

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Aletéia Cordero Leal Oliveira

ESTUDO DE CASO DA IMPLATAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO
PUXADA EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS DE PRODUTOS
FARMACÊUTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dr. Carlos Valente
Orientador

Araraquara, SP – Brasil
2013

O45e Oliveira, Aletéia Cordero Leal

Estudo de caso da implantação do sistema de produção puxada em uma empresa de embalagens de produtos farmacêuticos/Aletéia Cordero Leal Oliveira. – Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2013.

108f.

Dissertação (Mestrado)- Mestrado Profissional em Engenharia da Produção- Centro Universitário de Araraquara-UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Magno Oliveira Valente

1. Produção enxuta. 2. Produção Puxada. 3. Indústria farmacêutica.
I. Título.

CDU 62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, A.C.L. **Estudo de caso da implantação do sistema de produção puxada em uma empresa de embalagens de produtos farmacêuticos**. 2013. 108f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

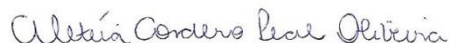
ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Aletéia Cordero Leal Oliveira

TÍTULO DO TRABALHO: Estudo de caso da implantação do sistema de produção puxada em uma empresa de embalagens de produtos farmacêuticos.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2013

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



Aletéia Cordero Leal Oliveira
Rua Padre Duarte, 1295 - Centro
14801-320 – Araraquara - SP
aleteiac@yahoo.com.br



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301-7100

www.uniara.com.br

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Magno de Oliveira Valente
Orientador(a) – UNIARA

Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ponta Grossa

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior
UNIARA – Araraquara

Araraquara, 29 de novembro de 2013

***DEDICO** este trabalho à minha mãe, Neide,
que com muito amor e dedicação, me ensinou o
sentido da vida.*

AGRADEÇO a Deus;

À minha mãe, pelos ensinamentos, pelo exemplo, por me ensinar o quanto o estudo é importante para nossas vidas;

Ao meu marido, companheiro e amigo, Luis Marcial, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo apoio e por acreditar na importância deste trabalho para minha vida.

À minha filha Helena, que esteve comigo a cada viagem, a cada aula, na elaboração e construção deste trabalho, por dividir comigo cada momento desta jornada.

Aos meus irmãos Priscila, Murilo e Milena por acreditarem em mim, incentivarem, apoiarem e acima de tudo, por cuidarem da Helena todas as vezes em que precisei me ausentar.

Às minhas cunhadas Andréia e Márcia, que não mediram esforços para me auxiliarem nos momentos em que mais precisei.

Ao meu amigo Luiz Fernando, diretor da empresa estudada, por me proporcionar à abertura ao estudo da empresa, por compartilhar experiências, por se dedicar à implantação deste projeto.

Ao meu orientador Carlos, por me incentivar no estudo deste tema e pela atenção oferecida.

À escola Senai Márcio Bagueira Leal que me apoiou financeiramente na realização deste trabalho.

À todos os meus amigos que conviveram comigo nestes três anos.

Muito Obrigada!

RESUMO

O sistema de produção enxuta vem exercendo um papel cada vez mais importante durante as transformações das organizações em busca de competitividade no mercado. A produção puxada é um dos cinco princípios do sistema além de ser um dos pilares de sustentação do mesmo. O sistema de puxar a produção oferece maior flexibilidade às alterações na demanda, permite reduzir o tempo de processamento, o estoque, e a necessidade de mão-de-obra; além disto, torna mais fácil reorganizar o ambiente de trabalho, nivelar a programação e identificar problemas potenciais. O trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação da produção puxada em uma indústria de embalagens de produtos farmacêuticos. Com a aplicação do sistema a empresa conseguiu eliminar os desperdícios de superprodução e estoques pois, com a produção puxada a fábrica produz exatamente os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário. As melhorias foram mensuradas através de alguns indicadores, mostrando ganhos significativos à empresa. A pesquisa apresenta um levantamento bibliográfico sobre o sistema de produção enxuta, sua filosofia e princípios, o método de implantação do sistema, produção puxada e empurrada, sistema *Kanban* e como criar um sistema puxado com o uso do *kanban*. Através de um estudo de caso mostra o método utilizado pela empresa para implantação do sistema e os passos seguidos para implantação da produção puxada, além da discussão dos resultados, melhorias e dificuldades enfrentadas.

Palavras-chave: *Produção enxuta, Produção puxada, Indústria farmacêutica*

ABSTRACT

The lean production system is playing an increasingly important role in the changing of organizations for market competitiveness. The pull production is one of the five principles of the system besides being one of the pillars of it. The pull production system offers greater flexibility to changes in demand, reduces processing time, the inventory, and the need for hand labor, moreover, makes it easier to reorganize the work environment, flatten programming and identify potential problems. The study aims to evaluate the implementation of pull production in an industry of pharmaceutical packaging. With the application of the system the company could eliminate the waste of overproduction and inventory because with the pull production factory produces exactly the necessary items in the necessary amount, when necessary. The improvements were measured by some indicators showing significant gains to the company. The research presents a literature on lean production system, its philosophy and principles, the method of system deployment, production pulled and pushed, kanban system and how to create a pull system using kanban. Through a case study shows the method used by the company for deployment of the system and the steps followed to implement the pull production, including discussions of the results, improvements and difficulties.

Key-words: *Lean Manufacturing, Pull Production, Pharmaceutical Industry.*

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Fases da pesquisa.....	14
Figura 2.1 - O sistema de produção enxuta (STP - Sistema Toyota de Produção).....	18
Figura 2.2 - O enfoque tradicional das tarefas e o enfoque da produção enxuta	19
Figura 2.3 - Passos do método.....	27
Figura 2.4 – Sistema puxado de reposição.....	37
Figura 2.5 – Sistema Puxado de Reposição.....	38
Figura 2.6 – Sistema puxado misto.....	38
Figura 4.1 - Processo produtivo da empresa.....	59
Figura 4.2 - Misturador.....	60
Figura 4.3 - Caixa para acondicionamento.....	60
Figura 4.4 - Sopro.....	60
Figura 4.5 - Injeção.....	61
Figura 4.6 - Serigrafia.....	61
Figura 4.7 – Método para desenvolvimento do projeto.....	63
Figura 4.8 - Mapa de fluxo de valor atual.....	66
Figura 4.9 - Mapa de fluxo de valor futuro	71
Figura 4.10 - Novo <i>layout</i> projetado pela empresa.....	76
Figura 4.11 - Estoque de produtos acabados	77
Figura 4.12 – Cronograma para implantação do sistema.....	79
Figura 4.13 - Plano anual para o fluxo de valor.....	82
Figura 4.14 - Espaço livre, anteriormente utilizado para estoque em processo.....	84
Figura 4.15 - Molde de tampas com engate rápido.....	85
Figura 4.16 - <i>Manifold</i>	85
Figura 5.1 - Mapa da situação futura proposto pela autora.....	95

Lista de quadros

Quadro 2.1 - Relação entre desperdícios e algumas possíveis causas e soluções.....	28
Quadro 2.2 - Relação entre as práticas e ferramentas <i>lean</i> e os desperdícios de produção.....	30
Quadro 2.3 - Comparação entre sistema empurrado e puxado.....	39
Quadro 2.4 – Tipos de controle de produção.....	45
Quadro 2.5 – Opções para produtos acabados <i>versus</i> produção sob-encomenda.....	48
Quadro 2.6 – Cálculo de produtos acabados.....	49
Quadro 4.1 – Tempo disponível para dedicado a reposição dos itens	78
Quadro 4.2 - Resultados obtidos com a implantação (redução em percentual).....	87
Quadro 4.3 - Metas e resultados atingidos.....	87
Quadro 4.4 - resultados para os indicadores propostos por Smalley.....	88
Quadro 5.1 - Cálculo do <i>pitch</i>	92
Quadro 5.2 - Calculo do número de intervalos para nivelamento da produção.....	92
Quadro 5.3 - Tempo de produção disponível por produto.....	93
Quadro 5.4 - Exemplo de <i>Heijunka Box</i> para a Injetora.....	93
Quadro 6.1 - Itens para avaliação da implementação da produção puxada.....	98

Lista de Tabelas e Gráficos

Tabela 4.1 – Classificação ABC: Itens classe A e B.....	73
Tabela 4.2 – Cálculos para implantação do sistema puxado.....	75
Gráfico 4.1 - Comparação do espaço (m ²) destinado ao estoque de produtos acabados.....	83
Gráfico 6.1 - Redução em percentual dos indicadores.....	100
Gráfico 6.2 - Estoque de produtos acabados (R\$).....	101
Gráfico 6.3 - Comparação dos estoques entre processos.....	101

Sumário

1.	Introdução.....	10
1.1.	Problemática	10
1.2.	Objetivo	12
1.3.	Justificativa.....	12
1.4.	Organização do texto	14
2.	Sistema de Produção Enxuta	17
2.1.	Filosofia e Princípios	17
2.2.	Ferramentas do sistema.....	23
2.3.	Método de implementação do sistema de produção enxuta	26
2.4.	Produção Puxada versus Produção Empurrada	33
2.5.	Sistema <i>Kanban</i>	41
2.5.1.	Os tipos de <i>Kanban</i>	31
2.5.2.	Regras do <i>Kanban</i>	46
2.6.	Criando um sistema puxado nivelado com uso de <i>kanban</i>	48
3.	Metodologia.....	55
3.1	Abordagem do problema	56
3.2	Objetivos de pesquisa	57
3.3	Procedimentos técnicos de pesquisa.....	57
3.4	Seleção dos métodos e técnicas da pesquisa.....	58
4.	Estudo do caso	60
4.1.	A empresa	60
4.2.	Método para implantação do sistema.....	62
4.2.1.	Entendimento da necessidade de se adotar um Sistema de Produção Enxuta.....	64
4.2.2.	Criação da infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta.....	65
4.2.3.	Análise do atual sistema de produção.....	66
4.2.4.	Concepção do novo sistema de produção enxuta	69
4.2.5	Desenvolvimento do novo sistema de produção enxuta.....	73
4.2.6	Implementação do novo sistema de produção enxuta	80
4.2.7	Revisão e monitoramento dos resultados obtidos.....	84
5.	Proposta para melhoria da produção puxada na empresa	93
6.	Considerações finais	97
	Referências	105

1 Introdução

As corporações industriais e organizações têm despendido consideráveis esforços e recursos no sentido de promover a melhoria contínua do processo de manufatura e assim garantir uma sólida posição no seu mercado. Assim, grande parte das empresas ocidentais tem se empenhado na implementação de processos de transformação de acordo com as técnicas da filosofia de produção enxuta (*Lean Production*), motivando iniciativas no sentido de sistematizar e adaptar as técnicas Japonesas de Produção às empresas Ocidentais (NAZARENO, *et al*, 2001).

Lean é um dos novos paradigmas mais influentes na produção, e tem se expandido para além de uma fábrica de veículos e fornecedores de componentes na indústria automobilística, para desde de indústrias "pesadas", tais como metais primários, até empresas do ramo financeiro. A compreensão do sistema enxuto é crucial, a fim de aplicar as ferramentas e sistemas corretos com objetivo de fornecer valor ao cliente (HINES, *et al*, 2004).

As empresas ao se dedicarem ao processo de transformação em direção à PE - Produção Enxuta, aliando a eliminação de perdas em detrimento do aumento da produtividade, buscam com isso, a reestruturação dos seus processos, bem como, procuram estabelecer novas estratégias de forma a atender aos anseios dos consumidores e garantir sua sobrevivência no mercado (SILVA, *et al*, 2009).

1.1 Problemática

No livro "A máquina que mudou o mundo" (1992), Womack e Jones apresentam o Sistema de Manufatura Enxuta com objetivo de permitir respostas rápidas aos clientes, através da flexibilidade de volume e *mix*, produção de produtos de qualidade e baixo custo de produção. Afirmam que a maneira de se atingir isto é através da eliminação de desperdícios e criação de valor ao longo da cadeia produtiva.

Ghinato (2003) define desperdícios como sendo atividades completamente desnecessárias, que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas.

De acordo com Reis (1994), o desperdício é o uso dos recursos disponíveis de forma descontrolada, abusiva, irracional e inconseqüente. É o uso sem finalidade, necessidade e objetivo definido.

A maior fonte de desperdício identificada em um processo produtivo, de acordo com Liker (2005) é a superprodução. Trata-se de produzir antes, mais rápido, ou mais do que é requerido pelo cliente. Quando se faz isto, as máquinas estão sempre ocupadas, estão sempre gastando matéria-prima e energia, ocupando pessoas. O material em excesso deve ser estocado, ocupando área (TARDIN, 2000).

Corroborando com esta ideia, Menegon *et al* (2003) afirmam que de todos os sete desperdícios, a perda por superprodução é a mais danosa. Ela tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada. Este tipo de desperdício surge através de problemas e restrições do processo produtivo, como: altos tempos de preparação de equipamentos, levando à produção em grandes lotes; falta de coordenação entre as necessidades (demanda) e a produção, em termos de quantidades e momentos; grandes distâncias a percorrer com o material, em função de um arranjo físico inadequado, levando à formação de lotes para movimentação, entre outros.

Um outro tipo de desperdício identificado é o estoque. Gerado devido à manutenção de estoques de matérias-primas, materiais em processo ou produtos acabados, que causam *lead times* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos com transporte e armazenagem e atrasos. Para Liker (2005), o estoque oculta problemas como desbalanceamento da produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, equipamentos em conserto e longo tempo de *setup*.

Este trabalho busca estudar uma empresa de embalagens para produtos farmacêuticos. A indústria de embalagem estudada procurava manter estoques para evitar a falta dos produtos a seus clientes, no entanto, mesmo assim, acontecia a falta de algum tipo de embalagem, produzida sob o regime de horas extras. O sistema de produção adotado pela empresa era o de empurrar, onde cada processo “empurrava” a programação aos processos posteriores. Cada processo produzia o que acreditava que era mais vantajoso e não o que o cliente final (indústria farmacêutica) necessitava e quando necessitava.

No modelo de produção empurrada, o fluxo contínuo de produção não é entendido como algo importante para o processo. Neste sistema onde o fluxo dos materiais não é relevante, a produção acontece de forma isolada em cada máquina. Os operadores recebem uma lista do que deve ser produzido durante o dia, realizam a produção e “empurram” as peças para a etapa seguinte do processo. Quem controla o que, quanto e quando deve ser produzido é o planejamento de produção, com base no MRP (NICODEMO, 2009).

Neste tipo de sistema, é comum haver vários pedidos esperando em uma mesma etapa do processo. Nesse caso, o supervisor decide qual tem prioridade. O problema, é que nem

sempre, este é o pedido prioritário para a central de programação (NICHOLAS, 1998 *apud* TARDIN, 2000)

Segundo Smalley (2004), neste sistema, os processos fluxo abaixo, não possuem as peças corretas, apesar de manterem grandes estoques de diversas delas, além destes processos não terem um mecanismo eficaz para permitir que os processos anteriores saibam quais peças seriam necessárias a seguir, sem a intervenção do supervisor.

O presente trabalho busca responder as seguintes questões:

- Como a produção puxada pode diminuir ou eliminar os desperdícios de superprodução e estoques encontrados em um ambiente de produção de embalagens plásticas para indústria farmacêutica?
- Quais as melhorias provocadas através da aplicação dos doze passos propostos por Smalley para implantação do sistema de produção puxada?

Estas são as duas questões centrais do trabalho e o objetivo e justificativa para o interesse nestas questões serão detalhadas a seguir.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a aplicação da produção puxada em uma empresa de embalagens plásticas para a indústria farmacêutica.

Os objetivos específicos são:

- Analisar a aplicação do roteiro de 12 passos propostos por Smalley (2004).
- Medir as melhorias provocadas através dos indicadores.
- Avaliar a eliminação dos desperdícios de superprodução e estoques apresentados pelo sistema *lean production*

1.3 Justificativa

O trabalho se torna relevante pois a indústria farmacêutica brasileira constitui-se num dos mais importantes setores da economia, tendo encerrado o ano de 2012 com R\$ 49 bilhões em faturamento no Brasil, representando um aumento de 14% em comparação ao ano de 2011, de acordo com o Sindusfarma (sindicato do setor) (FRIAS, 2012). Segundo o Ministério da Saúde, o Brasil ocupa a oitava posição dentre os maiores mercados farmacêuticos mundiais, tendo crescido a uma taxa média anual de 16% entre 2007 e 2011,

contando com 540 indústrias que dispõem de gigantescos investimentos em pesquisas, além do know-how em tecnologia (ABAMEC, 2013).

Entende-se que a indústria farmacêutica possui características que revelam, ainda mais, a veemência de estudos na área de sistemas de produção: a) representam um setor industrial importante; b) constituem-se, em sua maioria, de sistema de produção para estoque; c) em geral, são empresas de grande porte com capacidade em investimentos em sistemas de melhorias para programação da produção (MESQUITA, 2004).

Uma tendência recente verificada em vários países é a de aumento relativo dos gastos com medicamentos frente aos gastos com demais bens. No Brasil, os gastos das famílias com medicamentos, com renda entre 1 e 40 salários mínimos, aumentou de 2,55% para 3,55% entre 1988 e 1996 (FIUZA & LISBOA, 2008).

Segundo Rentes *et al* (2000), a Produção Enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção, buscando atingir, ou até superar, as expectativas dos clientes.

Remover os desperdícios é fundamental para um fluxo de valor enxuto. A melhoria da produtividade, da qualidade e da gestão se dá por meio de operações enxutas que ajudam a expor os problemas e desperdícios do sistema, proporcionando uma intervenção sistemática sobre os fatores que geram estas perdas (HINES & TAYLOR, 2000).

São necessários alguns passos, princípios e ferramentas para se tornar um fluxo enxuto e para que a organização se torne uma empresa enxuta. Porém, baseado na definição de Womack *et al* (1992) e dos princípios de Hines e Taylor (2000), podemos observar que tanto a filosofia quanto os princípios nos conduzem a: dar ao cliente (que pode ser o passo seguinte no processo de produção) o que ele quer, quando o quer e na quantidade que ele deseja, ou seja, gerar valor ao cliente. Segundo Liker (2005), se for possível aceitar um pedido de um cliente e fabricar um único produto apenas para aquele pedido – usando uma célula de produção de fluxo unitário de peças - esse será o sistema mais enxuto que se pode imaginar. Mas como há interrupções normais no fluxo de transformação da matéria-prima em produtos acabados entregues aos clientes, faz-se necessário o uso da produção puxada com nivelamento da programação.

De acordo com Menegon (2003) e Tardin (2000), estas duas técnicas juntas, produção puxada e nivelamento da produção, trazem redução de estoques e eliminação da superprodução.

No “sistema puxado”, cada etapa seguinte do processo constitui um cliente do processo anterior, que produz para o posto seguinte apenas o que lhe foi requisitado, isto é,

abastece cada processo exatamente com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário (CUNHA *et al*, 2003).

Os objetivos do “sistema puxado”, enumerados por Moura (1989), são: minimizar o inventário em processo; minimizar a flutuação de estoque em processo; reduzir o “*lead-time*” da produção; evitar a transmissão ampliada de flutuações de demanda ou de volume entre processos; elevar o nível de controle através da descentralização (delegação de responsabilidades); reagir mais rapidamente à mudança da demanda, e reduzir os defeitos.

Os sistemas puxados de programação da produção são conceituados como sistemas onde os clientes se abastecem de itens em um estoque básico apenas no momento e nas quantidades necessárias (*just-in-time*), gerando a partir daí sua reposição (Monden, 1984; Ohno, 1997; Schonberger, 1992; Moura, 1989 *apud* Tubino, 2003). Este sistema, em geral operacionalizado com a ferramenta *Kanban* com cartões, quadros e supermercados preconcebidos de itens, é historicamente recomendado para sistemas de produção repetitivos em lotes (Tubino, 1997; Harmon, 1991 *apud* Corrêa e Gianesi, 2011).

A produção puxada oferece maior flexibilidade às alterações na demanda, permite reduzir o tempo de processamento, o estoque, e a necessidade de mão-de-obra; além disto, torna mais fácil reorganizar o ambiente de trabalho, nivelar a programação e identificar problemas potenciais (SLACK *et al*, 2009).

1.4 Organização do texto

De acordo com Cervo *et al* (2007), o planejamento da pesquisa científica é necessário, pois, “faz a previsão e a provisão dos recursos necessários para atingir o objetivo proposto de selecionar um problema e estabelece a ordem e a natureza das diversas tarefas a serem executadas dentro de um cronograma a ser observado”.

Baseado nisto, será apresentado o processo para realização do trabalho e a maneira pela qual o trabalho está estruturado.

As fases da pesquisa está apresentadas na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Fases da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora.

1. Definição da pesquisa

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica inicial para aprofundamento sobre o tema, escopo do trabalho e objetivos, bem como um pré-projeto do trabalho com planejamento inicial da pesquisa.

2. Revisão bibliográfica

Foi realizado um levantamento bibliográfico em livros, artigos, dissertações, entre outros, extraído daí assuntos pertinentes ao tema.

3. Detalhamento do escopo

Houve detalhamento da intenção do trabalho, seus tópicos e seleção da empresa.

4. Acompanhamento do caso

Foi acompanhada a implantação do método de implementação do sistema de produção enxuta baseada no método proposto por Nazareno (2003), com ênfase no sistema de produção puxada proposto por Smalley (2004).

5. Análise do caso

Com o acompanhamento do caso foi possível entender o método, as melhorias resultantes, suas dificuldades para a empresa estudada, bem como a análise dos resultados para levantamento dos pontos de melhoria.

6. Elaboração do texto final

Composto pelas considerações finais do trabalho, correção e elaboração da apresentação.

Todos os passos citados anteriormente são estruturados no trabalho da seguinte forma:

1: Composto pela introdução, apresenta considerações iniciais, a problemática, destacando as questões que a pesquisa busca responder, a justificativa, identificando os motivos que levaram a realização da pesquisa e ressaltando a relevância do tema; descreve os objetivos da pesquisa, as fases do trabalho e a descrição dos capítulos.

2: Apresenta a revisão bibliográfica sobre Sistema de Produção Enxuta, seus princípios e filosofia e suas ferramentas; O método de implementação do sistema de produção enxuta; Produção puxada versus produção empurrada; Sistema *Kanban*; Criando um sistema puxado nivelado com uso do *Kanban*.

3: Revisão sobre metodologia e escolha dos métodos e técnicas para a pesquisa.

4: Estudo de caso com o método para aplicação do sistema de produção puxada, melhorias resultantes do sistema, resultados e indicadores e dificuldades enfrentadas pela empresa.

5. Considerações finais

Referências.

2 Sistema de Produção Enxuta

O termo produção enxuta foi criado no início da década de 90 para nomear o “*Thinking Process*” de Taiichi Ohno (engenheiro da Toyota) e o conjunto de métodos que descrevem o sistema de produção da *Toyota Motor Company*. Este termo foi popularizado no livro “A máquina que mudou o mundo” (Womack *et al*, 1992), o qual ilustra claramente a significativa diferença de performance obtida pela implantação dos conceitos de Produção Enxuta na indústria automobilística japonesa, em relação com a indústria ocidental.

A manufatura enxuta ou *Lean Manufacturing*, é uma metodologia que procura melhorar o fluxo produtivo eliminando os desperdícios. Esta visa ganho de produtividade, de qualidade e de espaço físico, retorno de custos operacionais, reduzido *lead time* e reduzido tempo de resposta ao cliente (WOMACK *et al*, 1992).

O principal propósito do sistema de produção enxuta é a melhoria em todas as operações de fabricação, eliminando desperdícios de todas as formas, a fim de tornar a produção mais econômica.

De acordo com Saurim *et al* (2008) duas razões apresentaram claro destaque acerca das motivações para uma empresa adotar o sistema: a) necessidade de melhorar a competitividade; e b) adequação da PE ao combate de problemas críticos da produção. De fato, há amplas evidências na literatura de que o forte foco da PE no combate às perdas pode trazer ganhos substanciais em critérios competitivos tradicionais, tais como qualidade, prazos de entrega e custos.

2.1 Filosofia e princípios

O pensamento enxuto, ou *Lean Thinking*, é uma filosofia gerencial baseada nas práticas e resultados do Sistema Toyota de Produção (STP) (CARDOSO, 2013). O mesmo procura especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita de forma cada vez mais eficaz (WOMACK e JONES, 1998).

Para Liker (2005), o STP não é um *kit* de ferramentas e sim um sistema sofisticado de produção em que todas as partes contribuem para o todo.

Segundo Rentes *et al* (2000), a Produção Enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção, buscando atingir, ou até superar, as expectativas

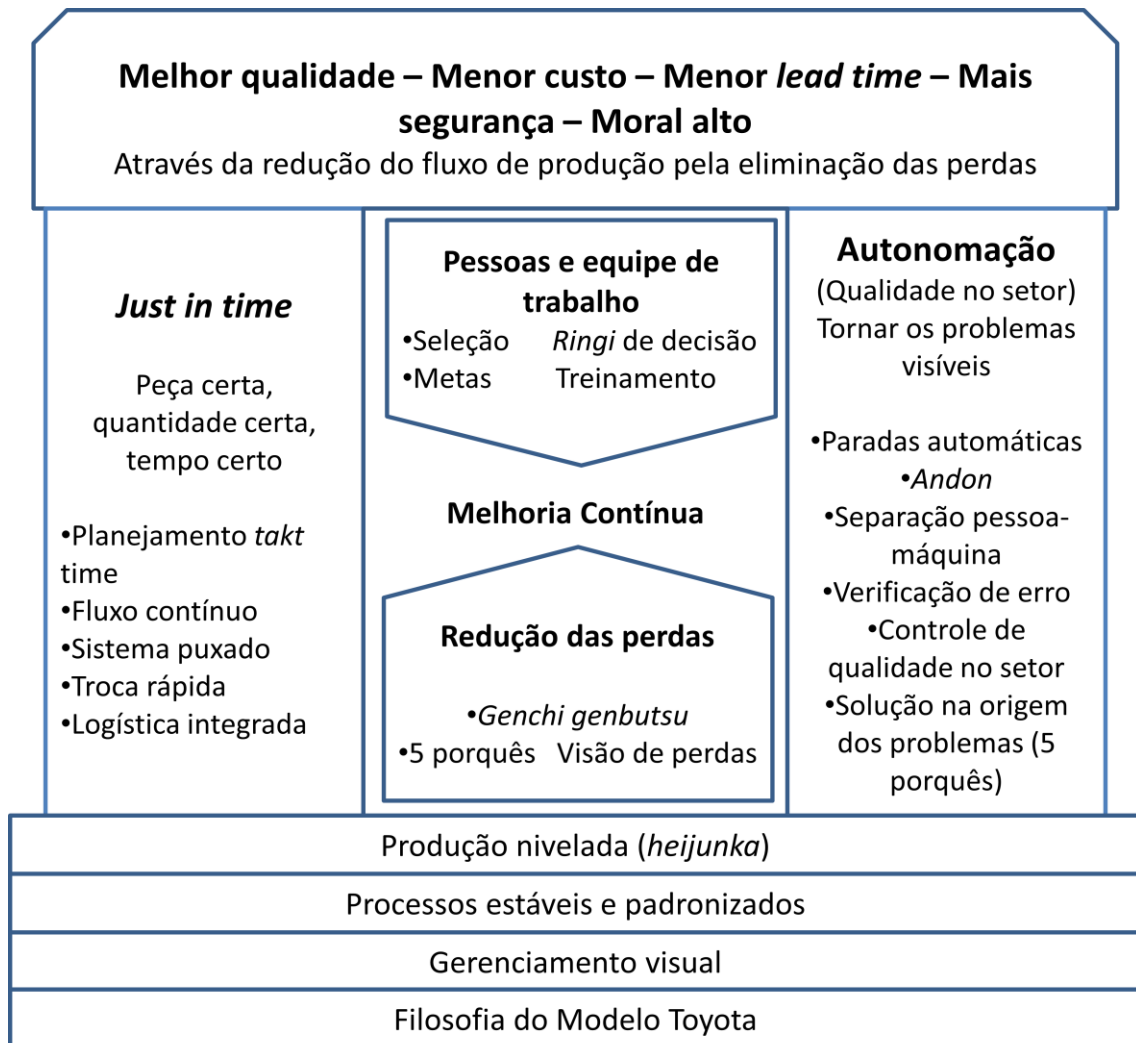
dos clientes. Suas técnicas procuram minimizar as perdas dentro da empresa, gerando produtos a um menor custo e possibilitando à organização produzir a um preço menor e sem perda de qualidade.

Para entender melhor a produção enxuta, torna-se necessário defini-la. Nesse sentido Womack *et al* (1992), modelam essa filosofia de produção da seguinte maneira.

1. É um sistema produtivo integrado, com enfoque no fluxo de produção, produção em pequenos lotes segundo a filosofia *just-in-time* e um nível reduzido de estoques;
2. Envolve ações de prevenção de defeitos em vez da correção;
3. Trabalha com produção puxada em vez da produção empurrada baseada em previsões de demanda;
4. É flexível, sendo organizada através de times de trabalho formados por mão-de-obra polivalente;
5. Pratica um envolvimento ativo na solução das causas de problemas com vistas à maximização da agregação de valor ao produto final;
6. Trabalha com um relacionamento de parceria intensivo desde o primeiro fornecedor até o cliente final.

Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno, desenvolveu uma representação simples para o STP – uma casa. Esta representação está demonstrada na Figura 2.1.

Figura 2.1 O Sistema de Produção Enxuta (STP – Sistema Toyota de Produção)



Fonte: Liker (2005).

Esta metodologia engloba uma série de práticas e técnicas de manufatura, e tem como objetivo principal a eliminação dos desperdícios ao longo do sistema produtivo (SHINGO,1996).

Para Womack *et al* (1992), desperdício é: “qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor”.

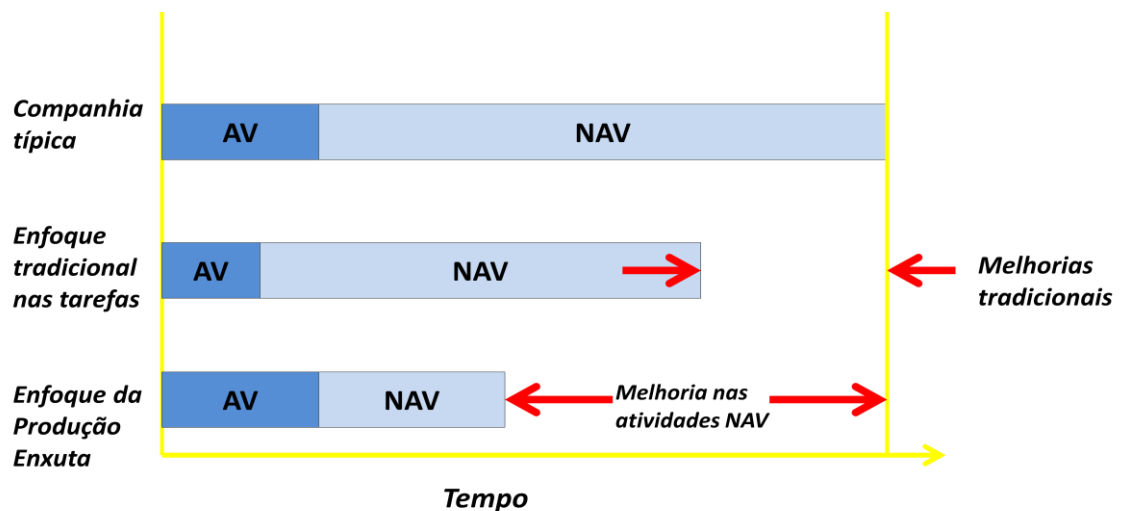
Para aplicar o STP, começa-se a examinar o processo de produção a partir da perspectiva de valor entregue ao cliente. A primeira questão no STP é sempre: “o que o cliente quer com esse processo?”. Isso define, aos olhos do cliente, o que agrega e o que não agrega valor, em qualquer processo – produção, informação ou serviço (LIKER, 2005).

De acordo com esta migração de um mero foco na redução de desperdícios para um foco de valor do cliente abre essencialmente uma visão de criação de valor:

- O valor é criado se os desperdícios internos são reduzidos, assim como as atividades desnecessárias e custos, aumentando a proposição de valor global para o cliente.
- O valor também é aumentado, se os recursos ou serviços adicionais que são valorizados pelo cliente, são oferecidos. Isso poderia implicar um ciclo mais curto de entrega ou menor lotes de entrega, que pode não acrescentar um custo adicional, mas agregar valor ao cliente.

Hines e Taylor (2000), afirmam que em todas as manufaturas típicas existem atividades que agregam valor (AV) e atividades que não agregam valor (NAV). A Figura 2.2, mostra o enfoque da produção enxuta em relação a estas atividades.

Figura 2.2 – O enfoque tradicional das tarefas e o enfoque da produção enxuta.



Fonte: Hines e Taylor (2000).

Ainda, para estes autores, essas atividades são divididas em:

- Atividades que agregam valor (AV)
Atividades que, aos olhos do cliente final, tornam o produto ou serviço mais valioso.
- Atividades que não agregam valor (NAV)
Atividades que, aos olhos do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso e não são necessárias mesmo nas atuais circunstâncias.
- Atividades que não agregam valor necessárias.
Atividades que, aos olhos do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso, mas que são necessárias a não ser que o processo atual mude radicalmente.

O enfoque das empresas típicas em melhorias de produtividade concentra-se em atividades que agregam valor, seja por meio da compra de máquinas ou equipamentos para processamento do produto/serviço na cadeia produtiva, pela obtenção de ganhos na contratação de mais mão-de-obra. Na visão da produção enxuta, primeiramente atacam-se as atividades que não agregam valor, preservando as atividades que agregam. Em um segundo momento, atacam-se os desperdícios das atividades que não agregam valor necessárias (YOSHINO, 2008).

De acordo com Liker (2005), existem sete tipos de perdas sem agregação de valor em processos produtivos. Ohno (1998), os descreve:

- *Superprodução*

Produzir muito ou muito cedo. Produzir mais do que o necessário resulta num desperdício tremendo: as matérias-primas são utilizadas antes de serem necessárias, mais espaço é necessário para armazenar o excesso de inventário e custos administrativos e de transporte adicionais são contraídos.

- *Tempo de espera*

Períodos longos de inatividade das pessoas. Quando o operário permanece ociosamente assistindo uma máquina em operação, ou quando o processo precedente não entrega seu produto na quantidade, qualidade e tempo certos.

- *Transporte*

Deslocamentos desnecessários ou estoques temporários, criando “passeios” de materiais, equipamentos e informação.

- *Processamento impróprio*

Executar o processo com ferramentas, procedimentos ou sistemas não apropriados, em detrimento de abordagens mais simples.

- *Movimentos desnecessários*

Excessiva movimentação de pessoas. É a ação de quem realiza algum tipo de seleção ou procura de alguma coisa sobre a bancada. É o movimento que não agrega valor. Inclui todos os movimentos físicos desnecessários dos operadores.

- *Estoques desnecessários*

É o dinheiro “aprisionado” no sistema produtivo. Pode ser a tranquilidade da fábrica. Todo remédio desnecessário deve ser evitado.

- *Produção de Defeituosos*

Produção de peças defeituosas ou correção. Consertar ou retrabalhar, inspecionar, significam perdas de manuseio, tempo e esforço.

Segundo Hines e Taylor (2000) os cinco princípios da Produção Enxuta são:

1. Especificar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente.

Ao contrário do que tradicionalmente se faz, não se deve avaliar sob a ótica da empresa ou de seus departamentos; o valor deve ser especificado pelo cliente final. Cabe às empresas determinarem quais são essas necessidades, sempre buscando melhoria contínua.

2. Identifique a cadeia de valor

Identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios. O mapeamento da cadeia produtiva serve para identificar as atividades que agregam valor, as que não agregam que são necessárias e as que não agregam e não são necessárias, identificando e eliminando qualquer tipo de desperdício;

3. Promover ações a fim de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas.

Após identificar o valor e a cadeia de valor deve-se, segundo Womack *et al* (1998): focalizar o objetivo real; ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções e empresas para criar uma empresa enxuta, eliminando todos os obstáculos ao fluxo contínuo; repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas, a fim de eliminar os retrofluxos.

4. Produção Puxada

Produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor.

“Significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente do processo posterior o solicite (NAVE, 2002 *apud* JUNQUEIRA, 2006).

Moura (1989), enumera os objetivos do sistema puxado, sendo eles: minimizar os inventários em processo, reduzir o *lead time* da produção, evitar a transmissão ampliada de flutuação da demanda ou de volume entre processos, elevar o nível de controle através da descentralização, reagir mais rapidamente à mudança da demanda e reduzir defeitos. Para isso, faz-se uso de ferramentas e técnicas como controle *Kanban*, programação nivelada, modelos mesclados e sincronização.

Segundo Lean Institute Brasil (2011), a estabilidade e uma previsão de demanda precisa são fundamentais para o processo de implementação do sistema puxado, devendo-se trabalhar junto com o cliente, além de introduzir alguns conceitos como trabalho padrão e controle visual.

5. Perfeição.

Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios.

A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia tenham conhecimento profundo do processo como um todo (YOSHINO, 2008).

Para buscar a perfeição, as organizações devem implementar dois tipos de melhorias: a radical e a incremental.

- *Kaikaku* – realinhamento inicial e radical da cadeia de valor
- *Kaisen* – melhorias contínuas a caminho da perfeição.

2.2 Ferramentas do sistema

Este tópico apresenta práticas comumente encontradas nos ambientes de produção enxuta. Segundo Cardoso (2011), as principais ferramentas são o mapeamento de fluxo de valor, a criação do fluxo contínuo, o sistema puxado e o nivelamento de produção, o *setup* rápido, a manutenção autônoma e o gerenciamento visual.

Com exceção do fluxo contínuo, todas as outras ferramentas citadas por Cardoso são descritas abaixo pois, serão utilizadas pela empresa do estudo de caso desta pesquisa.

Mapa de fluxo de valor: ferramenta qualitativa com a qual é descrita, em detalhes, como uma unidade produtiva deveria operar para criar o fluxo, de acordo com Rother e Shook (2002); é um método de modelagem que leva em consideração o fluxo de materiais e o fluxo

de informações e ajuda no processo de visualização da situação atual e na construção da situação futura.

Um fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor (ROTHER e SHOOK, 2002).

A construção do mapa de fluxo de valor tem como primeiro passo a definição de famílias de produtos. Os passos seguintes são o mapeamento do fluxo de valor seguindo a abordagem de Rother e Shook (2002). Segundo estes autores deve-se aplicar os seguintes procedimentos para desenvolver um fluxo enxuto de valor:

Princípio 1: Produza de acordo com seu *takt time*

O *takt time* é a frequência com que se deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas. Ele nos mostra o ritmo em que cada processo deveria estar produzindo de acordo com o ritmo que o cliente está comprando. Ou seja, ele é usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas, é a razão no qual o cliente está comprando o produto.

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do cliente por turno}}$$

Esta fórmula apresenta o intervalo de tempo em que uma parte ou produto deve ser produzido. Produzir pelo tempo *takt* pode ser realizado pela liberação regularmente de uma quantidade pequena e consistente de produção de um processo particular (MATZKA *et al*, 2012).

Princípio 2: Desenvolva um fluxo contínuo onde possível

O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio de um processo para o seguinte sem nenhuma parada. Ou seja, sem estoques entre as estações de trabalho.

Princípio 3: Use supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende aos processos anteriores.

Frequentemente há pontos no fluxo de valor onde o fluxo contínuo não é possível e fabricar em lotes é necessário. Segundo Liker (2005) as razões para isto são: processos estão muito distantes ou porque os tempos de ciclo para desempenhar as operações variam muito. A próxima melhor escolha então, seria o sistema *Kanban* da Toyota, com sistema puxado baseado em supermercados.

Princípio 4: Tente enviar a programação do cliente para somente um processo de produção.

O ponto que iremos programar no sistema puxado é chamado de processo puxador, porque a maneira de controlar a produção neste ponto define o ritmo para todos os outros processos anteriores.

Princípio 5: Distribua a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador – nivele o *mix* de produção.

Nivelar o *mix* de produtos significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo. Isso permite que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo em que evita excesso de estoque, reduz custos, mão-de-obra e *lead time* de produção em todo o fluxo de valor (Léxico *Lean*, 2003).

Princípio 6: Libere e retire somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador (nivele o volume de produção).

Estabelecer um ritmo de produção consistente ou nivelado cria um fluxo de produção previsível que, por sua natureza, o alerta para os problemas de tal modo que você pode tornar rápida ações corretivas.

Princípio 7: Desenvolva a habilidade de fazer “toda parte todo dia” nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador.

TPT significa toda parte toda e isto descreve com que frequência um processo se modifica para produzir todas as variações de uma peça. Um objetivo inicial em muitas plantas é fazer ao menos “toda peça todo dia” para peças com altos volumes.

Sistema puxado e nivelamento da produção: o sistema puxado será detalhado no item 2.4. Nivelamento, ou seja, produzir todos os itens em um mesmo intervalo de tempo, significando assim ter capacidade de fazer pequenos lotes de produção.

Setup rápido: O tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote.

Os tempos de *setup* podem ser reduzidos através de uma variedade de métodos, como por exemplo, eliminar o tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a pré-preparação de tarefas que retardam as trocas e a constante prática de rotinas de *setup*.

Normalmente mudanças mecânicas relativamente simples podem reduzir os tempos de *setup* consideravelmente (SLACK, 2009).

Outra abordagem, segundo Mardegan (2004), é converter o trabalho que era anteriormente executado enquanto a máquina estava parada (denominado *setup* interno), para ser executado enquanto a máquina está operando (denominado *setup* externo).

Manutenção autônoma: segundo Lécio Lean (2003), requer a total participação de todos os funcionários, não apenas do pessoal de manutenção. Busca a produtividade total do equipamento e concentra-se no ciclo de vida total do equipamento, revisando as práticas e as atividades de manutenção em relação ao estado em que se encontra o equipamento em seu ciclo de vida.

O TPM (Manutenção Produtiva Total) envolve todos os funcionários na rotina de manutenção, nos projetos de melhoria e em reparos simples.

Gerenciamento visual: colocação em local fácil de ver de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho, de modo que a situação seja entendida por todos os envolvidos.

Ainda segundo Liker (2005), é qualquer dispositivo de comunicação usado no ambiente de trabalho para nos dizer rapidamente como o trabalho deve ser executado e se há algum desvio de padrão. Auxilia os funcionários que desejam fazer um bom trabalho a ver imediatamente como o estão executando.

2.3 Método de implementação do Sistema de Produção Enxuta

Este método é proposto por Nazareno (2003) e visa auxiliar os gerentes na concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um processo de transformação enxuta de suas empresas. A ideia é abordar particularidades para o sucesso da implantação, tais como:

- O diagnóstico da existência de desperdícios de produção;
- A utilização do MFV (Mapa de fluxo de valor) como ferramenta de visualização e análise da situação atual e proposição da situação futura;
- A definição de políticas de atendimento da demanda interna e externa para os produtos, peças e matérias-primas;
- A definição de sistemas de controle mais apropriados para os produtos, peças e matérias-primas;

- A definição de métricas de dimensionamento e ajuste periódico do nível de supermercados de peças e matérias-primas;
- A definição da quantidade de container e demais formas de armazenamento;
- A utilização de uma ferramenta computacional para o cadastramento e modificação dos *kanbans*;
- A definição de políticas para a análise de capacidade, com base nos gargalos de produção;
- A definição de políticas para a análise de alguns aspectos físicos;
- O impacto do processo de produção enxuta em outros setores da empresa.

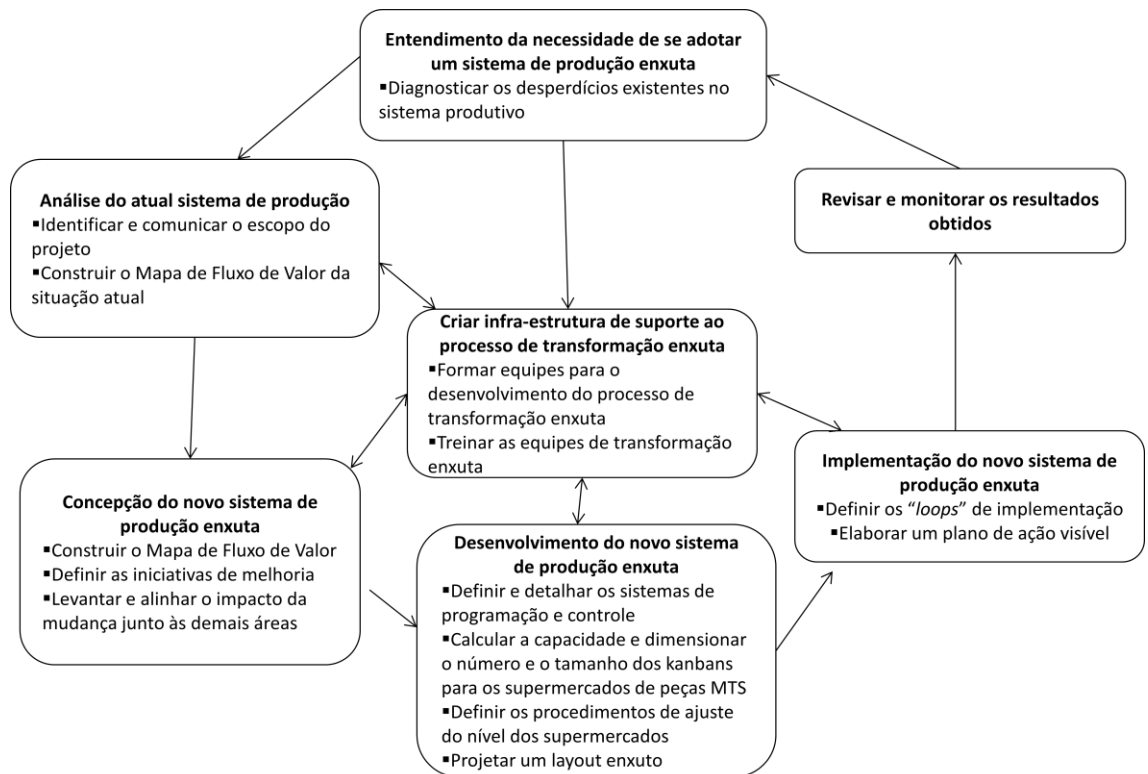
Utiliza como metodologia de referência a *Transmeth*. A *Transmeth* é uma metodologia genérica de abordagem estratégica, abrangente e integrada para gerenciar o processo de melhoria organizacional apresentada por Rentes (2000).

O método busca atender a aplicações em outros tipos de indústrias, além das convencionalmente utilizadas para a indústria automobilística e de autopeças. Nesse sentido, o método foi desenvolvido para atender àquelas aplicações que apresentam algumas características que complementam o padrão apresentado nos exemplos de Rother e Shook, (2002). Estas características são:

- Produtos complexos com grande variedade de peças;
- Processos de produção em paralelo;
- Peças com diferentes características de demanda e que compartilham uma mesma linha de produção;
- Grandes flutuações da demanda ao longo do tempo.

O método é formado por um conjunto de passos que são ilustrados na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Passos do método



Fonte: Nazareno (2003)

1. Entendimento da necessidade de se adotar um sistema de produção enxuta

Este passo utiliza uma lista de desperdícios, apresentados no Quadro 2.1, como um modelo de referência para a identificação e formulação dos disparadores de mudança para a produção.

Quadro 2.1 Relação entre desperdícios e algumas possíveis causas e soluções

Desperdícios	Possíveis causas	Possíveis soluções
1.Perda por superprodução	Áreas grandes de depósito	Reduzir o <i>setup</i>
	Custos elevados de transporte	Fazer só o necessário
	Falhas no PCP	“Puxar” a produção
2.Perdas por transporte	<i>Layout</i> inadequado	Projetar <i>layout</i> para minimização de transporte
	Lotes grandes	Reduzir a movimentação de materiais
	Produção com grande antecedência	
3.Perda por estoques	Aceitar superprodução	Sincronizar o fluxo
		Reduzir o <i>setup</i>
	Produto obsoleto	Reduzir <i>lead times</i>
		Realizar produção acompanhando a demanda
4.Perda por espera	Espera por materiais	Sincronizar o fluxo de materiais
	Espera por informações	Balancear a linha com trabalhadores flexíveis
	<i>Layout</i> inadequado	Realizar manutenção preventiva
	Imprevisto de produção	
5.Perdas por produzir produtos com defeito	Processos de fabricação inadequados	Utilizar mecanismos de prevenção de falhas
	Falta de treinamento	Não aceitar defeitos
	Matéria-prima defeituosa	
6. Perda no processamento	Ferramentas e dispositivos inadequados	Analisar e padronizar processos
	Falta de padronização	
	Material inadequado	Garantir a qualidade do material, ferramentas e dispositivos
	Erros ao longo do processo	
7.Perda por movimentos desnecessários	<i>Layout</i> inadequado de ergonomia	Reduzir deslocamentos
	Disposição e/ou controle inadequado de peças, matérias-primas, material de consumo, ferramentas e dispositivos	Adotar sistemas de controle pertinentes
	Itens perdidos	

Fonte: Nazareno (2003).

O primeiro diagnóstico básico deve ser feito com a equipe de liderança de forma a se definir os pontos fracos a serem atacados e os principais objetivos para a manufatura.

2. Criar infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta

Este passo é composto pela formação de equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta e o treinamento das equipes de transformação enxuta.

A equipe deve ser composta pelo patrocinador, que pode ser o presidente, o diretor, o gerente, ou “primeiro homem” encabeçando esta organização no processo de mudança. Outro papel a ser definido no processo é o de coordenador ou líder do projeto, responsável por gerenciar operacionalmente e orquestrar o plano de transformação.

Além disso pode ser necessária a figura do assessor ou orientador do projeto, que auxilia na condução do processo. Ainda outras pessoas são necessárias para compor a equipe, estas devem apresentar características para melhor desempenho operacional.

O treinamento da equipe deve ser realizado em informações tecnológicas, informações do negócio e informações da metodologia de condução do processo de mudança.

3. Análise do atual sistema de produção

Nesta etapa é realizada a análise da situação atual, composta por diagnóstico do escopo do projeto, comunicação do escopo do projeto e construção do mapa do fluxo de valor da situação atual.

O diagnóstico e comunicação do escopo do projeto é o momento no qual algumas disfunções da empresa são levantadas, podendo ser realizadas com a utilização de várias ferramentas dentre elas o “*brainstorming*” de problemas, ferramenta que explora o lado da percepção que cada indivíduo tem da organização e seus problemas, ou formulários, entrevistas individuais/grupos, ou ferramentas gráficas como o diagrama de causa e efeito de Ishikawa. Outras ferramentas mais sofisticadas seriam a Árvore da Realidade Atual, ferramenta lógica de diagnóstico organizacional desenvolvida por Elyiahu Goldratt, ou o Mapeamento do Processo Atual ou Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER e SHOOK, 2002). Esta última foi utilizada pelo autor que a apresenta como uma ferramenta que possibilita um compartilhamento do conhecimento sobre o processo e localização de pontos de melhoria.

4. Concepção do novo sistema de produção enxuta

Esta etapa é composta pela construção do Mapa de Fluxo de Valor da situação futura. O mapa da situação futura é desenvolvido seguindo as diretrizes apresentadas por Rother e Shook (2002), no manual “Aprendendo a enxergar”. Os pontos de melhoria e ações que

devem ser tomadas em relação à situação atual correspondem ao plano de implementação de melhorias, que pode ser composto por uma ferramenta ou um conjunto de ferramentas.

Além das recomendações propostas pela análise do fluxo de valor de Rother e Shook (2002), é importante também confrontar as práticas e ferramentas de produção enxuta com os desperdícios e problemas raízes diagnosticados.

Com base em Nazareno (2003), o Quadro 2.2 apresenta uma relação entre as três importantes práticas com os desperdícios de produção.

Quadro 2.2 - Relação entre as práticas e ferramentas *lean* e os desperdícios de produção

	Superprodução	Espera	Transporte	Processamento inadequado	Inventário desnecessário	Movimentação desnecessária	Produtos defeituosos
Células de produção	Não encontrado	Sim Thorn (1996), Silva & Rentes (2002)	Sim Alves (2001), Lavaiseur (1995)	Sim Thorn (1996), Silva & Rentes (2002)	Sim Lavaiseur (1995)	Sim Alves (2001), Lavaiseur (1995)	Sim Thorn (1996), Silva & Rentes (2002)
Produção Puxada	Sim Cok (2002), Monden (1998)	Não encontrado	Não encontrado	Não encontrado	Sim Cok (2002), Gaury <i>et al</i> (2000)	Sim Cok (2002)	Sim Monden (1998)
<i>Kanban</i>	Sim Cok (2002), Monden (1998)	Não encontrado	Não encontrado	Não encontrado	Sim Cok (2002), Gaury <i>et al</i> (2000)	Sim Cok (2002)	Sim Monden (1998)

Fonte: Nazareno (2003).

5. Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta

Esta etapa é composta pela definição e detalhamento dos sistemas de programação e controle, pelo cálculo da capacidade e dimensionamento do número e tamanho dos *Kanbans* para os supermercados de peças MTS (*make-to-order*), pela definição dos procedimentos de ajuste periódico do nível dos supermercados e pelo projeto de um *layout* enxuto.

A definição e detalhamento dos sistemas de controle podem ser realizadas pelos fluxos puxados, empurrados e contínuos. Respectivamente os mesmos podem ser controle de inventário utilizando pedidos com quantidades constantes ou ciclo de pedidos constantes,

política de atendimento MTO (*make-to-order*) e atendimento da demanda MTS (*make-to-stock*).

O cálculo da capacidade visa a comprovação da capacidade de produção para um determinado número e tamanho de lote, sendo feito a partir da definição da frequência máxima possível de troca de ferramentas, considerando o tempo necessário para o processamento e o tempo total disponível no recurso gargalo.

O projeto de *layout* enxuto é colocado como passos, baseado no conceito de mini-fábricas, sendo eles: levantamento dimensional e definição dos grupos de peças, definição da quantidade movimentada por grupos de peças, levantamento dos fluxos e cálculo das movimentações e comparação entre alternativas.

6. Implementação do novo sistema de produção enxuta

Esta etapa é composta pela definição dos *loops* de implementação, elaboração do plano de ação visível. Os *loops* são uma maneira de dividir os esforços de implementação da situação futura em partes administráveis.

A elaboração de um plano de ação visível consiste basicamente em:

- Consolidar e detalhar os objetivos e melhorias necessárias para cada *loop*;
- Estabelecer metas quantificáveis;
- Definir prazos e responsáveis.

7. Revisão e monitoramento dos resultados obtidos

Etapa que ocorre continuamente a partir da definição da equipe do projeto e do respectivo plano de trabalho. Devendo ocorrer pela observação das melhorias e do impacto causado por elas nas medidas de desempenho da organização, além da revisão do método proposto, verificando a adequação do mesmo e as melhorias que podem ser propostas ao mesmo.

Como pode ser observado, são necessários alguns passos, princípios e ferramentas para se tornar um fluxo enxuto e para que a organização se torne uma empresa enxuta. Porém, baseado na definição de Womack *et al* (1998), dos princípios de Hines e Taylor (2000) e nos passos de Nazareno (2003), podemos observar que tanto a filosofia quanto os princípios nos conduzem a: dar ao cliente (que pode ser o passo seguinte no processo de produção) o que ele quer, quando o quer e na quantidade que ele deseja, ou seja, gerar valor ao cliente. Segundo Liker (2005), se pudermos aceitar um pedido de um cliente e fabricar um único produto apenas para aquele pedido – usando uma célula de produção de fluxo unitário de peças - esse

será o sistema mais enxuto que se pode imaginar. Mas, como há interrupções normais no fluxo de transformação da matéria-prima em produtos acabados entregues aos clientes, faz-se necessário o uso da produção puxada com nivelamento da programação.

De acordo com Rother e Shook (2002), o que se procura fazer na produção enxuta é construir um processo para atender somente o que o próximo processo necessita e quando necessita. Procura-se ligar todos os processos – desde o consumidor final até a matéria-prima – em um fluxo regular, sem retornos, que gere o menor *lead-time*, a mais alta qualidade e o custo mais baixo.

Uma das ferramentas que faz com que se produza somente o que o processo seguinte necessita e quando necessita, é o do uso de sistemas puxados com base em “supermercados” nivelando o mix de produção para controlar - lá.

2.4 Produção Puxada versus Produção empurrada

Um sistema de controle da produção eficaz e eficiente deve ser capaz de produzir a quantidade certa, no tempo certo e a um custo competitivo. Todas as etapas da produção devem estar bem sincronizadas, de modo que materiais produzidos em determinados estágios do processo cheguem, nas quantidades e no tempo correto nas etapas seguintes, que os utilizarão.

Os processos de produção com vários estágios podem ser classificados em dois tipos: Sistemas de empurrar e sistemas de puxar produção.

No sistema de empurrar, a programação de produção baseia-se em estimativas de tempo. Essa é feita por uma central de programadores que recebem os pedidos e, a seguir, programam cada estágio do processo por onde passarão aqueles pedidos. Os estágios recebem a informação de quando chegarão os pedidos a serem processados, o tamanho deles, e quando devem ser concluídos. É comum haver vários pedidos esperando em uma mesma etapa do processo. Nesse caso, o supervisor decide qual tem prioridade. O problema, é que nem sempre, este era o pedido prioritário para a central de programação. Esse fato e os atrasos decorrentes de materiais, máquinas quebradas e outros eventos inesperados, tornam as programações de produção obsoletas tão logo são criadas (NICHOLAS, 1998 *apud* TARDIN, 2001)

Assim, apesar de diversos autores descreverem sistemas empurrados sob diferentes aspectos, Huang *et al* (1998), consideram que os sistemas empurrados são, em geral, reconhecidos por operarem por lançamento de material no sistema. Ou seja, um sistema de

produção empurrada opera lançando o material necessário para a primeira operação de acordo com a previsão de demanda. Em seguida, o produto semi-acabado é lançado para a próxima etapa sem que haja uma requisição por parte desta, isto é, os materiais são empurrados ao longo do processo produtivo.

Podem ser vistos problemas fundamentais com a produção empurrada em lotes: cada processo no fluxo de valor opera como uma ilha isolada, produzindo e empurrando o produto de acordo com as programações recebidas, ao invés de atender às necessidades reais dos processos seguintes. Já que esse material não é necessário ainda, ele deve ser manuseado, contado, armazenado, etc. – puro desperdício. Os defeitos permanecem encobertos nos estoques em processo até que o processo seguinte finalmente use as peças e identifique o problema. Como resultado, enquanto o tempo de agregação de valor para produzir um produto é muito pequeno, o tempo total que o produto leva, passando pela planta, é muito longo (ROTHER e SHOOK, 2002).

No sistema de produção enxuta o sistema utilizado é o de puxar a produção, que é usado para coordenar as fases de produção. Em um sistema de puxar, a produção é dirigida pela demanda, ou seja, apenas a quantidade exigida pelo cliente é produzida, enquanto que nos sistemas de empurrar a produção, os produtos são empurrados através do canal de distribuição, da produção até o cliente, com base em uma previsão de demanda (MATZKA *et al*, 2012).

O sistema de puxar elimina a necessidade de se programar todas as operações por onde passará um pedido. Decisões do que fazer e quanto fazer são tomadas pelos operadores, usando um simples sistema de sinalização que conecta as operações através do processo (FUJIWARA *et al*, 1998). O Sistema *Kanban* é um método de se fazer esta sinalização (TARDIN, 2000).

Ele permite conectar processos, de modo a permitir que se produza o que é realmente necessário, evitando o excesso de produção (fazer mais ou antes do necessário) e as faltas de materiais. Como resultado, temos menores estoques, disponibilidade permanente de material, maior produtividade, melhores níveis de entrega, maior facilidade de exposição de problemas, entre outros.

Conforme descrito por Soon *et al* (2009), a vantagem de um sistema de puxar está na manutenção dos níveis de rendimento comparáveis a um sistema de empurrar e requer menos estoque em processo (WIP) no sistema. Isto é conseguido através da redução do tempo de ciclo, o que logicamente permite que o sistema seja mais sensível à variabilidade.

Os mesmos autores distinguem um sistema de puxar a partir de duas maneiras. Em primeiro lugar, um sistema de puxar especifica explicitamente um o *WIP* (*work in process* - estoque em processo). Por outro lado, no sistema de empurrar a produção não há limite explícito de estoque no sistema de informação. Em segundo lugar, o sistema de empurrar libera trabalhos com base em previsões de demanda, empurrando-os, enquanto que o sistema de puxar autoriza a liberação do trabalho com base no *status* do sistema (ou seja, em sinais específicos). Nesse sistema, o nível de estoque é revisado de forma contínua, e sempre que cai abaixo de um determinado nível, um pedido para repor este nível requerido é colocado.

O sistema de puxar a produção é iniciado pela última etapa do processo, geralmente. Este sistema exige que existam pequenos bancos (inventários) de peças prontas ao final das etapas. Assim, somente a última etapa recebe o pedido do cliente. Para realizá-lo, ela busca, num pequeno banco de peças da etapa anterior, as peças que ela precisa para realizar o pedido. Esta etapa, por sua vez, busca no banco de sua etapa anterior as peças necessárias para repor o seu próprio banco, e assim sucessivamente.

Puxar a produção significa não produzir até que o cliente (interno ou externo) solicite a produção de determinado item (TUBINO, 2003). O objetivo de colocar um sistema puxado entre dois processos é ter uma maneira de dar a ordem exata de produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda posterior e programar o processo anterior.

De acordo com Argenta & Oliveira (2011), a característica do método de puxar se traduz em produzir apenas os materiais necessários, quando solicitados pelas atividades subseqüentes, sendo o material retirado na quantidade demandada. Assim, a linha de montagem tem informações sobre as peças necessárias e quando serão enviadas do processo precedente, para então obter estas peças na quantidade, tempo e qualidade demandada. Isto feito com a produção sendo puxada pelo mercado, ou seja, apenas quando um produto é comprado, desencadeando a produção a partir do final da linha.

Ele permite conectar processos, de modo a permitir que se produza o que é realmente necessário, evitando o excesso de produção (fazer mais ou antes do necessário) e as faltas de materiais. Como resultado, temos menores estoques, disponibilidade permanente de material, maior produtividade, melhores níveis de entrega, maior facilidade de exposição de problemas, entre outros (CARDOSO, 2011).

Existem, porém, algumas condições para se poder implementar um sistema de puxar a produção: maior poder para os trabalhadores de chão de fábrica, que decidem o que, quando e quanto produzir; produzir o que o cliente pedir; reduzir a quantidade de material em processo (*WIP*); fazer manutenção preventiva de equipamentos; qualidade assegurada, afinal, os

estoques devem ser mínimos; tempo de *setup* mínimo, para ter flexibilidade; todas as etapas devem ser capazes de produzir no ritmo da etapa final do processo; demanda relativamente estável.

De acordo com Wang (2012) uma série de condições precisam ser cumpridas para que a implementação de um sistema puxado tenha sucesso. Os requisitos são:

- descentralização da responsabilidade do planejamento e controle

A produção puxada é dependente de supervisores e pessoal de produção para que aconteça o controle de produção, não ficando somente sobre a responsabilidade do departamento de PCP.

- foco na produção baseada no consumidor

Um requisito fundamental é que a produção só pode ser iniciada quando a demanda real existe.

- alta qualidade e manutenção preventiva

A produção com baixos níveis de inventário exige um elevado nível de disponibilidade de material, que serão enviados para o processo seguinte, devendo manter a qualidade desejável.

- tempos de preparação curtos

São necessários para a produção baixos níveis de estoque e tamanhos de lotes pequenos, o que requer tempos de *setup* curtos.

- fluxo no *layout*

A fim de sincronizar processos de produção, algum tipo de conexão precisa ser estabelecido entre as estações de trabalho disjuntas e células de produção, com demais etapas de produção. Além disso, a capacidade e possibilidade de produzir de acordo com o tempo *takt* precisa ser nivelado em todas as estações, para ser capaz de uniformizar o fluxo de material.

No “sistema puxado”, cada etapa seguinte do processo constitui um cliente do processo anterior, que produz para o posto seguinte apenas o que lhe foi requisitado, isto é, abastece cada processo exatamente com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário (CUNHA *et al*, 2003).

A produção enxuta trabalha com produção puxada em vez da produção empurrada baseando-se em previsões de demanda. Este sistema tem como destaque a eficiência do processo produtivo, no qual se pratica um envolvimento ativo na solução das causas de problemas com vistas à maximização da agregação de valor ao produto final, bem como, estimula um

relacionamento de parceria intensiva desde o primeiro fornecedor até o cliente final (SILVA *et al*, 2009).

Os objetivos do “sistema puxado”, enumerados por Moura (1989), são: minimizar o inventário em processo; minimizar a flutuação de estoque em processo; reduzir o “lead-time” da produção; evitar a transmissão ampliada de flutuações de demanda ou de volume entre processos; elevar o nível de controle através da descentralização (delegação de responsabilidades); reagir mais rapidamente à mudança da demanda, e reduzir os defeitos.

De acordo com Fernandes (2012), o sistema puxado de Produção tem três principais objetivos:

1. Suprir a fabricação em função do consumo real – baseia-se nos pedidos firmes
2. Mover o material em processamento (WIP) através da fábrica em função da demanda real do cliente
3. Prover um meio para melhorar continuamente os processos de produção.

Portanto, de acordo com Taylor & Francis (2005), sistemas de puxar podem não só melhorar a desvantagem de ajuste do tempo devido à utilização de sistemas como MRP, mas também podem promover atividades de melhoria contínua em ambientes produtivos.

Porém para os mesmo autores, para que o sistema de produção puxada tenha um desempenho superior ao de empurrar e se perceba os benefícios destes, o controle de produção necessita promover melhorias contínuas.

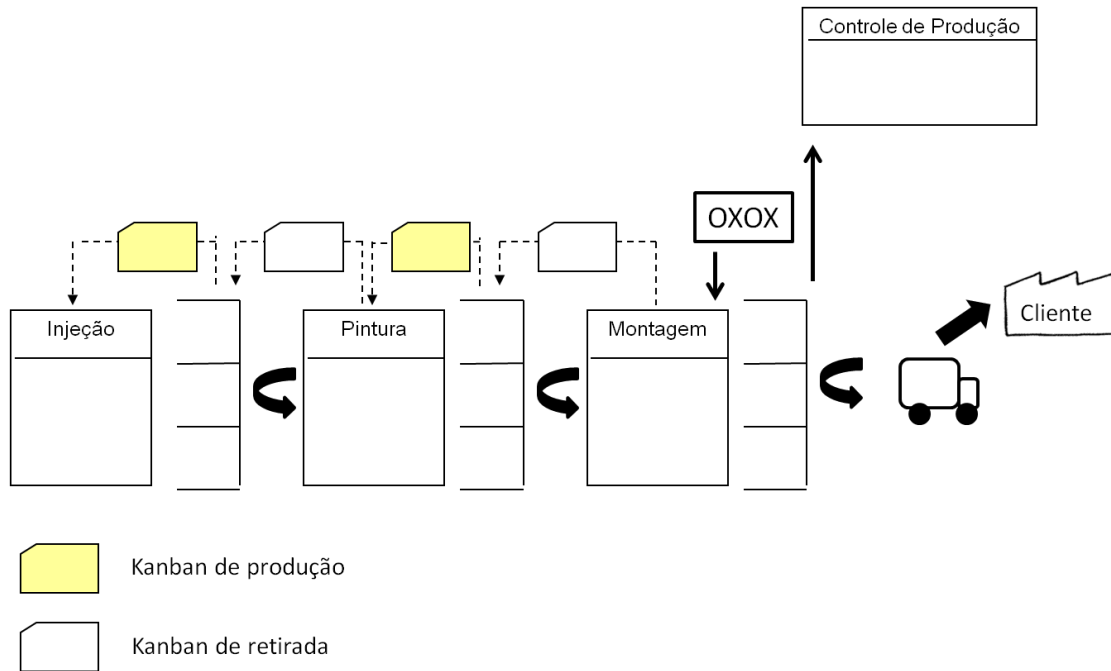
Cardoso (2011), afirma: “*Sistema Puxado ou Produção Puxada é o método de controle da produção em que as atividades fluxo abaixo avisam as atividades fluxo acima sobre suas necessidades*”. As formas básicas de sistema puxado são: sistema puxado com supermercado ou reposição, sistema puxado sequencial (para produção sob encomenda) e sistema puxado misto.

Para Smalley (2004), são três os tipos de sistemas puxados: Sistema Puxado de reposição; Sistema Puxado Sequenciado e Sistema Puxado Misto.

Sistema Puxado de Reposição: Manter em estoque produtos acabados de todos os tipos e usar os pedidos do cliente para iniciar a produção.

O consumo dos produtos finais inicia a reposição dos mesmos. Neste caso, a instrução de produção seria enviada para a linha de montagem final a partir do estoque de produtos acabados por meio do dispositivo de nivelamento *heijunka* e então da montagem para trás, ao longo do fluxo de produção. A Figura 2.4 mostra o sistema puxado de reposição.

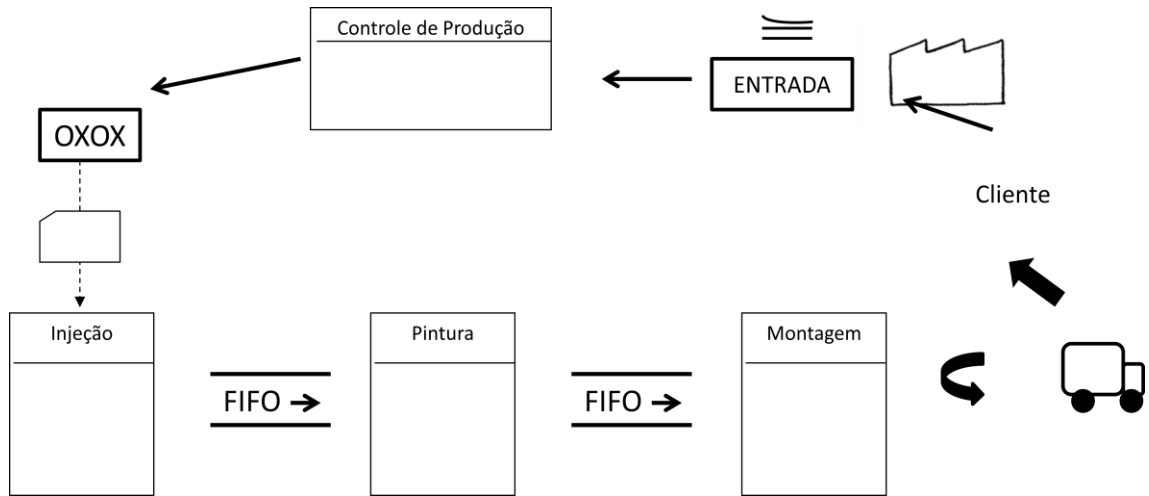
Figura 2.4 – Sistema puxado de reposição



Fonte: Smalley (2004).

Sistema Puxado de Reposição: O processo de produzir todos os itens a partir do pedido do cliente é conhecido como um sistema puxado sequenciado. Os itens são fabricados ao ritmo da demanda, com a instrução de fabricação enviada à primeira etapa do processo no início do fluxo de valor. Este tipo de sistema puxado é mais exigente para gerenciar do que um simples sistema puxado de reposição, pois é difícil adequar o fluxo de operações ao *takt time*. A menos que a fábrica tenha um *lead time* de produção curto e regular e grande disponibilidade de equipamentos, esta opção não será fácil de manter. Mesmo em companhias *lean*, o sistema puxado sequenciado é empregado apenas quando situações especiais de pedido feito sob encomenda são requeridas pelo processo posterior ou pelo cliente. Este tipo de sistema está demonstrado na Figura 2.5.

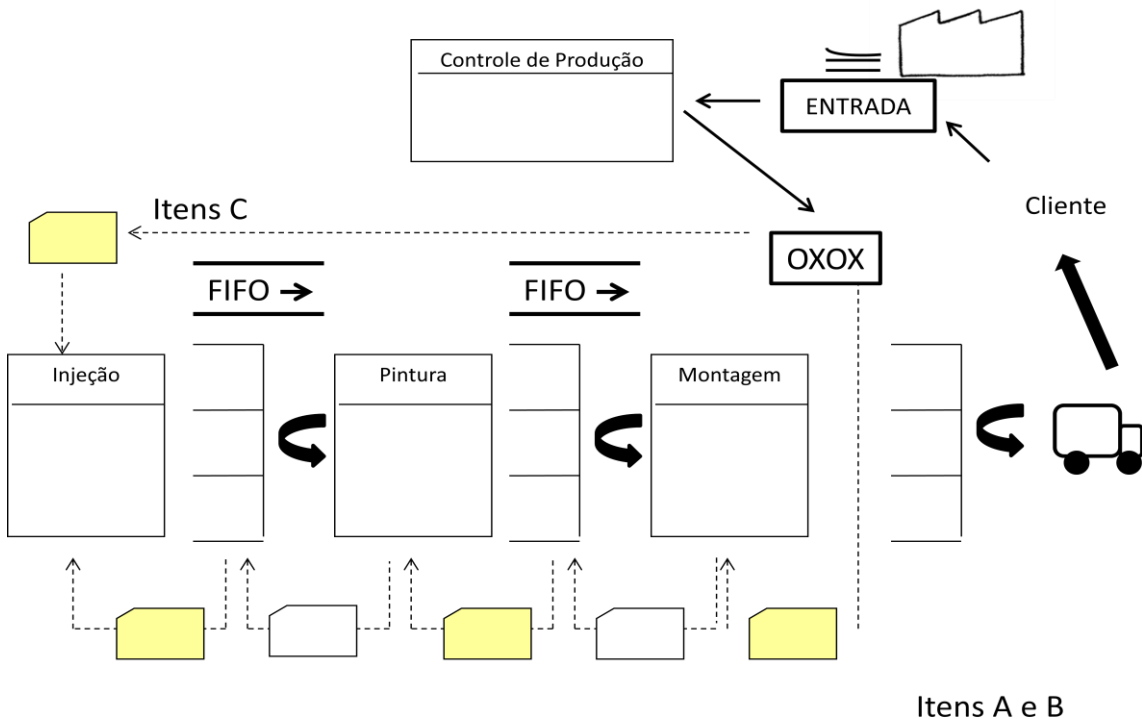
Figura 2.5 – Sistema Puxado de Reposição





Fonte: Smalley (2004).

Sistema puxado misto: este sistema é especialmente útil quando a maioria das características tanto do sistema puxado sequenciado quanto do de reposição dos itens solicitados é de pedidos repetidos e frequentes, mas muitos dos não frequentes também são requeridos. A Figura abaixo mostra a situação mais comum em que pedidos para os itens C são enviados para o início do fluxo de valor, na injeção.

Figura 2.6 – Sistema puxado misto



-  Kanban de produção
-  Kanban de retirada

Fonte: Smalley (2004).

De acordo com Wang (2012) uma comparação entre o sistema puxado e empurrado pode ser visto no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Comparação entre sistema empurrado e puxado

Dimensão	Empurrada	Puxada
Ordem	Reage com a programação mestre de produção	Reage a pedido do cliente
	Autoriza lançamentos de trabalho com base no <i>status</i> do sistema	Trabalho com base na demanda
	O gatilho de lançamentos de trabalho vem de fora	O gatilho de liberação do trabalho vem de dentro do sistema de puxar
	Os pedidos dos clientes são visíveis para todas as fases de produção	Os pedidos dos clientes são processados para a fase de estoque de produtos acabados.
Estoques	Não limita WIP	Limita WIP
	Um conforto para o processo contra erros de previsão, problemas de máquinas, atrasos de entrega de fornecedores	Responsabilidade de se eliminar inventário
<i>Setups</i> , tamanho de lote e prazos de entrega	Otimiza o tamanho do lote com fórmulas analíticas adequadas para aceitar menos <i>setups</i> e, prazos de entrega são dados como resultado da programação.	Reduz os tempos de <i>setup</i> para permitir tamanho pequeno do lote e prazo de execução curto.
Controle de qualidade	Trabalho especializado, controlador da qualidade	Todos envolvidos
Funcionário	Cumpre planos	Gestão do chão de fábrica

Fonte: Wang (2012).

Os sistemas puxados de programação da produção são conceituados como sistemas onde os clientes se abastecem de itens em um estoque básico apenas no momento e nas quantidades necessárias (*just-in-time*), gerando a partir daí sua reposição (Monden, 1984; Ohno, 1997; Schonberger, 1992; Moura, 1989 *apud* Tubino, 2003). Este sistema, em geral operacionalizado com a ferramenta *Kanban* com cartões, quadros e supermercados preconcebidos de itens, é historicamente recomendado para sistemas de produção repetitivos em lotes (Tubino, 2003; Corrêa & Gianesi, 2011).

Um dos instrumentos usados como sinalização e operacionalização do sistema pode ser o conhecido cartão *kanban* que traduzido do japonês significa “sinal” ou “quadro de sinais”. O *kanban* é “um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou retirada de itens em um sistema puxado” (*Léxico Lean*, 2003).

Corroborando com esta ideia Nazareno (2003) afirma que, a maneira mais convencional de se puxar a produção é o sistema *Kanban*.

2.5 Sistema *Kanban*

Na manufatura *lean*, o *kanban* é uma ferramenta específica para controlar as informações e regular a movimentação de materiais entre os processos de produção (SMALLEY, 2004).

Sendo *Kanban* um termo japonês que significa cartão, esse cartão age como disparador da produção (ou movimentação) por parte dos centros produtivos presentes no processo, coordenando a produção de todos os itens, de acordo com a demanda de produtos finais (CORREA e CORREA, 2008).

Ainda, segundo Voss e Clutterbuck (1989) *apud* Rentes (2000), *Kanban* é um sistema puxado de controle de movimentação de material, o qual compreende um mecanismo que dispara a movimentação de um material de uma operação para a seguinte. Corroborando com esses conceitos, Liker (2005), afirma que *kanban* significa sinal, placa, anúncio, cartão.

Pode ser definido ainda, como um método para redução do tempo de espera, reduzindo estoques, melhorando a produtividade e interligando as operações em um fluxo uniforme ininterrupto. É uma ferramenta de controle concebida para operar no chão de fábrica, utilizando um sistema de realimentação visual por cartões de demanda circulantes, os quais são denominados *Kanban*. A premissa básica do Sistema *Kanban* está na possibilidade de puxar os itens da linha de produção a partir da demanda final de um produto, por meio de

cartões indicativos que fornecem informações a respeito do produto ou item em questão (SHINGO, 1996).

O princípio do *kanban* consiste em limitar a quantidade de estoque em processo através de um número determinado de cartões. Só se produzem ou se retiram peças de um processo, ou estoque, caso tenham-se cartões correspondentes a elas, e na quantidade fixada nos cartões (NAZARENO, 2007). Esse sistema liga os processos através de *containers* pequenos, retornáveis e cartões reutilizáveis.

Yoshino (2008), afirma que o objetivo do *kanban* é viabilizar a produção puxada e eliminar os desperdícios associados a se tentar adivinhar o que o cliente quer.

O *kanban* é utilizado em sistemas puxados com base em supermercados (estoque projetado de produtos). No chão de fábrica, os supermercados deveriam normalmente estar localizados próximos ao processo de fornecimento para ajudar aquele processo a ter uma noção visual das necessidades e usos do cliente. O responsável pela movimentação de material do processo “cliente” vai até ao supermercado do fornecedor e retira o que precisa. Estas retiradas acionam o movimento do *Kanban* desde o supermercado até o processo fornecedor, onde eles são usados como a única instrução de produção para aquele processo (ROTHER e SHOOK, 2002).

Matzka *et al*, (2012) afirmam que o *Kanban* define a quantidade de um determinado produto que o estágio deve produzir, a fim de compensar as peças retiradas.

A coordenação na movimentação de materiais é crucial para a operação eficaz do *kanban*. Normalmente existem fórmulas para se calcular quantidades ótimas de *kanbans*. No início usam-se as fórmulas e depois ajustam-se essas quantidades empiricamente, por consenso entre os setores da empresa.

Conforme Yoshino (2008), supermercado é um estoque controlado que é calculado para que:

- O próximo cliente encontre o que precisa;
- O fornecedor consiga repor o supermercado antes que os níveis mínimos de peças definidos sejam atingidos;
- Os itens do supermercado devem obedecer a uma classificação de Pareto, a fim de identificar a localização dos itens mais importantes, média importância e pouca importância.

Quando o fluxo contínuo não é possível porque os processos estão muito distantes ou porque os tempos de ciclo para desempenhar as operações variam muito (caso da indústria de embalagem), a próxima melhor escolha é o sistema *kanban*/puxado. Rother e Shock (2002)

dizem: “faça fluir onde pode, puxe de onde deve”. Caso se deseje criar sistemas enxutos, onde não é possível criar o fluxo unitário de peças, o melhor passa a ser o sistema puxado com algum estoque e uso do *kanban*.

Segundo Matzka *et al* (2012) muitos estudos têm sido feitos sobre o dimensionamento ou determinação do número de *Kanbans*. De acordo com estes autores, a maior parte do documentos encontrados na literatura usam três tipos de modelos para o dimensionamento do número de *kanbans*: estudos de simulação, modelos de programação matemática e filas e modelos de cadeia de *Markov*. Estão citados neste trabalho apenas alguns dos trabalhos destes três tipos de modelos, a fim de ilustrar o tipo de estudos que podem ser encontrados na literatura.

A simulação pode ser usada para avaliar o desempenho do *Kanban* e em seguida, os sistemas testam diferentes configurações a fim de encontrar o número de *kanbans* que otimizam alguns critérios.

Outro tipo de método utilizado para determinar o número ótimo de *kanbans* são modelos de programação matemática. Kimura e Terada (1981) desenvolveram o primeiro modelo matemático para o sistema *kanban* pela formulação básica de equações de equilíbrio para o ajuste de produção em série multi-estágio com um único tipo de peça, a fim de determinar o número de circulações dos *kanbans* e, portanto, o nível de estoque nos supermercados.

Finalmente, alguns autores propõem abordagens baseadas em filas e modelos de cadeia de *Markov*, a fim de otimizar o número de *kanbans*. Na maioria dos modelos, são formulados como cadeias de *Markov* para determinar o número ideal de *kanbans*. Wang e Wang (1990) apresentam um modelo de *Markov* de tempo contínuo para determinar o número de *kanbans* em um multi-estágio determinando o sistema *Kanban* de duplo cartão com um único *kanban* de retirada em cada fase. As taxas de produção e demanda são assumidos exponencialmente.

O método utilizado para a dimensionamento e determinação do número de *kanbans* para este trabalho segue a maneira proposta por Smalley (2004) em seu manual Criando um sistema puxado, atendendo assim, o objetivo da pesquisa.

2.5.1 Os tipos de *Kanban*

Segundo Slack (2009), existem três tipos de cartões *Kanban*:

- 1- *Kanban* de transporte: é usado para avisar que o material pode ser retirado de um processo anterior e transferido para um destino específico. Este contém informações como: número e descrição do componente, lugar de origem e destino, entre outras. Smalley (2004), chama-o de *kanban* de retirada;
- 2- *Kanban* de produção: é um sinal para o processo produtivo de que ele pode começar a produzir um item para que seja colocado em estoque;
- 3- *Kanban* do fornecedor: são usados para avisar ao fornecedor que é necessário enviar material ou componentes para um estágio da produção.

Ainda segundo Nazareno (2003), classicamente, pode-se dividir os cartões em dois tipos: o *kanban* de retirada/transporte e o *kanban* de produção.

De acordo com este autor, os *kanbans* de retirada funcionam como dinheiro. Eles são utilizados para comprar, ou melhor, retirar peças do almoxarifado ou de processos anteriores. O número destes cartões é calculado com base no consumo de cada item pela linha e pelos seus intervalos entre abastecimentos. Assim, impede-se que um processo compre uma quantidade maior do que precisa, resultando em excesso de material na área.

Os *kanbans* de produção também existem numa quantidade fixa, calculada com base na demanda do cliente (interno ou externo). A intenção é impedir o excesso de produção, afinal, quando todos os cartões estiverem com produtos, não há como produzi-los.

Além destes, Monden (1998), descreve outros tipos de *kanbans*:

Kanban de sinal: é uma variação do *kanban* de produção para o caso de um processo que produza em lotes. Ao invés de se ter um cartão para cada embalagem que o compõem, pode-se usar um só cartão para pedir todo o lote.

Kanban expresso: é emitido quando existe falta de peças. Apesar de existir tanto o *kanban* de retirada quanto o de produção para este tipo de problema, o *kanban* expresso é emitido em situações extraordinárias e deve ser retido após seu uso.

Kanban de emergência: é emitido temporariamente quando o inventário requer a reposição de unidades defeituosas e houver problemas de máquinas, inserções extras ou operações de emergência em um fim de semana. Este *kanban* tem o mesmo formato do *kanban* de retirada ou de produção e deve ser retido logo após o seu uso.

Kanban de ordem de serviço: enquanto que os *kanbans* já mencionados são aplicados às linhas para reatualizar a produção, este *kanban* é preparado para a linha de produção por ordem de serviço e emitido para cada serviço.

Kanban integrado: se dois ou mais processos são estritamente conectados entre si, tornando um processo simples e não havendo necessidade de trocas de cartões entre os mesmo, por serem adjacentes, um cartão comum é utilizado. Tal *kanban* é similar às passagens utilizadas na integração de metrô-ônibus. É utilizável, por exemplo, nas linhas de usinagem, onde a peça pode ser transportada após a linha seguinte, através de calhas, nos processos de fábricas, tais como tratamento térmico, cromagem, galvanoplastia ou pintura.

Kanban de produção: um *kanban* de retirada pode também ser usado como um *kanban* de produção, se a distância entre os dois processos é muito pequena, e são supervisionados por um único operário.

Kanban de fornecedor: é um *kanban* de retirada utilizado para transferência entre empresas. Funciona como um *kanban* de retirada entre processos.

Carreta ou Carrinho como um kanban: o sistema *kanban* é muito eficiente quando são utilizadas carretas com capacidade limitada de carga e que funcionariam como o próprio *kanban*.

Kanban eletrônico: é utilizado entre duas operações adjacentes, totalmente automatizadas.

Nazareno (2007) sugere ainda alguns Sistemas de Controle por família de produtos conforme o Quadro 2.4.

Sub-família 1: para famílias que tenham frequência alta, volume alto ou baixo e custo alto o autor sugere a utilização do *kanban*: os produtos não variam com frequência e tem custo alto, itens classe A, conforme Pareto.

Sub-família 2: para famílias com alta frequência, volume alto ou baixo, mas de custo baixo, itens da classe C o autor recomenda a utilização de *kanban* de sinal. São peças de baixo valor agregado, que não faz muita diferença ter um pouco mais em estoque nos custos totais.

Sub-família 3: para os itens de baixa frequência, volume baixo e custo alto ou baixo o autor recomenda a utilização de ordens de produção. As ordens neste caso são mais viáveis porque a frequência vai ser baixa.

Quadro 2.4 – Tipos de controle de produção

Sub-família	Frequencia	Volume	Custo	Sistema de controle
1	Alta	Alto	Alto	<i>Kanban</i>
2	Alta	Alto	Baixo	<i>Kanban</i> sinal
1	Alta	Baixo	Alto	<i>Kanban</i>
2	Alta	Baixo	Baixo	<i>Kanban</i> sinal
3	Baixa	Alto	Alto	Ordem
3/2	Baixa	Alto	Baixo	Ordem/ <i>Kanban</i> sinal
3	Baixa	Baixo	Alto	Ordem
3/2	Baixa	Baixo	Baixo	Ordem/ <i>Kanban</i> sinal

Fonte: Nazareno (2007).

2.5.2 Regras do *Kanban*

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

Regra 1: O processo seguinte deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento certo.

Para que esta regra funcione, é obrigatório que a retirada de material de um processo anterior seja feita com apresentação de um *kanban*. A quantidade retirada deve ser igual àquela determinada no cartão, e não podem haver peças desacompanhadas de um *kanban*.

Regra 2: O processo anterior deve produzir produtos para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este.

Esta regra complementa a primeira para que não ocorra excesso de produção. O processo anterior só pode produzir itens dos quais tem cartão, e só pode produzir a quantidade definida neste.

Regra 3: Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes.

Uma vez que os estoques em processo são limitados a uma quantidade mínima, deve-se ter certeza que estas poucas peças estejam em perfeitas condições para serem utilizadas pelo processo seguinte. Caso contrário, as peças serão devolvidas ao processo fornecedor e o processo cliente terá de esperar até ter as peças em condições de produzir. Portanto, é importante que se coloque o supermercado de peças em um local onde se garanta a qualidade daquelas peças.

Regra 4: O número de *kanbans* deve ser minimizado.

O número de *kanbans* expressa o inventário máximo de cada item. Este número deve ser mantido o menor possível. O supervisor deve estar sempre buscando melhorias de processo que lhe permitam diminuir o tamanho dos lotes e diminuir o tempo de processo, para poder diminuir o número de *kanbans*.

Regra 5: O *kanban* deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda.

A mais impressionante característica deste sistema é a adaptabilidade para variações repentinas de demanda. Empresas que se utilizam deste sistema não distribuem pela fábrica programas de produção detalhados. Somente o processo puxador recebe a programação do dia. As demais áreas só sabem o que produzirão com a chegada dos cartões. Sendo assim, mudanças no programa do dia ocorrem natural e imediatamente.

2.5.3 A dinâmica do sistema

Uma fábrica que opera com *kanban* tem basicamente dois tipos de procedimento, com um ou dois cartões, de acordo com Nazareno (2003).

Sistema *kanban* de um cartão: este sistema se caracteriza por possuir apenas um local de estoque, isto é, supermercado, entre um processo fornecedor e seu cliente (pode ser um processo produtivo ou não). O único cartão existente neste caso é o *kanban* de produção.

O supermercado de produtos do processo fornecedor fica concentrado junto ao cliente. À medida que o cliente consome estas peças, os cartões que estavam junto às embalagens são colocados em uma caixa de coleta, próxima dele. A cada período definido de tempo, ou quando a quantidade de peças atingir um certo nível, os cartões são retirados da caixa de coleta e levados para um quadro, junto ao processo fornecedor.

A existência de cartões no quadro dá permissão para a linha produzir aqueles itens, na quantidade definida no cartão. Quando o processo fornecedor termina de produzir uma embalagem, o cartão é retirado do quadro e colocado junto a ela. Quando for hora, estas embalagens serão levadas de volta para o supermercado, junto ao cliente, e os cartões que estiverem na caixa de coleta serão levados de volta para o quadro.

Sistema *Kanban* de dois cartões: este sistema se caracteriza pela existência de dois supermercados. Um fica no fornecedor e outro fica no cliente. Neste caso, tanto o *kanban* de produção quanto o de retirada estão presentes. As embalagens que ficam no supermercado do

fornecedor tem, fixadas nelas, os *kanbans* de produção, as que ficam junto ao cliente tem os de retirada.

À medida que o cliente consome a matéria-prima do supermercado próximo, os cartões que estavam junto às embalagens são colocados em uma caixa de coleta. A cada período de tempo definido, estes *kanbans* de retirada são coletados e levados até o supermercado do processo fornecedor.

No processo fornecedor, os *kanbans* de retirada funcionarão como uma lista de compras. Para cada *kanban* de retirada será comprada uma embalagem daquele item. As embalagens compradas receberão os *kanbans* de retirada e serão levadas para o estoque junto ao cliente. Os *kanbans* de produção que acompanhavam as embalagens no estoque fornecedor serão colocados novamente no quadro.

2.6 Criando um sistema puxado nivelado com uso do *kanban*

Para implantar um sistema puxado nivelado com o uso de supermercados e *kanban*, é necessário iniciar com uma família de produtos no ponto mais próximo ao cliente. Segundo Smalley (2004), faz-se necessário responder a 12 perguntas quando começar a implementar o sistema puxado.

As perguntas e suas explicações são descritas abaixo, de acordo com Smalley (2004):

1 – Quais produtos manter em um estoque de produtos acabados e quais produzir apenas sob encomenda?

A maioria dos fabricantes possui demandas variadas e mix complexo para diferentes produtos finais em seu fluxo de valor. Para uma segmentação de produto faz-se uso da análise ABC da produção. Nesta análise pode-se perceber a quantidade de produtos requisitados todos os dias pelos clientes, que são os produtos “A” com volumes maiores. Um segundo grupo representa os pedidos que são solicitados frequentemente, embora não diariamente, ou seja, produtos classe “B” com volumes médios. E, finalmente, o terceiro grupo consiste nos produtos que não são pedidos com tanta frequência, mas em quantidades bastante variadas, compondo a classe “C” de volumes menores.

Após realizada a análise ABC da produção e com o conhecimento sobre a habilidade do processo de produção de entregar de acordo com a programação, algumas das opções para decisão de produtos acabados *versus* produção sob-encomenda estão listadas no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 – Opções para produtos acabados *versus* produção sob-encomenda

Opções	Prós	Contras
1. Manter um supermercado de produtos acabados de todos os produtos (As, Bs e Cs) e fabricar todos para estoque – <i>sistema puxado de reposição.</i>	Pronto para expedir todos os itens em pouco tempo.	Requer estoque para cada item e muito espaço.
2. Não manter estoque de produtos acabados e fazer todos os produtos sob encomenda – <i>sistema puxado sequenciado.</i>	Menor estoque e menor perda a ele associado.	Requer alta estabilidade do processo e curto <i>lead time</i> de produção.
3a. Manter apenas os Cs no supermercado e fazer os produtos A e B sob encomenda diariamente – <i>sistema puxado misto.</i>	Menor estoque.	Requer um controle de produção misto e estabilidade diária.
3b. Manter os produtos A e B no supermercado de produtos acabados. Fazer os Cs sob encomenda a partir de componentes semi-acabados – <i>sistema puxado misto.</i>	Estoque moderado.	Requer um controle de produção misto e visibilidade nos itens C

Fonte: Smalley (2004).

2 – Que quantidade de cada produto manter no supermercado de produtos acabados?

Após empregar o sistema puxado misto e manter produtos acabados para os itens A e B, é necessário calcular quanto de cada um destes itens deveria ser mantido e isto pode ser determinado através de uma fórmula que está descrita no Quadro 2.6.

Quadro 2.6 – Cálculo de produtos acabados.

	Demanda média diária x Lead time de reposição (dias)	Estoque de ciclo
+	Variação de demanda como % de Estoque de ciclo	Estoque pulmão
+	Fator de segurança como % de (estoque de ciclo + estoque pulmão)	Estoque de segurança
=		Estoque de produtos acabados (supermercado).

Fonte: Art Smalley (2004, p. 20)

3 – Como organizar e controlar o supermercado de produtos acabados?

Será necessário criar locais para cada item, sendo cuidadosamente projetados para assegurar que as peças mais antigas sejam despachadas antes. Devem-se afixar sinalizações acima dos locais de armazenamento, indicando claramente as quantidades máximas para cada item acabado. Isto permite que os produtos acabados sejam organizados de uma maneira lógica e visual, permitindo distinção entre circunstâncias normais e anormais.

Outra questão importante é dividir os itens A e B em três categorias: estoque de ciclo, estoque pulmão e estoque de segurança, para que se possa perceber quais estoques estarão dentro da variação normal.

4 – Onde programar o fluxo de valor?

Neste momento deve-se selecionar um processo para funcionar como puxador geral do fluxo de valor e todos os processos devem caminhar no mesmo ritmo – *takt time* do processo puxador.

Segundo Rother e Shock (2002), o *takt time* sincroniza o ritmo da produção para acompanhar o ritmo das vendas. É a frequência com que se deve produzir uma peça ou produto, com base no ritmo das vendas, para atender a demanda dos clientes. O *takt time* é

calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho (em segundos) por turno, pelo volume da demanda do cliente (em unidades) por turno.

Ainda, segundo o mesmo autor, o *takt time* é usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas, no “processo puxador”.

No sistema puxado de reposição, a montagem final será o processo puxador em quase todos os casos.

5 – Como nivelar a produção no processo puxador?

Para nivelar a produção o tamanho dos lotes no processo puxador deve ser diminuído de acordo com três restrições:

1. Diferenças no conteúdo de trabalho entre os produtos: O conteúdo de trabalho das peças que passam por cada operação deve ser avaliado; se possível em cada célula os produtos devem variar somente um pouco e possivelmente nenhum produto deve possuir conteúdo de trabalho acima do *takt time*;
2. Requisitos de *setup* entre os modelos: Estratégias para redução do tempo de *setup* (tempo para as mudanças de ferramentas e o tempo para colocar os materiais nos locais certos) devem ser implementadas para permitir limitações nos tamanhos dos lotes;
3. Intervalo *pitch* de produção: O *pitch* de produção determina a extensão máxima na qual o processo puxador pode ser nivelado pelo mix. O *pitch* é um conceito *lean* e é calculado pela multiplicação do *takt time* pela quantidade em uma embalagem (número de produtos por contêiner transferido para os produtos acabados a partir da célula de montagem).

Conhecendo claramente o tempo disponível diário de produção, a demanda diária do cliente por modelo e o tamanho mínimo do lote, é possível nivelar a produção por mix. Para isso, faz-se necessário dividir o tempo de produção disponível pelo *pitch* para calcular o número de intervalos *pitch* disponíveis para atender a demanda.

6 – Como transmitir a informação de demanda para o processo puxador de forma a criar a puxada?

Na produção *lean*, a ferramenta específica para a comunicação de ordens de produção e para a regulação da movimentação de materiais é o *kanban*. À medida que um processo

consome o produto, são enviados sinais ao processo anterior via *kanban* para que as quantidades consumidas sejam repostas.

Estes cartões *kanban* devem ser ordenados e deve-se estabelecer o ritmo que eles serão entregues. Para isso pode-se utilizar um *Heijunka Box*. De acordo com Léxico *Lean* (2003), o *Heijunka Box* é um quadro de nivelamento de carga onde cada linha horizontal é designada a um tipo de produto e cada coluna vertical representa intervalos idênticos de tempo para a retirada ritmada de *kanban*. Cada *kanban* nos espaços representa um pteich de produção para um tipo de produto.

Esse método simples usa os intervalos de tempo na parte superior (identificação das colunas) para ordenar visualmente as ordens de produção – *kanban* de produção – de forma a deixar completamente claro que itens produzir a seguir e o momento exato de fazer isso.

7 – Como administrar os fluxos de informação e de material nos processos anteriores ao processo puxador?

Podem-se criar supermercados para regular o fluxo de material nos processos anteriores que apresentam padrões diferentes da operação ou tempos de *setup* distintos do processo puxador ou ainda, distâncias significativas dos processos. Neste momento faz-se uso do *kanban* de retirada que ajudará os movimentadores de materiais a identificar aonde ir exatamente para entregar e recolher o material.

8 – Como dimensionar os supermercados e disparar a puxada?

Para isso deve-se estabelecer uma quantidade padrão de estoque de cada peça para manter nas células de montagem com base na natureza e na frequência da rota de transporte; criar um *kanban* de retirada separado para cada contêiner estocado nas células e determinar a quantidade certa de produtos mantidos no supermercado central.

9 – Como controlar o fluxo dos processos em lotes a partir do supermercado?

Para programar os processos em lote utiliza-se um conjunto de ferramentas conhecido como *kanban* de sinalização. Para implementar o *kanban* de sinalização são necessárias quatro etapas:

1. determinar o tempo disponível para *setup*;
2. estabelecer o número de setups por dia;
3. determinar o tamanho do lote de produção;
4. especificar um ponto de disparo para reposição.

10 – Como expandir a puxada nivelada por toda a fábrica?

As opções de expansão podem ser a abordagem por fluxo de valor, quando todos os recursos da planta podem ser perfeitamente divididos e dedicados a fluxos de valor individuais; e a abordagem departamental, quando os processos usam recursos compartilhados.

11- Como manter o sistema puxado nivelado?

Manter a puxada nivelada não é uma tarefa fácil nem de curto prazo. Em qualquer puxada nivelada, três atividades de gerenciamento são críticas:

1. monitoramento contínuo da demanda do cliente;
2. avaliação contínua dos indicadores de desempenho e da estabilidade do processo;
3. supervisão diária do controle de produção e dos processos operacionais para garantir que o trabalho padronizado seja seguido.

Alguém deve desempenhar cada uma dessas funções e designar responsabilidades para as atividades do dia a dia na organização.

12 – Como melhorar o sistema puxado nivelado?

Para melhorar, a organização deve manter a estabilidade do processo através da redução do estoque de segurança, redução de *setup*, pois em todos os processos há alguma perda remanescente que se manifesta na forma de perda de disponibilidade, de velocidade ou de qualidade.

Além disso, uma fonte importante de melhoria do sistema pode ser encontrada no tempo não produtivo, especialmente nas esperas dos materiais nos supermercados. O estoque de ciclo pode ser diminuído apenas com a diminuição do lead time de manufatura porta a porta.

Alguns indicadores podem ser utilizados para a medição das melhorias provocadas pela implantação de um sistema puxado. Esses indicadores podem ser descritos e classificados nos grupos a seguir e foram extraídos e adaptados de Smalley (2004).

Indicadores de produtividade: Mão de obra direta (peças / pessoa / hora) e número de movimentadores de materiais.

Indicadores de qualidade: índice de refugo e índice de retrabalho das peças produzidas.

Indicadores de parada: tempo de parada por turno.

Giros de inventário: quantas vezes o estoque gira por mês, calculando o nível de estoque em valores monetários dividindo pelo custo da venda deste estoque no mês.

Entregas dentro do prazo: este indicador é importante tanto para os clientes internos (setor de serigrafia por exemplo) como para os clientes externos.

Custos: Redução dos custos de produção da fábrica, como por exemplo, horas extras, perdas de produto, entre outros.

Em síntese, Smalley (2004), descreve os doze passos para implantação do sistema de produção enxuta dividindo-os em 3 etapas que serão apresentadas na seção do estudo de caso.

3 Metodologia

Este capítulo irá apresentar o modelo de referência da pesquisa. Além disso, serão apresentadas as principais técnicas da metodologia científica, para depois ser selecionadas as que mais se adequam para se atingir o objetivo dessa pesquisa, além das fases do trabalho.

O estudo da metodologia científica é de fundamental importância para responder as questões de uma pesquisa. Mediante essa metodologia, o pesquisador deve disciplinar o espírito, adaptar os recursos às exigências do objeto a estudar e selecionar processos mais adequados. Dessa maneira, mediante uma boa metodologia, a pesquisa se torna segura e é realizada com economia de meios (RUY, 2002).

Segundo Fleury (1994) a metodologia não pode ser considerada como simples coleção de métodos e técnicas. É uma sistemática cujo objetivo consiste em analisar as características dos vários métodos disponíveis, em avaliar suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e em criticar os pressupostos ou implicações de sua utilização. A metodologia lida com avaliação de técnicas de pesquisa e com a geração ou experimentação de novos métodos que dizem respeito tanto à observação quanto à projeção.

A pesquisa é definida como uma atividade voltada para a solução de problemas. Seu objetivo consiste em descobrir respostas para perguntas, através do emprego de processos científicos (CERVO *et al*, 2007).

A partir da definição do objeto de estudo, deve-se definir com base na metodologia científica, os métodos e técnicas coerentes para se alcançar os resultados, ou seja, deve-se planejar a pesquisa.

Os métodos e as técnicas a serem empregados na pesquisa científica podem ser selecionados desde a proposição do problema, da formulação das hipóteses e da delimitação do universo ou da amostra.

A seleção do instrumental metodológico está, portanto, diretamente relacionada com o problema a ser estudado; a escolha dependerá de vários fatores relacionados com a pesquisa, ou seja, a natureza dos fenômenos, o objeto da pesquisa, e outros elementos que possam surgir no campo da investigação. (LAKATOS e MACONI, 2001).

Tanto os métodos quanto as técnicas devem adequar-se ao problema a ser estudado, às hipóteses levantadas e que se queira confirmar, ao tipo de informantes com que se vai entrar em contato.

Sendo assim os próximos itens buscam explicar os detalhes dos diferentes tipos de métodos e técnicas, para que na próxima seção sejam selecionados os que mais se adequam à pesquisa.

Segundo Silva e Menezes (2000) existem várias formas de classificar as pesquisas. As formas clássicas de classificação são do ponto de vista da forma de abordagem, de seus objetivos e dos procedimentos técnicos ou estratégias para alguns autores.

3.1 Abordagem do problema

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa, segundo Silva e Menezes (2000), pode ser caracterizada como pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa.

A pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, ou seja, traduzir em números, opiniões e informações para classificá-los e analisá-los.

A abordagem quantitativa quantifica opiniões, dados, nas formas de coleta de informações, assim como também com o emprego de recursos e técnicas estatísticas. O método quantitativo procura descobrir e classificar a relação entre variáveis, assim como na investigação da relação de causalidade entre os fenômenos (OLIVEIRA, 1997).

A abordagem qualitativa difere da quantitativa pelo fato de não empregar dados estatísticos como centro do processo de análise de um problema. Ela descreve os eventos visando a compreensão dos fenômenos da perspectiva dos participantes da situação.

Segundo Silva e Menezes (2000) a pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa qualitativa, não requerendo o uso de métodos e técnicas estatísticas.

Ainda segundo o mesmo autor, na pesquisa qualitativa, o pesquisador como instrumento chave, interpreta fenômenos e atribui significado através da coleta de dados. As técnicas de coleta de dados mais utilizados para pesquisas qualitativas são, de acordo com Bryman (1989): entrevistas, questionários, observação, documentos e simulação.

- Entrevistas: as entrevistas podem ser estruturadas ou não-estruturadas. Na primeira, informantes-chaves são questionados a respeito de tópicos definidos a priori, enquanto que na segunda, o informante tem a liberdade de falar sobre o que considera importante a respeito de um assunto mais amplo.

- Questionários: coleção de questões onde o informante responde sem a presença do pesquisador.

- Observação: pode ser participativa ou estruturada. Na primeira o pesquisador pode tomar parte nos eventos que estão sendo estudados e na segunda, o pesquisador grava as observações em um planejamento inicial, mas não tem participação no dia-a-dia da organização.

- Documentos: informações oficiais registradas pela organização.

- Simulação: indivíduos são questionados a imitar o comportamento da vida real para observar como reagem as diferentes ações.

Uma vez manipulados os dados e obtidos os resultados, o passo seguinte é a análise e interpretação dos mesmos.

3.2 Objetivos de pesquisa

De acordo com Gil (2002), do ponto de vista de seus objetivos a pesquisa pode ser:

- Exploratória: a qual visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou construir hipóteses, envolvendo levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiverem experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão (CERVO, 2007).

- Pesquisa Descritiva: a qual visa descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis, envolvendo o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistêmica.

- Pesquisa Explicativa: a qual visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos, aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão, o “porquê” das coisas.

3.3 Procedimentos técnicos de pesquisa

Os procedimentos técnicos são chamados por alguns autores como Métodos de Procedimentos (BRYMAN, 1989) ou Estratégia de Pesquisa (YIN, 1994). Estes são apresentados neste trabalho segundo Gil (2002), como:

- Pesquisa Bibliográfica: quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na internet;

- Pesquisa Documental: quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico;

- Levantamento: quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer;

- Estudo de Caso: para Yin (1994), o estudo de caso é uma estratégia que visa investigar um fenômeno dentro do seu contexto real, especialmente quando as fronteiras entre este fenômeno e seu contexto não são claras ou evidentes. O objetivo do estudo de caso não é generalizar resultados de uma amostra para a população ou enumerar frequências de uma característica desta população, mas sim gerar *feedback* à teoria.

- Pesquisa-ação: Neste tipo de estratégia, o pesquisador reconhece o problema e sua solução. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

3.4 Seleção dos métodos e técnicas da Pesquisa

Com base nas definições apresentadas sobre a abordagem da pesquisa, o presente trabalho pode ser classificado como pesquisa qualitativa, nesta, como é apresentado por Silva e Menezes (2000), o pesquisador como instrumento chave, interpreta fenômenos e atribui significado através da coleta de dados, não necessitando do uso de métodos e técnicas estatísticas.

O ambiente da empresa estudada é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador analisou seus dados indutivamente.

Esta coleta de dados foi realizada através de questionários enviados ao gerente da empresa, entrevista não-estruturada no ambiente do chão de fábrica da empresa estudada com operários do chão de fábrica, gerente de PCP e diretor, além de análise de documentos oficiais da empresa, como relatórios de vendas, mapas de fluxo de valor, tabelas de cálculos do sistema puxado, indicadores de desempenho, entre outros.

Além disso, utilizou-se de observação participativa, com visitas ao ambiente produtivo durante todo o período de implantação do método de implantação do sistema de produção puxada, que será apresentada no capítulo 4. Estas observações diretas na produção, foram realizadas de forma cuidadosa a fim de identificar o método adotado, as evidências da implantação da produção enxuta e especificamente da produção puxada, e as melhorias conseguidas com adoção do sistema.

O estudo de caso é frequentemente utilizado para promover o entendimento das áreas funcionais da organização, e a presente pesquisa visa entender como a produção puxada pode trazer benefícios para a indústria farmacêutica.

Além disso, o estudo de caso é indicado para questões exploratórias; o presente trabalho, como visto anteriormente, classifica-se como exploratório e descritivo segundo seu objetivo. As questões exploradas na pesquisa são:

- Como a produção puxada nivelada pode diminuir ou eliminar os desperdícios de superprodução e estoques encontrados em um ambiente de produção de embalagens plásticas para indústria farmacêutica?
- Quais as melhorias provocadas através da aplicação dos doze passos propostos por Smalley para implantação do sistema de produção puxada nivelada?.

Para responder estas questões, a pesquisa foi feita utilizando o estudo de caso de uma única empresa, com o objetivo de avaliar a aplicação da produção puxada nivelada em uma indústria de embalagens plásticas farmacêutica, além dos objetivos específicos de analisar a aplicação do roteiro de 12 passos propostos por Smalley; medir as melhorias provocadas através dos indicadores; avaliar a eliminação dos desperdícios de superprodução e estoques apresentados pelo sistema *lean production*.

As melhorias, indicadores e dificuldades foram apresentados a fim de descrever a produção puxada na indústria estudada.

Em síntese, a presente pesquisa caracteriza-se por ser um estudo de caso com pesquisa exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa e coleta de dados realizada a partir de entrevistas, questionários, análise de documentos e observação.

4 Estudo de caso

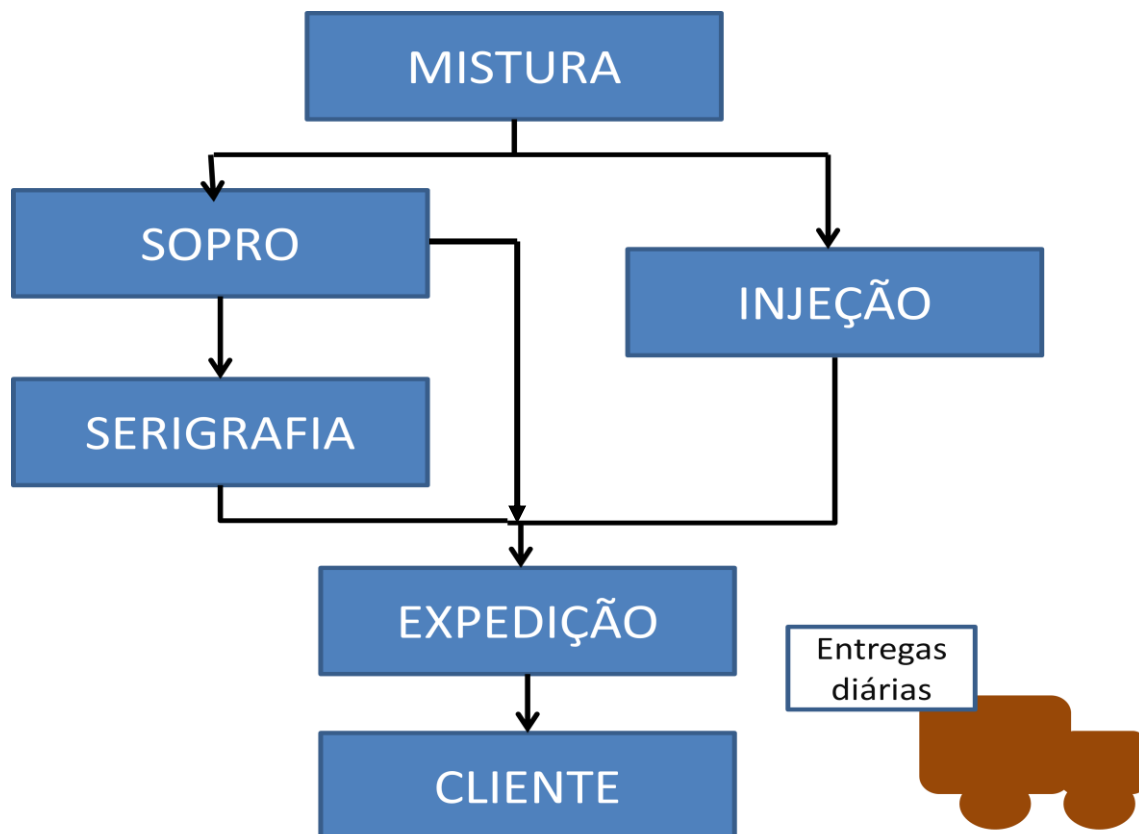
4.1 A Empresa

Fundada em 2001 e localizada em Barretos (SP), a empresa estudada é genuinamente brasileira e vem atuando no mercado com profissionalismo e competência. É destinada à produção de embalagens plásticas em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), PEBD (Polietileno de Baixa Densidade), PP (Polipropileno) e PET e seus principais clientes são indústrias farmacêuticas localizadas no estado de São Paulo.

A empresa conta com 90 colaboradores e uma área produtiva de 7.500m², produzindo em 2 turnos.

O fluxo do processo produtivo está apresentado na Figura 4.1

Figura 4.1 - Processo produtivo da empresa



Fonte: Empresa

Estes processos estão descritos a seguir:

Processo Mistura: Nesta etapa, a matéria-prima, polietileno de alta e baixa densidades, pigmentos, polipropilenos e pet, são misturados conforme receita específica e acondicionados

em caixas. Cada caixa corresponde a um lote de produção. As Figuras 4.2 e 4.3 demonstram o misturador e a caixa para acondicionamento, respectivamente.

Figura 4.2 - Misturador



Figura 4.3 - Caixa para acondicionamento



Fonte: Empresa.

Processo Sopro: Este setor recebe a mistura preparada na etapa anterior e transforma esta matéria-prima em frascos através do derretimento do material e a formação de um *parison*, que é uma espécie de mangueira de polietileno derretido e flexível o suficiente para uma posterior formação de um frasco em um molde através do processo de sopro. Este *parison* entra no molde e recebe uma injeção de ar fazendo com que o polietileno derretido se expanda e “cole” na parede do molde que está refrigerada. Este choque térmico faz com que o polietileno se enrijeça e forme o frasco. A máquina de sopro pode ser visualizada na Figura 4.4.

Figura 4.4 - Sopro



Fonte: Empresa.

Processo Injeção: Este setor recebe a mistura preparada na etapa anterior e transforma a matéria prima em peças, como tampas e batoques, através do derretimento do material e posterior injeção deste material em um molde que dá o formato ao produto. Após esta etapa, o produto vai para a expedição. A Figura 4.5 mostra este processo.

Figura 4.5 - Injeção



Fonte: Empresa.

Processo Serigrafia: Este setor recebe os frascos do processo de sopro e serigrafia (pinta) os frascos conforme arte específica indicada pelo cliente. Após esta etapa o produto vai para a expedição. Este processo está representado na Figura 4.6.

Figura 4.6 - Serigrafia



Fonte: Empresa.

4.2 Método para implementação do sistema

É apresentado aqui o método para implantação do sistema de produção puxada utilizado pela empresa. O método foi desenvolvido baseado no modelo apresentado na revisão bibliográfica, o Método para Implantação do Sistema de Produção Enxuta apresentado por Nazareno (2003).

Para tanto, o método apresenta características genéricas para o processo de transformação de empresas que apresentam características de alta variedade de produtos, grande variedade de peças e componentes, alta variedade de volume de produção e alta variedade de processos produtivos.

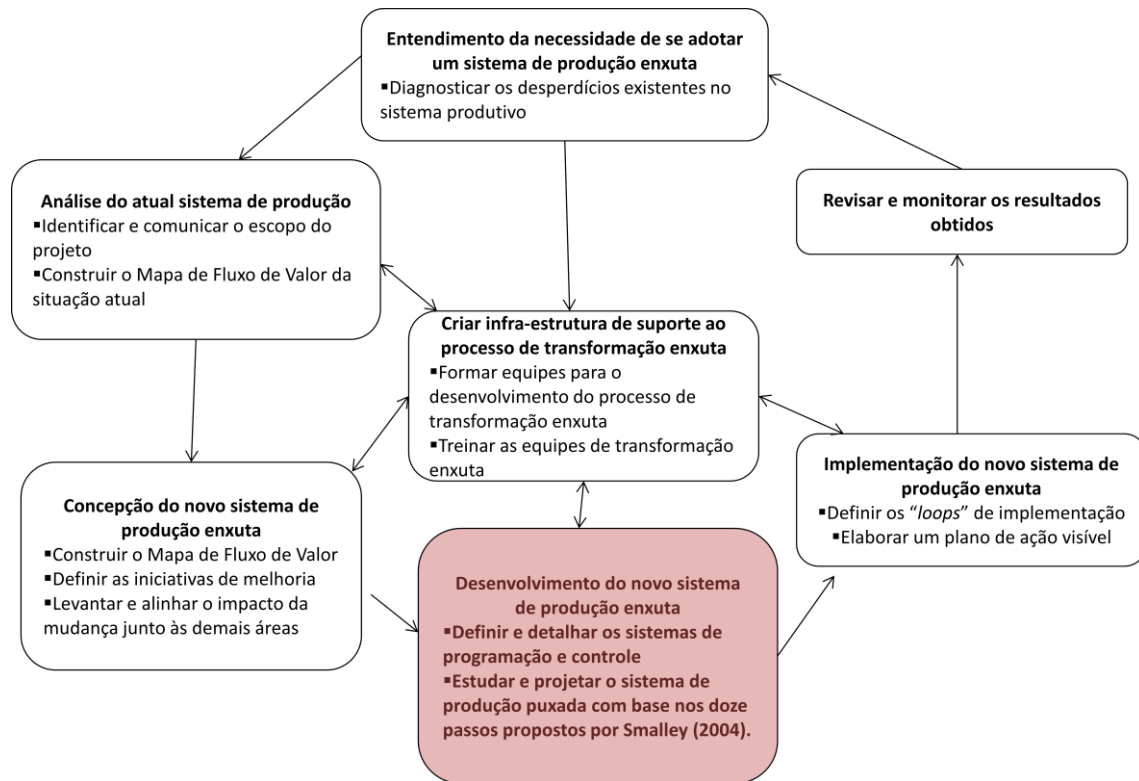
Portanto, esse método tem o objetivo de abordar as seguintes particularidades da empresa:

- Diagnosticar a existência de desperdícios de produção;
- Visualizar e analisar a situação atual e propor a situação futura;
- Definir sistemas de controles mais apropriados dos produtos;
- Implementar o sistema de produção puxada com base nos doze passos de Smalley, 2004.
- Acompanhar e analisar os resultados.

A figura 4.7 apresenta uma estrutura visual do método utilizado pela empresa baseado em Nazareno (2003). Vale reforçar que, o método foi adaptado para a realidade da empresa e o presente trabalho descreverá o método e priorizará o passo de “Desenvolvimento do Sistema de Produção Enxuta – estudar e projetar o sistema de produção puxada com base nos doze princípios propostos por Smalley, 2004”, atendendo o objetivo deste.

No passo “Desenvolvimento do novo sistema de produção enxuta” a empresa, ao invés de como proposto por Nazareno (2003), decidiu “Estudar e projetar os sistemas de produção puxada com base nos doze passos propostos por Smalley (2004)”, neste primeiro momento, como pode ser verificado na Figura 4.7, em destaque na figura.

Figura 4.7 – Método para desenvolvimento do projeto



Fonte: Adaptado de Nazareno (2003).

4.2.1 Entendimento da necessidade de se adotar um Sistema de Produção Enxuta

– diagnosticar os desperdícios

Inicialmente, diagnosticou-se que a produção da empresa era penalizada ora com faltas ora com sobras (**superprodução**). Foi detectado que a empresa não conseguia atender os clientes com produtos que eram necessários, ocorrendo a falta e por muitas vezes estes paravam por falta de embalagem, por entregas atrasadas. Porém, a produção continuava com sua capacidade máxima e a fábrica estava lotada de produto acabado (**estoque**) e estoque em processo.

No final de 2010, a empresa, detectando estes problemas, optou pela compra de mais cinco máquinas e rodava com a produção em três turnos. Apresentava um alto número de paradas de máquinas e um alto tempo de *setup*. Como a empresa tinha muito estoque, não se preocupava com a manutenção preventiva e tinham muitas máquinas paradas por falta de manutenção básica (elétrica, hidráulica e pneumática sem peça de reposição), elevando o tempo de parada e a redução do tempo disponível para produção. Com isso, a dificuldade de programação aumentava porque o número de máquinas disponíveis era menor.

No final deste mesmo ano, o gerente afirmou que, em um dia ao chegar à fábrica, encontrou 17 máquinas paradas.

Em julho de 2011, quando entendeu a necessidade de se adotar um sistema de produção enxuta, a empresa verificou que os problemas apresentados acima permaneciam mesmo com a aquisição de novas máquinas e a capacidade sendo utilizada em sua totalidade.

Com base na tabela 2.1 apresentada da revisão bibliográfica, que faz parte do primeiro passo do método, e com reuniões realizadas, eles conseguiram identificar que a superprodução poderia estar ocorrendo devido à falhas no PCP (Planejamento e Controle da Produção) da empresa e a grande quantidade de estoques, devido a aceitação da superprodução.

No final deste mesmo mês, foi realizada uma reunião para definir a adoção de um novo sistema para eliminação dos dois principais desperdícios, o de superprodução e estoques.

4.2.2 Criação da infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta

Este passo é composto pela formação de equipes para o desenvolvimento do processo de transformação e o treinamento das equipes de transformação, como descrito no capítulo 2.

Para iniciar o processo de transformação, foi definida a equipe geral do projeto. Para tanto, decidiu-se que o patrocinador seria o Diretor da empresa, legitimando o processo de mudança. O papel seguinte definido na equipe foi o de líder do projeto. Este foi ocupado pelo gerente de planejamento e controle da produção da empresa, sendo responsável por gerenciar operacionalmente o plano de implementação. Além destes integrantes citados, foram alocados à equipe pessoas responsáveis por cada setor produtivo (lideranças), além de duas colaboradoras (engenheiras de produção) para o líder do projeto, que passaram a trabalhar no setor de planejamento e controle da produção. É importante comentar que as lideranças dos setores produtivos têm influência e conhecimento nos respectivos setores.

Foi oferecido um treinamento inicial básico para as lideranças e equipe do projeto. Além disso, foram realizadas apresentações e informações sobre a empresa, a mudança e o processo de transformação propriamente dito.

Os integrantes receberam treinamentos nos seguintes tópicos:

- Diagnóstico da situação atual da empresa e as mudanças identificadas para serem realizadas;
- Visão geral sobre produção enxuta;

- Produção puxada e passos para alcançá-la;
- Informações sobre a metodologia de condução do processo de mudança.

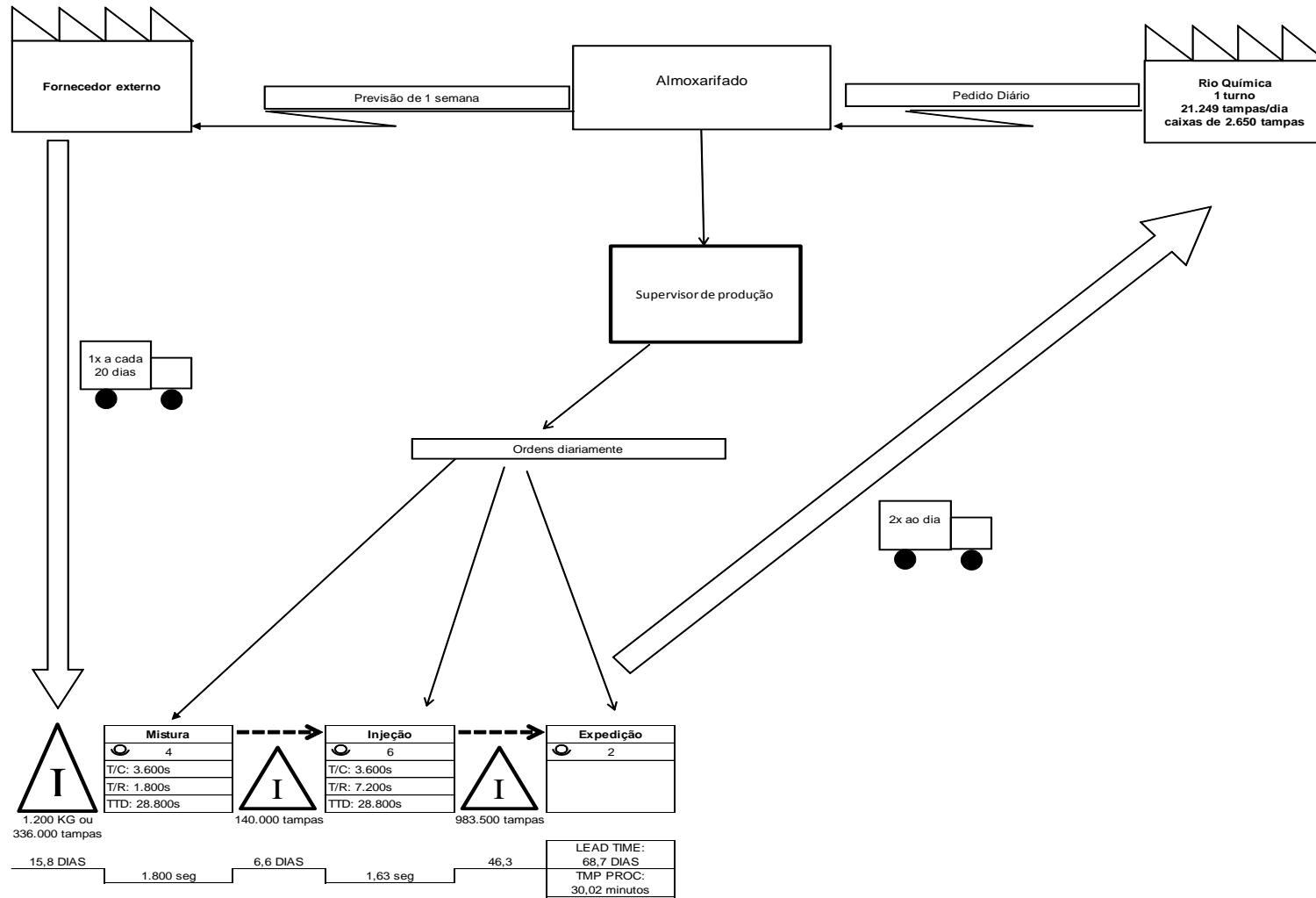
4.2.3 Análise do atual sistema de produção

Utilizando a ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor Atual, foram identificados os principais problemas encontrados no fluxo de produção.

A empresa escolheu a família de Tampas para desenhar o fluxo de valor atual, por ser a família com maior representatividade na demanda da empresa. O mapa da situação atual da empresa está representado na Figura 4.8.

Figura 4.8 - Mapa de fluxo de valor atual

MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR - TAMPAS
Estado Atual



Fonte: Empresa.

Inicialmente, diagnosticou-se que a programação era enviada pelo almoxarifado para o supervisor de produção, o qual decidia o que fazer. Este por sua vez decidia pela ordem mais fácil, geralmente pelo tempo de *setup* das máquinas. O envio dos itens aos processos consumidores, bem como a programação, era feita de forma empurrada e não de acordo com a taxa de consumo.

Ou seja, cada processo (mistura e injeção) operava como uma ilha isolada, produzindo e empurrando o produto de acordo com as programações recebidas do supervisor.

O departamento de mistura processava um lote de polietileno para 140.000 tampas em 2 turnos, empurrando este lote para a injeção, resultando em um estoque em processo de aproximadamente 6,6 dias.

Como todo esse material ainda não era necessário para a injeção, ele era manuseado, controlado e armazenado em caixas grandes que ocupavam um grande espaço - puro desperdício.

Outra questão observada no mapa do estado atual foi o número de turnos. A mistura operava em 2 turnos com 2 pessoas para produzir estoque em processo que ficava sem uso pela injeção.

Diagnosticou-se um elevado índice de perda tanto na mistura quanto na injeção. No primeiro processo, este valor chegava a 1,5 toneladas/mês para 20 toneladas produzidas no mesmo período, atingindo um índice de 7,5%. Já no segundo processo, este índice era de 3,39%.

Na injeção, verificou-se que a máquina produzia 24 tampas a cada 39 segundos sendo que, haviam 32 bicos nesta máquina. Os reparos nos modes com bicos eram realizados pelo pessoal da manutenção além das peças de reposição serem adquiridas de fornecedores distantes.

O tempo para o *setup* neste setor estava em 5 horas (entre a troca de molde e limpeza dos bicos) além de ser realizado somente por 1 operador. Como o *setup* era muito alto e os bicos não estavam sendo utilizados em 100% de sua disponibilidade, o setor trabalhava em 3 turnos para processar um lote de 140.000 tampas "empurrado" pela mistura.

Além disso, o setor levava aproximadamente 3 dias (com 3 turnos cada) processando o lote de 140.000 tampas, pois o tempo disponível de 86.400 segundos, com 2.215 ciclos produzindo 24 tampas por ciclo, totalizava 53.169 tampas por dia.

Como a programação era enviada para a injeção pelo supervisor, sem considerar a necessidade do cliente, por muitas vezes o que este setor produzia não era o que a expedição

necessitava, gerando um estoque de produto acabado antes da expedição de 46 dias. O espaço destinado ao armazenamento de produtos acabados era de 2.500m².

Diagnosticou-se que grande parte dos estoques intermediários e de produtos acabados decorria da forma de programação realizada mensalmente, provocando o fenômeno de falta e sobra. Com isso, o nível de estoque de produto acabado era altíssimo e mesmo assim a empresa estava com entregas atrasadas e falta de produtos nos clientes, provocando falta de conciliação entre a demanda dos clientes e as entregas da fábrica.

Com tudo isso, o *lead time* de produção totalizava 68,7 dias contra um tempo de agregação de valor de 30,02 minutos.

A compra de matéria-prima (polietileno de alta densidade) era realizada com um fornecedor do mercado externo. Este realizava entregas a cada 20 dias em lotes de 40 toneladas de material.

Destacaram-se com este mapa, portanto, as disfunções gerais da empresa, avaliou-se e decidiu-se quais destas disfunções estariam sob influência do projeto, deixando claro quais eram os objetivos e resultados possíveis, para que não houvesse frustração da equipe. Desta análise foi desenvolvida a situação futura.

Com isso, foram definidos os pontos de melhoria com o auxílio da gerência e do grupo do projeto, para responder às necessidades da empresa.

4.2.4 Concepção do novo sistema de produção enxuta

Nesta etapa, de acordo com a revisão bibliográfica, constrói-se o mapa da situação futura e define-se iniciativas para implementação.

É importante neste momento confrontar as práticas e ferramentas do sistema de produção enxuta com os desperdícios e problemas raízes diagnosticados.

Com o mapa do fluxo de valor atual, ficou evidente a grande quantidade de estoques, os processos não conectados (cada um produz segunda a sua própria programação) empurrando sua produção para frente e o longo *lead time* em comparação ao pequeno tempo de processamento.

Baseado nisto, a empresa desenhou o mapa da situação futura seguindo os passos abaixo:

1° Cálculo do *takt time*

O tempo disponível para um turno é de 26.000 segundos. Dividindo-se este tempo pela demanda diária de 21.249 tampas, chega-se a um *takt time* de 1,22 segundos, conforme fórmula abaixo:

$$takt\ time = \frac{26.000}{21.249} = 1,22\ segundos$$

Portanto, para atender a demanda do cliente dentro do tempo de trabalho disponível, a empresa precisaria produzir uma tampa a cada 1,22 segundos.

O tempo de ciclo da injeção será definido em 1,22 segundos pois de 28.800 segundos teoricamente disponíveis foram abatidos os tempos de *setup* estimados para a situação futura.

2° Desenvolvimento de um supermercado para controlar a produção

A empresa optou por começar com um supermercado de produtos acabados antes da expedição. Ela determinará a produção efetiva por meio de *kanban*, retornando para a mistura a partir de produtos acabados.

Na medida que o cliente comprar em caixas de 2.650 tampas, essa é uma opção simples do tamanho do *kanban*. A cada caixa retirada, o almoxarife levaria o *kanban* de produção para a mistura produzir e enviar FIFO à injeção e suprir o supermercado.

3° Desenvolvimento de um sistema puxado na expedição

A empresa resolveu por substituir o sistema empurrado por um sistema puxado misto, decidindo por utilizar os doze passos propostos por Smalley (2004) para implementação do sistema puxado de produção.

4° Programação apenas para o processo puxador

A programação deverá ser enviada apenas para a expedição que regulará o fluxo completo de valor das tampas.

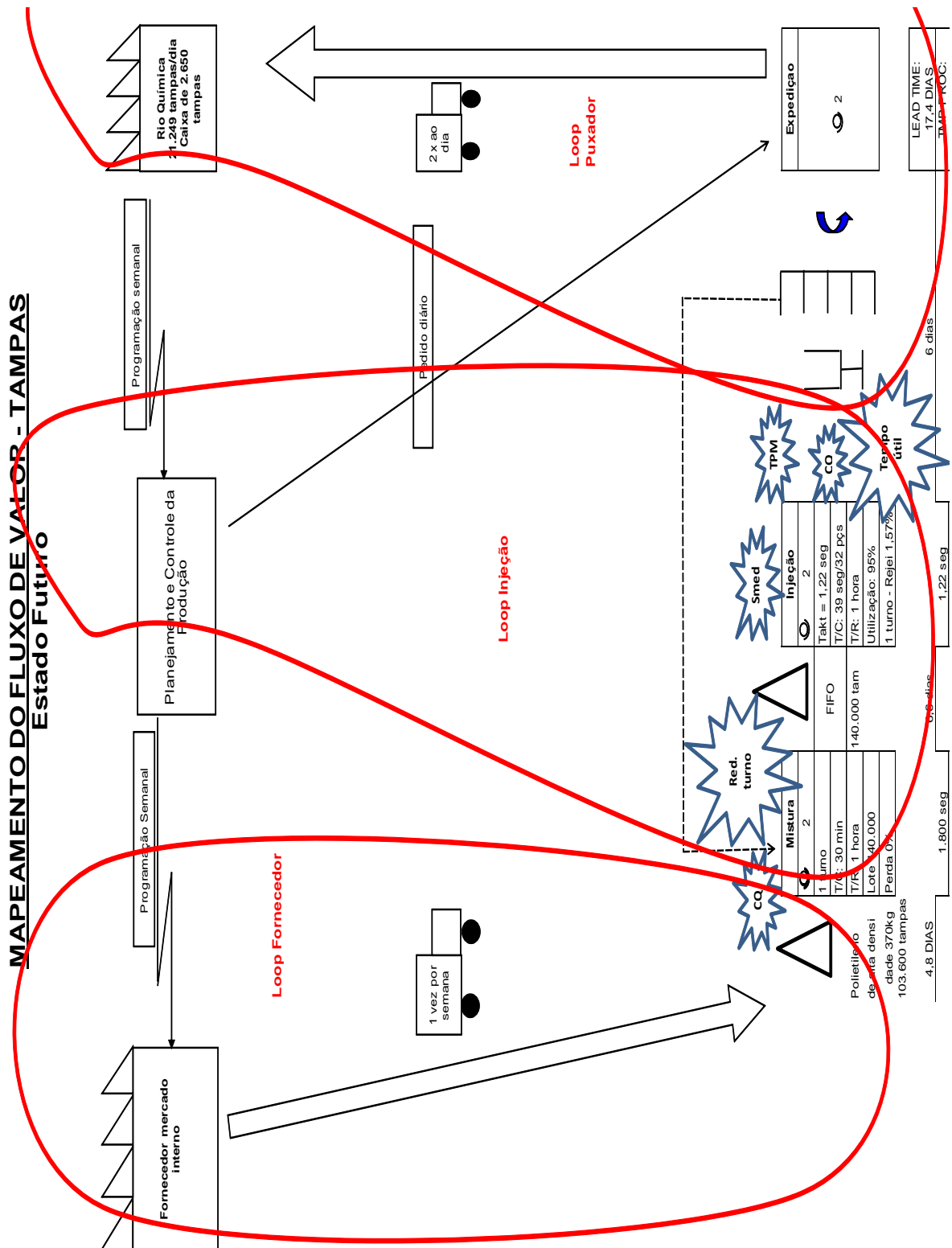
5° Elaboração das melhorias necessárias para o fluxo de valor funcionar como no desenho do estado futuro

Vizualizar os fluxos de material e de informação que a empresa imagina para o estado futuro requer as seguintes melhorias no processo:

- Redução do tempo de troca de moldes na injeção para permitir uma resposta mais rápida às demandas do processo puxador.
- Redução do tempo de limpeza na injeção.
- Melhoria do tempo útil na mistura e injeção.
- Eliminação de 1 turno em ambos processos, que permitirá a redução do estoque em processo.
- Troca de fornecedor da matéria- prima para aumentar o número de vezes de entrega e reduzir o estoque de material.
- Criação de um departamento de PCP (Planejamento e Controle da Produção).

O mapa futuro está representado na Figura 4.9.

Figura 4.9 - Mapa de fluxo de valor futuro



Fonte: Empresa

Com a substituição do sistema empurrado pelo puxado, de acordo com Nazareno (2003), o desperdício de superprodução, causado por falhas no PCP, seria solucionado com “puxar” a produção. Além disso, de acordo com o mesmo autor, o desperdício de estoques, causado por aceitar a superprodução, seria solucionado, sincronizando o fluxo pela produção puxada e redução de *setup*.

Em uma reunião com a equipe do projeto, com base na tabela 1 apresentada no capítulo 2 deste trabalho, onde se confrontam-se os desperdícios com as ferramentas, foram propostas as seguintes iniciativas para implementação para início do projeto:

- Substituição do sistema empurrado pelo puxado misto;
- Utilização dos doze passos propostos por Smalley (2004) para implementação do sistema puxado.

A implementação do mapa futuro completo seguirá as etapas dos *loops* detalhados no item 4.2.6.

É importante ressaltar que, de acordo com Nazareno (2003), as ações de melhorias podem ser compostas por uma ferramenta ou um conjunto de ferramentas do sistema de produção enxuta, confirmando portanto, o motivo da empresa ter decidido iniciar por uma, o sistema de produção puxada.

4.2.5 Desenvolvimento do novo sistema de produção enxuta

Nesta etapa, define-se e detalha-se o sistema de programação e controle da produção. Para o projeto, foi definido que a programação da produção seria desenvolvida com base no manual “Criando o Sistema Puxado Nivelado” de Smalley (2004), composto por doze passos apresentados na revisão bibliográfica.

Os passos propostos na revisão bibliográfica serão descritos a seguir de acordo com o desenvolvimento da empresa.

Primeiramente, para se implantar o sistema puxado, foram determinados quais eram os produtos acabados que deveriam ser mantidos em estoque e quais iriam ser produzidos sob encomenda. Para isso, analisou-se o volume de vendas no período que compreendeu os meses de setembro de 2010 e setembro de 2011, ou seja, treze períodos. Aplicou-se a análise de segmentação por produto chamada “análise ABC da produção”, onde foram classificados os produtos de maior volume de produção, do maior para o menor. A Tabela 4.1 mostra este volume de vendas para o período já com a classificação proposta.

Tabela 4.1 – Classificação ABC: Itens classe A e B

Codigo	Descricao	Unidade	DEMANDA MÉDIA DIÁRIA GERAL	CLASSIFICAÇÃO
121130009	TAMPA C/ LACRE DIPIRONA 15ML- CX 12.000	UN	41.894,21	A
121130031	BATOQUE FRASCO 15ML REF.03-CX. 36.000	UN	28.550,52	A
121030206	TAMPA ALMOTOLIA INCOLOR PELICULA	UN	21.249,73	A
121020027	ESCOVA PARA ENVASE (CAIXA COM 900UN)	UN	15.973,13	A
121130029	BATOQUE FRASCO 15ML REF.02-CX 36.000	UN	14.412,06	A
121130030	TAMPA C/ LACRE PARACETAMOL 15ML - CX 11.000	UN	12.311,90	A
121130024	FR.VZ.BCO.DIPIRONA 10ML CART	UN	11.001,40	A
121130055	FR.VZ.BCO.DIPIRONA 10ML V.P.	UN	9.044,71	A
121030162	ALMOT.VZ.INC.RIALCOOL 70% ANTIS. 100ML VN.	UN	8.820,34	A
121130077	FR.VZ.BCO.PARACETAMOL 200MG 15ML VP	UN	7.830,46	A
121130085	BATOQUE GOTEJADOR BOCAL 18MM	UN	6.868,85	B
121030196	TAMPA ALMOTOLIA MARROM PELICULA	UN	4.767,44	B
121130053	FR.VZ.BCO.PET. MEBENDAZOL 30 ML VP	UN	4.658,41	B
121130022	FR.VZ.BCO.CLOR.METOCLOPRAMIDA 10ML VP	UN	4.630,93	B
121130082	FR.VZ.BCO.PARACETAMOL 200MG 10ML VP	UN	4.522,69	B
121130074	FR.VZ.INC.SORISMA 30ML V.P.	UN	4.190,54	B
121130008	BATOQUE FRASCO 15ML REF.01-CX. 36.000	UN	3.868,39	B
121030221	ALMOT.VZ.BCA.RIOHEX 0,5% SOLUC. ALC. 100ML	UN	3.583,39	B
121030141	ESCOVA CIRURGICA SECA ESTERIL (CX.288UNID)	UN	3.321,72	B
121020019	ALMOT.VZ.MAR. 100ML	UN	3.164,82	B
121030174	FR.VZ.INC.RIALCOOL 70% ANTI-SEP 50ML VN.	UN	3.098,54	B
121130054	FR.VZ.BCO.PET. LORATADINA 100ML VP	UN	2.884,61	B
121030202	FR.VZ.INC.RIALCOOL 70% ANTIS. VN. 1L- ROT.	UN	2.853,89	B
121030129	ALMOT.VZ.BCA.RIOHEX 2% DEGERMANTE VN.	UN	2.711,79	B
121030204	FR.VZ.INC.RIALCOOL 70% SANEANT.VN.1L- ROT.	UN	2.428,50	B
121030021	FR.VZ BCO CLORO RIO 2,5% 50ML VP	UN	2.290,69	B

Fonte: Empresa

Feito isso, notou-se que 12 dos 204 itens eram responsáveis por 60,73% da demanda e eram requisitados quase todos os dias pelo cliente. Estes eram os 12 itens classificados como A, ou volumes maiores de acordo com Smalley (2004). O segundo grupo é composto por 17 itens, responsáveis por 19,29% da demanda e pedidos quase que quinzenalmente pelos clientes. Este grupo é chamado de grupo B. O terceiro grupo consiste de 175 dos 204 itens que correspondem a 19,98% da demanda e eram pedidos mensalmente pelos clientes. Este grupo é chamado de grupo C, com volumes menores.

A empresa vinha tratando os três tipos de produtos da mesma forma por meio do mesmo processo centralizado de programação, como foi descrito no item 4.2.1 e mantinha estoques consideráveis de produtos acabados para cada produto. Entretanto, conforme já explanado, devido aos tamanhos dos lotes nas plantas e a falhas no PCP, a fábrica ainda se deparava com faltas em seus estoques de produto acabado, precisando de produção urgente.

Após a classificação dos produtos de acordo com a análise ABC da produção e com o conhecimento sobre a habilidade de seu processo de produção de entregar de acordo com a programação, a empresa optou por utilizar o sistema puxado misto, onde os itens classificados

nas categorias A e B deveriam estar no supermercado de produtos e os itens classificados na categoria C deveriam ser produzidos sob encomenda, no primeiro momento.

A decisão pelo sistema puxado misto se deu com base no quadro 2.1 do item 2.6 apresentado na revisão bibliográfica. Para adotar o sistema puxado de reposição, a empresa teria que manter estoque para todos os itens, o que seria inviável devido ao elevado número de itens. Muitos tinham baixo volume de venda e baixa repetitividade, causando alto investimento, além de precisar de muito espaço em armazéns para estocá-los.

Portanto, o que mais se enquadrava no momento para a empresa, sendo a opção mais atraente, seria o sistema puxado misto, que apresentaria um estoque moderado dos itens “A” e “B” e visibilidade nos itens classe “C”.

Escolher esta opção significava que a empresa passaria a gastar menos tempo gerenciando os 80% do volume pelos quais eram responsáveis os itens A e B e assim eles poderiam se concentrar na produção dos itens C para atender às encomendas.

Ao adotar este tipo de sistema, a empresa precisaria dedicar um grupo de máquinas (células) apenas para a produção dos itens C, sendo que todos os esforços para a redução de *setup* de máquina foram efetuados para atender ao grande número de itens que iriam ser produzidos nessas células.

Uma vez definido quais itens estariam no supermercado e quais itens iriam ser produzidos sob encomenda, a próxima questão foi o quanto de cada um desses itens deveria ser mantido no supermercado. Para isso, a empresa se baseou na fórmula apresentada por Smalley no item 2.6 da revisão bibliográfica. Foram determinados a demanda média diária geral, o *lead time* de reposição (em dias), o estoque de ciclo, o estoque pulmão e o estoque de segurança para chegar ao estoque de produtos acabados no supermercado, conforme demonstrado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Cálculos para implantação do sistema puxado

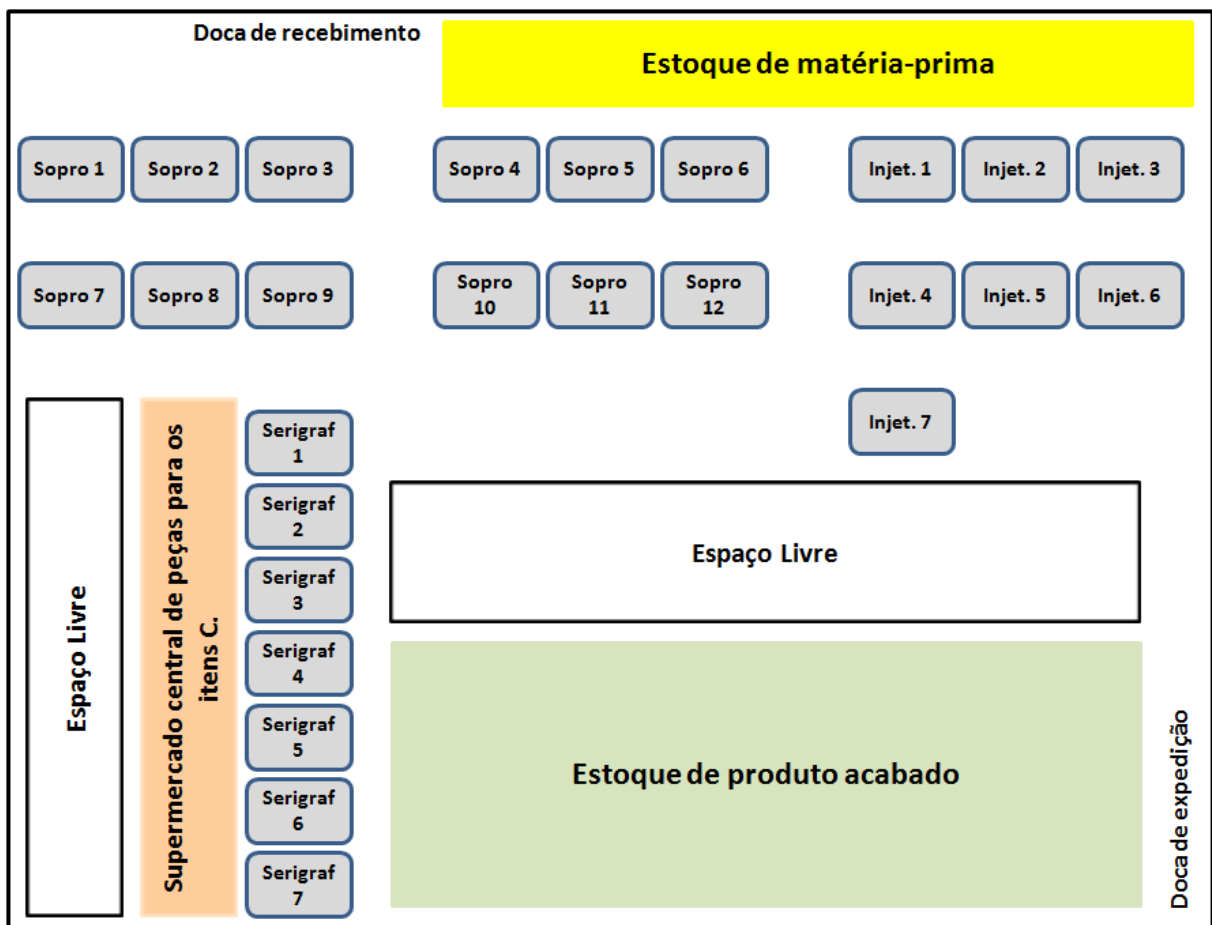
Código	Descrição	Unidade	DEMANDA MÉDIA DIÁRIA GERAL	LEAD TIME DE REPOSIÇÃO (DIAS)	ESTOQUE DE CICLO	ESTOQUE PULMÃO	ESTOQUE DE SEGURANÇA	ESTOQUE MÁX. NO SUPERMERCADO
121130009	TAMPA C/ LACRE DIPIRONA 15ML- CX 12.000	UN	41.894,21	7,00	293.259,48	29.325,95	29.325,95	351.911,38
121130031	BATOQUE FRASCO 15ML REF.03-CX. 36.000	UN	28.550,52	7,00	199.853,66	19.985,37	19.985,37	239.824,39
121030206	TAMPA ALMOTOLIA INCOLOR PELICULA	UN	21.249,73	7,00	148.748,11	14.874,81	14.874,81	178.497,74
121020027	ESCOVA PARA ENVASE (CAIXA COM 900UN)	UN	15.973,13	7,00	111.811,89	11.181,19	11.181,19	134.174,26
121130029	BATOQUE FRASCO 15ML REF.02-CX 36.000	UN	14.412,06	7,00	100.884,41	10.088,44	10.088,44	121.061,29
121130030	TAMPA C/ LACRE PARACETAMOL 15ML - CX 11.000	UN	12.311,90	7,00	86.183,28	8.618,33	8.618,33	103.419,94
121130024	FR.VZ.BCO.DIPIRONA 10ML CART	UN	11.001,40	7,00	77.009,80	7.700,98	7.700,98	92.411,76
121130055	FR.VZ.BCO.DIPIRONA 10ML V.P.	UN	9.044,71	7,00	63.312,98	6.331,30	6.331,30	75.975,57
121030162	ALMOT.VZ.INC.RIALCOOL 70% ANTIS. 100ML VN.	UN	8.820,34	7,00	61.742,41	6.174,24	6.174,24	74.090,90
121130077	FR.VZ.BCO.PARACETAMOL 200MG 15ML VP	UN	7.830,46	7,00	54.813,20	5.481,32	5.481,32	65.775,84
121130085	BATOQUE GOTEJADOR BOCAL 18MM	UN	6.868,85	7,00	48.081,94	4.808,19	4.808,19	57.698,32
121030196	TAMPA ALMOTOLIA MARROM PELICULA	UN	4.767,44	7,00	33.372,06	3.337,21	3.337,21	40.046,47
121130053	FR.VZ.BCO.PET. MEBENDAZOL 30 ML VP	UN	4.658,41	7,00	32.608,86	3.260,89	3.260,89	39.130,64
121130022	FR.VZ.BCO.CLOR.METOCLOPRAMIDA 10ML VP	UN	4.630,93	7,00	32.416,54	3.241,65	3.241,65	38.899,85
121130082	FR.VZ.BCO.PARACETAMOL 200MG 10ML VP	UN	4.522,69	7,00	31.658,85	3.165,89	3.165,89	37.990,62
121130074	FR.VZ.INC.SORISMA 30ML V.P.	UN	4.190,54	7,00	29.333,75	2.933,38	2.933,38	35.200,51
121130008	BATOQUE FRASCO 15ML REF.01-CX. 36.000	UN	3.868,39	7,00	27.078,71	2.707,87	2.707,87	32.494,45
121030221	ALMOT.VZ.BCA.RIOHEX 0,5% SOLUC. ALC. 100ML	UN	3.583,39	7,00	25.083,74	2.508,37	2.508,37	30.100,49
121030141	ESCOVA CIRURGICA SECA ESTERIL (CX.288UNID)	UN	3.321,72	7,00	23.252,07	2.325,21	2.325,21	27.902,49
121020019	ALMOT.VZ.MAR. 100ML	UN	3.164,82	7,00	22.153,72	2.215,37	2.215,37	26.584,46
121030174	FR.VZ.INC.RIALCOOL 70% ANTI-SEP 50ML VN.	UN	3.098,54	7,00	21.689,76	2.168,98	2.168,98	26.027,71
121130054	FR.VZ.BCO.PET. LORATADINA 100ML VP	UN	2.884,61	7,00	20.192,28	2.019,23	2.019,23	24.230,74
121030202	FR.VZ.INC.RIALCOOL 70% ANTIS. VN. 1L- ROT.	UN	2.853,89	7,00	19.977,23	1.997,72	1.997,72	23.972,68
121030129	ALMOT.VZ.BCA.RIOHEX 2% DEGERMANTE VN.	UN	2.711,79	7,00	18.982,54	1.898,25	1.898,25	22.779,05
121030204	FR.VZ.INC.RIALCOOL 70% SANEANT.VN.1L- ROT.	UN	2.428,50	7,00	16.999,53	1.699,95	1.699,95	20.399,44
121030021	FR.VZ BCO CLORO RIO 2,5% 50ML VP	UN	2.290,69	7,00	16.034,84	1.603,48	1.603,48	19.241,81

Fonte: Empresa

Com as novas metodologias de controle de estoque e a determinação dos níveis de estoque de cada item, os quais foram cuidadosamente projetados para assegurar que os produtos mais antigos fossem despachados antes, a empresa deveria planejar um novo arranjo físico para os estoques, a partir do que foi percebido que seria necessário menor espaço físico para a armazenagem de produtos.

O novo *layout* projetado está representado na Figura 4.10.

Figura 4.10 - Novo *layout* projetado pela empresa



Fonte: Empresa

Assim, a empresa decidiu reservar espaços segregados para cada um dos 29 itens que seriam estocados permitindo um controle visual que se somaria ao controle de estoque que a empresa possuía em seu sistema ERP (*Enterprise Resource Management*). Foram cadastrados no sistema ERP os dados calculados na tabela 4.1, para que se tenha um melhor controle da movimentação dos produtos e uma rápida resposta na produção dos itens que sofrerem variações nos níveis de estoque. Estes espaços segregados por item de estoque de produto acabado pode ser visto na Figura 4.11.

Após os cálculos e decisão sobre o layout, a empresa confirmou, como visto nos passos listados para o mapa da situação futura, o cálculo do *takt time* do processo para poder balancear a produção diária com este valor. Além disso, decidiram que realizariam esforços para redução dos lotes e tempos de *setup* das máquinas. Adicionalmente, definiu-se que o setor de expedição seria o processo puxador da fábrica.

Figura 4.11 - Estoque de produtos acabados



Fonte: Empresa

A descoberta chave foi fazer com que as máquinas produzissem um nível constante sempre que estivessem operando e mantivessem este nível até que o *takt time* mudasse em consequência da mudança da demanda no longo prazo.

Como a implementação do sistema puxado seria inicialmente somente para os itens classe A e B, o conteúdo de trabalho que seria alocado às máquinas variava somente um pouco, além de terem o *takt time* em torno do calculado para as máquinas, o que tornava possível o nivelamento no processo puxador.

Uma outra questão para o nivelamento da produção no processo puxador é a diminuição dos tempos de *setup*. A empresa se dedicou a esta diminuição utilizando novos produtos para limpeza, mudando os tipos de moldes e treinando os funcionários dos equipamentos a realizar este *setup*.

Adicionalmente, com base nos conceitos do cálculo do *pitch* de produção para os produtos classificados nas famílias A, B e C, a empresa definiu os intervalos de produção para nivelamento, baseado nas porcentagens de demanda da classificação ABC visando um novo planejamento da produção. Neste passo, Smalley (2004) sugere o cálculo destes intervalos com base no *pitch*. Como a quantidade de itens por embalagem varia muito de um item para outro, a empresa decidiu pelo seguinte cálculo para reposição dos produtos de forma nivelada:

Quadro 4.1 – Tempo disponível para dedicado a reposição dos itens

Itens	% do mix de produção	Tempo equivalente
Itens classe A	60%	433min . 60% = 260min
Itens classe B	20%	433min . 20% = 87 min
Itens classe C	20%	433min . 20% = 86 min

Fonte: Elaborado pela autora

Para que todo esse processo fosse operacionalizado, foi necessário determinar como transmitir as informações para a produção. Para isso, na produção *lean*, há uma ferramenta específica para a comunicação de ordens de produção e para a regulação da movimentação de materiais chamada *kanban*, como abordado na revisão bibliográfica. Para se planejar como deveria funcionar o *kanban*, a empresa precisou analisar o ambiente de demanda de seus produtos e determinar se ela era estável ou sujeita a grandes variações. Como a empresa efetua 90% de suas vendas para apenas dois clientes e a demanda de produtos destes clientes são estáveis, determinou-se que o *kanban de retirada* constituía a ferramenta que mais se adaptava à realidade da empresa. Dado que o departamento de almoxarifado da empresa é o responsável pelas movimentações de materiais pela fábrica, o almoxarife se tornaria o responsável pelos *kanbans* do processo puxador da fábrica.

Inicialmente, a empresa decidiu que enviaria a programação para o processo puxador (expedição) e o almoxarife faria a movimentação dos cartões retirados para a mistura (seguindo a ordem enviada pelo PCP ao almoxarifado). A implementação do *keijunka* estava prevista somente para o final do ano de 2012. A mistura enviaria de forma FIFO à injeção, abastecendo o supermercado de produtos acabados.

O passo seguinte foi o dimensionamento do tamanho do supermercado. Foi projetado o tamanho dos estoques de cada produto acabado, itens da curva A e B, onde foi considerado o estoque de ciclo que se soma ao estoque pulmão e ao estoque de segurança, conforme demonstrado na tabela 4.2. Cada *Kanban* representaria um *pich* de produção para um tipo de produto.

Vale lembrar que foram utilizados no planejamento e nos cálculos de implantação do *kanban* todos os produtos A e B produzidos na indústria de embalagens plásticas. No entanto, é recomendável que sua implantação seja efetuada por produto ou família de produtos. Dessa maneira, torna-se mais fácil efetivar a medição dos resultados e a correção de possíveis desvios de processo.

4.2.6 Implantação do novo sistema de produção enxuta

Como descrito, foi definido que a empresa adotaria o sistema puxado para os itens classe A e B inicialmente.

Quando a equipe se reuniu em julho de 2011, elaboraram um cronograma para implantação do novo sistema, definindo prazos. Este cronograma é apresentado na Figura 4.12.

Figura 4.12 – Cronograma para implantação do sistema

Ano	2011						2012							
Etapas/Meses	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Reunião para adoção de um novo sistema para eliminação dos desperdícios	■													
Definição da equipe de desenvolvimento do processo de transformação	■													
Treinamento básico		■												
Análise da situação atual		■												
Decisão sobre a situação futura			■											
Mudança de layout				■										
Implementação do <i>Loop 1</i>					■	■	■							
Implementação do <i>Loop 2</i>							■	■	■	■				
Implementação do <i>Loop 3</i>									■	■	■	■	■	■

Fonte: Empresa.

De acordo com o mapa de fluxo de valor do estado futuro, o fluxo de valor foi dividido em três etapas ou *loops* de implementação. Isto ajudou a empresa a enxergar os segmentos do fluxo que compõem o fluxo completo de valor, dividindo os esforços de implantação do estado futuro. Foram definidos 3 loops: *Loop* puxador (inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o seu processo puxador); *Loop* injeção (inclui o fluxo de material e de informação dos processos produtivos); *Loop* do fornecedor (inclui o fluxo de material e de informação entre o fornecedor e a empresa).

As etapas foram divididas da seguinte maneira:

Loop 1: Loop puxador

Objetivos:

- Desenvolver um sistema puxado misto com um supermercado de produtos acabados (eliminar as programações para todos os setores);
- Desenvolver rotas para movimentação de materiais entre o supermercado e a injeção;
- Receber pedidos diários do setor de Planejamento de acordo com a demanda do cliente para retirada do supermercado e acionamento do *kanban* de produção.

Metas:

- Somente 6 dias de estoque de produção acabado no supermercado;
- Somente o almoxarife manusear o *kanban* de retirada e produção.

Loop 2: Loop injeção

Objetivos:

- Reduzir os tempos de troca na injeção e mistura;
- Reduzir o número de turnos;
- Reduzir o número de rejeições na mistura e injeção;
- Participar os funcionários nas manutenções de máquinas;
- Aumentar a utilização da injeção.
- Aumentar a produção na injeção.

Metas:

- Reduzir tempo de ciclo da injeção para 1,22 segundos;
- Reduzir o tempo de troca para menos de 2 horas;
- Reduzir para 1 turno de produção nos processos;
- Aumentar a utilização da injeção para pelo menos 95%;
- Reduzir o índice de rejeição para 1%.

Loop 3: Loop do fornecedor

Objetivos:

- Desenvolver fornecedor no mercado interno;
- Reduzir prazo de entrega do polietileno;
- Reduzir o estoque de matéria-prima.

Metas:

- Introduzir prazo de entrega para uma vez por semana;
- Reduzir estoque de polietileno para 370kg;
- Chegar a 5 dias de estoque de polietileno.

O plano para o fluxo de valor está demonstrado na Figura 4.13.

Figura 4.13 - Plano Anual do Fluxo de Valor

Loop	Ação	Meta	Programação mensal											Responsável
			Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago		
1	Sistema puxado misto com supermercado	6 dias de estoque de produto acabado												
	Rota para movimentação materiais	Almoxarife manusear <i>kanban</i>												
	Recebimento pedidos diários	Receber no primeiro horário do dia pedido na expedição												
	Puxada dos produtos acabados													
2	Redução tempo de troca	Reduzir <i>setup</i> para menos de 2 horas na injeção												
	Redução número de turnos	Reduzir para 1 turno de produção nos setores de mistura e injeção												
	Redução número de rejeições	Reduzir para 1% o índice de rejeição												
	Participação de funcionários nas manutenções	Treinar 3 funcionários da injeção para manutenção e troca na injeção												
	Aumento produção na injeção	Reduzir o tempo de ciclo para 1,22 segundos na injeção												
3	Desenvolver fornecedor no mercado interno	Introduzir prazo de entrega para 1 vez por semana.												
	Reduzir prazo de entrega de polietileno													
	Reduzir o estoque de matéria-prima	Chegar a 4 dias de estoque de polietileno												
		Reduzir estoque de polietileno para 370kg												

Fonte: Empresa

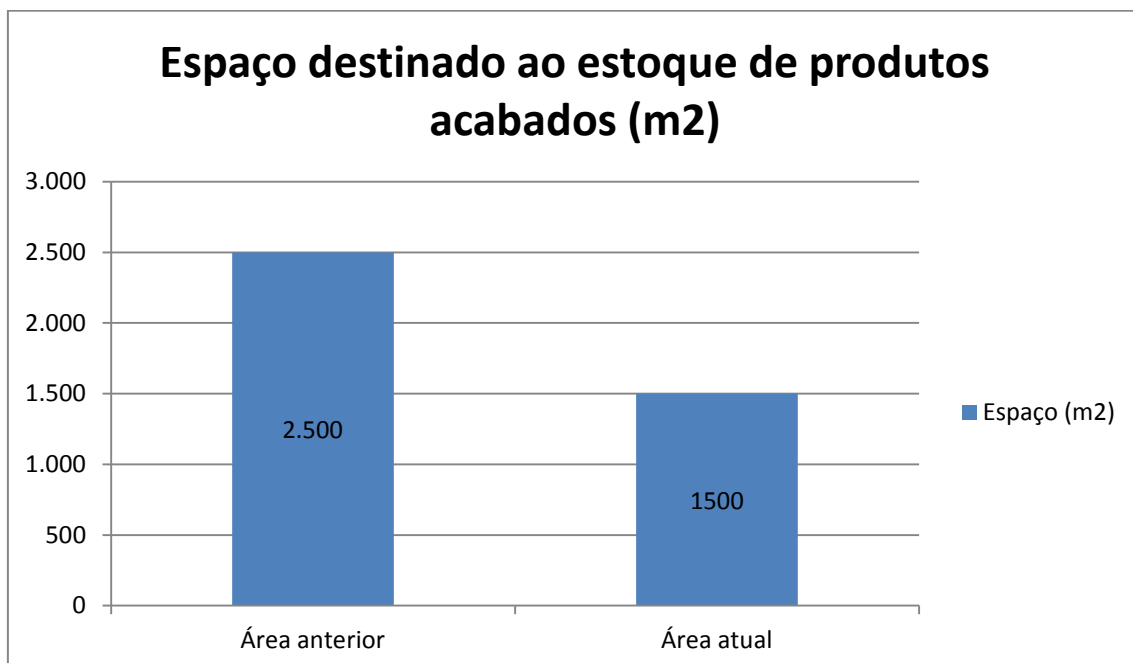
4.2.7 Revisão e monitoramento dos resultados obtidos

Seguindo os passos do item 4.2.5 e a implementação proposta no item 4.2.6 a empresa conseguiu alguns benefícios, ganhos e melhorias no processo produtivo.

Um aumento significativo no espaço disponível foi verificado. Anteriormente ao processo de mudança, a área destinada para o estoque era de 2.500m² além de ocuparem os corredores de acesso à administração. Com o projeto, seguindo o terceiro passo da metodologia de Smalley, ficou definido um espaço de 1.500m² para o estoque, uma redução de 40%, além de não utilizar os corredores, deixando-os livre.

Esta comparação pode ser visualizada no Gráfico 4.1.

Gráfico 4.1 - Comparação do espaço (m²) destinado ao estoque de produtos acabados



Fonte: Elaborado pela autora.

Um dos espaços que eram utilizados para estoque em processo e que hoje, encontra-se livre, pode ser visualizado na Figura 4.14.

Figura 4.14 - Espaço livre, anteriormente utilizado para estoque em processo.



Fonte: Empresa.

Quando a empresa chegou ao terceiro passo proposto por Smalley, os gerentes da empresa e a equipe do projeto já tinham neste momento uma boa noção da demanda dos seus clientes, além de um estoque organizado, com quantidades mais corretas, controle visual e melhor controle no sistema. No final de outubro de 2011, os resultados dessas atividades foram estimulantes: o número de pedidos urgentes caiu consideravelmente, além de ter reduzido a quantidade de horas-extras diárias.

Quando a empresa decidiu por implementar o sistema puxado (primeiro *loop*), a equipe se dedicou à diminuição do tempo de *setup*, conseguindo reduzir de 5 horas para 1 hora o tempo de *setup* no setor de injeção (troca de molde e limpeza). A empresa mandou confeccionar outros moldes com engate rápido e começou a utilizar um agente de limpeza que facilita a limpeza nas máquinas na troca de cores do material. Este produto evita o desperdício e agiliza o processo de limpeza. Além disso, foi colocada, à cada máquina injetora, um *Manifold* de água, obtendo distribuição de água em cada uma delas. O molde com engate rápido, bem como o *Manifold* de água podem ser vistos nas Figuras 4.15 e 4.16, respectivamente.

Figura 4.15 - Molde de tampas com engate rápido



Fonte: Empresa

Figura 4.16 - *Manifold*



Fonte: Empresa

A empresa optou também em ter em estoque os produtos de reposição de peças para os moldes, os produtos de limpeza para agilizar a reposição, se necessário.

Adicionalmente a isto, atualmente, a equipe de manutenção, juntamente aos operadores, é quem faz o *setup*, melhorando a qualidade técnica das pessoas que mexem nas máquinas, já que, anteriormente, era o líder de produção que fazia o *setup*. A equipe de manutenção e os operadores foram treinados para as trocas de ferramental e a equipe de manutenção passou também a ter a programação da fábrica, permitindo com isso a preparação dos moldes antecipadamente para as trocas, reduzindo também o *setup* da troca.

Com este trabalho, as injetoras passaram a produzir com os 32 bicos disponíveis nas máquinas, pois anteriormente, de acordo com o mapa de fluxo de valor atual, trabalhavam com 24 bicos, pois os outros estavam sempre com problemas.

Como os tempos de *setup* foram reduzidos consideravelmente, a programação passou a ser realizada diariamente para o processo puxador de acordo com a demanda do cliente e a injeção começou a produzir de acordo com o *takt time*, a empresa verificou que não seriam necessários 2 turnos de trabalho na mistura e 2 na injeção. Passou-se, então, a trabalhar com 1 turno de trabalho em ambos setores, eliminando os estoques entre processo e produzindo a demanda do cliente em menos tempo. Um ponto importante é que a empresa passou a trabalhar com apenas 1 turno e com a quantidade de funcionários para os setores necessários para 1 turno de trabalho.

Com a criação do departamento de PCP, a empresa programava o processo puxador baseado na demanda do cliente, reduzindo o estoque de produtos acabados de 46,3 dias para 6 dias, uma redução de 82% de WIP.

Com a adoção do sistema puxado, a empresa mantém um estoque no supermercado de produtos acabados, porém, um estoque planejado, nas quantidades estabelecidas pela fórmula proposta por Smalley. Além disso, como o cliente envia as programações semanalmente e pedidos diários, o processo puxador retira do supermercado a quantidade do pedido e o restante do processo produz somente o que o supermercado necessita de abastecimento.

O outro estoque que teve grande diminuição foi o de matéria-prima; com o desenvolvimento de um novo fornecedor no mercado interno, este estoque reduziu de 15,8 dias para 4,8 dias, 69% de redução percentual.

Com todas estas melhorias, o *lead time* de produção diminuiu significativamente, de 68,7 dias para 19,4 dias.

A equipe foi treinada para diminuir as rejeições do processo devido ao abastecimento do supermercado, obtendo um ganho significativo no processo de injeção - de 3,39% de rejeição antes do processo de mudança para 1,57% após a implementação do projeto.

Estas reduções percentuais estão destacadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Resultados obtidos com a implantação (redução em percentual)

Indicador	Resultado - Redução (%)
Espaço para estoque de P.A.	40%
Tempo de <i>setup</i> na injeção	80%
Estoque de produto acabado (supermercado)	82%
Estoque de matéria-prima	69%
<i>Lead time</i> produtivo	72%

Fonte: Elaborado pela autora

As metas traçadas no plano de implementação para os *loops* bem como os resultados atingidos para estas metas estão no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Metas e resultados atingidos

Metas <i>Loop 1 - Loop</i> puxador	Resultados atingidos
Somente 6 dias de estoque de produção acabada no supermercado	6 dias de estoque de produto acabado
Somente o almoxarife manusear o <i>kanban</i> de retirada e produção	Somente almoxarife movimentando
Metas <i>Loop 2 - Loop</i> injeção	Resultados atingidos
Reduzir tempo de ciclo da injeção para 1,22 segundos	TC = de 1,22 segundos
Reduzir o tempo de troca para menos de 2 horas	TP = 1 hora
Reduzir para 1 turno de produção nos processos	1 turno de produção na mistura e injeção
Aumentar a utilização da injeção para pelo menos 95%	90,2% de utilização
Reduzir o índice de rejeição para 1%	1,57%
Metas <i>Loop 3 - Loop</i> fornecedor	Resultados atingidos
Introduzir prazo de entrega para uma vez por semana	1 vez por semana
Reduzir estoque de polietileno para 370kg	370 kg
Chegar a 5 dias de estoque de polietileno	5 dias de estoque

Fonte: Elaborado pela autora.

Alguns indicadores podem ser utilizados para a medição das melhorias provocadas pela implantação de um sistema puxado. A empresa mediu os seguintes indicadores propostos por Smalley (2004) no passo 9: Indicadores de produtividade, Indicadores de qualidade, Indicadores de parada, Custos, Tamanho do estoque; e os comparou com os valores anteriores ao processo de mudança. Estes indicadores com os valores anteriores à mudança (setembro de 2010) bem como os resultados atingidos após a implementação do projeto (setembro de 2012) estão descritos no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - resultados para os indicadores propostos por Smalley

Indicador	Setembro/2010	Setembro/2012
Produtividade		
Número de funcionários	101	84
Mão-de-obra direta (peças/pessoa/hora)	368	983
Movimentadores de materiais	7	5
Qualidade		
Retrabalho (%)	4,19	1,72
Paradas		
Paradas (horas/mês)	809,72	314,16
Paradas (% do tempo disponível)	9%	3%
Estoques		
Estoque de produto acabado (R\$)	125.354,37	69.728,33
Custos		
Total de horas-extras por mês	3.235	246
Lead-time		
Lead-time de produção (dias)	68,7	19,4
Tempo de processamento (minutos)	30,02	30,02

Fonte: Empresa

A empresa enfatizou que com todas estas melhorias, ganhos e reduções, o faturamento aumentou, sendo de R\$ 892.953,20 em setembro de 2010 e de R\$ 1.038.114,38 no mesmo mês em 2011.

Segundo a empresa, os benefícios foram evidentes. A entrega dentro do prazo à expedição e aos clientes estava 100% estável. A produção estava trabalhando sem entregas urgentes, com isso o número de horas-extras reduziu em 92,4% devido à não existência de

pedidos urgentes e a criação do departamento de PCP que faz a programação para o processo puxador.

Com as melhorias nos processos (redução do *setup* e do retrabalho), houve uma melhoria significativa na produtividade (peças/pessoa/hora). Antes da melhoria, a injeção trabalhava com 6 pessoas, produzindo 2.208 peças por hora. Após o processo de mudança, o setor passou a trabalhar com 3 pessoas, produzindo 2.950 peças por hora.

O número de paradas de máquinas também reduziu devido às manutenções constantes e às peças de reposição que a empresa decidiu manter no almoxarifado.

Além destas melhorias quantificáveis, há as melhorias subjetivas: a equipe mais comprometida; novos líderes de produção; busca constante de melhorias em *setup*, manutenção, atendimento de metas; local limpo e organização; melhor visualização da demanda, do cliente e do atendimento; gestão visual; melhoria do fluxo.

Essas melhorias foram atingidas em apenas um fluxo de valor. A equipe da empresa estava preparada para pensar em expandir as melhorias para os outros fluxos de valor da planta produtiva a fim de obter todos os benefícios do *kaisen* do sistema.

Porém, algumas dificuldades surgiram durante a implementação e a equipe do projeto traçou um plano para solução e especialização nestes problemas. Este cronograma está representado na figura 4.8. A principal dificuldade foi a implementação do *kanban*. Segundo o gerente, a dificuldade surgiu devido à cultura das pessoas que já trabalhavam na planta. Mesmo com os treinamentos, evidências das melhorias e disseminação da cultura *lean*, alguns colaboradores não entenderam e não se envolveram na metodologia proposta pela empresa.

O gerente afirmou que o *kanban* precisa ser melhor trabalhado já que é necessário o comprometimento das pessoas em manusear os cartões e a responsabilidade em abastecer o supermercado de produtos acabados. Por isso, a equipe estabeleceu um prazo para conseguir melhorar este procedimento.

Outras duas metas propostas no *loop 2 - loop* injeção não foram atingidas: a utilização na injeção e o índice de rejeição no mesmo processo. A meta para utilização estabelecida pela empresa no momento do desenho do estado futuro foi de 95%, porém a empresa conseguiu aumentar para 90,2%. A empresa acredita que foi um ganho significativo já que, a utilização era de 38% por turno devido ao alto tempo de *setup*. Mas, mesmo assim, continuará o *Kaisen* para o *setup* visando atingir os 95% de utilização.

O funcionários da injeção já estavam estudando um elevatório de moldes para retirada mais rápida destes.

O índice de rejeição também caiu devido ao controle de qualidade dos materiais e aos novos moldes implementados nas máquinas pela empresa. Mesmo assim, não se atingiu a meta de 1% estabelecida. A empresa está em treinamento com os funcionários para que este índice atinja a meta proposta.

Os benefícios da implementação puxada nivelada por toda a fábrica seriam de longo alcance, com melhorias em muitas dimensões. A empresa acreditava que manter a produção puxada com base nos supermercados não seria uma tarefa fácil. Por isso, a equipe de projeto decidiu que:

- Monitoraria continuamente a demanda do cliente
- Avaliaria continuamente os indicadores de desempenho e da estabilidade do processo.
- Supervisionaria diariamente o controle de produção e dos processos operacionais para garantir que o trabalho padronizado fosse seguido.

A empresa enfatizou que procurará respostas diariamente para algumas questões:

- A produção está adiantada ou atrasada em relação à programação?
- As máquinas estão produzindo de acordo com tempo de ciclo?
- Os defeitos estão ocorrendo e escapando para o processo cliente?
- Os fornecedores estão entregando dentro do prazo?

A empresa sabe que ainda há uma porção considerável a melhorar. As paradas de máquinas, mesmo que reduzidas, ainda podem reduzir mais pois, elas influenciam significativamente no estoque de segurança que devem ser mantidos no supermercado de produtos acabados, calculados na Tabela 4.2 (página 76).

A empresa irá estabelecer uma meta e reduzir o estoque de segurança por meio de esforços de *kaisen* pontual. Por isso ela focará em:

- Reduzir o refugo e o retrabalho na injeção, conforme já mencionado;
- Eliminar as paradas de equipamentos;
- Eliminar os atrasos causados por problemas de movimentação de material entre os processos.

Uma outra melhoria que a empresa focará será o *lead time* produtivo. Mesmo a redução tendo sido significativa, de 68,7 dias para 19,4 dias, a empresa sabe que este pode ser ainda menor. O estoque no supermercado pode ser reduzido devido a redução do estoque de segurança e da redução do tamanho do lote.

Neste primeiro momento, a empresa não fez a proposta de redução do tamanho do lote de 140.000 tampas como pode ser verificado no mapa de fluxo de valor futuro. Porém, tem certeza que a próxima melhoria será focada nesta redução. Com isso, o estoque em processo entre a mistura e injeção diminuiria, reduzindo o *lead time* total.

5 PROPOSTA PARA MELHORIA DA PRODUÇÃO PUXADA NA EMPRESA

Foi apresentada à empresa uma proposta para melhoria do sistema puxado. Esta proposta está apresentada no mapa de fluxo de valor da Figura 5.1 e nas descrições detalhadas abaixo.

O sistema de puxar adotado será o misto, visto que, os itens "C" serão produzidos em linhas específicas, flexíveis e dedicadas às produções de alta variedade e baixo volume, simplificando o sistema puxado para os itens "A" e "B".

Para este novo mapa, o processo puxador será a injeção. O PCP enviará os pedidos diários à expedição que retirará do supermercado os produtos acabados. De acordo com a programação do *Heijunka*, o movimentador levará os cartões à injeção, que puxará do supermercado da mistura, reabastecendo o supermercado de produtos acabados.

A empresa precisará nivelar o *mix* de produtos, reduzindo o tamanho dos lotes produzidos para cada item, refletindo melhor as quantidades realmente solicitadas pelos clientes em seus pedidos diários de entrega.

O *pitch* de produção poderá determinar a extensão máxima na qual o processo puxador pode ser nivelado pelo *mix*. O *pitch* para a família de tampas poderá ser calculado da seguinte maneira, apresentado no quadro 5.1:

$$Takt\ time = 27.000 \div 21.249 = 1,27\ segundos$$

Onde, o tempo disponível por turno é de 27.000 segundos e a demanda de tampas diária, 21.249.

Quadro 5.1 - Cálculo do *pitch*

<i>Takt time</i>	Quantidade na embalagem	<i>Pitch</i>
1,27 segundos	2.650	3.365,50 segundos = 56 minutos

Com o tempo disponível diário de produção, a demanda diária do cliente e o tamanho mínimo do lote, a empresa poderá nivelar a produção por *mix*. O cálculo está demonstrado no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 - Cálculo do número de intervalos para nivelamento da produção

Tempo disponível		<i>Pitch</i>		Intervalos
450 minutos	÷	56 minutos	=	8 intervalos

Como a empresa sabe que 60% da demanda são para os itens classe A, 20% para os itens classe B e 20%, itens classe C, o tempo de produção disponível por categoria de produtos pode ser alocado de acordo com o Quadro 5.3:

Quadro 5.3 - Tempo de produção disponível por produto

Intervalo total		% do <i>mix</i> de produtos	=	Intervalo por item	Tempo equivalente
8	X	60%	=	5 reservados para "A"	56 min x 5 = 280
8	X	20%	=	1,5 reservados para "B"	56 min. x 1,5 = 84
8	X	20%	=	1,5 reservados para "C"	56 min. x 1,5 = 84

Com isso, 60% do tempo disponível seria dedicado à reposição dos itens "A" durante o turno. De forma semelhante, 20% do tempo (1,5 intervalos *pitch*) seria alocado para os itens "B" e os 20% do tempo restante (1,5 intervalos *pitch*), seriam reservados para os itens "C". Portanto, a empresa produziria no turno, 12.756 peças de "A", 4.252 peças de "B" e 4.252 peças de "C".

Para isso, um *Heijunka* deverá ser criado para acomodar os 8 intervalos *pitch*, de 56 minutos e todos os itens a serem produzidos durante um turno.

Um exemplo de *Heijunka Box* com intervalos de 56 minutos pode ser visualizado no Quadro 5.4

Quadro 5.4 - Exemplo de *Heijunka Box* para a Injetora

Turno 1	7:00	7:56	8:52	9:48	10:44	11:40
Injetora 1	A	A	A	A	A	A

A empresa deverá entregar as ordens de produção idealmente, um *pitch* de trabalho por vez. Um movimentador deverá recolher os cartões do *Heijunka*, e levá-los para a linha de produção. Esse movimentador deverá recolher um *container* vazio necessário para armazenar os produtos indicados em cada *kanban* que é entregue. O *container* pode ser levado à linha juntamente com o *Kanban*, onde o operador de transporte poderá retirar os produtos finalizados e entregá-los ao supermercado de produtos acabados.

O controle de produção programará o *Heijunka* com base no que foi removido dos acabados (e irá requerer reposição), com uma ideia sobre os itens especiais "C" que podem ser necessário no dia, considerando o nivelamento de *mix*.

Para garantir uma produção contínua no processo puxador, a empresa deverá utilizar um *kanban* de retirada para regular a movimentação entre o supermercado da mistura o processo de injeção. Portanto, será necessário incorporar um supermercado de poliuretano misturado. Este supermercado será criado com caixas para mistura identificadas.

Deverão ser colocadas quatro caixas de mistura no supermercado com *kanban* de retirada em cada uma delas. Os operadores da injeção, deverão destacar o *kanban* de retirada toda vez que eles começarem a usar uma caixa.

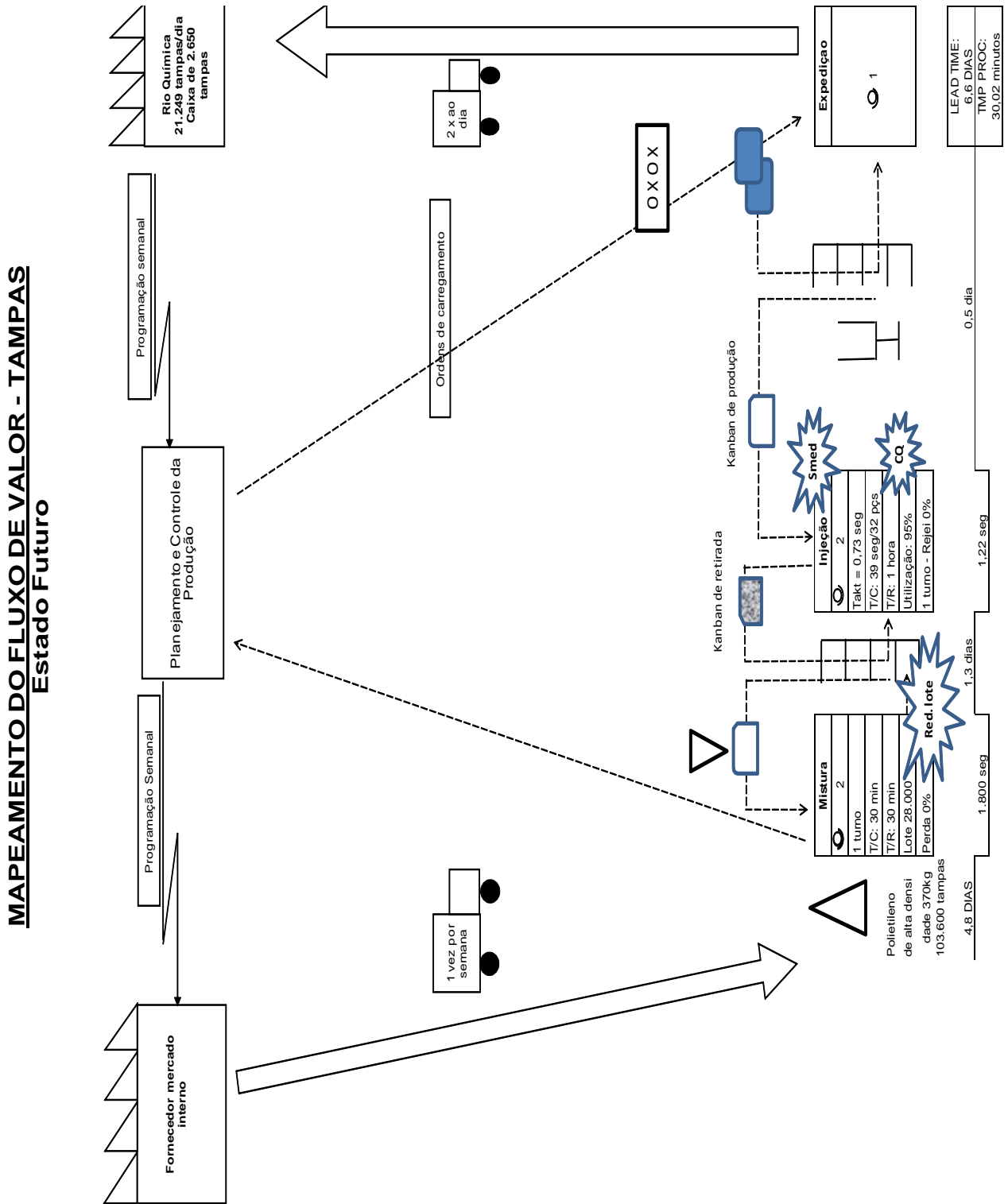
Uma vez que um nível pré-definido de disparo é alcançado no supermercado (depois de um certo número de *kanbans* de retirada terem sido usados), o *kanban* de sinalização é removido do supermercado e colocado no misturador.

O operador deverá seguir as instruções do *kanban* de sinalização, e fabricar precisamente o tamanho do lote necessário indicado no *kanban* triangular.

Com estas sugestões, pode ser verificado no mapa que, o tamanho do lote será reduzido, significativamente, passando de 140.000 para 28.000.

Além disso, o *lead time* será de 6,6 dias, mostrando uma diminuição de 66%, comparando-se ao mapa do estado futuro apresentado pela empresa.

Figura 5.1 - Mapa da situação futura proposto pela autora.



Fonte: Elaborado pela autora.

6 Considerações Finais

Este trabalho apresentou a implementação da produção puxada em uma indústria de embalagens para a indústria farmacêutica. Para tanto, procurou atender aos objetivos apresentados inicialmente buscando obter dados para discussão através do estudo de caso em uma empresa. A partir destes dados, foi realizada uma análise através dos resultados e dos indicadores de desempenho apresentados pela empresa estudada.

A empresa, em fase de implementação *lean*, usou o método para implementação do sistema de produção enxuta proposto por Nazareno (2003), os passos a serem realizados na transformação atual para a situação futura apresentados por Rother & Shook (2002) e o manual de implantação "Criando o Sistema Puxado" de Art Smalley (2004).

6.1 Avaliação da aplicação da produção puxada

A empresa estudada realizou um grande salto na manufatura *lean* por meio da implementação, em um fluxo de valor, de um sistema de programação e controle da produção, baseado na produção puxada.

O fluxo de valor precisa fluir de maneira tal que forneça aos clientes os menores *lead times*, os custos mais baixos, a melhor qualidade e as entregas mais confiáveis para que a empresa seja competitiva.

Implementar a produção puxada em diversos fluxos de valor e em recursos de produção compartilhados é uma tarefa difícil em qualquer ambiente. Segundo Smalley (2004), ao buscar este tipo de melhoria, as empresas terão de tomar muitas decisões sobre qual caminho seguir e não encontrarão respostas simples que se apliquem a qualquer situação.

Cardoso (2013), afirma que, o sistema puxado é uma das ferramentas *lean* mais difíceis de se implantar, apresentando muitas dificuldades em sua operacionalização e sustentação. Ainda hoje, é motivo de muitas dúvidas, confusões e polêmicas. E, ao mesmo tempo, é uma das que podem trazer os resultados mais importantes.

O caso apresentado neste trabalho mostra que os benefícios e resultados mensuráveis de uma implementação puxada são numerosos, além dos ganhos subjetivos alcançados pela empresa estudada. Estes resultados foram apresentados no item 4.2.7.

Mesmo com as dificuldades enfrentadas e as dúvidas que ainda permanecem na empresa, os benefícios da implementação foram positivos devido à alguns fatores:

- Liderança: a empresa "comprou" a ideia de transformação *lean* como verdadeiro norte da empresa, possibilitando o alinhamento de todas as áreas com foco nos mesmos objetivos. A "alta administração" está muito próxima ao *gemba*, entendendo as dificuldades e as vantagens do sistema. Assim, o sistema puxado se tornou uma maneira totalmente distinta de fazer a conexão interna entre os processos e com os clientes e fornecedores e não apenas uma ferramenta da produção.
- Vendas/Área comercial: o papel da área comercial foi vital para o sucesso do sistema puxado. O setor se comprometeu com os volumes, *mix* de vendas, comportamento da demanda e com o contato intenso com o cliente.
- Gestão e Operacionalização: com a criação do departamento de PCP, este setor, bem como os setores produtivos, perceberam a mudança radical do sistema. O engajamento da maioria das pessoas do chão-de-fábrica foi essencial para agilidade e velocidade do sistema puxado. A gerência presente e atuante foi extremamente positiva para o sucesso do sistema.

Saurim & Taveira (2008), apresentam uma lista de verificação para avaliação da implantação da produção puxada. A situação da empresa foi avaliada através de observação direta, análise de documentos relativos ao sistema produtivo, tais como indicadores de desempenho, padrões de produção e plano de implantação do sistema, entrevistas individuais com supervisor, gerente e diretor. A partir das evidências disponíveis foi atribuída uma avaliação para cada item da lista, conforme os seguintes critérios: não se aplica; não existe (correspondendo a itens que não estão sendo aplicados, mas que, devido às características da empresa, poderiam ser adotados); aplicação muito fraca; aplicação fraca; aplicação forte; aplicação muito forte. Com relação à subjetividade dos critérios (tipos de aplicação), a decisão com base em múltiplas evidências, reduz essa limitação de acordo com os autores. Esta lista está demonstrada no Quadro 6.1 com os resultados da empresa estudada.

Quadro 6.1 - Itens para avaliação da implementação da produção puxada

Itens para avaliação	Situação da empresa - Tipo de aplicação
1.Somente uma operação recebe a ordem de produção emitida pelo setor de PCP	Muito forte
2.Todas as ordens de produção correspondem a pedidos firmes de clientes	Muito forte
3.É adotada uma fórmula para dimensionar supermercados de produtos acabados e semi-processados, a qual considere no mínimo os parâmetros demanda média diária, variação da demanda, coeficiente de segurança e <i>lead time</i> de produção	Muito forte
4. A entrega dos produtos acabados aos clientes finais é realizada dentro do prazo prometido.	Muito forte
5.Existe baixa variabilidade nos lead times de produção (tempo decorrido desde o pedido efetuado pelo cliente até a entrega do produto)	Fraca
6. Há dispositivos para puxar a produção entre as células ou linhas, tais como cartões <i>kanban</i> ou FIFO	Forte
7. Há dispositivos visuais que permitem identificar as prioridades de produção	Não existe
8. Havendo uso de cartões <i>kanban</i> , eles contem identificação do item, quantidade e endereço de armazenamento.	Fraca
9. Havendo uso de cartões <i>kanban</i> , o processo subsequente retira do processo precedente os itens de sua necessidade apenas nas quantidades e no tempo necessário.	Forte
10. Os processos só produzem o que é indicado no <i>kanban</i> de produção ou até o preenchimento do espaço FIFO subsequente.	Forte
11. Os itens defeituosos não seguem para o processo seguinte.	Muito forte
12. Há fluxos contínuos e unitário entre processos consecutivos	Fraca
13. O <i>takt time</i> é conhecido	Muito forte
14. Os tempos de ciclo são conhecidos e padronizados	Muito forte
15. Os <i>lead times</i> de produção de cada produto são conhecidos	Muito forte
16. Há dedicação dos recursos para a fabricação de famílias de produtos que possuem processos semelhantes	Muito forte
17. O arranjo físico dos postos de trabalho favorece a produção e transporte de pequenos lotes.	Muito forte

Fonte: Adaptado de Saurim & Taveira (2008).

Avaliando a lista proposta por Saurim & Taveira (2008), ficou evidente que dos 17 itens utilizados para avaliação da produção puxada em uma empresa, 11 são de aplicação muito forte para a empresa estudada e 3, de aplicação forte, demonstrando que a empresa se dedicou à implementação do sistema, mesmo com as dificuldades enfrentadas.

Os itens que apresentaram aplicação fraca são de conhecimento da empresa e, de acordo com o estudo de caso, estão em estudo para implementação.

6.2 Análise da aplicação do roteiro de 12 passos propostos por Smalley (2004)

O autor afirma em seu manual "Criando o Sistema Puxado" que implementar o sistema de produção puxada é um "desafio", mas que este traria uma receita simples, de forma prática e objetiva, para introduzir os conceitos em uma fábrica.

O manual utilizado pela empresa apresentou doze questões-chaves e que, obviamente, nem todas iriam se aplicar a esta, mas permitiria a atenção aos aspectos mais importantes.

A primeira parte do manual com as três primeiras perguntas se mostrou essencial para início do sistema puxado. Nesta fase, a empresa adequou a capacidade do sistema de produção à demanda, decidindo quais os produtos deveriam manter no supermercado, a quantidade de cada um, bem como decidiram como organizariam e controlariam o armazém de produtos acabados.

As fórmulas apresentadas para cálculo do supermercado mostraram para a empresa uma boa noção da demanda de seus clientes e das complicações que ela causava à fábrica, bem como a ênfase em organizar o local de trabalho, trouxeram resultados positivos no início da implementação.

A segunda parte, com mais três questões a serem respondidas pela empresa, mostrou como a empresa programaria o fluxo de valor, bem como escolheria o processo puxador para programar a produção. As decisões de que itens manteria no supermercado, como eles seriam identificados e a escolha de um único ponto para programação, cortaram as horas extras e os pedidos urgentes para menos da metade.

Nesta segunda fase, o manual demonstra como implementar o *Heijunka Box* de maneira clara e ilustrativa além de apresentar métodos alternativos para esta implementação. A empresa não fez uso deste passo por problemas internos e não devido a falta de informação no manual.

A terceira parte mostrou de forma eficaz, através de três perguntas, como controlar a produção dos processos anteriores.

A quarta parte ajudou a empresa a entender como expandir o sistema puxado para toda a empresa. E, por fim, a última fase colaborou para que a empresa compreendesse como manter e melhorar o sistema puxado apresentando uma lista de questões-chave para que a empresa pudesse com frequência verificar a necessidade de melhoria no sistema.

Com base nestas questões, a empresa monitorou as mudanças, mediu as atividades-chave, melhorou algumas atividades, reduziu mais desperdícios.

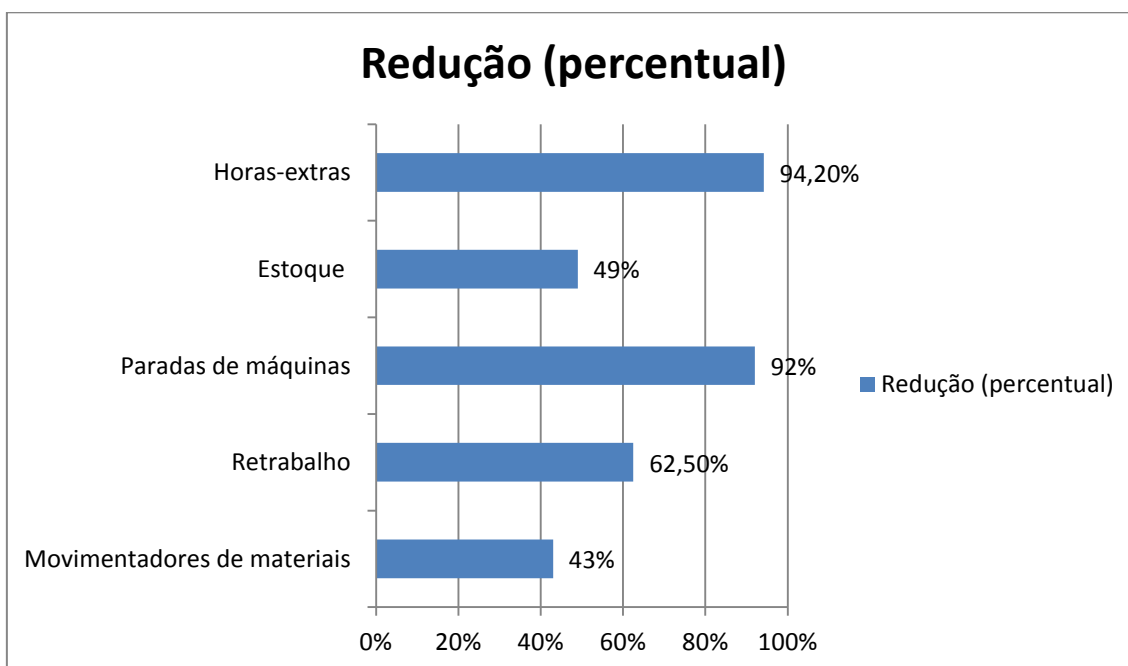
Concluindo, o manual auxiliou a empresa a utilizar o *kaisen* de sistema para introduzir a programação de produção *lean*.

6.3 Medição das melhorias provocadas através dos indicadores

As melhorias obtidas pelo sistema puxado, bem como alguns princípios de produção *lean*, puderam ser medidas através de alguns indicadores que mostraram ganhos significativos. A produtividade deu um salto de 167%. Os movimentadores de materiais e os retrabalhos tiveram queda de 43% e 62,5%, respectivamente. As paradas de máquinas e os estoques de produtos acabados também reduziram. O primeiro em 92% e o segundo em 49%.

Por fim, as horas-extras tiveram uma redução expressiva: 94,2% a menos do que antes da implementação. Estas melhorias, expressas em percentual de redução (comparando-se o antes e depois da implantação), estão demonstradas no Gráfico 6.1.

Gráfico 6.1 - Redução em percentual dos indicadores



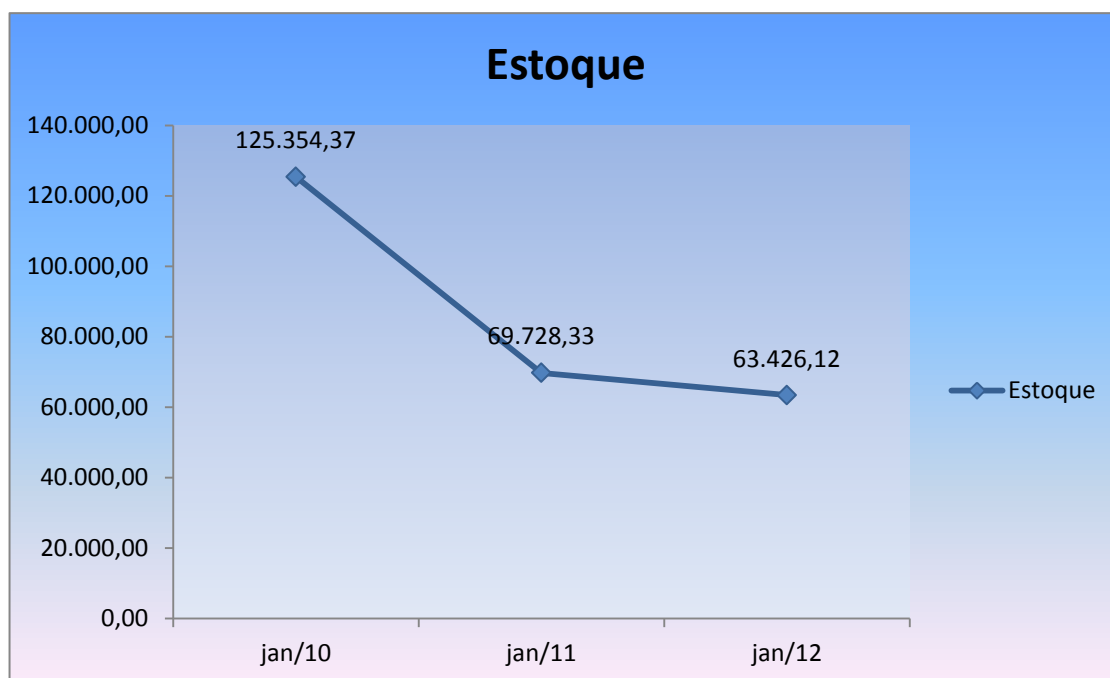
Fonte: Elaborado pela autora.

6.4 Avaliação da eliminação dos desperdícios de superprodução e estoques

O sistema puxado possibilitou conectar os processos de modo a permitir que se produzisse o que era realmente necessário, evitando a superprodução (fazer mais ou antes que o necessário) e a falta de materiais. Isso ficou evidente com a redução do estoque de produtos

acabados e com a redução da área disponível a produtos acabados. A redução do estoque de produtos acabados (em R\$) pode ser verificada no Gráfico 6.2.

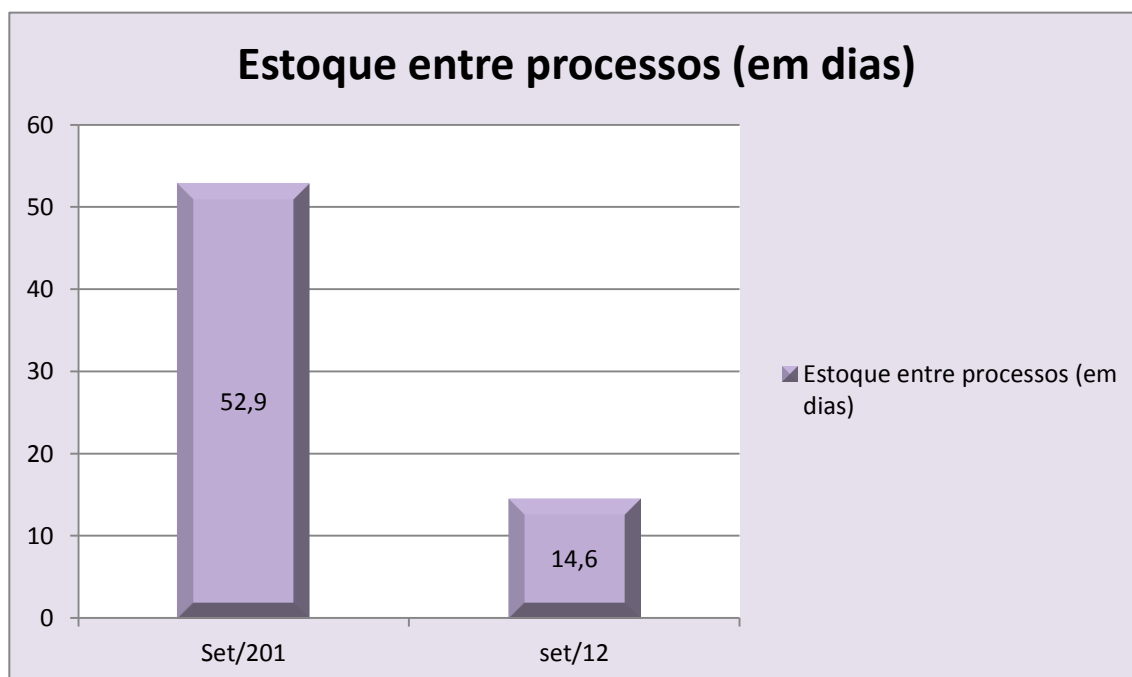
Gráfico 6.2 - Estoque de produtos acabados (R\$)



Fonte: Elaborado pela autora

O estoque em processo também foi significativamente reduzido como pode ser visto no Gráfico 6.3.

Gráfico 6.3 - Comparação dos estoques entre processos



Fonte: Elaborado pela autora.

Os gráficos mostram a redução dos estoques e confirmam a eliminação destes pois, em ambos os casos, o estoque de produto acabado e o estoque em processo são calculados pois, estão em um supermercado de produtos, atendendo a necessidade dos clientes.

6.5 Conclusões

Verifica-se neste ponto a obtenção das metas do trabalho, já que foi realizada a avaliação da aplicação do sistema puxado de produção em um ambiente de produção de uma indústria farmacêutica. Nesta, o manual de Art Smalley teve caráter determinante na implementação e redução dos desperdícios.

Pode-se observar o atendimento dos objetivos no caso apresentado por meio dos resultados qualitativos e quantitativos apresentado a seguir:

- Redução do *lead time* de produção em 49 dias;
- Aumento da produtividade em 167%;
- Redução do número de turnos, atendendo a demanda do cliente;
- Redução do estoque em processo;
- Redução das rejeições;
- Time de trabalho mais alinhado;
- Melhoria no fluxo de produção;
- Melhor aproveitamento da mão-de-obra;
- Melhoria na resposta da manutenção;
- Maior capacidade de coordenar e gerenciar a produção;
- Maior proximidade com fornecedores, possibilitando melhor colaboração destes;
- Melhor controle da produção.

Vale ressaltar que o trabalho teve a intenção de estudar o caso de uma empresa que está implementando a cultura *lean* com ênfase na produção puxada através de um manual pronto.

O exemplo desta empresa mostrou que o sistema puxado trouxe benefícios como adequação de processos e dimensionamento do fluxo de materiais, mas faz-se necessário deixar claro que, acima de tudo, houve o envolvimento e apoio da alta direção e a decisão desta em se tornar *lean*.

Mesmo com os resultados positivos, todo o envolvimento e ganhos, conforme demonstrado, a empresa apresentou problemas, dificuldades e desafios mas, estão melhorando continuamente.

6.6 Sugestões para trabalhos futuros

Com vista à continuidade do trabalho, pode-se estudar a fundo as dificuldades enfrentadas pela empresa no uso do *Kanban*. Há também a possibilidade de mostrar os resultados das metas e indicadores de forma quantitativa, fazendo portanto, uma análise estatística destes dados, apresentando uma pesquisa quantitativa.

Pode-se também, em um trabalho futuro, analisar a manutenção e evolução do sistema puxado da empresa estudada.

Finalmente, pode-se comparar os resultados e indicadores do mapa da situação futura da empresa com o mapa da situação futura apresentada pela autora apresentado no item 5 deste trabalho, que será adotado pela empresa.

Referências

- ABAMEC .*Indústria Farmacêutica fatura bilhões*. Disponível em:<
<http://www.abamec.com.br/mercado-financeiro/industria-farmaceutica-titulo-industria-farmaceutica-fatura-milhoes/>> Acesso em 25/09/2013.
- ANDRADE, M.O. *Representação e análise de cadeias de suprimentos: uma proposta baseada no mapeamento do fluxo de valor*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- ARGENTA, C.E.D.; OLIVEIRA, L.R. *Análise do sistema Kanban para gerenciamento da produção com auxílio de elementos de tecnologia da informação*. ENEGEP, 2011.
- BRYMAN, A. *Research Methods and Organization Studies*. New York: Routledge, 1989.
- CARDOSO, A. *As dificuldades do sistema puxado*. Disponível em:
 <<http://www.lean.org.br/leanmail/102/as-dificuldades-do-sistema-puxado.aspx>>. Publicado em Abr 2011. Acesso em 22/03/2013.
- CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A.; SILVA, R. *Metodologia científica*. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 2007.
- CORREA, H.L.; CORREA, C.A. *Administração da produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2008.
- CORREA, H. L.; GIANESI, I. *Just in Time, MRPII e OPT - Um enfoque estratégico*. São Paulo: Atlas, 2011.
- CUNHA, C.A.C.; WANDERLEY, J.M.C.; SEVERIANO, C F. . *Estudo comparativo da produtividade entre os sistemas de produção puxada e empurrada da indústria de calçados: o caso Cambuci*. XXIII Enegep. Ouro Preto, MG, Brasil.2003. Disponível em:
 <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0103_0750.pdf> Acesso em 20/09/2011.
- FERNANDES, F.F. *Produção Puxada*. Disponível em: <<http://qualidadeprodutividade-fernando.blogspot.com.br/2012/03/lean-manufacturing-011producao-puxada.html>> Acesso em 24/10/2011.
- FIUZA, E.P.S.; LISBOA, M.B. *Bens credenciais e poder de mercado: um estudo de econométrico da indústria farmacêutica brasileira*. Technical report, Texto para discussão do IPEA, Rio de Janeiro, 2001.
- FLEURY, A.C.; CORREA, A.; VARGAS, N. *Organização do trabalho: uma abordagem interdisciplinar*. São Paulo: Atlas, 1994.
- FRIAS, M.C. *Setor farmacêutico espera crescer 14% este ano*. Publicado em 19/12/2012. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/colunas/mercadoaberto/1203444-setor-farmaceutico-espera-crescer-14-neste-ano.shtml>> Acesso em 10/10/2013.
- FUJIWARA, O.; YUE, X.; SANGARADAS, K.; LUONG, H.T. *Evaluation of performance measures for multi-part, single-product kanban controlled assembly system with stochastic*

acquisition and production lead times. International Journal of Production Research, v 36, p 1427-1444, 1998.

GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, J.L.G.; SOUZA, C.G. *Utilização de materiais de embalagens na indústria farmacêutica: estudo exploratório do uso de vidro ou PET em frasco de xarope*. Fortaleza: XXVI ENEGEP, 2006.

GUINATO, P. *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time*. Revista Produção, p 169-189, 2003.

HINES, P.; TAYLOR, D.. *Going Lean - A guide to implementation*. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre, 2000.

HINES, P; HOLWEG, M.; RICH, N. *Learning to evolve - A review of contemporary lean thinking*. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 24, nº 10, p 994-1011, 2004.

HUANG, M.; WANG, D.; IP, W. H. *Simulation and comparative study of the CONWIP, Kanban and MRP production control systems in a cold rolling plant*. Production Planning & Control, v. 9, n. 8, p. 803-812, 1998.

JUNQUEIRA, R.P. *Utilização de conceitos de células de manufatura no setor de pesponto (costura) em empresas de calçados*. 131 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2006.

KNIGHT, T.; RUDER, D.; GUAN, X.; *Revamp using Kanban reduced inventory nearly 50 percent*. Electronically pulled production, Industrial Engineer, March, 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de Metodologia Científica*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

Lean Institute Brasil. *Sistema Puxado e Nivelamento da Produção*. Anotações de aula e Apostila de Workshop. Jaguariúna-SP, 2011.

Léxico Lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. Tradução Adriana Maciel.

LIKER, J K. *O modelo Toyota*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MADERGAN, R. *SMED – Métodos de redução de setup*. Apostila curso Pós-Graduação Unifran. Franca-sp, 2004.

MATZKA, J.; MASCOLO, M.D.; FURMANS, K. *Buffer sizing of a Heijunka Kanban system*. J Intell Manuf, 2012

MENEGON, D.; NAZARENO, R.R.; RENTES, A.F.. *Relacionamento entre desperdício e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta*. Ouro Preto: XXIII ENEGEP, 2003.

MESQUITA, M.A.; SANTORO, M.C. *Análise de modelos de práticas de planejamento e controle da produção na indústria farmacêutica*. Revista Produção. Vol.14, nº1, p 64-77, 2004.

MONDEN, Y. *Toyota Production System, Engineering & Management Press*, Norcross, Georgia, USA, 1998.

MOURA, R.A. *Kanban: a simplicidade do controle da produção*. São Paulo: IMAM, 1989.

NAZARENO, R.R.; RENTES, A.F.; SILVA, A.L. *Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos*. ENEGEP, 2001.

NAZARENO, R.R. *Proposta de um método para a concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um sistema de produção enxuta*. 167 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

NAZARENO, R.R. *Sistemas de controle lean para fluxos puxados e nivelados*. Apostila do curso de Pós-graduação, Unifran, Franca-SP, 2007.

NAVE, D. *How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints*. Quality Progress, pp. 73-79, 2002.

NICODEMO, L.G. *O sistema de Produção Puxada*. Disponível em: <http://www.soartigos.com/artigo/1823/O-Sistema-de-Producao-'Puxado'/30/04/2009>. Acesso em 30/03/2012.

NICHOLAS, J. M. *Competitive Manufacturing management - Continuous improvement, lean production and customer - focused quality*. (M.- Hill, Ed.). Singapore, 1998.

OLIVEIRA, S. L. de, *Tratado de metodologia científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses*. São Paulo: Pioneira, 1997.

REIS, H. L. *Implantação de Programas de Redução de Desperdício na Indústria Brasileira – um estudo de caso*. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas Instituto de Pesquisa e Pós-Graduação em Administração: Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado), 1994.

RENTES, A.F.; SILVA, A.L., SILVA, V, C.O.; CASTRO, S., A. *Aplicando os conceitos de lean production em uma indústria de calçados: um estudo de caso*. São Carlos:2000. Disponível em: <<http://www.hominiss.com.br>> Acesso em 20/12/2011.

RENTES, A.F. *Transmeth: Proposta de uma metodologia para condução de processo de transformação de empresas*. 229f. Tese (Livre docência) – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2000.

ROTHER, M.; SHOOK, J.. *Aprendendo a enxergar*. Tradução José Roberto Ferro e Telma Rodrigues. São Paulo: Lean Institute Brasil,2002.

RUY, M. *Aprendizagem no processo de desenvolvimento de produtos*. 2002. 116 f. Dissertação de Mestrado – UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SAURIM, T.A.; FERREIRA, C.F. *Avaliação qualitativa da implantação de práticas de produção enxuta: estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas*. Revista Gestão & Produção: São Carlos, v.15, n.3, p 449-462, 2008.

SAURIM, T.A.; RIBEIRO, J.L.D.; MARODIM, G.A. *Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior*. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v 17, n 4, p 829-841, 2010.

SHINGO, S.O. Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção. Tradução Eduardo Schaan. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. *Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação*. 118 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SILVA, A.M.; ARAÚJO, A.C.; GOMES, M.L.B. *Avaliação das práticas de produção enxuta numa empresa de produtos farmacêuticos*. ENEGEP, 2009.

SLACK, N., CHAMBERS S., JOHNSTON, R. *Administração da Produção*, São Paulo: Atlas, 2002.

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

SOON IM, K.; HAN, S.H.; KOO, B.; JUNG, Y. *Formulation of a pull production system for optimal inventory control os temporary rebar assembly plants*. Published by NRC Research Press. Can J.Civ.Eng.36: p 1444-1458, 2009.

OHNO, T. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1998.

TARDIN, G.G. *O sistema puxado e o nivelamento de produção*.91 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de engenharia mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2000.

TAYLOR & FRANCIS. *Comparative study of push and pull system considering quality performance in a cell-based job shop environment*. International Journal of Production Research. v.43, n 23, p 4999-5017, 2005.

TUBINO, D. F.; ANDRADE, G. J. P. *A implantação de sistemas puxados de programação da produção em ambientes de demandas instáveis*. In. ENEGEP, 2003.

YIN, R.K. *Estudo de caso – Planejamento e métodos*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1994.

YOSHINO, R.T. *Proposta de um sistema de produção enxuta para o segmento calçadista*. 315 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.

WANG, X. *Production System Improvements*. GKN Driveline AB, Malardalen University Sweden. Eskilstuna, 2012.

WOMACK, J.P.; JONES,, D.T.; ROSS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas*. Tradução Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.