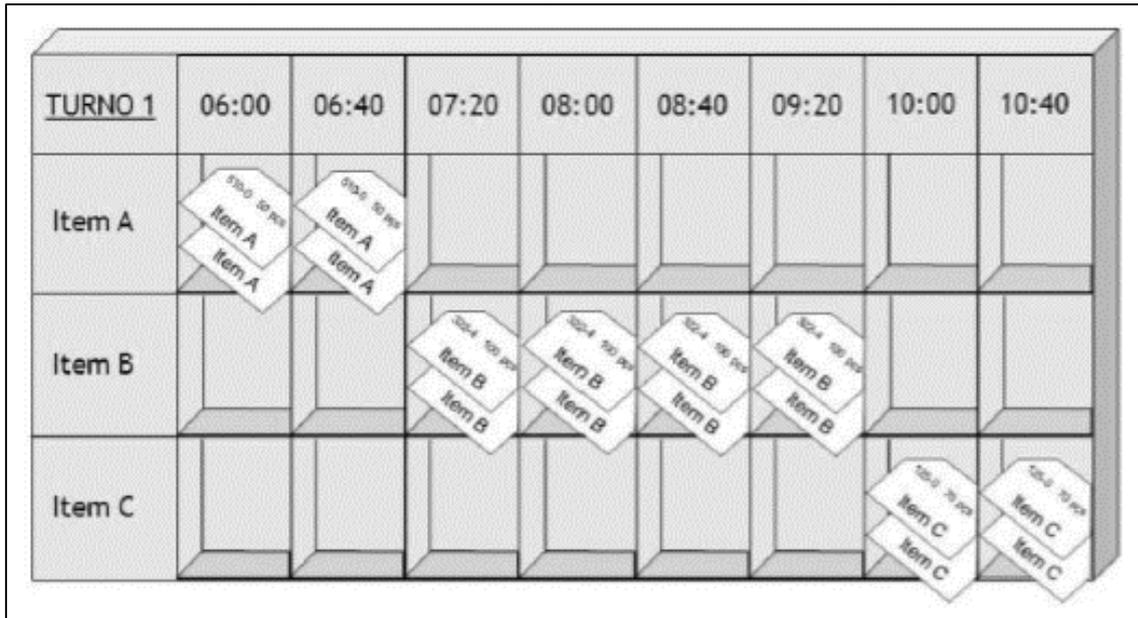
Fonte: SMALLEY, 2004.

3.3.4.4 Heijunka Box – Produção Nivelada

O conceito de *heijunka box* surgiu na Toyota no setor de manutenção, a fim de criar uma gestão visual do trabalho que deveria ser realizado, disciplinando o ritmo de trabalho. A partir desta primeira aplicação, foram criados os quadros para acompanhamento de produção (SMALLEY, 2004).

Tardin (2001) afirma que os *heijunka box* são complementares ao sistema *kanban*, pois além de mostrarem a situação de estoque dos itens através dos cartões *kanban* ele também mostra o ritmo com que a produção deve seguir. A figura 11 mostra um modelo típico de nivelamento da produção, os cartões *kanban* são posicionados nos espaços de tempo disponíveis no quadro *heijunka* (ARAUJO, 2009)

Figura 11 – Quadro *Heijunka* nivelando a produção



Fonte: SMALLEY, 2004.

Cada espaço do quadrado representa um *pitch* de produção, que é calculado através da fórmula 13. No da figura 8 um produto com *pitch* de 10 minutos deverá ser programado com 4 cartões por intervalo de tempo do quadro (STEFANELLI, 2010).

3.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Toda linha de produção tem uma restrição – seja ela de matéria-prima, mão de obra, maquinário, de demanda, dentre outros – caso contrário poderia produzir bens e serviços infinitamente. Não considerar esses recursos restritivos de capacidade de forma especial pode facilmente conduzir a conclusões equivocadas (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

A chamada teoria das restrições, difundida por Goldratt e Fox a partir do final da década de 70, foi pioneira em explorar o conceito de gargalo, aplicando-o em regras de sequenciamento dentro de um *software* comercialmente conhecido como OPT (*Optimized*

Production Technology), na época uma alternativa ao sequenciamento convencional, então de capacidade infinita, baseado na lógica de planejamento e programação da produção via MRP (TUBINO, 2007).

Goldratt, no final da década de 80, abandonou o software OPT e redefiniu suas ideias no que atualmente é conhecido como Teoria das Restrições (TOC). Ainda de acordo com esses autores, a publicação do livro “O que é esta coisa chamada teoria das restrições” (GOLDRATT, 1990) ajudou a divulgar os princípios da Teoria das Restrições ao redor do mundo (NARASIMHAN et al., 1995 apud FERNANDES; FILHO, 2010).

Alguns sistemas de PCP concentram-se nos gargalos de produção – operações, máquinas ou etapas de produção que impeçam a produção devido a sua menor capacidade se comparado com etapas a montante e jusante. Em operações gargalos lotes de produtos e/ou serviços chegam mais rápido do que podem ser processados, dessa forma essas operações críticas controlam a capacidade do fluxo de uma fábrica (GAITHER; FRAZIER, 2002).

A ideia básica da TOC é se conseguir lucro por meio da identificação e exploração das restrições. Isso é conseguido pela aplicação de um conjunto de princípios relativos ao PCP. Por essa razão denominamos a TOC uma estratégia de Planejamento e Controle da Produção que é composta por 9 princípios. Porém, pode-se acrescentar ainda um décimo princípio, que seria: “A sistemática do TOC sempre deve ser usada para melhorar o desempenho de um sistema de produção” (FERNANDES; FILHO, 2010).

. Gargalo é um ponto no processo produtivo que limita sua atuação, sendo que todos os sistemas produtivos têm limitações (internas ou externa). De forma geral, se o sistema produtivo tem capacidade de produção imediata para atender à demanda, o gargalo está no mercado. Por outro lado, se a demanda não está sendo atendido de forma imediata, as limitações são internas (máquinas, homens, espaço, transporte, etc.). Grande parte da existência dos estoques decorre da necessidade de antecipar a demanda em função de gargalos produtivos que não permitirão atender à demanda de forma imediata no futuro (TUBINO, 2007).

De acordo com Sipper e Bulfin (1997), existem três tipos de restrições (apud (FERNANDES; FILHO, 2010):

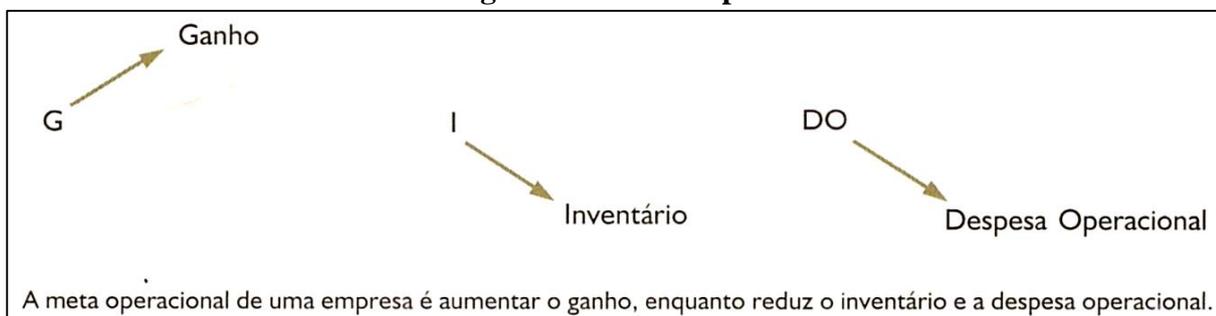
- Restrições de recurso interno: é o clássico gargalo representado por uma máquina, trabalhador ou mesmo uma ferramenta;
- Restrição de mercado: ocorre quando a demanda é menor que a capacidade produtiva; nesse caso, é a demanda que dita o ritmo de produção; e

- Restrição de política: é o caso no qual alguma política da empresa é a restrição (por exemplo, não trabalhar com subcontratações).

3.4.1 META DA EMPRESA

Goldratt tem uma ideia bastante direta sobre a meta de uma empresa: “A META DE UMA EMPRESA É FAZER DINHEIRO.” Goldratt argumenta que, embora uma organização possa ter muitos propósitos – fornecer emprego, consumir matérias-primas, aumentar as vendas, aumentar a participação no mercado, desenvolver tecnologia ou fabricar produtos de alta qualidade – esses não garantem a sobrevivência a longo prazo da empresa. Eles são os meios para alcançar a meta, não a meta em si. Se a empresa faz dinheiro – e apenas assim – ela vai prosperar. Quando uma empresa tem dinheiro pode enfatizar os outros objetivos. Na figura 12 temos o foco da TOC, que nada mais é que aumentar o ganho ao mesmo tempo que reduz inventário e despesas operacionais (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Figura 12 – Meta Operacional

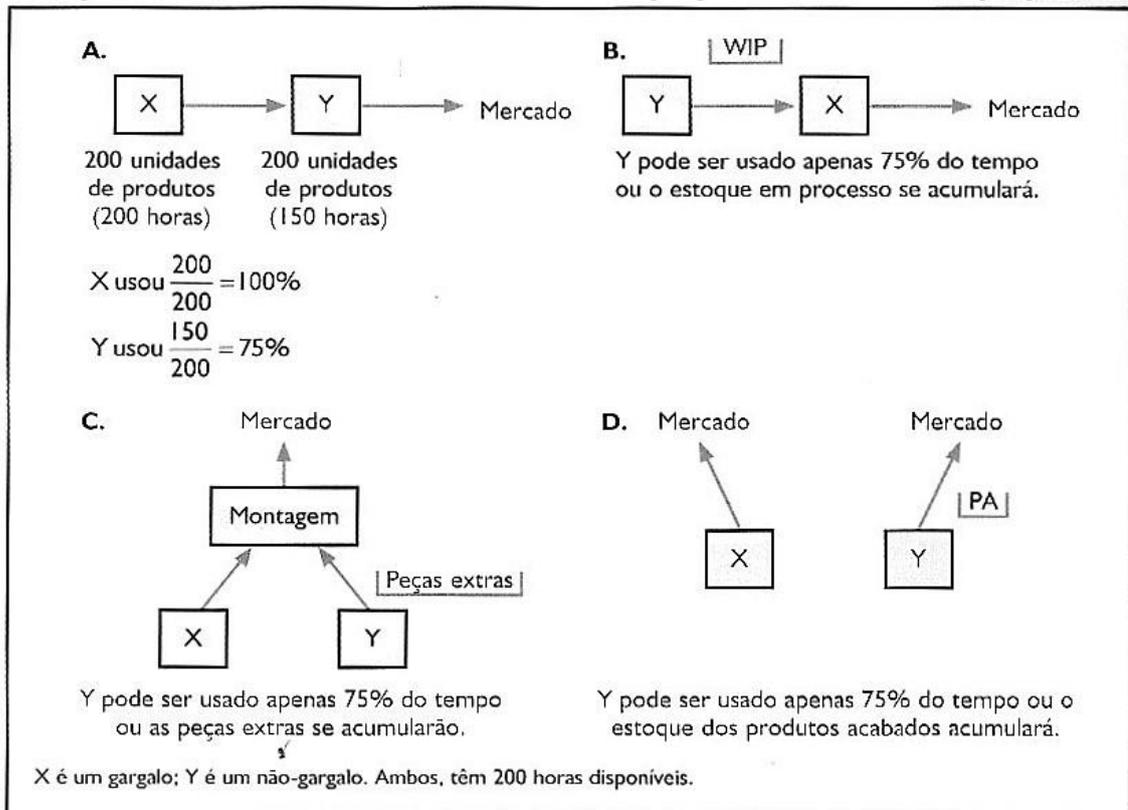


Fonte: CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006.

3.4.2 OS PRINCÍPIOS DA TOC EM OPERAÇÕES

Segundo Corrêa e Corrêa (2012) podemos definir quatro tipos de relacionamentos entre gargalos e não gargalos, veja a figura 13.

Figura 13 – Relacionamento entre recursos gargalos e recursos não gargalos



Fonte: CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006.

No caso A toda a produção flui do recurso X (gargalo) para o Y (não gargalo), assim, pode-se utilizar totalmente o recurso X, o mesmo não ocorre com o recurso Y, que por algum momento permanecerá ocioso. Em outras palavras, o recurso X – mesmo trabalhando na sua capacidade máxima – não consegue produzir o suficiente para manter o recurso Y trabalhando 100% do tempo.

No caso B a posição do recurso X e Y invertidas, onde o fluxo de produção se inicia em Y e flui para X. Novamente pode-se utilizar 100% da capacidade de X e, se houver recursos suficientes, pode-se utilizar 100% da capacidade de Y, entretanto, lembrando que um dos objetivos da TOC é aumentar o ganho, no mesmo passo que, se diminui o inventário e as despesas operacionais, deduz-se que o recurso Y deve trabalhar apenas 75% de seu tempo, pois qualquer quantidade acima disto irá implicar em estoque entre Y e X, sem aumentar o ganho.

No caso C têm-se os recursos X e Y ao invés de um recurso alimentar o outro eles alimentam uma estação de montagem. Novamente o recurso X deve ser utilizado 100% do tempo e o recurso Y deve ser utilizado 75%. Se a capacidade do recurso Y for utilizado mais

do que os 75%, estoque irá ser formado antes da montagem, já que ele está limitado a capacidade do recurso X.

No caso D os recursos X e Y alimentam demandas de mercados independentes. Mesmo neste caso, o recurso X irá ser ativa 100% do tempo e Y 75% do tempo, tendo em mente que a demanda continua restrita a capacidade de X. Em outra hipótese, onde a demanda não relaciona os recursos X e Y ambos poderiam ser utilizados em plena capacidade, desde que a demanda absorva a produção.

Existem infinitas forma de relacionamentos entre recursos gargalos e não gargalos, mas basicamente, todas as outras formas de relacionamentos podem ser descritas com base nos quatro casos citados anteriormente (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Nas formas tradicionais de produção, o foco era o balanceamento das capacidades dos processos produtivos, e então tentar manter um fluxo de materiais suave e contínuo. A TOC defende que é impossível o balanceamento da capacidade na maioria dos casos, com um *mix* de produtos cada vez maior, fatalmente resultará num desbalanceamento. Observado isto, deve-se ter em mente que a busca de um fluxo de produção balanceado é a melhor opção. Tal medida ajuda a impedir o surgimento de estoques no sistema (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Abaixo estão listados os dez princípios da TOC juntamente com assuntos pertinentes para a total compreensão de toda a filosofia da Manufatura Sincronizada.

3.4.2.1 Princípio 1 – Balancear o fluxo e não a capacidade

Existe uma forma para balancear a capacidade, isto é, manter uma carga de trabalho 100% em todos os recursos produtivos na manufatura intermitente, pode-se manter um alto volume de estoque em processo e adiantar a fabricação de componentes de produtos de venda num futuro incerto. Já balancear o fluxo significa usar a capacidade de acordo com as necessidades exatas; assim sendo, ela será usada 100% apenas nos recursos gargalos (FERNANDES; FILHO, 2010).

Nos casos A, B e C, por exemplo, vê-se que o a taxa de produção do recurso Y deve ser governada pela restrição de capacidade (recurso X). Porém no caso D, nota-se que os recursos X e Y devem ser governados pela demanda do mercado, que é a restrição relevante naquele sistema. Por mais intuitiva que isso possa parecer, muitas vezes esse pensamento não está na inserido nas práticas das empresas. Não é difícil encontrar sistemas de avaliação de desempenho dentro de operações fabris que tem como métrica central a chamada “utilização de recursos” – independentemente de ser um recurso gargalo ou não – que nada mais é do que

a relação de “quanto se utilizou um recursos” com a “disponibilidade total do recurso” (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

3.4.2.2 Princípio 2 – Utilização dos não gargalos é determinada pelas restrições

Os recursos gargalos marcam o passo de todos os recursos do sistema produtivo, ou seja, o nível de utilização de um recurso não gargalo é determinado pelas necessidades dos recursos gargalos que restringem o volume de produção que é vendido e que gera lucros (FERNANDES; FILHO, 2010).

3.4.2.3 Princípio 3 – Ativar nem sempre é igual a utilizar

Se o que um recurso não-gargalo produz puder ser absorvido por um recurso gargalo, então se diz que o recurso não gargalo foi utilizado; caso não possa ser absorvido, o recurso não-gargalo foi apenas ativado, mas não utilizado (FERNANDES; FILHO, 2010).

Figura 14 – Três estágios possíveis de recursos gargalos e não gargalos



Fonte: CORRÊA; CORRÊA, 2012.

Como exemplo temos o caso B citado na introdução deste tópico, onde com base nos dizeres de Corrêa e Corrêa (2012) dentro da ótica da OPT a ativação do recurso Y por mais de 75 % do tempo não pode ser chamado de utilização, pois esta ação estaria afastando a o sistema da meta. Segundo a ótica da OPT, a ativação de um recurso não representa contribuição para a aproximação da meta, já a utilização sim (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

3.4.2.4 Princípio 4 – Uma hora perdida em um gargalo é uma hora perdida em todo o sistema

Essa hora perdida não vai poder ser recuperada; houve um volume de produção no sistema como um todo, que simplesmente não foi produzido (FERNANDES; FILHO, 2010).

Por isso é importante nos debruçarmos sobre um outro ponto de vista, que é referente a preparação de máquinas. Existem três estágios possíveis que um recurso gargalo pode se encontrar no seu tempo total de processamento: 1) ele pode efetivamente estar processando os fluxos (seja de materiais, informações ou pessoas); 2) ele pode estar sendo preparado (tempo de *setup*); ou 3) ele pode estar ocioso. Os mesmo três estágios ocorrem com os recursos não gargalos, a diferença é que a ociosidade é abominada nos recursos gargalos e esperada nos recursos não gargalos. Abaixo temos a figura 10 que ilustra melhor o explanado (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

A TOC busca, sempre que possível, manter os lotes de produção tão grande quanto possíveis nos recursos gargalos, exatamente para minimizar o tempo gasto com preparação e conseqüentemente aumentar a capacidade do fluxo, gerando ganho no sistema como um todo (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

3.4.2.5 Princípio 5 – Uma hora economizada num recurso não gargalo é uma miragem

Essa “economia” ou acaba sendo utilizada na produção de itens que não podem ser absorvidos pelos gargalos, ou acaba aumentando o tempo ocioso desse não gargalo. Em qualquer caso, perdeu-se dinheiro, já que o custo de se obter essa redução de tempo não se converteu em nenhum benefício (FERNANDES; FILHO, 2010).

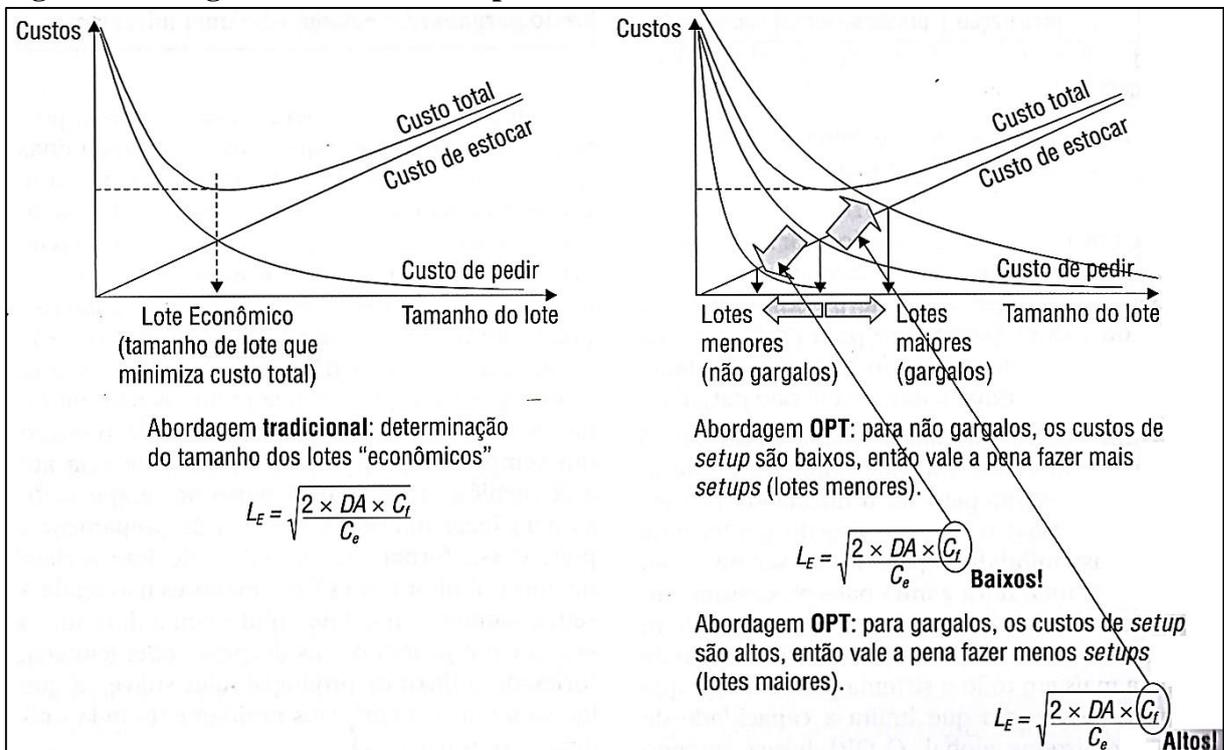
Percebe-se que esta redução de tempo em recursos não gargalos gera apenas uma hora a mais de ociosidade, já que nada se fez a respeito do recurso gargalo. Seria interessante neste caso adotar uma postura de aumento do número de preparações de máquinas, tornando assim o tamanho dos lotes menores, ao que – mesmo não ajudando a aumentar o ganho da empresa – ajudaria a diminuir o estoque em processo e as despesas operacionais tornando o fluxo de produção mais suave, tendo em vista que lotes menores fluem mais rápido em sistemas produtivos (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

3.4.2.6 Princípio 6 – Lote de transferência nem sempre é igual ao lote de processo

Não devemos calcular o lote econômico da forma tradicional, que objetivo fazer com que os custos de preparação de máquina por peça declinam à medida que o tamanho do lote de processamento aumenta, veja a figura 15. Esta ideia tradicional de lote econômico não é sempre válida, tendo em vista que existe diferenças entre os custos de recursos gargalos e não gargalos, assim desclassificando a tradicional curva em “U” (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Na figura 15 tem-se que L_E é o Lote Econômico; DA é a Demanda Anual; C_f Custo fixo de se fazer um pedido de ressuprimento, é considerado “fixo” pois é um custo que não varia com a quantidade pedida, podendo ser um item comprado (onde irão incorrer custos de cotar, inspeção, recebimento, pagamento, frete, etc.) ou fabricado internamente (incorrendo custos como preparação de maquinário); C_e é o custo unitário anual de estocagem, inclui todos os custos incorridos em manter o estoque (custo de oportunidade do capital empatado, o seguro, o custos de movimentação, manipulação, dano, obsolescência, espaço, depreciação, manutenção, equipamentos, etc.) (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Figura 15 – Lógica tradicional e do ponto de vista da OPT do cálculo do Lote Econômico



Fonte: CORRÊA; CORRÊA, 2012.

A abordagem da OPT afirma que para recursos não gargalos, os custos de *setup* são baixos, então vale a pena fazer mais *setups*, o que resulta em lotes menores. Por outro lado para os gargalos, os custos com *setups* são altíssimos, logo fazer menos *setups* nestes recursos é recomendável, criando assim lotes maiores (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Temos ainda, segundo a ótica da OPT, outro ponto importante que diz respeito ao tamanho dos lotes de produção, voltado na diferença entre os tamanhos dos lotes visto da perspectiva do recurso também chamado de lote de processamento e da perspectiva do fluxo de matérias também conhecido como lote de transferência (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Para uma melhor compreensão da diferença entre estas duas perspectivas Chase, Jacobs e Aquilano (2006) apresentam o seguinte exemplo:

Em uma linha de montagem o que é um tamanho de lote? Alguns diriam “um” porque uma unidade é movimentada por vez; outros diriam “infinito”, porque a linha continua a produzir o mesmo item. Ambas as respostas estão corretas, mas diferem nos seus pontos de vista. A primeira resposta, “um”, em uma linha de montagem se foca na peça transferida, uma unidade por vez. A segunda se foca no processo. Do ponto de vista do recurso, o lote de processo é infinito porque está continuamente a operar as mesmas unidades. Assim, em uma linha de montagem, tem-se um lote de processo infinito (ou todas as unidades até que mudemos para outro *setup* de processo) e um lote de transferência de uma unidade.

Vê-se que as duas respostas podem ser consideradas corretas, dependendo apenas do ponto de vista. Se o ponto de partida é o fluxo o tamanho de lote é 1, já que as unidades são passadas de uma em uma ao longo das estações de trabalho. Partindo do recurso note-se que o lote é muito grande, já que por um longo período de tempo, esta estação irá estar preparada para a produção de um único tipo de produto (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

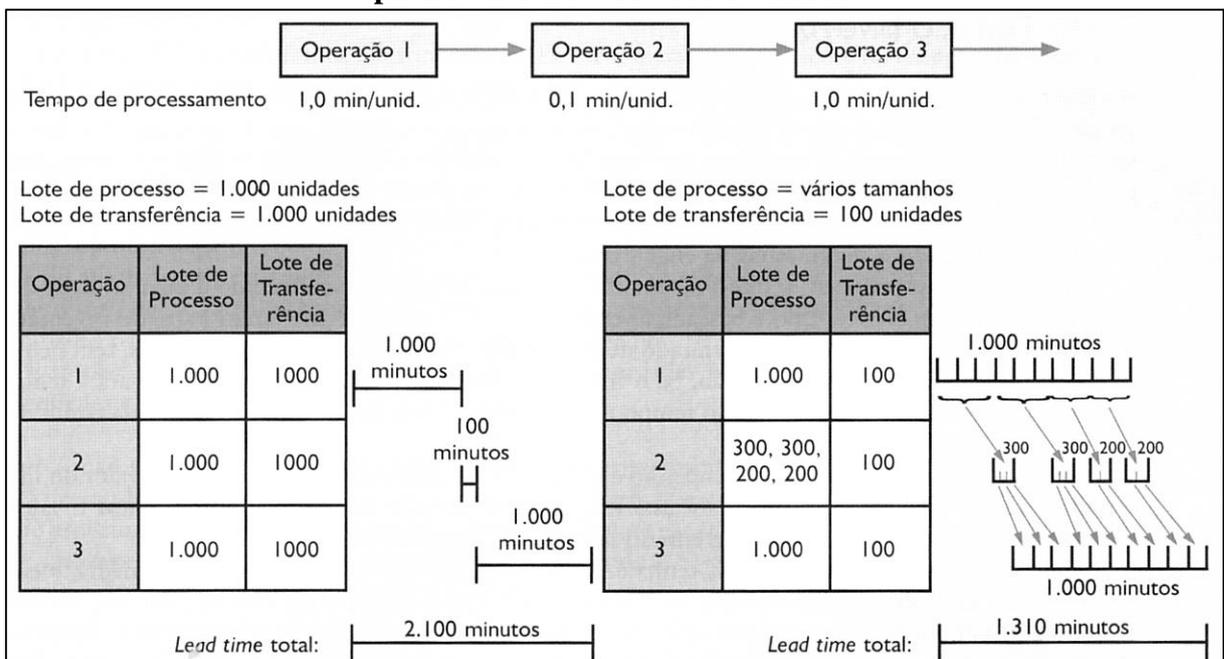
Sendo assim, um lote de processo é de tamanho suficientemente grande ou pequeno para ser processado em um determinado período de tempo. Partindo-se do recurso, dois tipos de tempos estão envolvidos: um é o tempo de *setup* e o tempo de processamento (desconsiderando os tempos de manutenção). Como lotes maiores exigem menos tempo de *setup* e possibilitam maior processamento de produtos, prefere-se utilizar esta prática para as operações gargalo. De forma oposta, prefere-se utilizar lotes menores para recursos não gargalos (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Por conseguinte, lote de transferência refere-se a movimentação de peças do lote de processo. Os lotes de, respectivamente, processo e transferência podem ser iguais, porém a

TOC sugere que eles sejam diferentes, pois é preferível que o segundo seja menor que o primeiro, possibilitando que a próxima operação possa começar a trabalhar naquele lote o quanto antes. Esta pratica é vantajosa porque o tempo total de produção fica menor, diminuindo conjuntamente a quantidade de estoque em processo (WIP). Veja a figura 16 para uma melhor compreensão (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Como nesta teoria os lotes de processamento não precisam ser iguais, pode-se transferi-los mesmo antes que todo o material esteja processado. Esta pratica permite que os lotes sejam divididos, reduzindo o tempo de passagem dos produtos pela fábrica (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Figura 16 – Efeito das mudanças de tamanho dos lotes de processamento e transferência para uma ordem de 1000 unidades



Fonte: CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006.

Muito sistemas de produção consideram que só existe um único tamanho de lote para cada item, ou seja, consideram que o lote de processamento é igual ao lote de transferência. Além disso, tais sistemas tradicionais acreditam que esse tamanho de lote deve ser o mesmo para todas as operações que processam determinado produto. Entretanto este pensamento traz dificuldades, pois se um processo envolve várias máquinas sequencialmente é possível que para cada máquina obtenha-se um valor de lote econômico. Na TOC não existe

este problema, tendo em vista que espera-se que os tamanhos de lotes variem. Esse pensamento nos leva ao próximo princípio (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

3.4.2.7 Princípio 7 –Os lotes de processo devem ser variáveis, não fixos

O tamanho dos lotes de processamento é uma função da situação da fábrica e pode variar de operação para operação. Podemos chamar esta variação de Efeitos das Incertezas (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Vamos esclarecer alguns conceitos importantes com as definições de Chase, Jacobs e Aquilano (2006):

O termo eventos dependentes se refere a uma sequência do processo. Se um processo flui de A para B para C para D, e cada processo precisa ser completado antes de passar para a próxima etapa, então B, C e D são eventos dependentes. A habilidade de fazer o próximo processo depende do processo precedente. A flutuação estatística se refere a variação normal sobre uma mediana ou média. Quando ocorre as flutuações estatísticas numa sequência dependente, sem nenhum inventário entre as estações de trabalho, não há uma oportunidade para alcançar a média de produção.

Eventos incertos sempre vão ocorrer, ainda mais em ambientes complexos como nas fábricas. Prever esses eventos é muito trabalhoso, o que leva os tomadores de decisão que seguem a filosofia da TOC a proteger os pontos frágeis ou críticos. Na grande maioria dos casos, as variações nos tempos de execução variam segundo uma distribuição estatística, ou seja, quando usa-se os “tempos de processamento” ou os *lead times* para a determinação das operações na verdade utilizando-se valores médios que estão sujeitos a flutuações (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

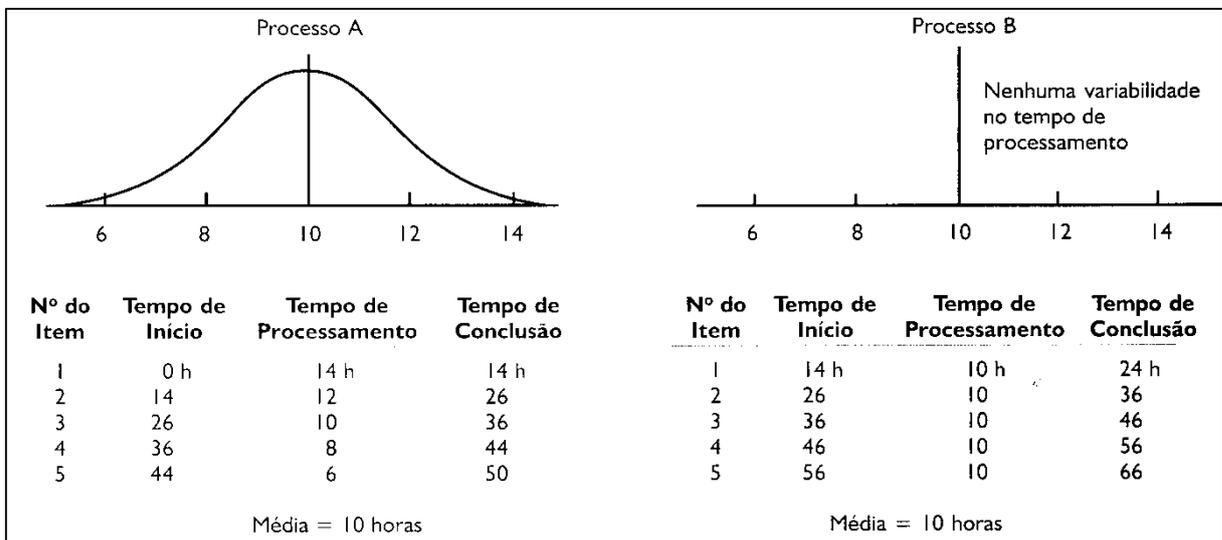
Essas flutuações, segundo Corrêa e Corrêa (2012), ocorrem devido às incertezas nas operações, falta de consistência do operador, limites de capacidade do equipamento, quebras de equipamentos, entre outros e por mais que se possa controlar boa parte destas variações através de treinamentos, uniformização da métrica de trabalho, automação de tarefas, manutenção preventiva, etc., é impossível eliminar totalmente o componente aleatório dos tempos de execução das operações.

Se fosse possível isolar os processos de manufatura as flutuações tenderiam a somar zero já que atrasos podem ser compensados por adiantamentos e vice-versa, mas este cenário

não ocorre realmente, o que acontece na verdade é um encadeamento de processos interdependentes onde cada um apresenta uma flutuação estatística – aproximadamente normal - o que faz com que os atrasos sejam acumulados ao longo da série de processos (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Suponha que desejam-se processar dois itens que podem vir de duas distribuições que não possuem inventário entre elas (Processo A e Processo B). O primeiro processo possui média de dez horas de processamento com um desvio padrão de duas horas ($\bar{X} = 10$ e $\sigma = 2$ ou 10 ± 2), isto significa que em 95,5% do tempo iremos ter uma variação entre 6 e 14 horas mais ou menos 2σ . O segundo processo (Processo B) tem o tempo constante de 10 horas. Como muito bem ilustrado na Figura 17, esses dois processos não conseguem terminar suas funções nos tempos esperados (com referência a \bar{X}) pois mesmo com o Processo B tendo um tempo padrão de operação o Processo A – graças a sua flutuação – atrapalha o fluxo. E veja que independente da ordem que se coloquem os processos A e B há atrasos na entrega do produto (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Figura 17 – Tempo de processamento e conclusão do Processo A para o Processo B e vice-versa



previsões de forma sequencial, primeiro se estima a programação da produção e depois se verifica a capacidade de produção (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Já a OPT considera que os tempos de fila são dependentes de como a programação é feita e, não só isso, afirma que estes tempos são um dos principais fatores que elevam os valores dos *lead times*, onde os valores vão ser diferentes dependendo da forma de sequenciamento aplicado. Tendo isto em vista o OPT considera simultaneamente o programação de atividades e a capacidade dos recursos – principalmente as dos gargalos – para então decidir sobre a prioridade na ocupação dos recursos limitantes e, com base na sequencia definida, pode calcular os *lead times* de forma muito mais precisa. Este princípio está conectado com o 10º princípio (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Goldratt e Fox apud Chase, Jacobs e Aquilano (2006) criaram uma medida para se controlar o inventário chamada *Dollars Day*. Geralmente o único desempenho negativo dentro de uma empresa é o custo de manutenção, entretanto pode-se ir muito além disso, tendo como pontos negativos os *lead times* altos e os grandes volumes de inventário. Imagine uma mudança na engenharia de um produto, caso as duas variáveis citadas anteriormente sejam altas, será preciso fazer mudanças em muitos componentes, de forma contrária, se os *lead times* e o inventário fossem baixos, menos mudanças seriam necessárias (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

O *Dollars Day* é uma medida que relaciona o valor do inventário e o tempo que ele fica em uma área. Uma multiplicação simples é utilizada nesta medida, sendo que se temos um estoque no valor de R\$ 10.000,00 mantido em uma certo ambiente no período de 10 dias obtemos o valor de R\$ 100.000,00 *Dollars Day*. Este valor encontrado não pode ser definido como alto ou baixo, ele só mostra onde o inventário está localizado. Sendo assim, a administração pode usar esta medida para controlar o inventário, não perdendo o foco na meta da empresa. Supostas aplicações desta medida em outras áreas são (CHASE, JACOBS e AQUILANO, 2006, p. 652):

- *Marketing*: para desencorajar a manutenção de grandes quantidades de inventário de produtos acabados, encorajando as vendas dos mesmos;
- *Compras*: para desencorajar pedidos de grandes quantidades de matéria-prima que, superficialmente, parecem aproveitar dos descontos por quantidade, encorajando a compra *just in time*;
- *Manufatura*: para desencorajar grandes WIP e a produção antes do necessário, promovendo um fluxo rápido dentro da fábrica;

- Gerenciamento de projeto: para quantificar os investimentos de recursos limitados no projeto como uma função do tempo, promovendo a alocação apropriada dos recursos para os projetos concorrentes.

3.4.2.9 Princípio 9 – A soma dos ótimos locais no geral não é igual ao ótimo global

Essa máxima do enfoque sistêmico, no controle da produção, significa que todas as restrições e objetivos devem ser levados em conta simultaneamente. Isso é extremamente difícil de ser conseguido. Uma consequência dessa regra é que *lead time* dos itens advém da programação feita considerando-se todas as restrições e não pode ser predeterminados (FERANDES; FILHO, 2010).

Apesar de essas regras serem incontestáveis quanto ao seu foco na melhoria do fluxo produtivo, na prática, principalmente em função da mudança constante dos pontos gargalos, característica básica dos sistemas de produção em lotes, não é fácil de aplica-las. Entretanto, com a facilidade atual de desenvolver sistemas de programação avançados com capacidade finita, ou seja, só se permite a programação e liberação de ordens se houver capacidade, a interação entre gargalos e fluxos produtivos pode ser facilmente visualizado quando da definição e programação das regras a serem escolhidas (TUBINO, 2007).

Um dos pontos positivos dos princípios da TOC, principalmente este último, é que o enfoque na melhoria global impacta fortemente na melhoria das três medidas de desempenho (ganho, inventário e despesas operacionais) e, além disso, seus princípios estão diretamente ligados com as tomadas de decisão das pessoas envolvidas no setor produtivo, facilitando que elas tomem decisões de modo a favorecer o sistema como um todo (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

3.5 O MUNDO QUE MUDOU A MÁQUINA

Todo a discussão feita neste tópico é baseada na obra “O Mundo que Mudou a Máquina: síntese dos trabalhos do GERPISA” dos autores Boyer e Freyssenet (2000).

3.5.1 ESTRATÉGIAS DE LUCROS E SISTEMAS PRODUTIVOS

Com a expansão progressiva das montadoras japonesas no começo da década de oitenta, que parecia não poder ser acompanhado por seus rivais americanos e europeus, houve um sentimento crescente de que um modelo industrial garantidamente rentável e lucrativo tinha surgido, e de que as montadoras que não embarcassem na onda da redução sistemática de perdas e da não qualidade, da produção guiada em função dos pedidos dos clientes, e que não envolvessem ativamente os fornecedores e assalariados nos objetivos da empresa, estariam caminhando para a falência.

Lean Production, foi o nome dado a esse novo sistema produtivo que mudaria o mundo dando lugar aos modelos de produção em massa, erroneamente chamados de “taylorista-fordista”. Esse sentimento de descoberta de um sistema produtivo perfeito foi consagrada por uma equipe do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), no *International Motor Vehicle Program* (IMVP) numa obra de grande repercussão, intitulada *The Machine that Changed the World*.

Entretanto, esse sentimento não era universal. Pesquisadores do *Groupe d’Etudes et de Recherche Permanent sur l’Industrie et les Salariés de l’Automobile* (GERPISA) emitiam reservas e críticas a respeito da tese do IMVP. Para os membros da GERPISA, era mais razoável estudar a pluralidade dos sistemas de produção ao redor do mundo, do que apostar em um *one best way*.

Resumidamente, a história da indústria automobilística pode ser resumida em três fases:

1. Artesanal: demanda proveniente das categorias abastadas da sociedade;
2. “Produção em massa”: graças ao alargamento da produção, camadas mais humildes da população puderam ter acesso aos veículos. Foco em economias em escala;
3. “*Lean Production*”: sistema que tomaria o lugar do seu antecessor devido a flexibilidade, diversidade e acompanhamento de um mercado concorrencial e variável.

Estas três suposições foram sendo criadas e reinventadas ao longo do passar das décadas, criando grande confusões nos dias de hoje. Por exemplo, o modelo de produção em massa é a junção de conceitos de dois modelos, o “modelo fordista” e o “modelo sloanista”.

Outro prova é quanto aos modelos toyotistas e hondistas, que foram abusivamente misturados sob o termo *Lean Production*, quando na verdade tinham em seu cerne pontos divergentes.

São duas as condições essenciais de lucratividade:

1. A relação entre a “estratégia de lucros da empresa” frente aos “modelos de crescimento e de distribuição de renda nacional”; e
2. A solidez do “compromisso de governo da empresa”.

Sendo assim segundo as palavras de Boyer e Freyssenet (2000):

Os modelos produtivos podem ser definidos como “compromisso de governo da empresa”, que permitem pôr em ação as “estratégias de lucros”, viáveis no quadro dos “modelos de crescimento e de distribuição de renda nacional” dos países onde as empresas desenvolvem suas atividades, com meios coerentes e aceitáveis pelos principais protagonistas.

As montadoras ao longo do tempo foram criando estratégias de lucros que lhe garantissem permanecer no mercado. Tais estratégias podem ser classificadas em seis tipos (levando em consideração o que os membros do GERPISA chamam de “fontes de lucros privilegiados”):

1. Estratégia de “diversidade e flexibilidade”: modelo taylorista e wollardista;
2. Estratégia de “volume”: modelo fordista;
3. Estratégia de “volume e diversidade”: modelo sloanista;
4. Estratégia de “qualidade”;
5. Estratégia de “redução permanente de custos com volume constante”: modelo toyotista; e
6. Estratégia de “inovação e flexibilidade”: modelo hondista.

Dentre essas estratégias, não há nenhuma considerada a estratégia perfeita, pois cada uma delas não é pertinente o tempo todo e em todas as localidades do globo. Para sê-lo, cada uma requer tipos de mercado diferentes, ou seja, o surgimento, adoção ou modificação de um modelo produtivo é resultado da sincronização de condições que tornam viável a estratégia de lucros. Talvez o novo modelo que garanta a lucratividade das empresas seja a estratégia de “produção reflexiva”, onde cada empreendimento é idealizado, organizado e gerenciado conforme os fatores internos e externos das empresas.

São apresentados nos itens do ANEXO A que se encontram da página 107 a 113, os modelos de sistemas produtivos desenvolvidos no trabalho do GERPISA. Nestas figuras são delineados pontos importantíssimos que envolvem os sistemas produtivos como:

- Modelos de crescimento e de distribuição da renda nacional:
 - Mercado;
 - Trabalho;
- Estratégias de lucros:
 - Política;
 - Relação salarial;
 - Organização produtiva;
- Compromisso de governo da empresa

4. ESTUDO DE CASO

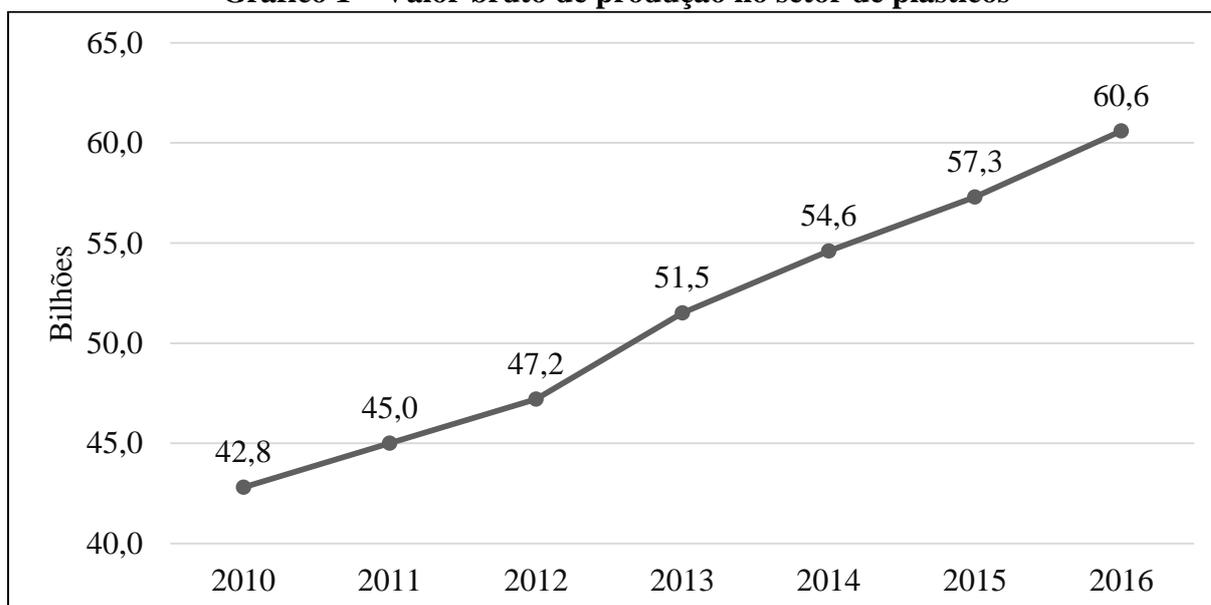
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR PRODUTIVO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS

Foi no período pós segunda guerra mundial que as aplicações de embalagens flexíveis vieram substituir os metais e vidros. Sua aplicação começa a princípio com o papel celofane na década de 20, evoluindo para materiais como o polietileno, polipropileno, entre outros. Uma das primeiras embalagens plásticas encontrada no Brasil, por volta de 1942, foi a embalagem do bombom “Sonho de Valsa” (BELLO, 1999).

A indústria de embalagens flexíveis não se limitou apenas na busca de novos materiais, voltando sua atenção para a combinação dos materiais, podendo ser na combinação de plástico com plástico ou com outras matérias, como por exemplo as embalagens de leite em caixa, que possuem uma camada de resina plástica interna e papelão na parte externa. A indústria de embalagens é um dos setores produtivos mais importantes do mundo, porém só está sendo reconhecida atualmente (MALI, 2000).

Graças aos estudos que o IBRE (Instituto Brasileiro de Economia) e a FGV (Faculdade Getúlio Vargas) fizeram para o ABRE (Associação Brasileira de Embalagens) sabe-se que a previsão para o ano de 2016 foi de 60,6 bilhões de produção bruta (ver o gráfico 1), um crescimento aproximado de 6% com relação ao ano passado. Vale ressaltar que os períodos de 2014, 2015 e 2016 são estimados.

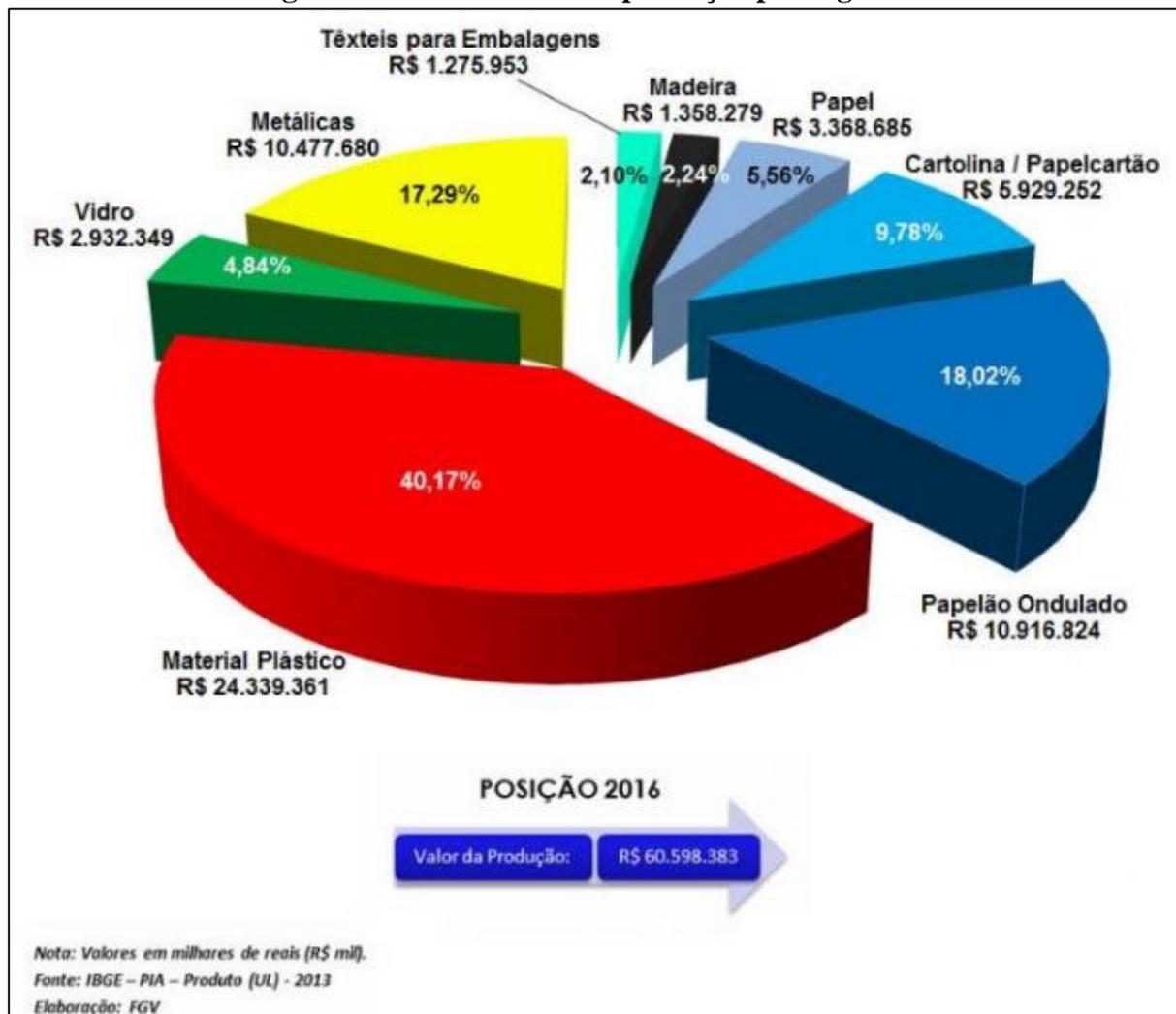
Gráfico 1 – Valor bruto de produção no setor de plásticos



Fonte: ABRE, 2016.

Os plásticos representam a maior participação no valor da produção, correspondente a 40,17% do total, seguido pelo setor de embalagens celulósicas com 33,36% (somados os setores de papelão ondulado com 18,02%, cartolina e papel cartão com 9,78% e papel com 5,56%), metálicas com 17,29%, vidro com 4,84%, madeira com 2,24% e têxteis para embalagens com 2,11%, veja a figura 18 (ABRE, 2016).

Figura 18 – Valor bruto da produção por segmento

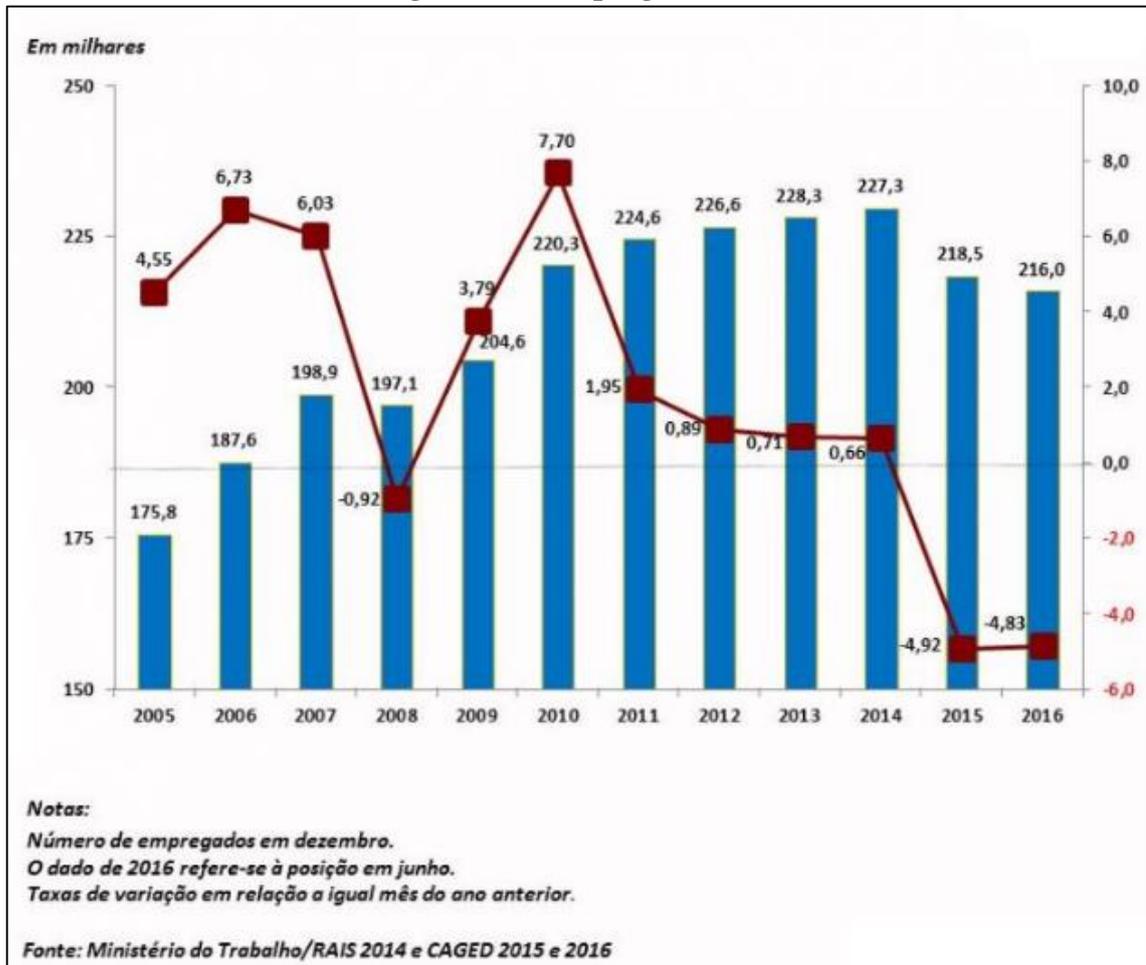


Fonte: ABRE, 2016.

Já em relação ao emprego formal temos que nível de emprego neste setor atingiu 215.973 postos de trabalho no primeiro semestre de 2016 no Brasil, um decréscimo que representa uma retração de -4,83% em comparação com o mesmo período do ano passado, veja a figura 19. A indústria de plástico é a que mais emprega, totalizando em junho de 2016, 113.923 empregos formais, correspondendo a 52,75% do total de postos de trabalho do setor. Em seguida vêm embalagens de papelão ondulado com 32.345 funcionários (14,98%), papel

com 21.849 (10,12%), metálicas com 17.453 (8,08%), madeira com 12.745 (5,90%), cartolina e papel cartão com 9.445 (4,37%) e vidro com 8.214 (3,80%).

Figura 19 – Emprego formal



Fonte: ABRE, 2016.

4.2 A EMPRESA

A empresa em questão se mostra muito competitiva, priorizando oferecer qualidade nos seus produtos, tendo em vista que uns dos segmentos mais fortes da empresa é a produção de embalagens para a indústria alimentícia.

Seu segmento de embalagens flexíveis exige uma grande agilidade e responsividade, já que os pedidos dos clientes são totalmente customizados e um dos requisitos que fideliza o cliente, além da qualidade, é a rapidez na entrega. Seu portfólio de produtos é extremamente

grande, e geralmente não é repetitivo, ocorrendo mudanças: nos pedidos; ordens dos processos, misturas de resinas, ordens de produção; etc.

Este ramo empresarial tem seus desafios, principalmente quanto a alta variedade de fórmulas presentes nos mais variados tipos de produtos. As inúmeras variáveis acabam afetando a qualidade, o *lead time* e tempos de ciclo dos processos; e tempo de entrega do produto. Por exemplo, os WIP, além de serem específicos de cada cliente precisam de passar por tempos de cura ou descanso para poderem seguir para a próxima etapa, caso o produto seja utilizado antes do tempo adequado de cura ele apresentará um altos índices de perdas nos próximos processos. Tem-se ainda o caso dos *setups* que em alguns setores da fábrica são bem demorados, chegando em alguns casos a demorar de 2 a 3 horas. Por último, existe o fator clima, que pode influenciar no *lead time*, *setup* e qualidade do produto, devido a diferença de temperatura e umidade.

Alguns dos processos sempre presentes nas industriais de embalagens flexíveis são: 1) extrusão; 2) impressão; 3) laminação; 4) refile; e 5) corte e solda. Sabendo disso, pode-se fazer uma distinção entre as empresas deste segmento a âmbito nacional e mundial. No cenário brasileiro o que acontece é que muitas empresas deste gênero realizam todos os processos de transformação da embalagem, possuindo assim, uma complexidade organizacional e produtiva muito grande. Já as empresas de outros países realizam apenas um dos processos citados acima, comprando o que precisam de empresas que realizam outras etapas (ANDERE, 2012).

A empresa em questão realiza todas as etapas dos processos de transformação do produto, opera em três turno, possuindo cerca de 250 funcionários. Seus clientes são em grande parte de fora do estado (cerca de 90%). Seu portfólio de clientes é muito grande, atendendo principalmente indústrias alimentícia.

Toda a problemática que envolve este trabalho está baseada em dois pontos: 1) é sobre o tipo de sistema de produção da empresa, classificando-o como empurrado ou puxado; 2) e quanto a viabilidade de se aplicar uma linha de produção puxada através de cartões *kanban*.

4.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO

Após todo o explanado na revisão bibliográfica, pode-se afirmar com mais certeza como funciona o sistema de produção da empresa em questão. A definição da política de atendimento da demanda interna e externa é uma característica de como a empresa atende aos

seus pedidos, sendo assim, a escolha que a empresa faz a respeito de como atender aos pedidos tem impacto direto nos *lead time* de produção, níveis de estoque (tanto de produto acabado como estoques intermediários), e na compra e manutenção de matérias-primas.

Pode-se dizer que a empresa possui um SP que responde a pedidos concretos dos clientes (*Make to Order* – MTO), isto relacionado à estratégia de resposta à demanda. Assim temos que o pedido do cliente puxa o início da produção, porém não há estoque de componentes ou de produtos acabados. No caso da empresa em questão, os pedidos dos clientes não puxam todas as etapas de produção, sendo o almoxarifado parcialmente independente. Segundo um dos responsáveis pelo almoxarifado, seu reabastecimento é feito a partir do ponto preestabelecido pela administração. Esse ponto de ressuprimento foi formulado através dos anos de experiência no ramo.

Atualmente a empresa vem desenvolvendo um departamento de desenvolvimento de produtos. Tal departamento dará suporte ao cliente que não tem muito conhecimento sobre as formas de se produzir embalagens. Para os clientes que utilizarem este serviço pode-se dizer que o tipo de sistema de produção utilizado neste contexto é o *engineering to order* (ETO), devido ao total desenvolvimento e produção do produto junto ao cliente.

Tomando como partida o sistema de produção voltado ao tipo de produto temos que a empresa estudada é classificada como *Job Shop*, ou seja, “é uma organização na qual os centros de trabalho ou departamentos são organizados em torno do tipo de funções ou similaridades ou especialidades departamentais” (GAITHER & FRAIZER, 2001), no caso da empresa são: extrusão, impressão, corte, acabamento e expedição. Resumidamente, é uma empresa que volta suas atenções para os seus processos.

Após a aplicação das mais diversas ferramentas apresentadas neste trabalho pode-se chegar à conclusão de que a linha de produção da empresa em questão, referente ao fluxo de materiais e informações, é empurrada. Tal afirmação provem do explanado nos tópicos 4.4, 4.5 e 4.6.

4.4 LAYOUT DA INDÚSTRIA

O objetivo de esboçar o *layout* da fábrica, observe-o no ANEXO B presente na página 114, é poder visualizar de forma rápida e fácil como os maquinários e postos de trabalho se

localizam, afim de poder ter uma ideia do fluxo de materiais e informações, além, é claro, de obter informações sobre as especificidades contidas no chão de fábrica.

O *layout* aplicado na empresa é denominado de Departamentalizado ou Funcional, possuindo centros de trabalho focalizadas em operações específicas. Sendo a produção empurrada, as tarefas são processadas em lotes de tamanho condizente com o volume do pedido do cliente. Cada pedido segue um roteiro entre os vários centros de trabalhos, sendo a escolha desses roteiros peça chave para a redução dos lead times. A característica básica dos produtos fabricados na empresa é que seus pedidos não possuem um volume muito grande e possui um alto índice de customização.

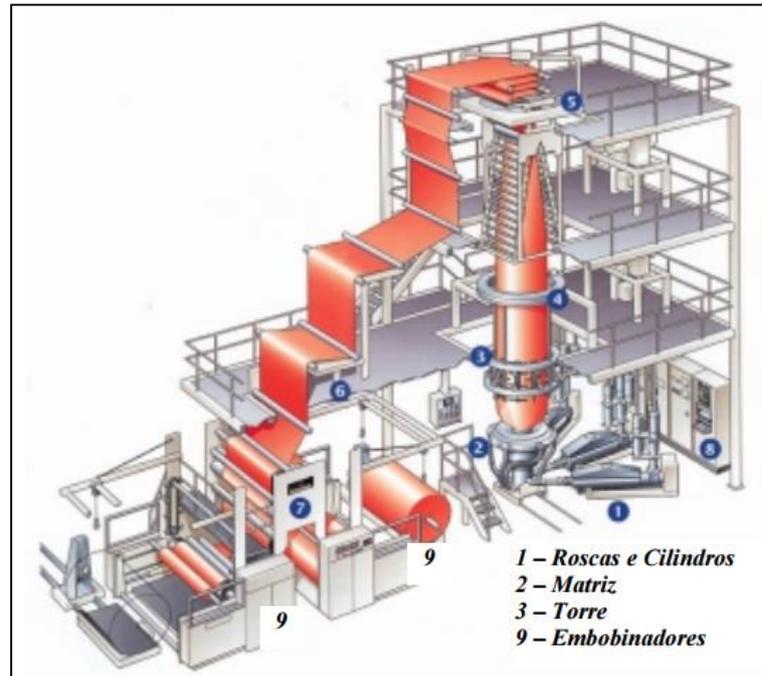
Os maquinários contidos no chão de fábrica são:

- Setor de extrusão:
 - 2 co-extrusoras de PE;
 - 1 mono-extrusora de PE;
 - 2 co-extrusoras de PP;
 - 1 mono-extrusora de PP;
- Setor de impressão:
 - 4 impressoras;
- Setor de laminação:
 - 3 laminadoras;
- Setor de refiladeira
 - 5 refiladeiras;
 - 1 refiladeira e revisora;
- Setor de corte e solda:

4.4.1 SETOR DE EXTUSÃO

Resumidamente, o setor de extrusão é o responsável por converter resina plástica em filmes plásticos, no caso da empresa estudada as resinas são: polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno linear de baixa densidade (PELBD), polietileno de média densidade (PEMD), polietileno de alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP). Veja o exemplo de uma extrusora na figura 20.

Figura 20 – Funcionamento de uma extrusora



Fonte: BEM, 2002.

A resina termoplástica entra na extrusora por um funil e é levada até a rosca (1), esta que, por sua vez, trabalha em um cilindro aquecido. O calor gerado neste cilindro e pelo atrito resina/resina, rosca/resina e cilindro/resina, transformam a mesma em uma espécie de massa polimérica fundida que é transportada através do cilindro até a matriz cilíndrica (2), onde é expelida em forma de balão por uma abertura (BEM, 2002). À medida que avança pela torre da máquina (3) o balão é resfriado, até ser embobinado na forma de filme plástico por meio de embobinadores (9) (BEM, 2002).

4.4.2 SETOR DE IMPRESSÃO

No setor de impressão os filmes, vindos do processo de extrusão ou comprados diretamente de fornecedores, são impressos, definindo-se as principais características visuais do produto, tais como ilustrações, cores, atratividade, dizeres e informações. Devido a sua função, o setor de impressão pode ser considerado o que mais agrega valor ao produto, já que o filme impresso contém características únicas definidas pelo pedido do cliente.

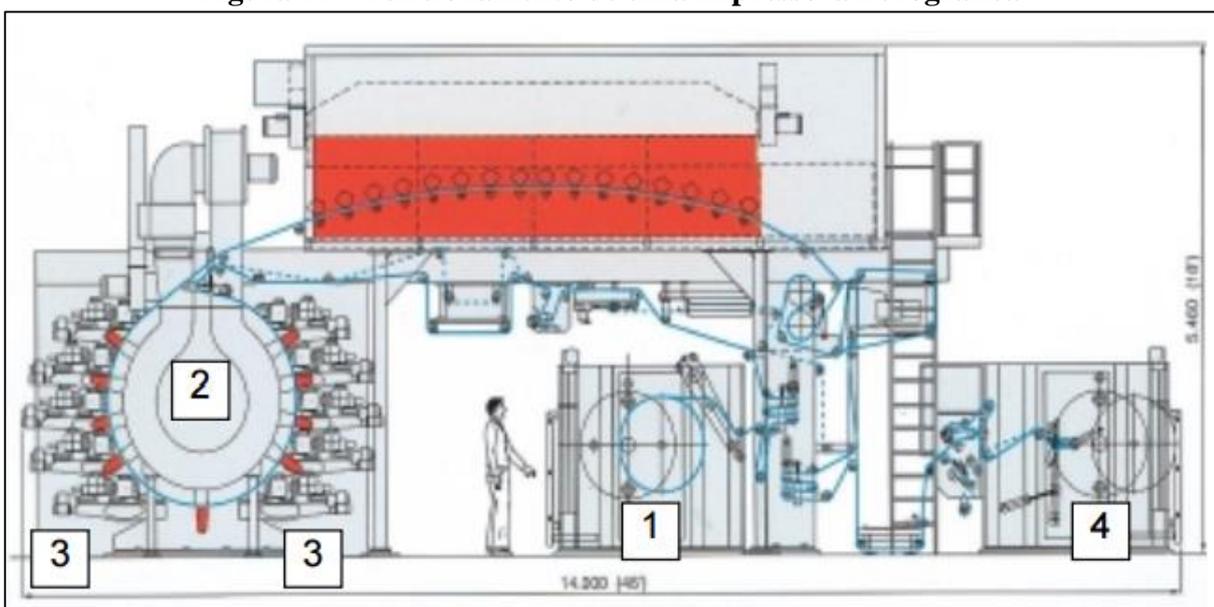
Na empresa em questão as impressoras são flexográficas, ou seja, é um processo de impressão rotativo direto que usa placas de polímeros (clichês) com grafismo em alto relevo, podendo imprimir em até 8 cores (BEM, 2002).

Este tipo de impressora possui cinco tipos de componentes básicos, sendo eles (BEM, 2002):

1. Desbobinador: sua função é acoplar a bobina de filme à máquina e promover o desbobinamento do filme;
2. Tambor central: é uma espécie de suporte para manter o filme devidamente ajustado para receber a impressão dos grupos impressores;
3. 3) Grupos Impressores: o exemplo citado possui 8 grupos, contudo, existem no mercado impressoras com 4, 6 e 10 grupos impressores;
4. Rebobinador: tem a função de rebobinar o material já impresso no final do processo;
5. Estufa (parte vermelha): é responsável pela secagem da tinta, embora a figura mostre apenas a estufa para secagem final, existem também as estufas de secagem “entre cores” que ficam na sequência de cada grupo impressor.

O processo de impressão flexográfica ocorre da seguinte forma (veja a figura 21): o filme, representado na figura pela linha azul, é desembobinado (1) e passa por toda a impressora conforme a figura 21. A medida em que o filme está passando no tambor central (2), recebe a impressão no formato e cor contidos em cada grupo impressor (3) que estiver ativado. Por fim, o filme passa pelas estufas (parte vermelha), onde ocorre o processo de secagem, e é embobinado (4) no fim do processo (BEM, 2002).

Figura 21 – Funcionamento de uma impressora flexográfica

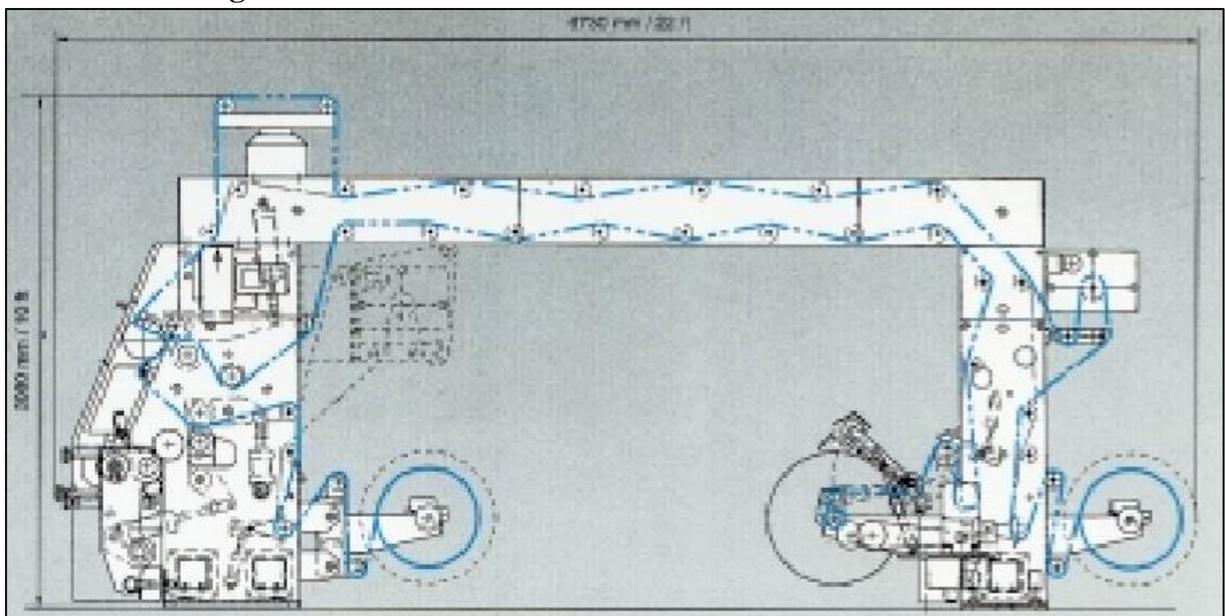


Fonte: BEM, 2002.

4.4.3 SETOR DE LAMINAÇÃO

Neste setor as máquinas tem a função de unir dois filmes através de um adesivo. Existem vários tipos de adesivos, entretanto, para o caso da empresa, são utilizados adesivos *solventeless* (sem solvente). A laminação proporciona a embalagem o acréscimo de uma série de propriedades, através da união de filmes com características diferentes. A figura 22 mostra uma laminadora *solventeless* (BEM, 2002).

Figura 22 – Funcionamento de uma laminadora *solventeless*



Fonte: BEM, 2002.

4.4.4 SETOR DE REFILE

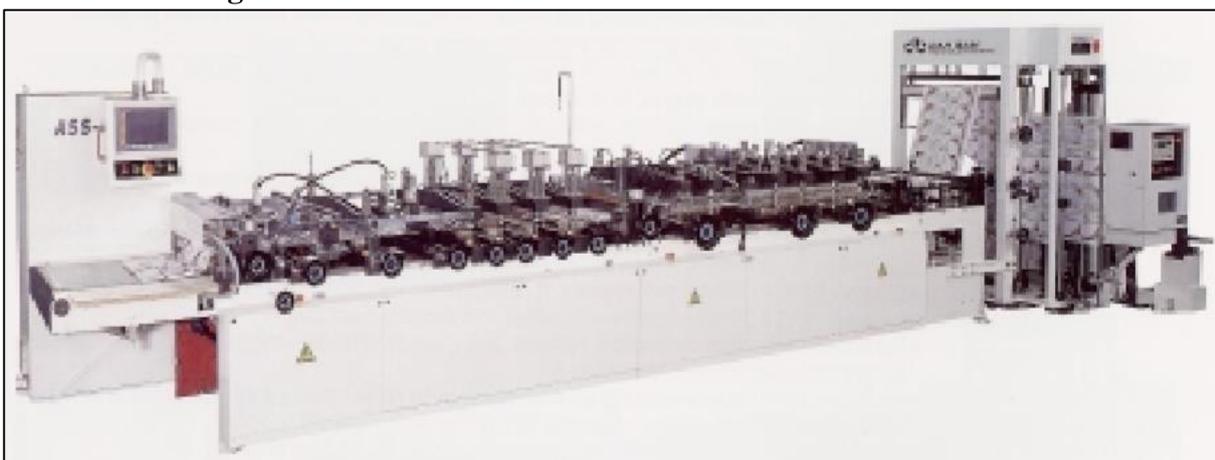
Segundo o Senai (2015) uma refiladora é a máquina responsável por transformar filmes bobinas provenientes da extrusão, impressão ou laminação em bobinas menores, nos tamanhos especificados. Este processo, uma vez iniciado é realizado de forma automática e continua até que a bobina de saída atinja o diâmetro previamente definido. Veja a figura 23, onde é apresentada uma máquina refiladeira.

Figura 23 – Imagem de uma refiladeira

Fonte: PACKAGING-GATEWAY, 2017.

4.4.5 SETOR DE CORTE E SOLDA

Segundo Bem (2002), tal setor tem a função de receber o filme impresso e transformá-lo em sacos. O formato, acessórios e tamanhos destes sacos dependem exclusivamente do tipo de máquina de corte-e-solda, veja a figura 24.

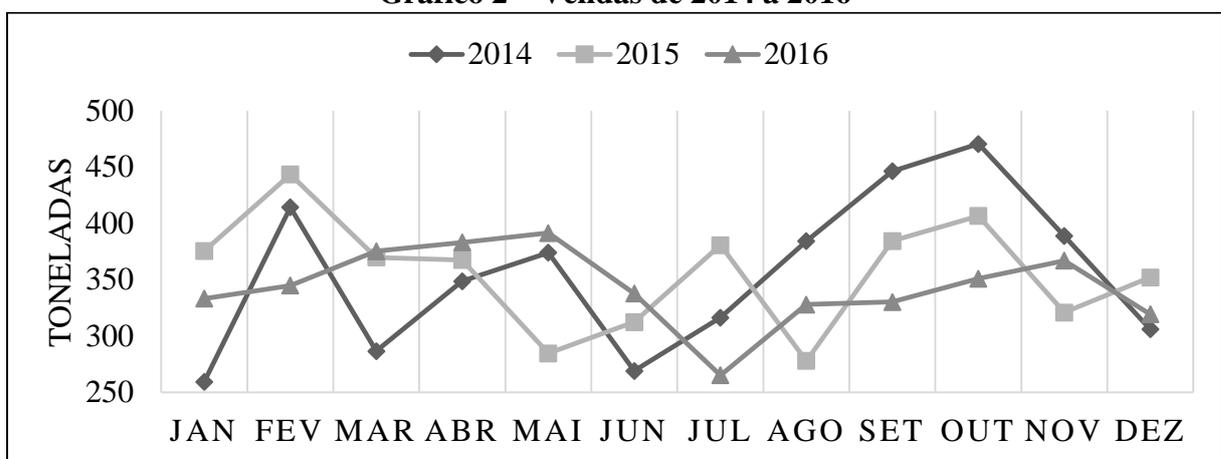
Figura 24 – Funcionamento de uma laminadora *solventeless*

Fonte: BEM, 2002.

4.5 TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Após obter algumas informações sobre o ramo empresarial da empresa e da familiarização com o *layout* da fábrica foram iniciados estudos a respeito das vendas da empresa. Através de dados obtidos do sistema MRP da empresa foram coletados as vendas da mesma do durante três anos (de janeiro de 2014 a dezembro de 2016) a fim de aplicar conceitos de séries temporais. Abaixo segue o gráfico 2 que apresenta as vendas da empresa.

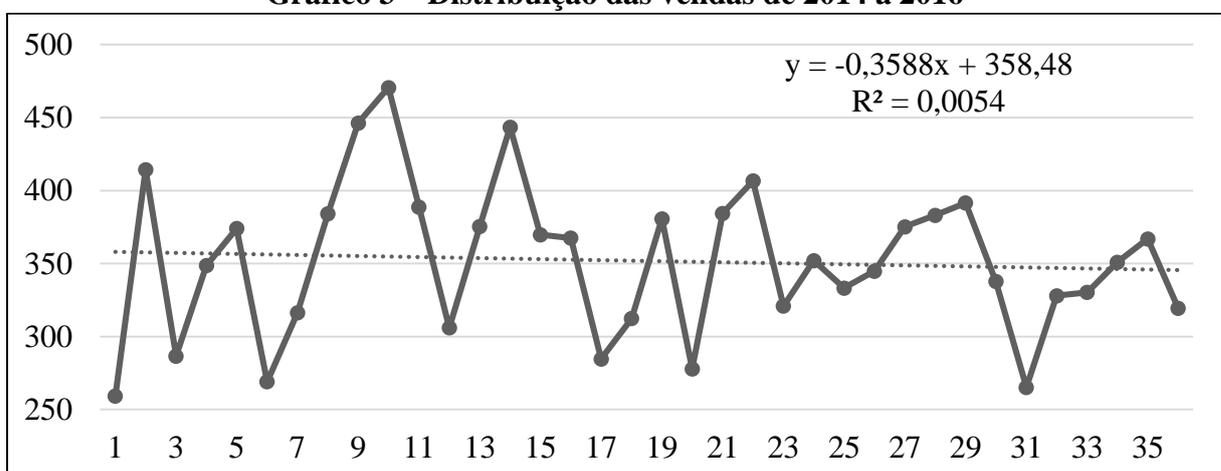
Gráfico 2 – Vendas de 2014 a 2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao distribuir todos os 36 valores em uma reta (gráfico 3), objetivou-se encontrar algum tipo de sazonalidade. Observando o gráfico das vendas é possível dizer que não há sazonalidade na distribuição de pontos, porém, mesmo assim, foi aplicado o método do Sazonalidade Simples.

Gráfico 3 – Distribuição das vendas de 2014 a 2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Índice de Sazonalidade (IS) é encontrado a partir da divisão dos resultados da Média Móvel Centrada (MMC) que neste exemplo foi elaborada trimestralmente. Após isto, é feita um agrupamento dos índices de cada mês, ou seja, a média dos meses de janeiro, de fevereiro e assim sucessivamente. Veja os valores obtidos no quadro 2.

Quadro 2 – Cálculos do IS

Mês/Ano	Vendas	MMC_t	IS
Jan/14	259	-	-
Fev/14	414	320	1,2944
Mar/14	287	350	0,8193
Abr/14	349	336	1,0363
Mai/14	374	331	1,1315
Jun/14	269	320	0,8412
Jul/14	316	323	0,9788
Ago/14	384	382	1,0050
Set/14	446	434	1,0291
Out/14	471	435	1,0812
Nov/14	389	388	1,0008
Dez/14	306	357	0,8578
Jan/15	375	375	1,0013
Fev/15	444	396	1,1192
Mar/15	370	394	0,9395
Abr/15	368	341	1,0788
Mai/15	285	322	0,8854
Jun/15	312	326	0,9584
Jul/15	381	324	1,1763
Ago/15	278	348	0,7993
Set/15	384	356	1,0789
Out/15	407	371	1,0971
Nov/15	321	360	0,8916
Dez/15	352	335	1,0497
Jan/16	333	343	0,9705
Fev/16	345	351	0,9820
Mar/16	375	368	1,0206
Abr/16	383	383	0,9995
Mai/16	392	371	1,0559
Jun/16	338	332	1,0188
Jul/16	265	310	0,8548
Ago/16	328	308	1,0654
Set/16	330	336	0,9818
Out/16	351	349	1,0044
Nov/16	367	346	1,0614
Dez/16	319	-	-
Média MMC		354	

ISM	
Janeiro	0,9859
Fevereiro	1,1319
Março	0,9265
Abril	1,0382
Mai	1,0243
Junho	0,9395
Julho	1,0033
Agosto	0,9566
Setembro	1,0299
Outubro	1,0609
Novembro	0,9846
Dezembro	0,9537

LEGENDA

Média Móvel Centrada	MMC_t
Índice de Sazonalidade	IS
Índice de Sazonalidade Médio	ISM

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o esperado, não houve índices de sazonalidade significativos nos meses de janeiro de 2014 a dezembro de 2016. O maior índice foi o de fevereiro com 1,1319, o que significa que as vendas ficam 13,19% maiores que nos meses anteriores, isso relacionada a média das MMC.

Ainda no gráfico 3, é mostrada a linha de tendência das vendas dos três anos. A tendência encontrada durante o período analisado é decrescente, representada pela seguinte equação linear:

$$y = -0,3588x + 358,48 \quad (14)$$

O coeficiente R^2 nada mais é do que a representatividade que a reta consegue obter referente à distribuição de pontos no gráfico, com $0 \leq R^2 \leq 1$. No nosso caso, a reta decrescente com segue ter um índice de representação dos pontos do gráfico de apenas 0,54%. Tal índice nos mostra que uma equação linear não consegue representar de forma satisfatória as variações de venda da empresa, sendo que, quanto maior R^2 , melhor o modelo ajusta os dados.

Os métodos utilizados para a determinação da demanda futura foram:

1. Média Móvel de 2 Períodos;
2. Média Exponencial Móvel; e
3. Média Exponencial Dupla: Método de Holt.

Os cálculos dos três métodos utilizados estão nos itens do ANEXO C que se encontram nas páginas 115 e 116. Olhando apenas os erros que os métodos apresentam, é possível afirmar que método da Média Móvel de 2 Períodos é o melhor. O primeiro método de previsão estima que no período 37 (janeiro de 2017) a empresa venda 343 toneladas, o método dois estima 333 toneladas e o último método estima 320 toneladas. Em janeiro de 2017 foram vendidos 371 toneladas, ou seja, o método da Média Móvel é o mais indicado, por não estar vinculado em sua fórmula resquícios de dados antigos. Veja a tabela com os erros e previsões de cada modelo:

Quadro 3 – Erros e previsão do período 37

	Média Móvel 2 Períodos	Média Exponencial Ponderada ($\alpha = 0,65$)	Método de Holt ($\alpha = 0,90$ e $\beta = 0,19$)
MAE	49,82	50,75	57,86
MSE	3.586,29	3.723,40	5.856,35
MAPE	14,52%	14,71%	17,63%
Erro Máximo	40,52%	37,44%	83,21%
Erro Mínimo	0,43%	1,37%	0,59%
Previsão Período 37	343 tonelada	333 toneladas	320 toneladas

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 MAPA FLUXOGRAMA DE VALOR

O MFV, metodologia de mapeamento de processos apresentada no livro “Aprendendo a Enxergar” (ROTHER E SHOOK, 2003), foi aplicado neste estudo, a fim de se analisar a aplicabilidade de tal ferramenta enxuta no processos de transformação do produto. Sendo assim, primeiro definiu-se o que é valor para o cliente; depois foram criadas famílias de produtos, em seguida um MFV do estado Atual de um dos produtos mais significativos da empresa, também foi elaborado dois gráficos de Gantt (um com uma linha do tempo em dias e o outro em horas).

4.6.1 VALOR PARA O CLIENTE

Neste quesito a empresa estudada possuía informações a respeito da satisfação dos clientes. A empresa analisou quatro fatores em suas pesquisas de qualidade, são eles: 1) atendimento; 2) condições comerciais; 3) qualidade do produto; e 4) prazo de entrega. Nos quatro quesitos a empresa obteve notas elevadas, sendo a mais baixa no quesito prazo de entrega (um dos quesitos que vem sendo cobrado muito pelos clientes, não só da empresa estudada, que é a entrega do produto em curtos espaços de tempo).

4.6.2 FAMÍLIA DE PRODUTOS

A empresa possui um portfólio enorme de produtos e que ainda por cima não se permanece constante, existindo alterações em misturas de resinas, em cores das embalagens, em camadas de proteção contra calor ou umidade, etc. Tendo em vista este complicador, a divisão dos produtos em famílias pareceu ser um caminho viável para aplicação de conceitos enxutos. Entretanto a empresa não possui produtos próprios, na verdade os produtos são pedidos dos clientes, totalmente elaborados e desenvolvidos por eles próprios. A empresa em questão não possui sua própria linha de produtos.

A divisão que foi discutida com os responsáveis do setor de qualidade, PPCP e engenharia, foi quanto a divisão dos materiais utilizados pela empresa. Veja na figura 25.

Foram criadas 5 famílias, com base no tipo de material que cada produto possui, pois é o material que determina quais máquinas serão utilizadas e por quanto tempo. É possível notar que na família de PP existe o PE, isso ocorre devido a junção dos dois materiais, e conforme discutido e definido durante as entrevistas, preferiu-se colocar o PP+PE nesta família. Já é possível ver as falhas que tal divisão pode trazer devido a agregação de materiais diferentes nas famílias, como o caso do PE e PP.

Figura 25 – Família de produtos

PE	PE Impresso	PET	PET BOPP MET+PE Impresso
	PE Liso		PET Impresso
	PE+NYLON Impresso		PET Liso
	PE+NYLON Liso		PET+ALUMÍNIO+PE Impresso
	PE+PE Impresso		PET+BOPP Impresso
	PE+PE Liso		PET+MET+PE Impresso
	RAÇÃO PE+PE PIG		PET+NYLON Impresso
PP	PP Impresso		PET+NYLON Liso
	PP Liso		PET+PE Impresso
	PP+PE Impresso		PET+PE Liso
	PP+PE Liso		PET+PET MET+PE Impresso
	PP+PP Impresso		PET+PP Impresso
	PP+PP Liso		PET+PP Liso
BOPP	BOPP Impresso		RAÇÃO BOPP+PET MET+PE
	BOPP Liso	RAÇÃO PET+PE PIG	
	BOPP+BOPP Impresso	RAÇÃO PET+PET MET+PE	
	BOPP+MET+PE Impresso	RESINA PET+ALUMÍNIO+PE	
	BOPP+PE Impresso	RESINA PET+PE	
	BOPP+PE Liso	RESINA PET+PET MET+PE	
	BOPP+PP Impresso		
	BOPP+PP Liso		
OUTROS	BOPA+PE Impresso		
	NYLON Impresso		
	NYLON Liso		
	PPT Impresso		

Fonte: Elaborado pelo autor.

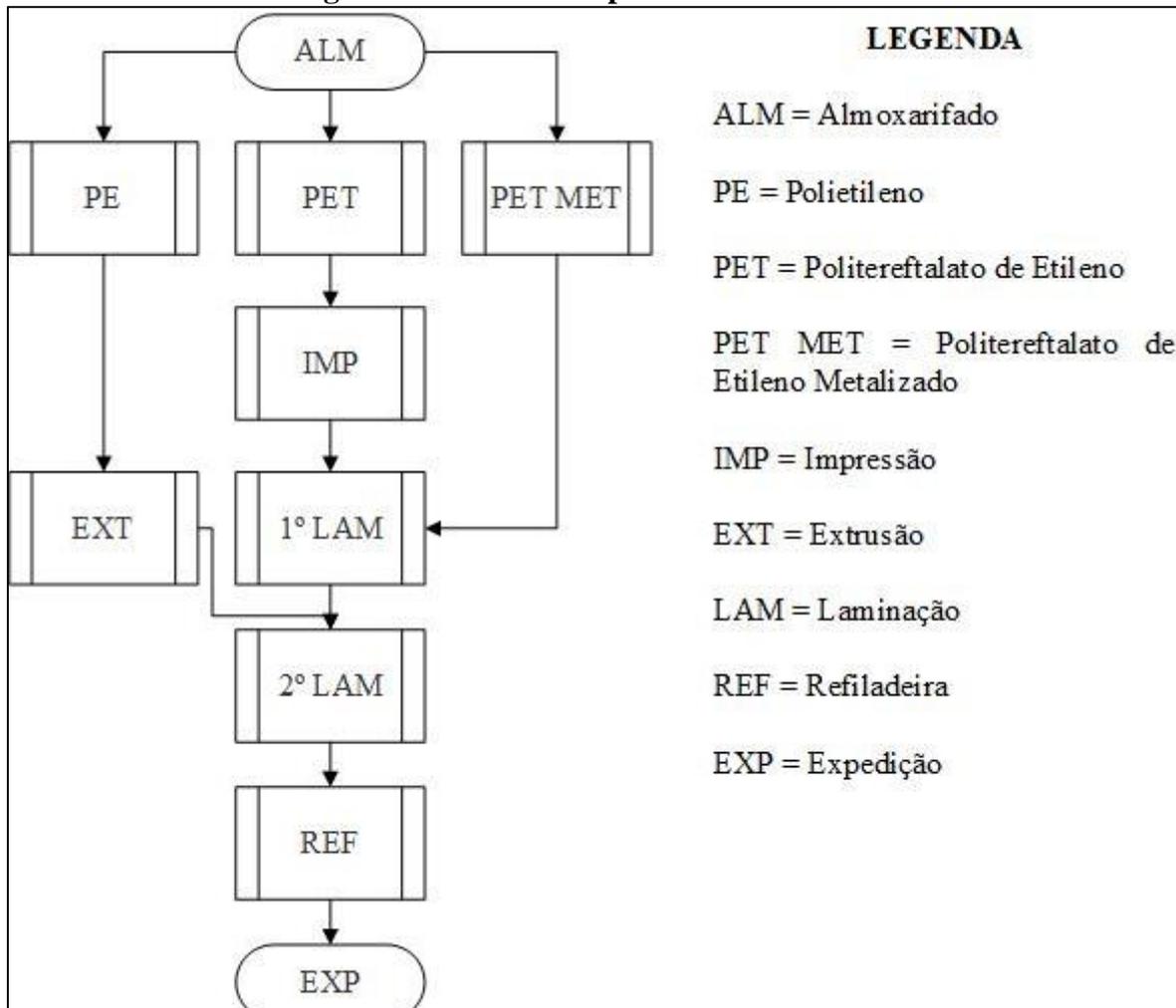
4.6.3 MFV DO ESTADO ATUAL

Para um maior embasamento da pesquisa foi utilizado uma OP de produção referente a produção de bobinas para atomatados. Devido (segundo a área comercial e PPCP) ao seu maior volume e frequência de pedidos, a linha de atomatados “PE+PET MET+PET IMPRESSO” é uma ótima escolha para a identificação do fluxo de materiais e informações.

Com as ordens de produção de todos os processos e seus tempos de produção, paradas e *setups*, foi possível fazer: 1) a árvore do produto (podendo visualizar os passos para a confecção do produto), 2) dois gráficos de Gantt um em dias e outros em horas (com a finalidade de entender como os materiais fluem pelos processos) e o MFV do estado atual (onde foi montado todo o fluxo de informação e de processo, com as devidas capacidades de cada processo, tempos de agregação de valor, funcionários, etc.).

Sua árvore do produto é identificada na Figura 26. Para a produção desta bobina deve-se extrusar o polietileno (PE) enquanto simultaneamente ou anteriormente se faz a impressão do politereftalato de etileno (PET) que em seguida será laminado pela primeira vez com o politereftalato de etileno metalizado (PET MET). Na segunda laminação é feita a junção do PE extrusado com o resultado da primeira laminação, onde após esta segunda junção o resultado é enviado até a refiladeira onde os acabamentos necessários são feitos, estando pronto para expedição.

Figura 26 – Árvore do produto: atomatados



Fonte: Elaborado pelo autor.

$$TC = \frac{PE}{LT} \quad (15)$$

Onde o LT é encontrado segundo a equação abaixo. Temos que TAV significa tempo de agregação de valor, PR significa paradas e SET significa *setup*. É importante frisar que os valores obtidos para se encontrar o LT e o TK foram obtidos através do sistema MRP da empresa, o TAV foi o tempo em que as máquinas estavam efetivamente trabalhando.

$$LT = TAV + PR + SET \quad (16)$$

A metodologia criada por Rother e Shook (2003) indica que o próximo passo para se criar um fluxo contínuo de produtos é baseado no *takt time*. Depois de várias tentativas de encontrar o TK pode-se afirmar que tal estimativa não diz muito sobre as demandas do processo. Em primeiro lugar, a demanda prevista através das séries temporais feitas neste trabalho apresentam altas taxas de erro (como foi mostrado no tópico 4.5), em segundo não há um ritmo em que o mercado deve ser suprido, há apenas os pedidos realizados pelos clientes com determinados prazos de entrega, tal prazo é acordado na hora do fechamento do pedido (fica evidente que as demandas onde os métodos das séries temporais seria viável podem ser encontradas nos dados de venda dos clientes da empresa em questão). Com isso temos que o cálculo do TK em uma fábrica de embalagens, cujos produtos são únicos e produzidos em um *layout* funcional, poderia levar a gerencia a tomar decisões equivocadas.

Para ilustrar melhor a dificuldade que seria trabalhar com o TK foram feitos cálculos sobre a demanda do mês de novembro de 2016. No exemplo abaixo tem-se que o cálculo do TK para a produção dos atomatados “PE+PET MET+PET IMPRESSO”.

Começando pelo processo de extrusão o cálculo do TK tem que ser dividido em TK_{PE} e TK_{PP} pois estes materiais tem demandas diferentes, o problema é definir a demanda do cliente, pois os materiais utilizados nas camadas interna, intermediária e externa variam em porcentagem e em tipo, ou seja, cada produto requer uma demanda própria de resinas, dificultando os cálculos. Além disso, as dimensões dos produtos podem influenciar na taxa de produção, ou seja, por exemplo: quando há uma grande variação entre as larguras dos filmes plásticos há também problemas na taxa de produção da extrusão, pois enquanto o *setup* é realizado a máquina não para de produzir o filme, causando perdas e alterações na velocidade de produção.

No setor de impressão a situação fica pior. A produção do setor é contabilizada em metros, enquanto o sistema gera a produção do mês em quilograma, sendo assim, não é possível saber o que foi produzido na impressão.

No setor de laminação temos o seguinte problema, a função do setor é unir dois filmes, sendo assim como poderia ser calculado a demanda deste setor? No exemplo dos atomatados, temos que laminar duas vezes o produto, logo a demanda deste pedido seria dobrada para a laminação, e para se calcular o TK deste setor, todos os casos onde isto ocorre devem ser considerados, algo trabalhoso de se fazer.

Nos setores de acabamento (refiladeira e corte e solda) não existe muitos problemas, a não ser as especificidades de cada material, quanto aos cálculos, tendo em vista que os processos anteriores possuem maior complexidade para se encontrar os TKs .

Observe o cálculo do TK para o mês de novembro de 2016 referente ao setor de extrusão para a produção de PE. Segundo a equação 17, o resultado diz que a cada 6,25 segundos o setor deve produzir um quilo de PE, mas referente a quais larguras, espessuras e comprimentos de filmes? Referente a quais máquinas? Pois existem as máquinas mono-extrusoras e co-extrusoras.

$$TK = \frac{\text{Tempo de Trabalho Disponível por Turno}}{\text{Demanda do Cliente por Turno}} \quad (17)$$

$$TK_{PE_{Novembro}} = \frac{8 \text{ h} * 60 \text{ min} * 60 \text{ seg}}{(389.335,445 \text{ Kg}) / (74 \text{ turnos})}$$

$$TK_{PE_{Novembro}} = 6,25 \text{ seg/Kg}$$

Os demais passos não são viáveis também, pois criar um fluxo contínuo não é possível no *layout* funcional. A criação de supermercados também não se justifica, pois o supermercado seria de um único produto, como se em um supermercado real só existisse um produto de cada marca ocupando as prateleiras. A escolha do processo puxador também é outro agravante, pois cada setor tem seus motivos para ser o puxador, no exemplo, a refiladeira poderia puxar a produção por ser o último processo, a impressão pode puxar por ser o que agrega mais valor ao produto e pelos altos tempos de *setup* e a extrusão pode puxar por ser o processo gargalo (considerando que após a extrusão a bobina deve permanecer em repouso por 24 horas).

A implementação de quadros *kanban* ou *heijunka box* não seria viável, pois teria que ser implantado em cada setor, onde cada os espaços seriam preenchidos por cartões específicos dos pedidos, e não quantidades mínimas e máximas como apresentado na literatura.

4.7 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Aplicando a visão da TOC temos alguns problemas também. Em primeiro lugar neste caso temos o problema dos gargalos flutuantes, ou seja, os gargalos mudam de máquina e de setor (a mudança se dá ao fato de que dependendo do sequenciamento das ordens de produção o gargalo pode surgir em determinada máquina, ou ainda há a possibilidade de um pedido tomar a frente dos outros devido a sua urgência, podendo assim deslocar o gargalo) e, além disso, deve-se dar atenção aos tempos de descanso que o produto necessita, que no caso da extrusão é de 24h e na laminação é de 8h.

A respeito da recomendação da utilização dos setores, a TOC indica que apenas os recursos gargalos devem ser utilizados 100% do tempo, porém existem algumas características do setor de Embalagens Plásticas Flexíveis (EPF). A extrusora demora em média 8h para ser ligada e a impressão tem média tempos de *setup* de 1h30min. Sendo assim, mesmo que estas máquinas não sejam gargalos, a sua utilização plena deve ser incentivada, levando em consideração os tempos de funcionamento das máquinas e seus *setups*.

Sobre os lotes de transferência, a literatura recomenda que os lotes do processo não devem ser iguais aos de transferência, onde respectivamente, o segundo deve ser menor que o primeiro. Tal prática não pode ser aplicada no setor de EPF devido ao fato de o lote de transferência ser, esmagadoramente, uma bobina. Não é viável repartir a produção em várias bobinas, devido ao gasto de suportes e às paradas que as máquinas vão ser submetidas.

Relacionado a matéria-prima que chega até o processo, foi implantado recentemente um controle de qualidade nos berços (bobina que vem em uma caixa de madeira) que a empresa compra dos fornecedores, porém as resinas que vão para o setor de extrusão não passam por testes de qualidade, o que pode gerar perdas no processo, já que tal setor pode, dependendo do sequenciamento e volume de pedidos no mês, vir a ser o gargalo da fábrica.

Por fim, as variações estatísticas são uma realidade na empresa. Ao longo deste trabalho foram apresentados várias variáveis que interferem na produtividade, qualidade, *lead*

time e *setup* dos processos. Futuros estudos sobre as flutuações estatísticas de cada setor pode vir a ajudar nas formulações de prazos de entrega e programação da produção.

4.8 A MÁQUINA QUE MUDOU O MUNDO OU O MUNDO QUE MUDOU A MÁQUINA?

A *lean production* foi inculcida no mundo como o sistema de produção perfeito, entretanto isso não foi observado aqui neste caso. Os modelos produtivos que obtém lucro são uma junção de estratégias de lucro das empresas com o contexto externo no qual elas se inserem (mão de obra, político, cultural, etc.).

No caso estudo temos que o sistema MRP pode vir a ser a melhor opção para a empresa, onde o seu sistema de produção relacionado ao atendimento ao cliente deve continuar MTO/MTE, e quanto ao fluxo de materiais e informações, se produzir produtos de forma empurrada, tirando o máximo aproveitamento das máquinas e gerando OP baseadas nos planejamentos que o sistema MRP fornece, observado estouros de capacidade e cumprimentos de prazos (nível de matéria-prima, *lead time* dos processos, etc.).

5. CONCLUSÕES, PERSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES

Concluindo, é possível deduzir que a empresa possui três tipos de classificação do seu sistema produtivo:

- Relacionado ao atendimento à demanda: MTO/MTE;
- Relacionado ao tipo de produto: sistema *job shop*, com *layout* funcional; e
- Relacionado ao fluxo de matérias e informações: produção empurrada, gerenciada pelo sistema MRP, variando entre o sequenciamento da produção FIFO e por regime de urgência.

As técnicas de previsão de demanda para o conhecimento do *takt time* mostraram que, através do método da sazonalidade simples empregando a média móvel centrada como base dos cálculos, não existe nenhum tipo de sazonalidade nas vendas observadas de 2014 a 2016. Já sobre a tendência, viu-se que ela é negativa, apresentado um coeficiente angular de -0,3588 (reta decrescente) e coeficiente linear de 358,48, com um R^2 igual a 0,54%, que significa que tal reta é pouco representativa para a distribuição de pontos formulada no gráfico.

A partir dos três métodos utilizados para prever as demandas futuras da empresa temos que o método da média móvel simples, utilizando dois períodos, se mostrou mais eficiente, devido ao fato de que não associa sazonalidade ou tendência em suas previsões, além de utilizar dados recentes para prever o próximo período. A demanda estimada pelo melhor método resultou em uma demanda prevista para o mês de janeiro de 2017 de 343 toneladas, quando a demanda real foi de 371 toneladas.

Foi visto que na empresa o uso de cartões *kanban* para guiar a produção é inviável devido as dificuldades que seriam encontradas na implantação da ferramenta. Devido ao tipo de *layout* (funcional), às especificidades dos materiais e maquinários e do tipo de sistema produtivo, não se aconselha instalar quadros ao longo da fábrica. Outro motivo é quanto à variação da demanda, na qual não foi possível identificar nenhum tipo de correlação, seja de período, promoções, clima, etc.

Algumas das ferramentas propostas para se implantar um fluxo puxado foram aplicadas, como o cálculo do *TK*, *MFV*, definição de valor para o cliente e divisão dos produtos em famílias. Todavia, não foi observado grandes avanços com a aplicação destas ferramentas.

A redução dos oito desperdícios é algo que já vem sendo explorado na empresa, entretanto pode receber um foco ainda mais forte, principalmente se a redução dos

desperdícios forem focalizados na superprodução, espera, estoque, retrabalho e intelectual. Os eventos *kaizen* podem ser uma forma de melhoria contínua cujo foco seja os problemas citados acima.

Sobre os conceitos que poderiam ser aplicados a respeito da TOC, temos o tópico de flutuações estatísticas, que visivelmente interferem na fábrica em questão. Tal estudo pode trazer benefícios a empresa e deve ser encorajado pela alta gerencia. Outra fator que encaixa nos estudos da TOC é a matéria-prima. Atualmente a empresa faz controle de qualidade nas bobinas que recebe de fornecedores, entretanto ainda falta averiguar as resinas que são processadas no setor de extrusão. A TOC incentiva que toda matéria-prima que chega até o gargalo deve ser perfeita para que não se perca nenhum minuto neste recurso restritivo, o mesmo vale para o setor de extrusão, que de tempos em tempos é um dos gargalos de produção.

Vendo que o fluxo puxado não traria benefícios extraordinários para a empresa, descobre-se a oportunidade de aplicar estudos voltados a melhorias no sistema MRP da fábrica. Existe na literatura vários conceitos, práticas e ferramentas que podem vir a complementar o sistema MRP de uma indústria.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Caracterização da Cadeia Petroquímica e da Transformação de Plásticos**. São Paulo, 2009. Disponível em <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20da%20Cadeia%20Petroqu%C3%ADmica%20e%20de%20Transforma%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pl%C3%A1sticos.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2016.

ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>. Acessado em: 25 out. 2016.

ABRAHAM, B.; LEDOLTER, J. **Statistical Methods for Forecasting**. New York: John Wiley & Sons, 2005.

ABRE – Associação Brasileira de Embalagem. **ESTUDO MACROECONÔMICO DA EMBALAGEM ABRE/ FGV**, 2016. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/dados-de-mercado/dados-de-mercado-2016/>>. Acesso em: 12 fev. 2017

AGUIAR, R. F.; SILVA, L. e T.; CAULLIRAUX, H. M.; PRADO, C. A. da S. "**A Teoria das Restrições em um processo produtivo de fabricação de chapas de gesso acartonado no Brasil**". São Paulo: Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção: 3 a 5 de nov.; Florianópolis - Abepro, 2004.

ANDERE G. **Implantação de técnicas de redução do tempo de setup e de sustentabilidade das melhorias obtidas: um caso de aplicação**. Trabalho de conclusão de curso, Escola de Engenharia da UFScar, São Carlos, 2012.

ARAUJO C. A. C. **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta utilizado os processos de raciocínio da teoria das restrições e o mapeamento do fluxo de valor**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

ARAUJO, L. E. D. **Nivelamento de Capacidade de Produção utilizando Quadros *Heijunka* em Sistemas Híbridos de Coordenação de Ordens de Produção**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009. (SEGUIR ESTE MODELO PARA CITAÇÕES DE DISSERTAÇÕES)

ARMSTRONG, J. S. **Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners**. Kluwer Academic Publishers, 2001.

BAER, A. **Panorama geral do setor de impressão industrial**. Revista ProjetoPack, 2016.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 2ª. Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BELLO, D. R. **O Plástico na Embalagem Alimentícia. Uma contribuição à identificação dos fatores que influenciariam o seu desenvolvimento**. São Paulo, 1999. Dissertação (Mestrado), Universidade Presbiteriana Mackensie, 1999.

BEM, A. N. **Implantação do Conceito de Troca Rápida de Ferramentas no Setor de Impressão Flexográfica em Empresas Produtoras de Embalagens Plásticas Flexíveis**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BERNARDES, C.; MARCONDES, R. C. **Teoria Geral da Administração – Gerenciando Organizações**. 3 ed. São Paulo, 2006.

BOYER R.; FREYSSENET M. **O Mundo que Mudou a Máquina: síntese dos trabalhos do Gerpisa 1993-1999**. Nexus Econômicos – CME-UFBA, Outubro, 2000 – V.II – Nº 1.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10ª edição. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- CORBETT, T N. (1997). **Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições**. Ed. Nobel, SP.
- CORRÊA G.; GIANESI L. **Just In Time, MRP II e OPT – Um enfoque estratégico**. São Paulo, SP: Atlas, 1996.
- CORRÊA, L. H.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3 ed. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CORRÊA, L. H.; GIANESI I. G. N.; COAN M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- CUSUMANO, M. A. **The Limits of “Lean”**. Sloan Management Review, summer, p. 27-32, 1994.
- FERNANDES, F. C. F.; FILHO, M. G. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010. 112-114; 148-153; 217-221. p.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8ª edição. ed. [S.l.]: Cengage Learning Edições Ltda, 2002.
- GAURY, E. G. A.; PIERREVAL, H.; KLEIJNEN, J. P. C. **An evolutionary approach to select a pull system among Kanban, Conwip and Hybrid**. Journal of Production Research, v36, n. 7, p1935-1960, 2000.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica - Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Editora da UFRGS, 2009.
- GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed. Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**. São Paulo: Educator, 1984.
- GUIRALDO, R. **As cabines de luz**. Inforflexo, p. 42-43, Mar./Abr. 2016.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean. A guide to implementation**. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK, 2000.
- JAMES-MOORE, S. M.; GIBBONS, A. **Is lean manufacture universally relevant? An investigative methodology**. International Journal of Operations and Production Management, 1997, V. 17, nº 9, p. 899-911.
- JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. **Operations research in production planning, scheduling, and inventory control**. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- KOTLER, P. **Administração de Marketing**. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2000.
- LEAN INSTITUTE BRASIL. **Sistema Puxado**, 2016. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/367/sistema-puxado.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2016.
- LEAN INSTITUTE BRASIL. **Vocabulário: Mapeamento do Fluxo de Valor**. 2016. Disponível em: <[http://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-\(vsm\)---estado-atual-e-futuro.aspx](http://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-(vsm)---estado-atual-e-futuro.aspx)>. Acesso em: 23 dez. 2016.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MABIN, V. & BARLDERSTONE, S, (1999). **The World of The Theory of Constraints**. St. Lucie Press.

MACHADO, R. L.; HEINECK, L. F. M. **Um modelo enxuto de administração da produção**. III Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais da Escola de Administração de Empresas de São Paulo (EAESP) e Fundação Getúlio Vargas (FGV), 2000.

MADI, L. **A Embalagem no Século XXI – Perspectivas e Tendências**. In: FISPAL 2000. Resumos Brasil Pack Trends 2005: Embalagem, distribuição e consumo. Campinas, 2000.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: Methods and Applications**. 3ª ed. New York, John Wiley & Sons, 1998.

MENDONÇA, V. A.; GASPAROTTO, A. M. S. **Sistemas ERP como ferramenta estratégica para nova realidade competitiva: um estudo de caso**. Interface Tecnológica, 2010.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MINTEL. **Mintel anuncia as seis tendências em embalagem que impactarão os mercados globais em 2016**, 2015. Disponível em: <<http://brasil.mintel.com/imprensa/alimentos-e-bebidas/mintel-anuncia-as-seis-tendencias-em-embalagem-que-impactarao-os-mercados-globais-em-2016>>. Acesso em: 19 out. 2016.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

NAZARENO R. R.; RENTES A. F.; SILVA A. L. **Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos**. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, Brasil, 2001.

NAZARENO, R. R. **Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, 2003.

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

PACKAGING-GATEWAY. **Tuflex India Flexible Packaging Plant, Gujarat, India**. Disponível em: <http://www.packaging-gateway.com/projects/tuflexindiaflexiblep/tuflexindiaflexiblep3.html>. Acessado em: 12 de mar. de 2017.

PALIWAL, M.; KUMAR, U. **A neural networks and statistical techniques: a review of applications**. Expert Systems with Applications, v. 36, 2009.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ROTHER M., SHOOK J. **Aprendendo a enxergar**. Lean Institute. São Paulo, 2003.

SENAI. **APRECIÇÃO DE RISCO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS: Refiladora Permaco Compac®**. 2015.

SILVA, R. B. **Previsão de Demanda no Setor de Suplementação Animal usando Combinação e Ajuste de Previsões**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia: Programam de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

SIPPER, D.; BULFIN, R. L. J. **Production: Planning, Control and Integration**. New York: Mc Graw Hill, 1997.

SLACK N.; CHAMBERS S.; HARLAND C.; HARRISON A.; JOHNSTON R. **Administração da Produção: edição compacta**. São Paulo: Atlas, 1999.

SMALLEY, A. **Criando o Sistema Puxado Nivelado: um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia**. Brookline: Lean Enterprise Institute, 2004.

SOUZA J. C. **Aumento da capacidade produtiva utilizando princípios e ferramentas da manufatura enxuta: estudo de caso em uma linha de montagem de veículos automotores.** Tese de Mestrado Profissional em Gestão Organizacional – Universidade de Goiás/Regional Catalão, 2014.

STEFANELLI, P. **Modelo de Programação da Produção Nivelada para Produção Enxuta em Ambiente ETO com Alta Variedade de Produtos e Alta Variedade de Tempos de Ciclo.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática.** São Paulo: Atlas, 2007.

WERNER L. **Análise de séries de tempo: modelos de suavização exponencial.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/119_teq7_st_suaviz_expon.pdf. Acessado em: 14 de mar. de 2017.

WERNER, L. **Um Modelo Composto para Realizar Previsão de Demanda através da Integração da Combinação e de Previsões e Ajuste Baseado na Opinião.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. **Modelo composto para prever demanda através da integração de previsões.** Produção, v. 16, n 3, p. 493-509, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your Corporation.** Siman & Schuster, New York, USA, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo.** 10 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

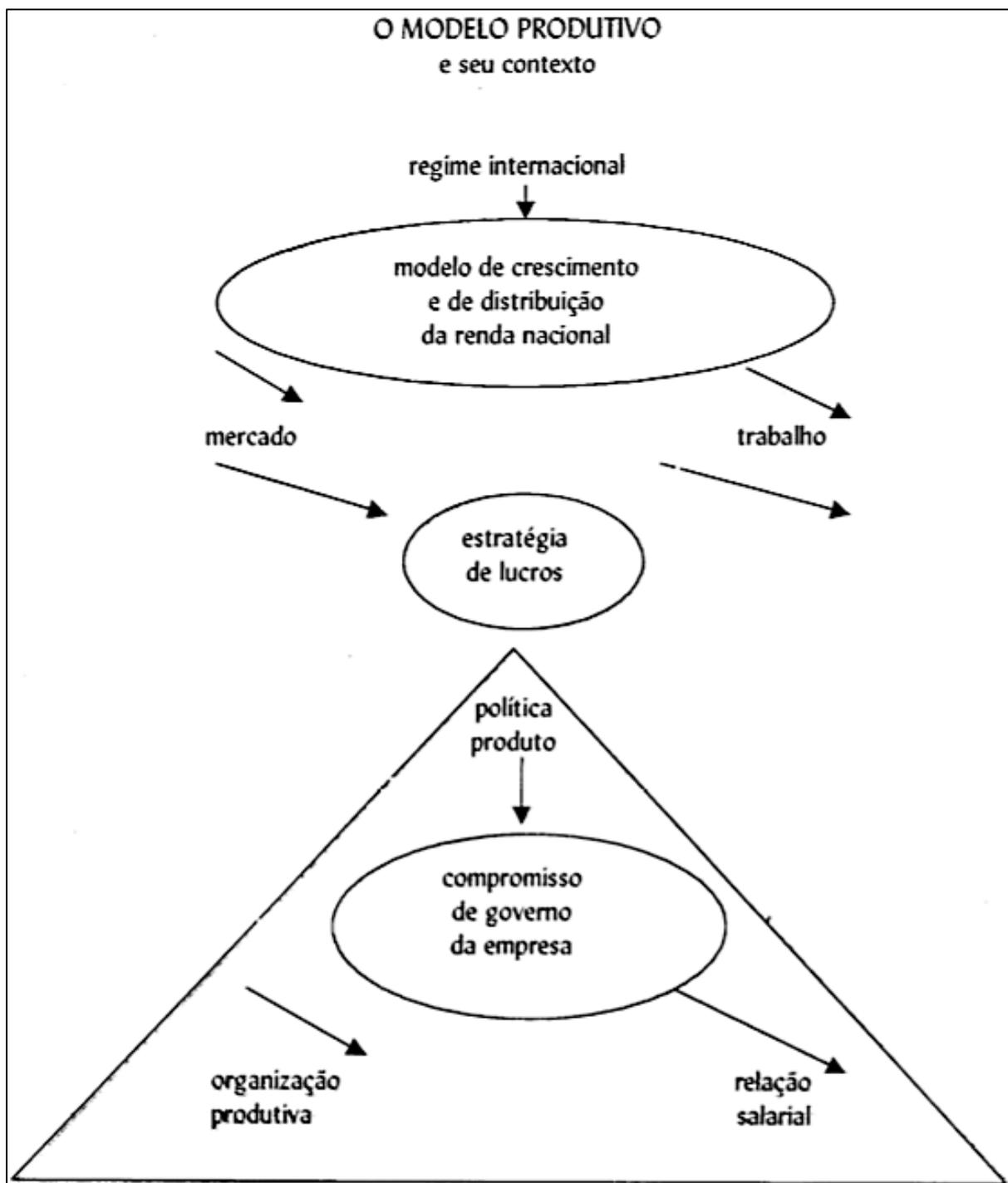
WOMACK, J.P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas.** 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso - planejamento e método.** 2 ed. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

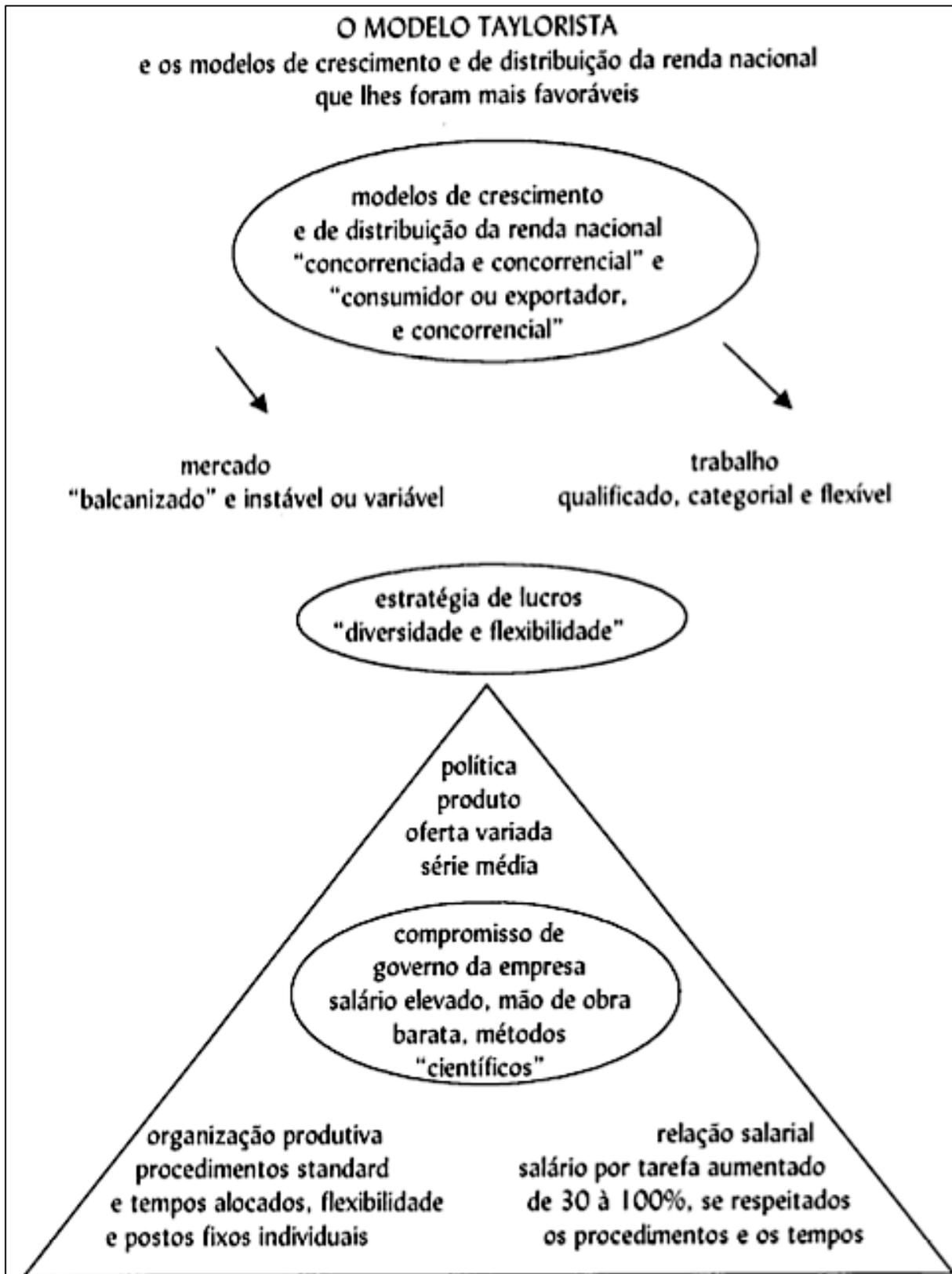
ZEITHAML V., BITNER M. J. **Marketing de Serviços – A Empresa com Foco no Cliente.** Bookman, 2º edição, 2003.

ZIMMERMANN, C.C.; TILLHE, M.T.; BOTELHO, R.; FARIA, R, B. **O serviço “enxuto”.** Cadernos discentes

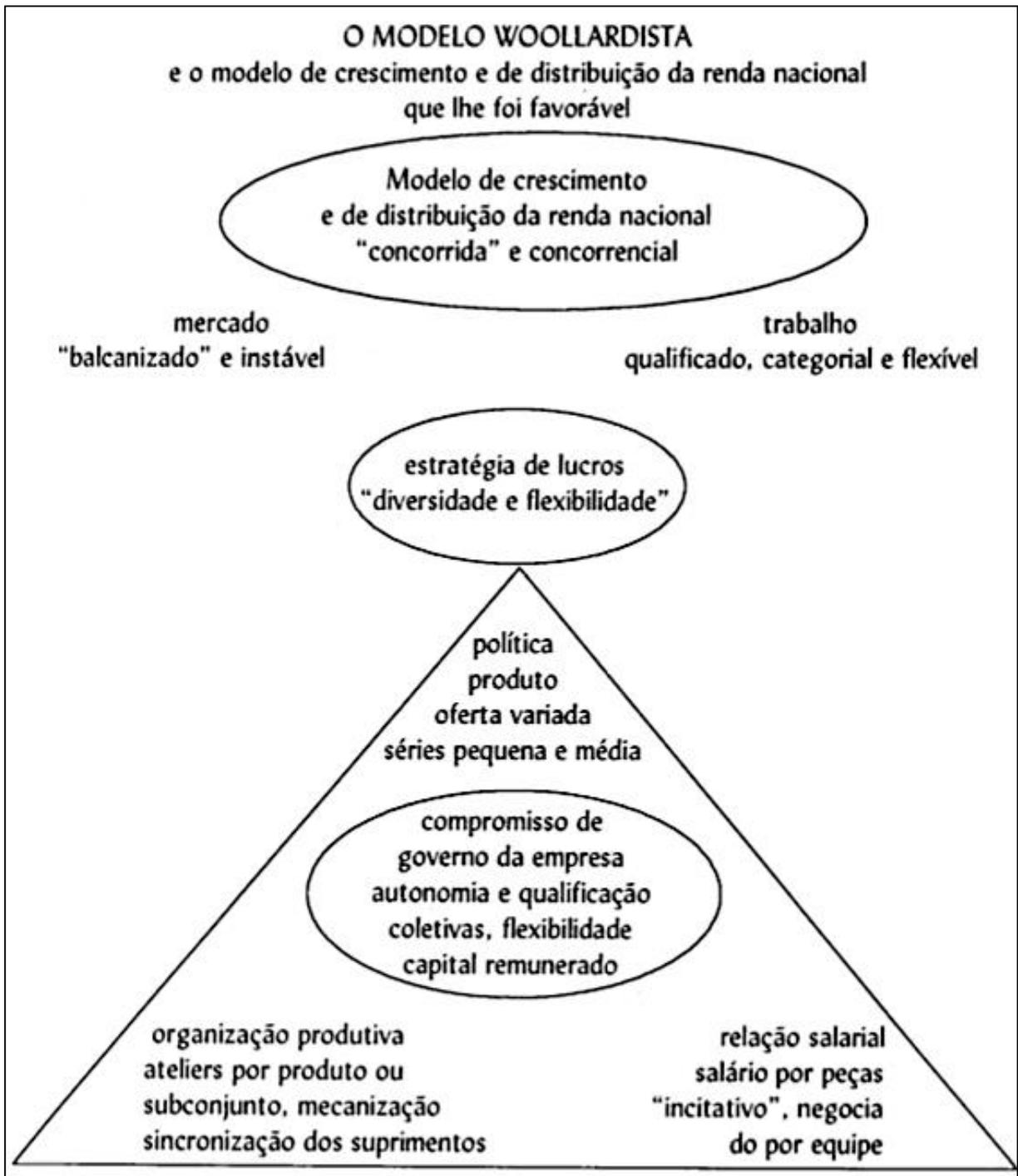
ANEXO A.1 - EXEMPLO DE UM MODELO PRODUTIVO



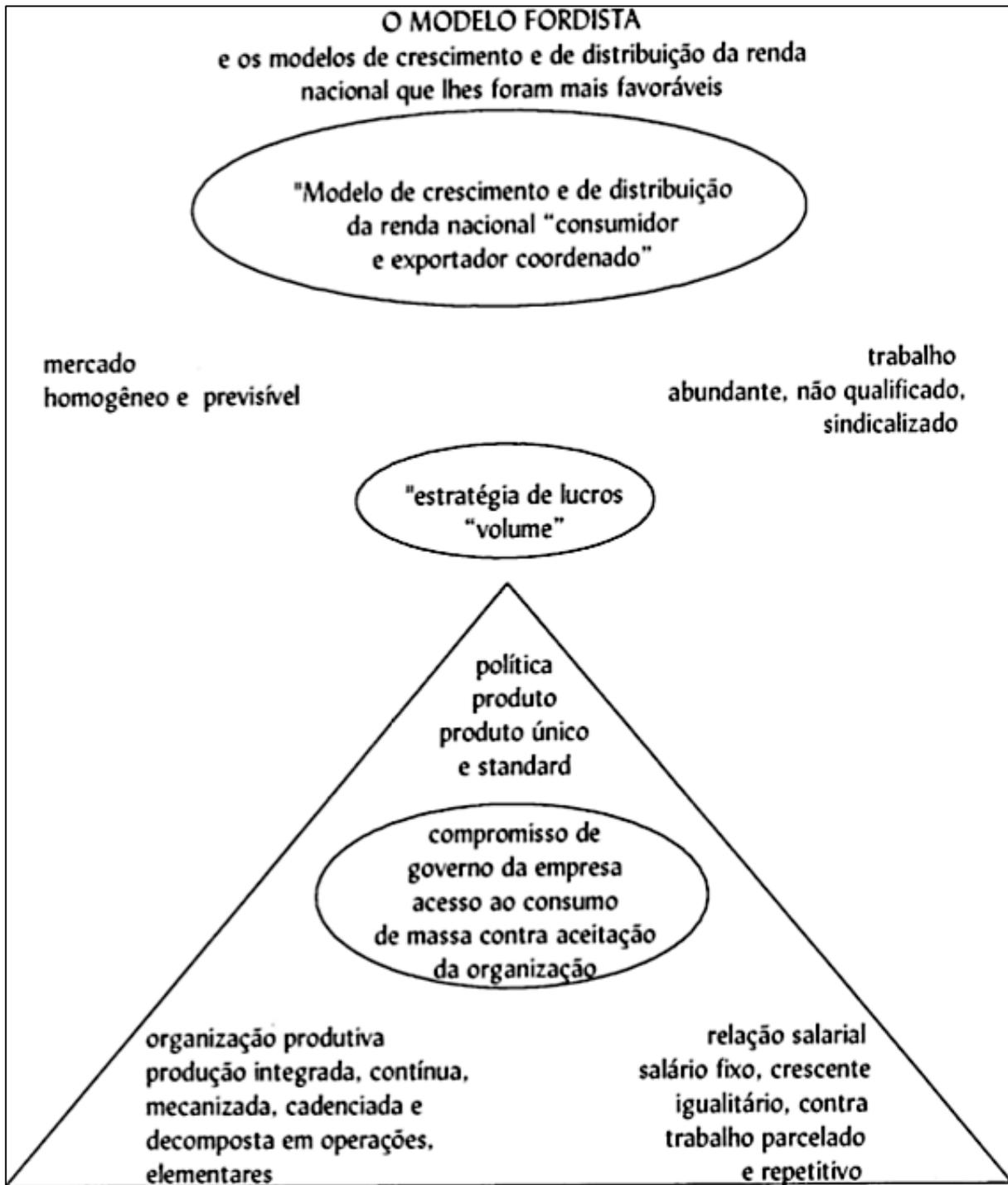
ANEXO A.2 – O MODELO TAYLORISTA



ANEXO A.3 – O MODELO WOOLLARDISTA



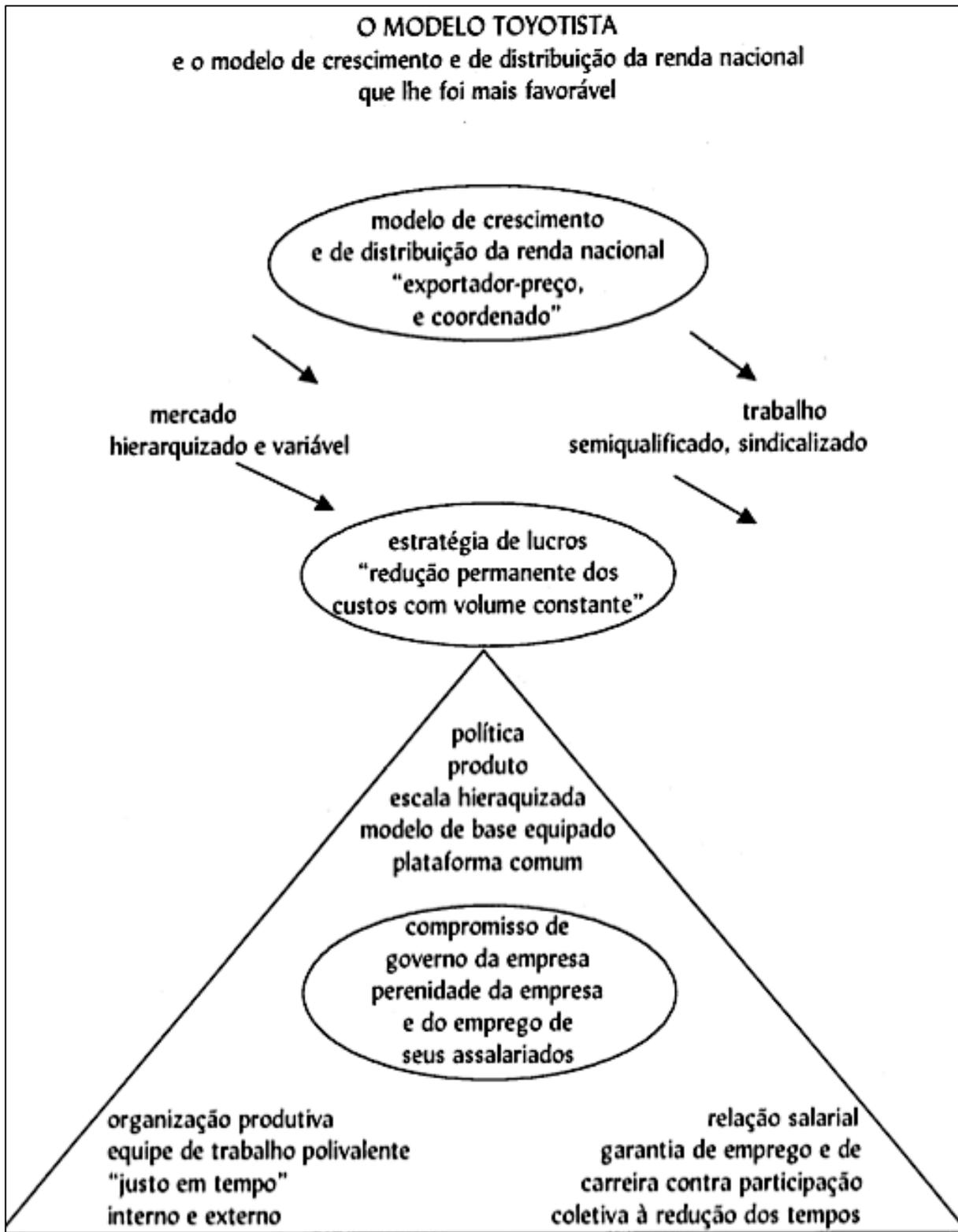
ANEXO A.4 – O MODELO FORDISTA



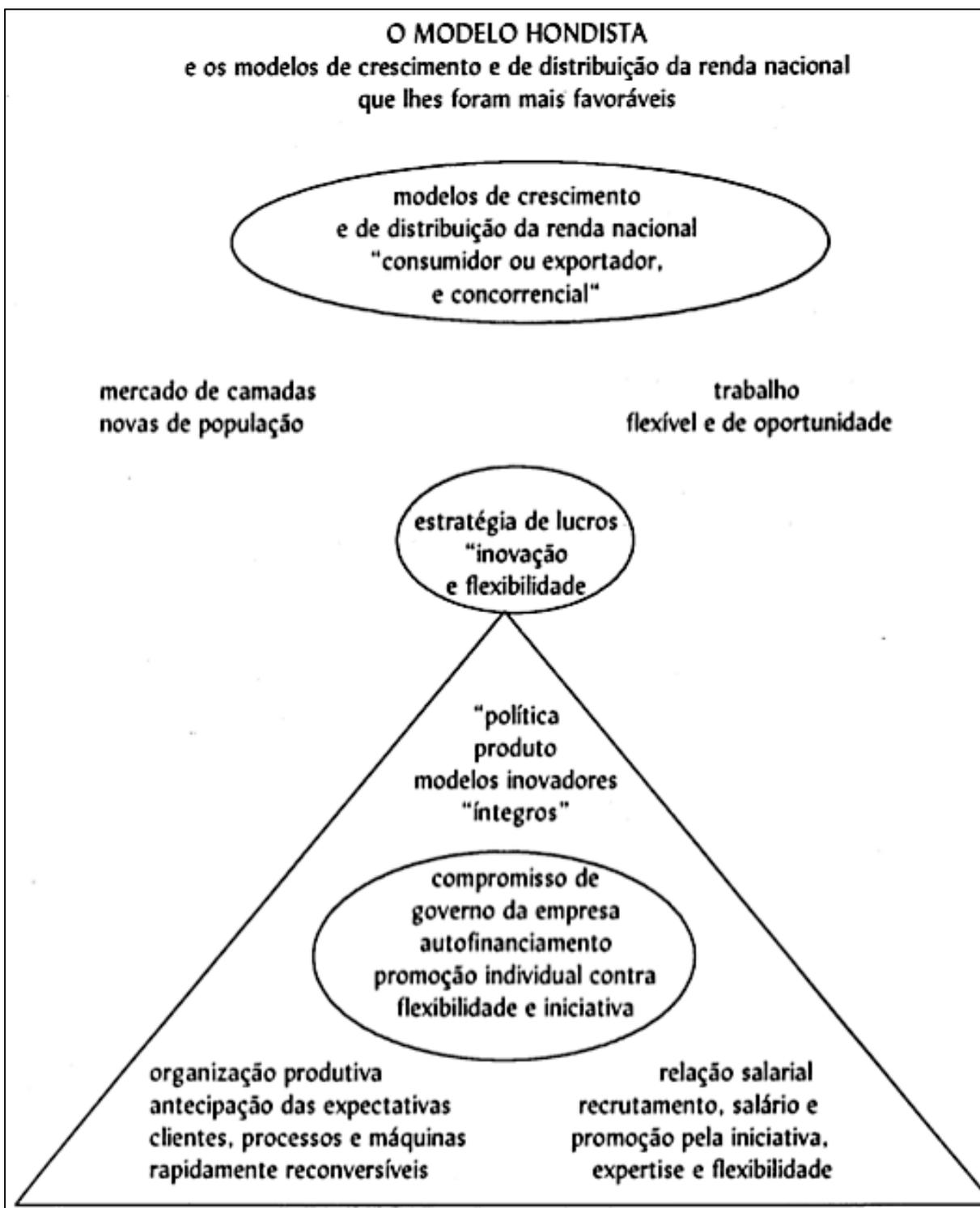
ANEXO A.5 – O MODELO SLOANISTA



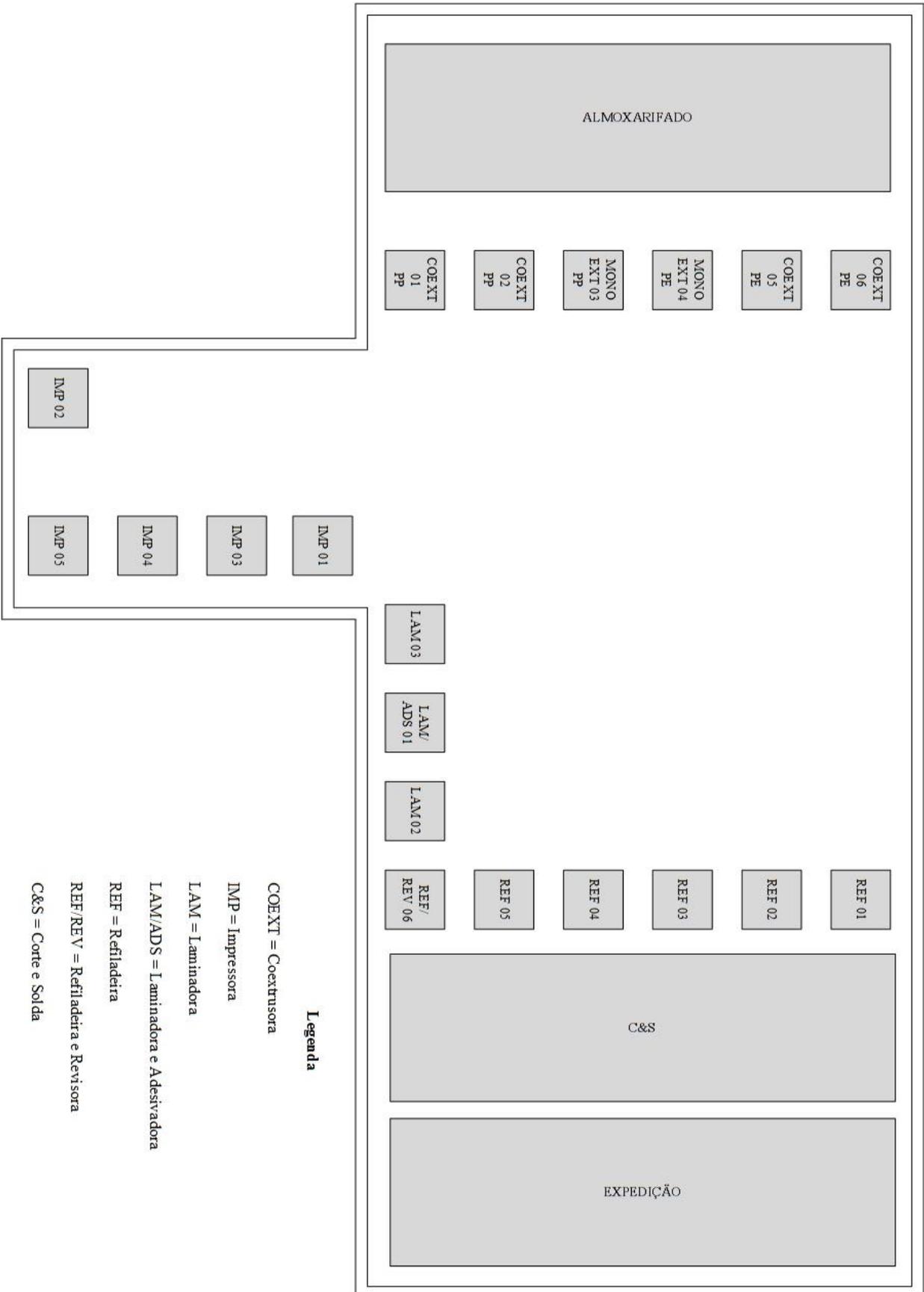
ANEXO A.6 – O MODELO TOYOTISTA



ANEXO A.7 – O MODELO HONDISTA



ANEXO B – LAYOUT DA EMPRESA



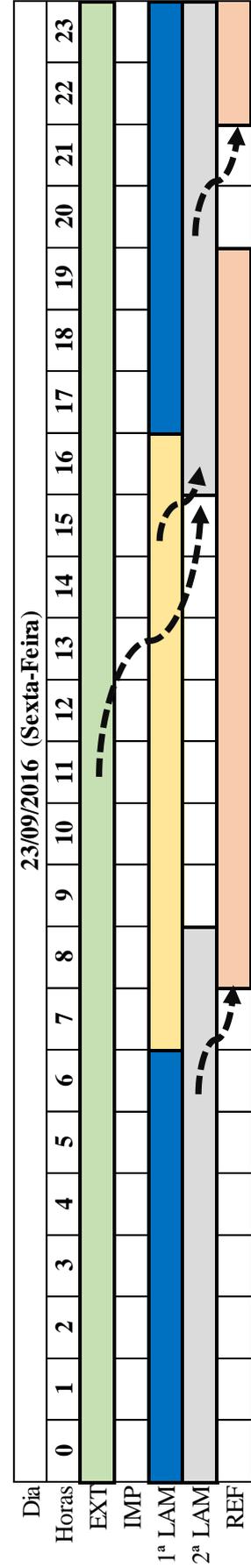
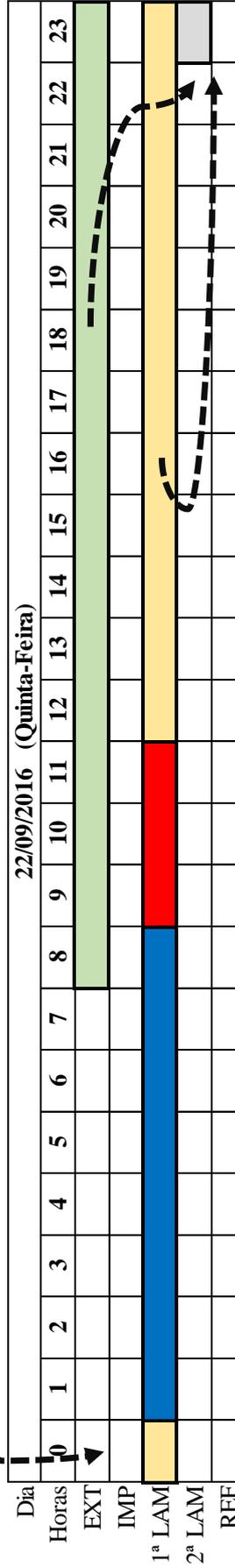
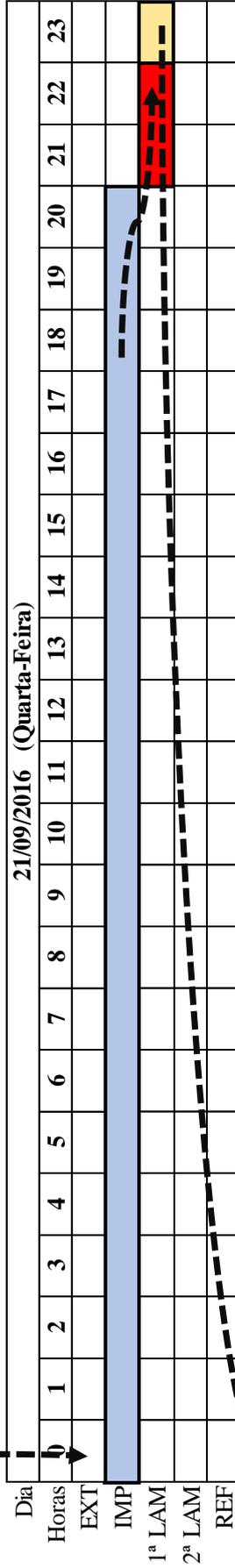
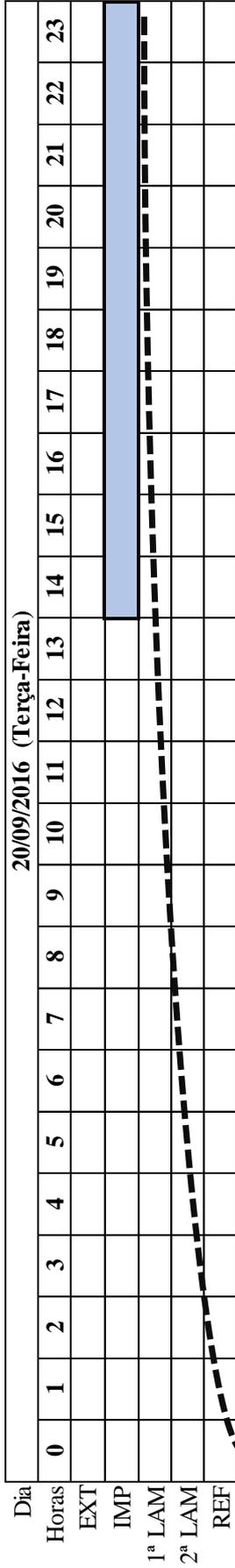
ANEXO C.1 – TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: VENDAS E MÉDIA EXPONENCIAL DUPLA (MÉTODO DE HOLT)

Ano/Mês	Nº	P (t)	Média Exponencial Dupla: Método de Holt								
			F		T		F(m=1)	E	ABS	ABS^2	MAPE
			α	0,90	β	0,19					
Jan/14	1	259	259,00	108,50	-	-	-	-	-		
Fev/14	2	414	409,35	116,45	367,50	46,50	46,50	2.162,25	11,23%		
Mar/14	3	287	310,88	75,62	525,80	-238,80	238,80	57.026,16	83,21%		
Abr/14	4	349	352,75	69,20	386,50	-37,50	37,50	1.405,99	10,74%		
Mai/14	5	374	378,80	61,00	421,95	-47,95	47,95	2.299,60	12,82%		
Jun/14	6	269	286,08	31,80	439,80	-170,80	170,80	29.172,56	63,49%		
Jul/14	7	316	316,19	31,48	317,88	-1,88	1,88	3,53	0,59%		
Ago/14	8	384	380,37	37,69	347,66	36,34	36,34	1.320,28	9,46%		
Set/14	9	446	443,21	42,47	418,06	27,94	27,94	780,85	6,27%		
Out/14	10	471	472,47	39,96	485,67	-14,67	14,67	215,32	3,12%		
Nov/14	11	389	401,34	18,85	512,43	-123,43	123,43	15.234,09	31,73%		
Dez/14	12	306	317,42	-0,67	420,20	-114,20	114,20	13.040,68	37,32%		
Jan/15	13	375	369,17	9,29	316,75	58,25	58,25	3.393,62	15,53%		
Fev/15	14	444	437,45	20,49	378,46	65,54	65,54	4.295,26	14,76%		
Mar/15	15	370	378,79	5,46	457,94	-87,94	87,94	7.733,52	23,77%		
Abr/15	16	368	369,63	2,68	384,25	-16,25	16,25	264,08	4,42%		
Mai/15	17	285	293,73	-12,25	372,30	-87,30	87,30	7.621,75	30,63%		
Jun/15	18	312	308,95	-7,03	281,48	30,52	30,52	931,52	9,78%		
Jul/15	19	381	373,09	6,49	301,92	79,08	79,08	6.254,30	20,76%		
Ago/15	20	278	288,16	-10,88	379,58	-101,58	101,58	10.319,09	36,54%		
Set/15	21	384	373,33	7,37	277,28	106,72	106,72	11.389,39	27,79%		
Out/15	22	407	404,37	11,87	380,70	26,30	26,30	691,80	6,46%		
Nov/15	23	321	330,52	-4,42	416,24	-95,24	95,24	9.070,16	29,67%		
Dez/15	24	352	349,41	0,01	326,11	25,89	25,89	670,51	7,36%		
Jan/16	25	333	334,64	-2,80	349,42	-16,42	16,42	269,63	4,93%		
Fev/16	26	345	343,68	-0,55	331,84	13,16	13,16	173,08	3,81%		
Mar/16	27	375	371,81	4,90	343,14	31,86	31,86	1.015,31	8,50%		
Abr/16	28	383	382,37	5,98	376,71	6,29	6,29	39,51	1,64%		
Mai/16	29	392	391,63	6,60	388,35	3,65	3,65	13,35	0,93%		
Jun/16	30	338	344,02	-3,70	398,23	-60,23	60,23	3.628,22	17,82%		
Jul/16	31	265	272,53	-16,58	340,32	-75,32	75,32	5.673,61	28,42%		
Ago/16	32	328	320,80	-4,26	255,95	72,05	72,05	5.190,92	21,97%		
Set/16	33	330	328,65	-1,96	316,54	13,46	13,46	181,31	4,08%		
Out/16	34	351	348,57	2,20	326,70	24,30	24,30	590,69	6,92%		
Nov/16	35	367	365,38	4,97	350,77	16,23	16,23	263,48	4,42%		
Dez/16	36	319	324,14	-3,81	370,35	-51,35	51,35	2.636,91	16,10%		
					320	MAE	57,86				
						MSE	5.856,35				
						MAPE	17,63%				
						EMÁX	83,21%				
						EMÍN	0,59%				

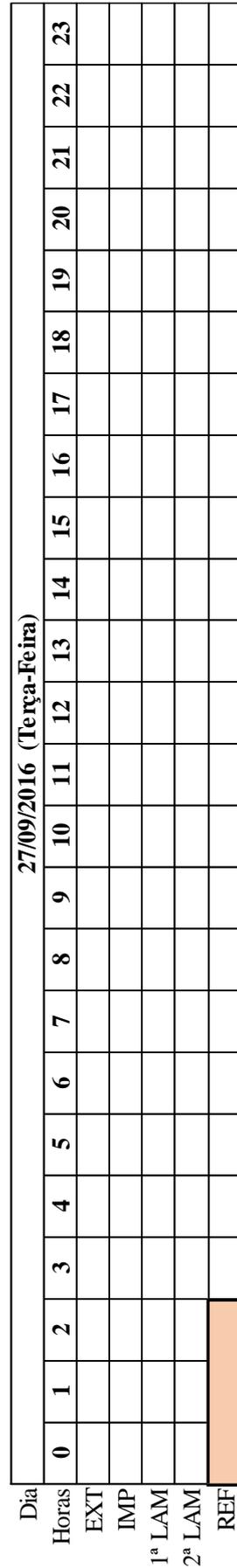
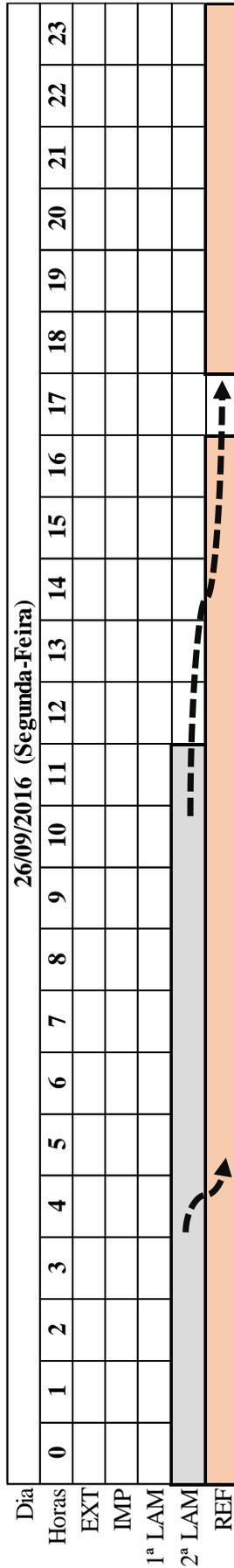
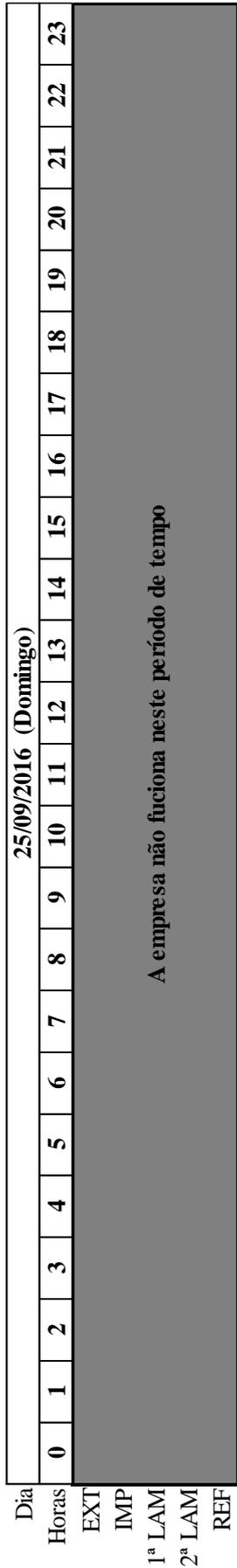
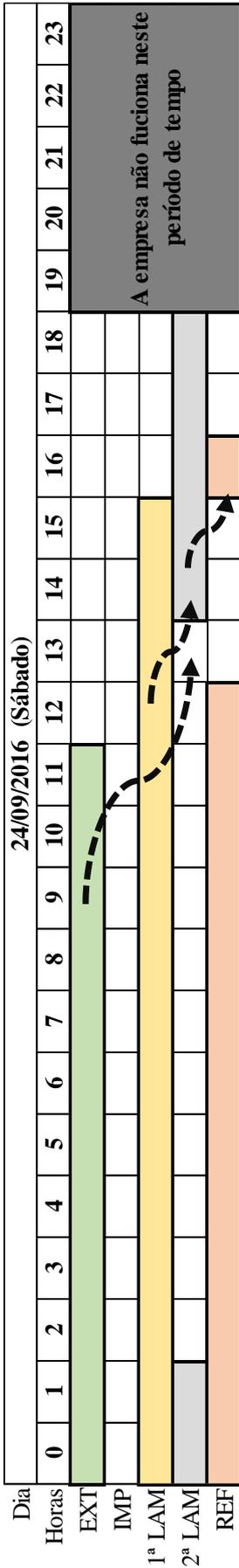
ANEXO C.2 – TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: MÉDIA MÓVEL DE 2 PERÍODOS E MÉDIA EXPONENCIAL MÓVEL ($\alpha = 0,65$)

Média Móvel 2 Períodos					Média Exponencial Móvel				
F	E	ABS	ABS^2	MAPE	F	E	ABS	ABS^2	MAPE
					α 0,65				
-	-	-	-	-	259	-	-	-	-
-	-	-	-	-	259	155,00	155,00	24.025,00	37,44%
337	-49,50	49,50	2.450,25	17,25%	360	-72,75	72,75	5.292,56	25,35%
351	-1,50	1,50	2,25	0,43%	312	36,54	36,54	1.334,99	10,47%
318	56,00	56,00	3.136,00	14,97%	336	37,79	37,79	1.427,94	10,10%
362	-92,50	92,50	8.556,25	34,39%	361	-91,77	91,77	8.422,50	34,12%
322	-5,50	5,50	30,25	1,74%	301	14,88	14,88	221,39	4,71%
293	91,50	91,50	8.372,25	23,83%	311	73,21	73,21	5.359,36	19,06%
350	96,00	96,00	9.216,00	21,52%	358	87,62	87,62	7.677,73	19,65%
415	56,00	56,00	3.136,00	11,89%	415	55,67	55,67	3.098,92	11,82%
459	-69,50	69,50	4.830,25	17,87%	452	-62,52	62,52	3.908,28	16,07%
430	-124,00	124,00	15.376,00	40,52%	411	-104,88	104,88	10.999,96	34,27%
348	27,50	27,50	756,25	7,33%	343	32,29	32,29	1.042,76	8,61%
340	103,50	103,50	10.712,25	23,31%	364	80,30	80,30	6.448,43	18,09%
410	-39,50	39,50	1.560,25	10,68%	416	-45,89	45,89	2.106,28	12,40%
407	-39,00	39,00	1.521,00	10,60%	386	-18,06	18,06	326,27	4,91%
369	-84,00	84,00	7.056,00	29,47%	374	-89,32	89,32	7.978,43	31,34%
327	-14,50	14,50	210,25	4,65%	316	-4,26	4,26	18,17	1,37%
299	82,50	82,50	6.806,25	21,65%	313	67,51	67,51	4.557,34	17,72%
347	-68,50	68,50	4.692,25	24,64%	357	-79,37	79,37	6.299,94	28,55%
330	54,50	54,50	2.970,25	14,19%	306	78,22	78,22	6.118,33	20,37%
331	76,00	76,00	5.776,00	18,67%	357	50,38	50,38	2.537,83	12,38%
396	-74,50	74,50	5.550,25	23,21%	389	-68,37	68,37	4.674,19	21,30%
364	-12,00	12,00	144,00	3,41%	345	7,07	7,07	50,00	2,01%
337	-3,50	3,50	12,25	1,05%	350	-16,53	16,53	273,08	4,96%
343	2,50	2,50	6,25	0,72%	339	6,22	6,22	38,64	1,80%
339	36,00	36,00	1.296,00	9,60%	343	32,18	32,18	1.035,27	8,58%
360	23,00	23,00	529,00	6,01%	364	19,26	19,26	371,00	5,03%
379	13,00	13,00	169,00	3,32%	376	15,74	15,74	247,80	4,02%
388	-49,50	49,50	2.450,25	14,64%	386	-48,49	48,49	2.351,33	14,35%
365	-100,00	100,00	10.000,00	37,74%	355	-89,97	89,97	8.094,90	33,95%
302	26,50	26,50	702,25	8,08%	296	31,51	31,51	992,87	9,61%
297	33,50	33,50	1.122,25	10,15%	317	13,03	13,03	169,74	3,95%
329	22,00	22,00	484,00	6,27%	325	25,56	25,56	653,31	7,28%
341	26,50	26,50	702,25	7,22%	342	24,95	24,95	622,30	6,80%
359	-40,00	40,00	1.600,00	12,54%	358	-39,27	39,27	1.542,05	12,31%
343	MAE	49,82			333	MAE	50,75		
	MSE	3.586,29				MSE	3.723,40		
	MAPE	14,52%				MAPE	14,71%		
	EMÁX	40,52%				EMÁX	37,44%		
	EMÍN	0,43%				EMÍN	1,37%		

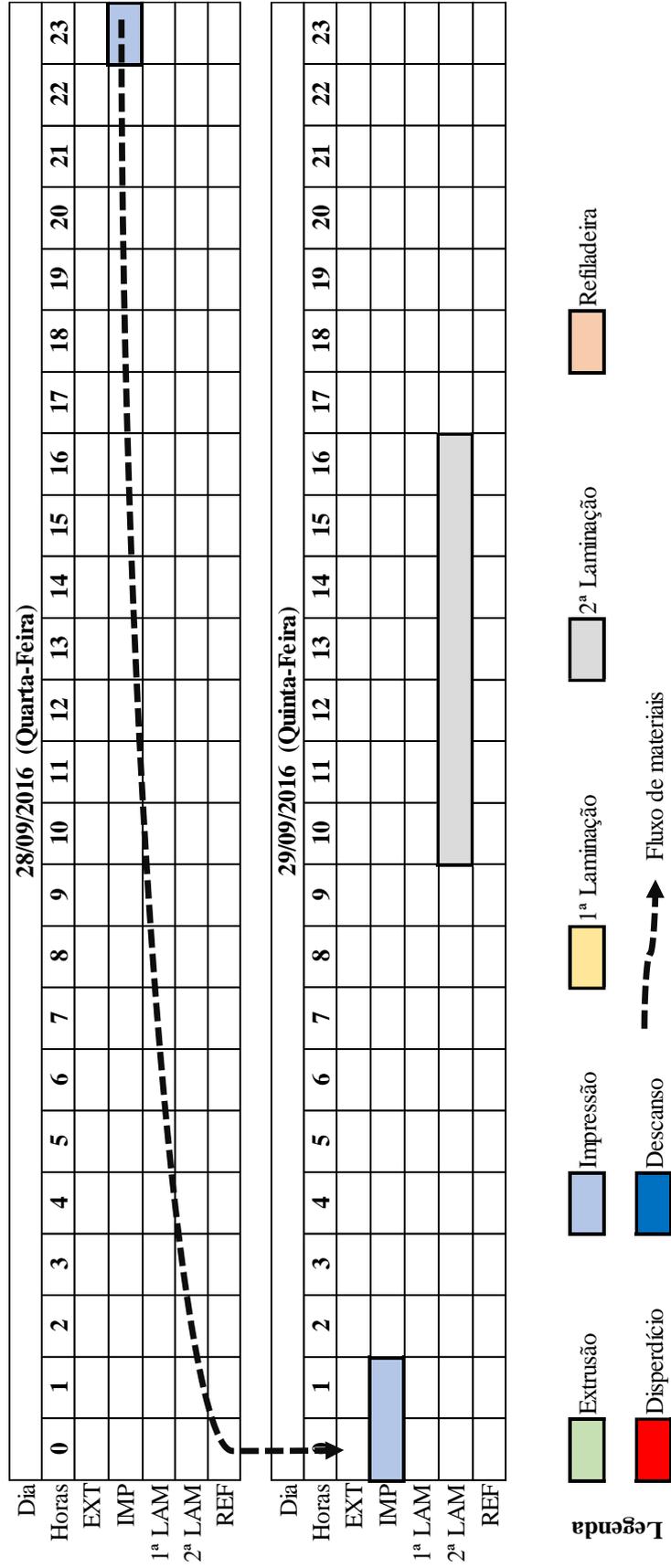
ANEXO D.1 – GRÁFICO DE GANTT EM HORAS: ATOMATADOS



ANEXO D.2 – GRÁFICO DE GANTT EM HORAS: ATOMATADOS



ANEXO D.3 – GRÁFICO DE GANTT EM HORAS: ATOMATADOS



ANEXO E – MAPAFLUXOGRAMA DE PROCESSO ATUAL: ATOMATADOS

