

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

APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR EM UMA EMPRESA
DO SETOR METAL-MECÂNICO

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

DAVI CABRAL ROSA

Florianópolis, novembro de 2008.

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

**APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR EM UMA EMPRESA
DO SETOR METAL-MECÂNICO**

DAVI CABRAL ROSA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D. - Orientador

Eduardo Alberto Fancello, D.Sc. - Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Fernando Antônio Forcellini, Dr. (UFSC)

Gustavo Daniel Donatelli, Dr. (UFSC)

Dalvio Ferrari Tubino, Dr. (UFSC)

*“O segredo do guerreiro é saber quando lutar,
assim como o segredo do artista é saber quando representar.
O conhecimento de assuntos e métodos técnicos é fundamental,
mas não o suficiente para garantir o sucesso, em qualquer arte ou
ciência de ação e desempenho, a percepção direta do potencial
do momento é essencial para a execução de um golpe de Mestre.”*

Sun Bin - Discípulo direto de Wang Li

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais, Alexandre Kracik Rosa e Marilene Cabral Rosa, pelo seu direcionamento de vida e suporte moral, cujo apoio inabalável e constante tem sido fundamental em todos os momentos de minha vida.

Meus irmãos Alexandre Kracik Rosa Junior, Luiz Alberto Cabral Rosa e Léa Cristina Cabral Rosa, pessoas maravilhosas que sempre me incentivam para que eu realize meus sonhos.

À Mábila Morello de Oliveira, minha noiva, que sempre me incentivou a enfrentar desafios, transmitindo-me confiança e amor.

Ao meu orientador, João Carlos Espíndola Ferreira, pela orientação, pelo apoio, enfim, pelos ensinamentos e oportunidades de trocas de idéias que tivemos.

Aos demais familiares e amigos, que longe ou perto sempre estavam torcendo pela minha vitória.

E por fim, à Minusa S.A. Industria e Comercio de Peças para Tratores por possibilitar a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	IV
SUMÁRIO.....	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Definição do Problema	2
1.2. Caracterização da Pesquisa.....	3
1.3. Objetivo Geral do Trabalho.....	4
1.4. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Estrutura do Trabalho	5
CAPÍTULO 2. MANUFATURA ENXUTA.....	6
2.1. Evolução dos Sistemas de Fabricação.....	6
2.2. Manufatura Enxuta e o Sistema Toyota de Produção.....	8
2.3. Princípios da Manufatura Enxuta	11
CAPÍTULO 3. INTRODUÇÃO AOS MODELOS DE SISTEMAS DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: KANBAN, CONWIP E MRP.....	15
CAPÍTULO 4. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV).....	22
4.1. Fluxo de Materiais e de Informações.....	25
4.2. O Gerente do Fluxo de Valor.....	25
4.3. Usando a Ferramenta de Mapeamento.....	26
4.4. Selecionando uma Família de Produtos	27
4.5. Desenhando o Mapa do Estado Atual.....	28
4.6. Características de um Fluxo Enxuto de Valor.....	30
4.7. O Mapa do Estado futuro.....	33
CAPÍTULO 5. O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR NA EMPRESA.....	35
5.1. Caracterização da Empresa.....	35
5.2. Produtos Mapeados.....	36
5.3. Metodologia	37
5.4. Processo de Manufatura da Empresa.....	38
5.5. Mapa do Estado Atual	39
5.5.1. Mapeamento do fluxo de valor atual do elo	39
5.5.2. Mapeamento do fluxo de valor atual da bucha.....	43
5.5.3. Mapeamento do fluxo de valor atual do pino	46
5.6. Mapeamento do Estado Futuro	48

5.6.1. Mapeamento do fluxo de valor do elo	48
5.6.2. Mapeamento do fluxo de valor da bucha	60
5.6.3. Mapeamento do fluxo de valor do pino	68
5.7. <i>Análise dos Mapas do Estado Futuro e Plano de Implementação</i>	74
5.7.1. Resultados do Mapeamento do Fluxo de Valor (Elo).....	74
5.7.2. Resultados do Mapeamento do Fluxo de Valor (Bucha)	76
5.7.3. Resultados do Mapeamento do Fluxo de Valor (Pino).....	78
CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES	80
CAPÍTULO 7. REFERÊNCIAS	84
CAPÍTULO 8. REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES	86
ANEXO I.....	87
ANEXO II	92
ANEXO III	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fluxo de produção em lotes x Fluxo contínuo de produção.....	13
Figura 2.2 – Efeitos de alto inventário.....	14
Figura 3.1 – Mecanismos de produção puxada e empurrada.....	19
Figura 4.1 – Mapa do fluxo de valor.....	23
Figura 4.2 – Fluxo de Materiais e Informação.....	25
Figura 4.3 – Gerenciamento e foco de atuação.....	26
Figura 4.4 – Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	27
Figura 4.5 – Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor.....	29
Figura 4.6 – Tempo takt x tempo das etapas dos processos.....	31
Figura 4.7 – Selecionando o “Processo Puxador”.....	32
Figura 5.1 – Mapa do estado atual (elo).....	42
Figura 5.2 – Mapa do estado atual (bucha).....	45
Figura 5.3 – Mapa do fluxo atual (pino).....	47
Figura. 5.4 – Mapa do Estado Futuro de elo (CONWIP).....	49
Figura 5.5 – Mapa do Estado Futuro do elo (<i>kanban</i>).....	50
Figura 5.6 – Distribuição de demanda por peças.....	53
Figura 5.7 – Mapa do Estado Futuro da Bucha (CONWIP).....	61
Figura 5.8 – Mapa do Estado Futuro da Bucha (<i>kanban</i>).....	62
Figura 5.9 – Mapa do Estado Futuro para o Pino.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Quantidade de estoque de produtos acabados (elo).....	55
Tabela 5.2 – Plano de implementação do mapa de estado futuro para o elo	76
Tabela 5.3 – Plano de implementação do MFV futuro do elo.....	78
Tabela 5.4 – Plano de implementação do mapa de estado futuro para o pino	79

LISTA DE ABREVIATURAS

CAD – Computer Aided Design (Desenho Auxiliado por Computador)

FIFO – *First In First Out* (Primeiro Entrar Primeiro Sair)

JIT – *Just in Time*

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

MIT – Massachusetts Institute of Technology

MRP - *Manufacturing Resource Planning* (Planejamento dos Recursos de Manufatura)

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PMP – Plano Mestre de Produção

STP – Sistema Toyota de Produção

T/C – Tempo de Ciclo

TR – Tempo de *setup*

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

VSM – Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor)

WIP – *Work In Process* (Estoque em Processo)

RESUMO

A Manufatura Enxuta se caracteriza por um modo de produção onde os recursos são otimizados e os resultados são melhorados, e tem sido utilizado por empresas do ramo metal-mecânico com o intuito de se reduzir ou eliminar os desperdícios, e melhorar continuamente os processos de fabricação, visando alcançar uma significativa redução de custos. O presente trabalho apresenta uma análise e propõe melhorias para uma empresa com característica vertical, fabricante de componentes para tratores, do ponto de vista da manufatura enxuta, utilizando-se a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Nesta dissertação são descritos os principais conceitos da Manufatura Enxuta, que correspondem à eliminação de desperdícios, criação de fluxo contínuo de produção e a produção puxada. Em seguida é apresentada uma comparação entre os sistemas de controle de produção MRP (Planejamento das Necessidades de Materiais), *Kanban* e CONWIP (*Constant Work-In-Process*). Descreve-se então o método do Mapeamento do Fluxo de Valor, aplicando-o a uma família de produtos que compõem a esteira para tratores, fabricados na referida empresa. Foram criados três mapas para o estado atual, um para cada um dos principais componentes da esteira, denominados de elo, pino e bucha. E a partir destes mapas foram criados os mapas para o estado futuro, sendo que nestes mapas foram apresentadas soluções usando-se os sistemas de programação CONWIP e *kanban*. Por fim, os mapas de estado futuro para os três produtos usando-se CONWIP e *Kanban* são comparados, buscando-se avaliar qual a melhor prática de programação e controle da produção a ser aplicada no problema considerado, além de apresentar-se o seu plano de implementação.

Palavras-Chave: Manufatura Enxuta; Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV); *Kanban*; *Constant Work-In-Process* (CONWIP); Redução de Desperdício; Melhoria Contínua.

ABSTRACT

Lean Manufacturing is a mode of production where resources are optimized and the results are improved. It has been used by companies typically in the mechanical industry with the aim to reduce or eliminate waste, and continuously improve the manufacturing process, seeking to achieve a significant reduction in costs. This paper presents an analysis and suggests improvements to a company with vertical characteristics, manufacturer of components for tractors, using the Value Stream Mapping (VSM), which is a technique that is used in lean manufacturing implementations. In this dissertation the main concepts of lean manufacturing are described, which includes the creation of continuous flow of production and pulled production. Next, it is presented a comparison among the following production control systems: MRP (Material Requirement Planning), *Kanban*, and CONWIP (*Constant Work-In-Process*). Then the Value Stream Mapping (VSM) method is described, which is applied to a family of products that compose the track chains for tractors, manufactured at the considered company. Three maps were created for the current state, one for each of the main components of the track chain, called the link, pin and bushing. And from these current maps the future state maps were created, which contain possible solutions for reducing the identified wastes, based on the CONWIP and *kanban* philosophies. Finally, the future state maps for the three products using CONWIP and *kanban* are compared, seeking to evaluate the best production programming and control practice to be applied to the problem considered. Finally, an implementation plan is presented.

Keywords: Lean Manufacturing; Value Steam Map (VSM); *Kanban*; *Constant Work-In-Process* (CONWIP); Waste Reduction; Continuous Improvement .

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

O atual ambiente brasileiro de competitividade, advindo sobretudo da globalização econômica, determina que as empresas tenham um compromisso ainda maior com o contínuo aperfeiçoamento de seus produtos, processos e eliminação dos desperdícios. A ineficiência não pode mais ser repassada ao cliente, isto porque houve um acréscimo de opções de oferta proporcionadas pela queda das barreiras alfandegárias e conseqüente abertura de mercados. A competitividade pode ser definida como a capacidade de uma empresa ser bem sucedida em mercados em que existe concorrência. Desta maneira as empresas devem manter um elevado nível de qualidade nos produtos e serviços oferecidos, garantindo dessa forma a satisfação plena dos seus clientes.

De uma maneira geral, as indústrias, principalmente as de grande e médio porte, já se depararam com situações decorrentes da superprodução, ou seja, a produção em uma quantidade superior à requerida pela demanda dos clientes ou em um ritmo acima do necessário. Elas estão sujeitas também a situações como a imprecisão de informações na produção, a desorganização no chão de fábrica, entre outros inúmeros problemas do dia-a-dia. Tais problemas acarretam perda para a empresa, uma vez que não agregam valor, pois não estão realmente transformando a matéria-prima, modificando a forma ou a qualidade do produto.

Daí a necessidade da busca de novas ferramentas de gerenciamento que aumentem a competitividade da empresa através da produtividade flexível com qualidade, e para isso é necessário ter um sistema de manufatura responsivo o suficiente para atender novas demandas de maneira rápida e eficiente. Somado a isso, a atuação em um mercado onde os preços praticados são estabelecidos pelos próprios clientes, o controle do custo operacional é fundamental para melhorar a margem de lucro aumentando a receita. Dessa maneira, empresas devem conduzir sua operação de maneira enxuta, buscando a eliminação de desperdício em cada etapa do seu processo produtivo.

Há algum tempo o lema "ser enxuto" tornou-se palavra de ordem das empresas em todo o mundo. No mundo globalizado e competitivo atual, não há espaço para ineficiências do sistema de produção. O protecionismo estatal e a ausência de competitividade em alguns ramos de negócio, que antes custeavam os desperdícios do sistema de produção em massa, são fatores quase extintos da economia mundial. A competitividade imposta pela nova ordem econômica tem pressionado as organizações a se tornarem eficientes e eficazes.

O sistema de produção desenvolvido pela Toyota, popularizado pelo termo de produção enxuta (*Lean Production*), tem correspondido às expectativas das empresas no que tange a necessidade de tornarem-se competitivas. A filosofia de produção enxuta tem eliminado os desperdícios antes inerentes aos processos de produção em massa. O fato é que, embora a filosofia de produção aplicada pela Toyota seja uma poderosa aliada na melhoria das empresas de manufatura, a integração de suas ferramentas com outras, desenvolvidas em empresas japonesas e ocidentais, podem alavancar os benefícios gerados pela implantação de um sistema enxuto de produção.

Esse sistema de produção, quando devidamente adaptado e aplicado à empresa para a qual se destina, propicia excelentes resultados, pois são numerosas as fontes de oportunidades para redução e eliminação de desperdícios, dentre as quais podem ser citados os grandes estoques e as operações que não agregam valor, os desperdícios burocráticos, como um sistema de informações ineficiente, processos de compras lentos, entre outros.

1.1. Definição do Problema

O problema objeto de estudo desta dissertação é a implementação da ferramenta mapeamento do fluxo de valor em uma empresa do setor metal-mecânico, visando a análise do processo produtivo para futuras otimizações. Neste sentido, busca-se a eliminação dos desperdícios, os quais não só reduzem a eficiência da fabricação, como também aumentam os

custos envolvidos que determinam o preço final do produto. Pretende-se também neste trabalho sugerir um modelo de sistema puxado para o planejamento e controle da produção.

De acordo com a classificação de Tubino (2008), o sistema produtivo da empresa pode ser considerado como um sistema de produção repetitivo em lotes, que se caracteriza pela produção de um volume médio de bens padronizados em lotes, que passam por uma série de operações, que são programadas na medida em que operações anteriores forem sendo realizadas. Este sistema visa a produção de lotes econômicos no sentido de absorver os custos de preparação (*setup*) dos processos. Entretanto, como existem muitos tempos de espera dos lotes entre as operações, o *lead time* produtivo é elevado.

A empresa está estruturada de forma departamental, que apesar de apresentar algumas vantagens, apresenta via de regra os chamados sete desperdícios de Shingo: superprodução, espera, transporte, estoques, processo, movimentação e produtos defeituosos.

1.2. Caracterização da Pesquisa

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa aplicada com o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos, através de um estudo de caso em uma empresa do setor metal-mecânico do sul do país. Trata-se da aplicação da técnica de MFV para uma determinada família de produtos, sendo que o produto a ser estudado corresponde a esteira para tratores e escavadeiras, por ser um dos produtos mais importantes da empresa, e apresentar um custo mais elevado que os produtos dos concorrentes.

Primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica necessária para fornecer fundamentação teórica do tema, e em seguida um estudo de caso para demonstrar na prática a sua aplicação e seus resultados.

O objeto do estudo de caso neste trabalho é a análise detalhada de uma ou poucas unidades de estudo. No entender de Godoy (1995, *apud* Neves, 1996), o estudo de caso visa ao exame detalhado de um ambiente, de um sujeito ou de uma situação em particular. Amplamente usado em estudos de administração, o mesmo tem se tornado a modalidade preferida daqueles que procuram saber como e por que certos fenômenos acontecem, ou dos que se dedicam a analisar eventos sobre os quais a possibilidade de controle é reduzida, ou quando os fenômenos analisados são atuais e só fazem sentido em um contexto específico.

Polit e Hungler (1987) também citam que os Estudos de Caso são úteis para explorar tecnologias emergentes e usar as informações obtidas na elaboração de novas hipóteses a serem mais rigorosamente testadas em pesquisas subseqüentes. Os Estudos de Caso podem conter informações quantitativas para melhor ilustrar o assunto abordado e permite-se usá-los também para fazer previsões acerca do comportamento futuro da organização ou do indivíduo avaliado. Os estudos de caso podem usar praticamente todas as ferramentas de coletas de dados existentes: questionários, entrevistas, esquemas de observação, documentos pessoais e organizacionais quaisquer (mesmo informais), registros estatísticos, etc.

1.3. Objetivo Geral do Trabalho

O objetivo deste trabalho consiste de um estudo de caso em uma empresa do setor metal-mecânico através da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor (MFV), e propor melhorias do ponto de vista da manufatura enxuta.

1.4. Objetivos Específicos

- Desenvolver o mapeamento do processo produtivo atual para uma família de produtos;
- Identificar desperdícios a serem eliminados;

- Desenvolver o mapa do estado futuro eliminando desperdícios do processo;
- Desenvolver um plano para implementar seu fluxo de valor na situação futura;

1.5. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos que, a seguir, serão descritos em linhas gerais:

O capítulo 1 apresenta uma breve introdução ao tema da pesquisa, descrevendo o problema de pesquisa e o detalhamento dos objetivos. O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, onde na primeira parte é descrita a evolução dos sistemas de manufatura, e em seguida é feita uma breve comparação entre o Sistema Toyota de Produção e a manufatura enxuta, e por fim são apresentados os princípios da manufatura enxuta.

O capítulo 3 introduz os tipos de sistemas de programação e controle da produção e compara os sistemas MRP, *Kanban* e CONWIP. O capítulo 4 trata da técnica do mapeamento do fluxo de valor e suas fases de aplicação: escolha da família de produtos, mapeamento da situação atual, mapeamento da situação futura, além de outros aspectos importantes do mapeamento do fluxo de valor.

O capítulo 5 apresenta o Mapeamento do Fluxo de Valor aplicado na empresa estudada, onde inicialmente é feita uma breve descrição do trabalho, e em seguida são delineadas as características da empresa, e por fim são apresentados os mapeamentos dos fluxos de valor atual e futuro para três produtos da empresa e seus planos de implementação. As conclusões são apresentadas no capítulo 6.

CAPÍTULO 2. MANUFATURA ENXUTA

2.1. Evolução dos Sistemas de Fabricação

De acordo com Rotandaro (2002), a melhoria do desempenho de processos no ambiente das indústrias de manufatura é um problema clássico enfrentado pelos dirigentes industriais. Desde os primórdios da revolução industrial, com a gradual transição dos sistemas de produção da arcaica forma artesanal para a moderna organização fabril concebida pelo capitalismo industrial, célebres talentos da época, como Frederick Taylor e Henry Ford, notabilizaram-se pelas contribuições que desenvolveram para propulsionar a busca obstinada das empresas por aumento de produtividade. Taylor semeou as bases da chamada administração científica e Ford revolucionou a indústria introduzindo as linhas de produção em massa. Os estudos desenvolvidos por Ralph Barnes (estudo de tempos), Frank e Lillian Gilbreth (estudo de movimentos fundamentais) e Harold Maynard (sistema de medidas de tempos sintéticos), entre outros expoentes da engenharia de produção, datam também desta época de desenvolvimento de metodologias e funções para a modernização da administração industrial. Pode-se inclusive creditar que o fenômeno da expansão, liderança e pioneirismo das indústrias norte-americanas com o concomitante crescimento da sociedade de consumo em massa entre períodos de pós-guerras e a década de 1970, deveu-se em parte à competitividade alcançada por meio da aplicação sistemática dessas “novas” técnicas.

Contudo, a globalização da economia continuou acentuando a concorrência entre as empresas, e os padrões da competição têm-se tornado cada vez mais complexos. Durante muito tempo as empresas competiram simplesmente com base em preço; no entanto, com a entrada em cena de novos concorrentes, oriundos principalmente dos países que se tornaram conhecidos como “tigres asiáticos”, além do preço, a qualidade passou a ser fator crítico de sucesso no mercado. E à medida que cada vez mais empresas foram dominando a competência de produzir com qualidade, novos atributos diferenciadores, como

confiabilidade, prazo e inovação, passaram a ser cumulativamente demandados pelo mercado. Cabe aqui salientar que tal expansão do escopo de expectativas pelo cliente decorre sobretudo da tendência observada no passado recente de as empresas oferecerem ao consumidor um *mix* cada vez mais diversificado de produtos, os quais têm sido fabricados em séries cada vez menores. Com isso, o simples domínio e aplicação do conjunto de técnicas, tais como divisão do trabalho, racionalização de métodos, cronometragem, padronização, mecanização, automação e balanceamento de linhas, legados por Taylor, Ford e seus discípulos, tornou-se obsoleto e insuficiente para que as empresas se mantivessem competitivas em manufatura.

Um novo conjunto de princípios e técnicas que caracterizam o chamado sistema de produção *lean*, ou, literalmente, “enxuto” em português, tem como ideal produzir cada vez mais com menos recursos. O sistema de produção *lean* foi concebido e desenvolvido pela Toyota Motor Co. para que suas fábricas se tornassem capazes de operar *just in time* (JIT), ou seja, de fabricar e entregar somente os produtos necessários, na quantidade exata e no momento exato. O conceito JIT em si já havia sido idealizado pela direção da Toyota na década de 1940, mas as bases do sistema de produção *lean* levaram as três décadas seguintes para serem desenvolvidas. Contudo, os resultados dessa iniciativa já eram significativos e evidentes na década de 1970. Na década de 1980, o sistema de produção *lean* ganhou ampla notoriedade ao ser reconhecido como um dos pilares de sustentação do vigoroso crescimento registrado pela indústria automobilística japonesa na época e ao ser apontado pela equipe de pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), como o modelo de produção mais competitivo entre os adotados pelas empresas automobilísticas em todo o mundo.

O sistema de produção *lean* encontra-se atualmente em processo de ampla difusão nos mais diversos segmentos industriais, não se restringindo ao setor automotivo ou às grandes empresas. Contudo, não existe uma metodologia para sua implementação que possamos apontar como a mais recomendável e efetiva.

2.2. Manufatura Enxuta e o Sistema Toyota de Produção

O principal propósito do Sistema Toyota de Produção (STP) é eliminar diversos tipos de desperdícios contidos na empresa através da melhoria das atividades. A utilização dos princípios de produção adotada pela Toyota tem sido utilizada atualmente não somente por empresas no Japão, mas por empresas ocidentais e de todos os países. O sistema de produção enxuto desenvolvido por Ohno tomou proporções e importância em nível mundial. O termo produção enxuta foi criado no início da década de 1990 para nomear o “*Thinking Process*” de Taichi Ohno e o conjunto de métodos que descrevem o sistema de produção da Toyota. Este termo foi popularizado no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK et. al., 1992), o qual ilustra claramente a significativa diferença de desempenho obtida pela implantação dos conceitos de produção enxuta na indústria automobilística japonesa, em comparação com a indústria ocidental.

O STP é uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só a manufatura, mas todas as partes da organização. Sendo um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa, ele é um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança. Na verdade, sua essência é a busca, identificação e eliminação de toda e qualquer perda. É o que na Toyota se conhece como “princípio do não-custo”, o qual baseia-se na crença de que a tradicional equação $\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro}$, deve ser alterada por $\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo}$.

Para a implementação de processos de acordo com as técnicas de produção enxuta, busca-se minimizar os desperdícios de produção, seus efeitos e prosseguir com a busca contínua de “zero defeitos, tempo de preparação zero, estoque zero, movimentação zero,

quebra zero, *lead time* zero e lote unitário”. A produção enxuta lança mão de algumas técnicas e ferramentas como layout celular, o JIT, o *Kanban* (produção puxada), o mapeamento do fluxo de valor (MFV), dentre outras.

A Produção Enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos buscando atingir, ou até superar, as expectativas dos clientes (MACDONALD et al., 2000). 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 se faz tradicionalmente, não se deve efetuar esta avaliação sob a óptica da empresa ou de seus departamentos.
2. Identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios.
3. Promover ações a fim de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas.
4. Produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor.
5. Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios.

Womack e Jones (1992) ressaltam que sete tipos de desperdícios foram identificados por Shigeo Shingo para o STP, os quais são:

1. Superprodução - Entende-se como superprodução a perda por produzir mais do que o cliente demanda em volume, resultando em um fluxo ineficiente de peças e informações, ou excesso de inventário. O sistema de produção enxuta prega que só deve ser produzido aquilo que é necessário, de acordo com a demanda do cliente.

2. Espera - Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo ineficiente, bem como em lead times longos. Geralmente a perda por espera está associada com altos índices de aproveitamento de máquina, pois é formada uma fila de produtos atrás de uma etapa do processo produtivo. Dentro dos conceitos da manufatura enxuta, deve-se garantir o fluxo contínuo de materiais. A manufatura enxuta também coloca ênfase no homem e não na máquina. O homem não pode estar ocioso, mas a máquina pode esperar para ser utilizada.
3. Transporte - movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia. O tempo e os recursos gastos no transporte de material, seja por ponte rolante, empilhadeira ou qualquer outro meio de transporte de carga, apenas agregam custo ao produto acabado.
4. Processo - Entende-se este desperdício como operações desnecessárias, introduzidas no processo para resolver problemas causados pelo equipamento ou operação, afetando na qualidade do material.
5. Movimentação - desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens, é o tempo perdido realizando-se atividades que não são necessárias ou que poderiam ser feitas em menor tempo. A manufatura enxuta procura a economia e consistência nos movimentos através do estudo de métodos e tempos de trabalho, se apoiando em soluções simples e de baixo custo.

6. Retrabalho - É a perda com atividades que são feitas para correção de defeitos nos produtos, processos e prazos de entrega. A manufatura enxuta prega a redução de defeitos e o contínuo aperfeiçoamento dos processos.

7. Estoques - Armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixo desempenho do serviço prestado ao cliente. Muitas vezes os estoques encobrem a ineficiência do processo, os problemas de qualidade, de confiabilidade ou de produção. A perda por estoque acaba acarretando outros tipos de perda como a perda por transporte e perda por retrabalho, indo contra os princípios da manufatura enxuta.

2.3. Princípios da Manufatura Enxuta

A implementação da manufatura enxuta inicia-se com o "Pensamento Enxuto", ou seja, a mudança na maneira de observar seu fluxo e suas etapas de processo. Descrevem-se a seguir os princípios do pensamento enxuto:

Valor: Considera-se valor como a palavra de ordem quando se refere ao pensamento ou produção enxuta. A definição básica poderia ser resumida na afirmação: valor é tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar.

O pensamento enxuto deve começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor em termos de produtos específicos, com capacidades específicas, oferecidas a preços específicos, através do diálogo com clientes específicos. (...).

(LINDGREN, 2001, p.62).

Deve-se sempre ter em mente que cada etapa do seu processo deve, obrigatoriamente, adicionar “valor” ao seu produto final. Critique e elimine atividades que só agreguem custo.

A Cadeia de Valor: Entende-se por cadeia de valor todas as etapas, ações ou processos específicos que são aplicados ao produto ou serviço a fim de se completar as três etapas do negócio: solução de problemas, gerenciamento de informações e transformação física.

Deve-se observar o processo por completo e não como etapas isoladas, lembrando-se que o valor e custo são adicionados em todas as etapas e também entre elas. Entende-se melhor esse conceito quando se observa uma produção em série, onde o produto passa por diversas etapas em série até o acabamento final. A análise deve ser feita em toda cadeia incluindo as etapas de transição de uma à outra. É muito comum encontrar oportunidades de melhorias entre as etapas do processo, pois geralmente entre processos encontram-se estoques de peças semi-acabadas, peças defeituosas, movimentações de materiais, etc.

Fluxo: Busca-se alcançar o fluxo contínuo como o objetivo principal da produção enxuta. Muitas empresas que buscam implementar a produção enxuta concentram seus esforços no desenvolvimento de layouts em formato de U, ao invés do mais importante: criar e manter um fluxo contínuo eficiente. O grande desafio é, na realidade, criar um fluxo contínuo na produção de pequenos lotes.

Alcançam-se melhores resultados quando se focaliza o produto e o cliente, ao invés de máquinas e equipamentos.

Tomando-se como foco o produto, deve-se garantir um fluxo contínuo desde seu projeto inicial, sua manufatura, chegando até a sua expedição. A Figura 2.1 mostra a diferença entre a produção seqüenciada em lotes e a implementação de um fluxo contínuo de produção no *lead time* do produto.

Na produção seqüenciada em lotes o *lead time* de produção (tempo de atravessamento) é maior do que na produção em fluxo contínuo, pois cada estação processa o lote inteiro para então enviar para o processo posterior, gerando desta forma desperdícios de espera e estoques em processos. Por isso que a produção enxuta busca alcançar um fluxo contínuo, onde as peças passam de estação para estação.

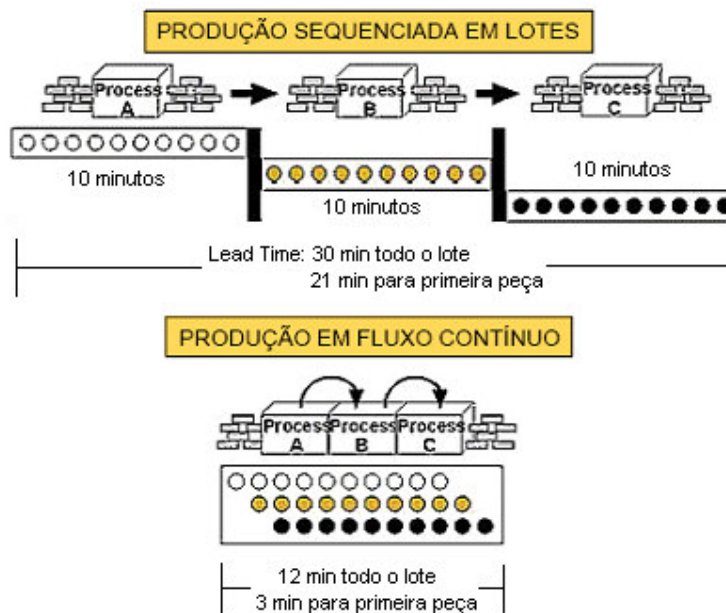


Figura 2.1 – Fluxo de produção em lotes x Fluxo contínuo de produção.

(adaptada de Alonso, 2002).

Produção Puxada: Pode-se definir produção puxada como “produzir apenas o que o cliente quer”, ou seja, uma etapa do processo só deve ser disparada quando for solicitada pela etapa posterior e assim por diante. Exercendo-se o conceito de produção puxada dentro de uma empresa reduz-se inventário e fluxo de caixa extra. Além disso, a produção puxada contribui para a flexibilidade da produção em termos de configuração final do produto, atendendo assim a demanda dos clientes.

Perfeição: Entende-se perfeição como a busca incessante da superação, dentro de uma empresa que tem o pensamento enxuto. Quando uma empresa trabalha focada para agregar valor, cria-se um fluxo contínuo em suas operações, pratica-se a produção puxada com inventários reduzidos, processando-se o material apenas no momento necessário e buscando-se a eliminação de qualquer tipo de perda no seu processo. Neste caso, é preciso ter-se sempre em mente o alcance da perfeição em suas operações. Ao baixar-se o nível de inventário, faz-se com que as “pedras no fundo do rio” apareçam, pedras estas que se traduzem por falta de confiabilidade das máquinas, retrabalhos e outras ineficiências no processo. Os princípios da Produção Enxuta formam uma corrente onde cada elo é vital para o negócio. A Figura 2.2 mostra o inventário representado pelo nível d’água escondendo os problemas existentes numa empresa, como *setups* longos, retrabalhos, rejeições e máquinas paradas.

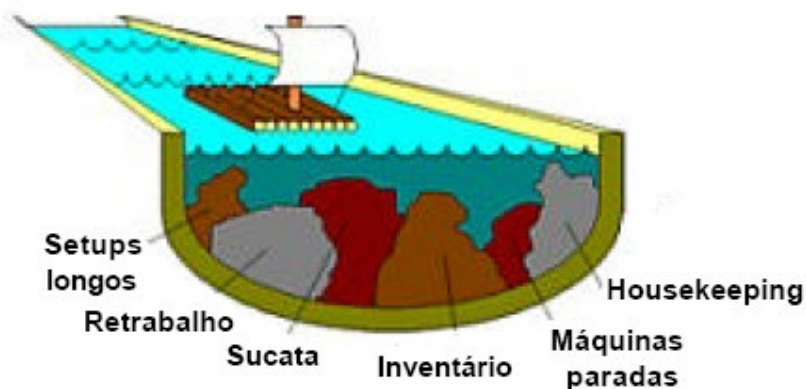


Figura 2.2 – Efeitos de alto inventário.

Fonte: (Alonso, 2002).

CAPÍTULO 3. INTRODUÇÃO AOS MODELOS DE SISTEMAS DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: KANBAN, CONWIP E MRP.

Os estudos de métodos de programação e controle da produção desenvolvidos e aplicados pela dupla Ford-Taylor enfatizavam o processo de manufatura em massa, isto é, o fator importante era a divisão das tarefas e a determinação, por meio dos estudos dos movimentos, e de tempos-padrão de fabricação reduzidos. Homens e máquinas deveriam produzir o máximo possível nesse sistema, e não deveriam permanecer em ociosidade, mesmo que o destino dos produtos fosse o armazém. Depois, o setor de marketing (incluindo as vendas) deveria se encarregar de colocar esses produtos para o mercado consumidor.

De acordo com Schonberger (1988), esse processo de produção em massa, também conhecido como processo de empurrar a produção funciona da seguinte maneira: a direção da empresa resolve pelo lançamento de um novo produto, comunica a decisão à engenharia de produto, que desenvolve a idéia, projeta o bem e envia a documentação para a engenharia industrial, que, por sua vez, desenvolve o processo, os dispositivos, e remete as ordens para o setor de produção, que fabrica o novo produto; o produto final é transferido para o armazém, de onde o setor de marketing se esforça para enviá-lo ao consumidor.

A produção em massa serviu aos interesses dos produtores, principalmente após a II Guerra Mundial, quando a disponibilidade de recursos financeiros norte-americanos era grande. Ocorreu um acentuado crescimento demográfico, o qual foi acompanhado por uma carência de bens; o mercado era altamente demandante, a população havia sofrido com a retração do consumo devido à catástrofe mundial e queria recuperar o "tempo perdido".

Nessa época, início da década de 1950, o Japão buscava sua reconstrução. Tudo estava destruído e era necessário direcionar todos os esforços para a recuperação econômica da nação, implantar e desenvolver novamente a indústria. Foi quando um grupo de executivos da Toyota começaram a observar e estudar os fabricantes de automóveis e de autopeças. Por

curiosidade, ou motivados por necessidades individuais, eles tiveram contato com o sistema de atendimento ao varejo por meio dos supermercados. Motivados também pelo plano de reconstrução da nação e pelo hábito da autodisciplina, aqueles técnicos observaram e estudaram todos os aspectos, e traçaram comparações entre o sistema de trabalho das indústrias e o dos supermercados, notando que este último era completamente distinto do primeiro.

Num supermercado, os clientes desejam o atendimento de suas necessidades, e determinam, assim, como deve ser o serviço de reposição de mercadorias em relação às marcas, quantidades e períodos, principalmente num regime econômico estável, em que é desnecessário manter estoques de produtos em casa, o que equivale a dizer que o consumidor é quem "puxa" pelas atividades daquele tipo de estabelecimento.

O sistema de produção puxada é uma maneira de conduzir o processo produtivo de tal forma que cada operação requisite a operação anterior, e os componentes e materiais para sua implementação, somente para o instante exato e nas quantidades necessárias.

Esse método choca-se frontalmente com o tradicional, no qual a operação anterior empurra o resultado de sua produção para a operação posterior, mesmo que esta não necessite ou não esteja pronta para o seu uso.

Estendendo-se esse conceito a toda a empresa, conclui-se que é o cliente quem decide o que se vai produzir, pois o processo de puxar a produção transmite a necessidade de demanda específica a cada elo da corrente.

Desta forma, aqueles técnicos japoneses procuraram adaptar tudo o que tinham visto nas indústrias e nos supermercados à sua tecnologia de gerenciamento de produção inventada havia um século, desde que se lançaram ao mundo moderno.

Esses estudos determinaram a criação do sistema de administração da produção "puxada", controlada por meio de cartões (*kanban*). Dentre outros propósitos, o mais importante, no sistema de administração da produção por meio de *kanban*, assim como em

qualquer outro sistema, é o de aumentar a produtividade e reduzir os custos por meio da eliminação de todas as funções desnecessárias ao processo produtivo.

O sistema *kanban* não é uma receita pronta que possa ser aplicada indistintamente em qualquer empresa, pois, mesmo dentro de uma única empresa, poderão ser apresentadas soluções diversas para cada uma das funções necessárias.

Ohno (1997) se refere à diversificação como um desafio para as empresas de manufatura, pois até então o sistema tradicional de produção planejada em massa estava acostumado a produzir em grandes quantidades de uma variedade limitada de produtos, ou seja, pouco diversificados. Entretanto, as condições atuais de crescimento lento da economia e com os consumidores necessitando de uma variedade cada vez maior de produtos, exigindo uma mudança na forma de gerenciar a produção, que se adapte rapidamente às variações da demanda dos clientes.

Existem duas formas de controlar a produção, através do método de empurrar a produção e puxar a produção. No primeiro método, utilizado amplamente nas indústrias, a quantidade planejada na produção é determinada pelas previsões de demanda e pelos estoques disponíveis. Períodos sucessivos de produção são determinados a partir de informações padronizadas enviadas a cada processo de fabricação. O produto é então produzido seqüencialmente desde o primeiro processo. No sistema puxado, o processo final retira as quantidades necessárias do processo precedente num determinado momento, e este procedimento é repetido na ordem inversa passando por todos os processos anteriores.

De acordo com Tubino (2000), o sistema *kanban* foi desenvolvido na década de 1960 pelos engenheiros da Toyota, com o objetivo de tornar simples e rápida as atividades de programação, controle e acompanhamento de sistemas de produção em lotes. O sistema *kanban* foi projetado para ser usado dentro do contexto mais amplo da filosofia JIT, e busca movimentar e fornecer os itens dentro da produção apenas nas quantidades necessárias e no momento necessário.

Dentro da programação da produção, o sistema *kanban* caracteriza-se por “puxar” os lotes dentro do processo produtivo, enquanto que os métodos tradicionais de programação da produção “empurram” um conjunto de ordens para serem feitas no período.

Nos sistemas convencionais onde a produção é empurrada, para atender ao plano mestre de produção (PMP), elabora-se periodicamente um programa de produção completo, da compra da matéria-prima à montagem do produto acabado, transmitindo-o aos setores responsáveis por meio da emissão de ordens de compra, fabricação e montagem, não sem antes passá-lo por uma etapa de seqüenciamento, para adequá-lo às restrições de capacidade física do processo produtivo. No período seguinte de programação, em função dos estoques remanescentes, programam-se as novas ordens para atender a um novo PMP.

No sistema *kanban* de produção puxada, não se produz nada até que o cliente (interno ou externo) de seu processo solicite a produção de determinado item. Neste caso, a programação da produção usa as informações do PMP para emitir ordens apenas para o último estágio do processo produtivo, normalmente a montagem final, assim como para dimensionar as quantidades de *kanbans* dos estoques em processo para os demais setores. À medida que o cliente de um processo necessita de itens, ele recorre aos *kanbans* em estoque nesse processo, acionando diretamente o processo para que os *kanbans* dos itens consumidos sejam fabricados e repostos ao estoque.

O sistema *kanban*, agindo desta maneira, simplifica significativamente as atividades de curto prazo desempenhadas pelo PCP nos processos repetitivos em lotes, delegando-as aos próprios funcionários do chão de fábrica. Isto porque o sistema *kanban*, uma vez dimensionado com base no PMP, executa em sua sistemática de funcionamento as atividades de administração de estoques, seqüenciamento, emissão, liberação e acompanhamento e controle das ordens referentes a um programa de produção.

Bonvik & Gershwin (1996) afirmam que uma ferramenta semelhante ao *kanban* também foi desenvolvida e denominada CONWIP (*constant-work-in-process*). O CONWIP é um

sistema híbrido (puxado e empurrado) de controle da produção. Como no sistema *kanban*, o CONWIP limita a quantidade de WIP (*work in process*) no sistema, com o benefício de reduzir custos e *lead time*.

Ao contrário do *kanban*, onde o controle é feito entre estações adjacentes, no CONWIP a produção é puxada a partir da última estação da linha, onde a entrada de novas ordens é puxada, mantendo o WIP constante, porém o fluxo dentro do sistema segue a lógica da produção empurrada. A figura 3.1 ilustra as diferenças entre os modelos empurrado (MRP), *kanban* e CONWIP.

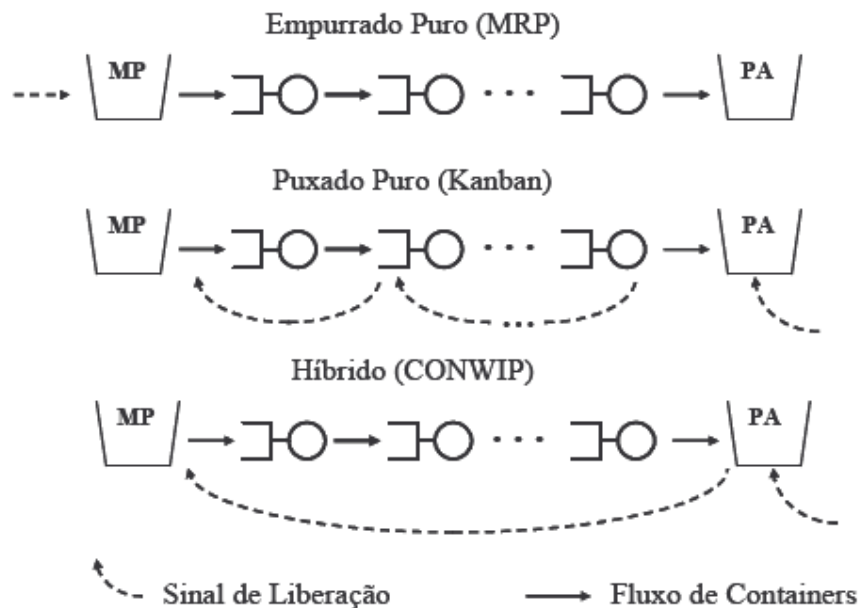


Figura 3.1 – Mecanismos de produção puxada e empurrada.

(adaptada de Hopp e Spearman, 2000).

O sistema CONWIP (Spearman *et al.*, 1990) é uma forma mais específica de *kanban*, já que também é baseado em sinais. Entretanto, no CONWIP os cartões realizam um circuito que inclui a linha de produção inteira. Para tanto, um cartão é fixado em um contêiner-padrão

de peças no início da linha. Há um número predefinido de cartões que define uma quantidade fixa e constante de estoques (*constant* WIP) para a linha. Quando um contêiner é usado no final da linha, o cartão é removido e enviado de volta para o início, onde ele espera na fila no sistema de cartões para eventualmente ser fixado em outro contêiner de peças.

No sistema CONWIP a alocação de cartões é estabelecida para toda a linha, não sendo, portanto, estabelecidos níveis de estoque para cada recurso, mas para a linha como um todo.

O modelo CONWIP busca limitar o nível máximo de WIP em toda a linha de produção, permitindo que este flua livremente entre os recursos. É dado, portanto, tratamento igualitário entre os recursos da linha, não importando seu posicionamento nem seu nível de capacidade produtiva. A cada item finalizado pelo último recurso da linha é autorizada a liberação de matéria-prima para a manufatura de mais um item.

A operação de um sistema CONWIP é regulada pelo recurso gargalo. Sua utilização determina a capacidade produtiva da linha, enquanto os demais recursos podem estar periodicamente ociosos. Assumindo-se que há uma demanda suficiente para a saída de produtos da linha, o sistema CONWIP com o número correto de cartões irá manter apenas o WIP suficiente para manter o recurso gargalo ocupado.

Segundo Souza (2002) um ponto em comum aos sistemas *kanban* e CONWIP é que o nível de WIP não pode ultrapassar certo limite preestabelecido, que, por sua vez, é determinado pelo total de *kanbans* circulando por toda a linha. Neste trabalho será realizada uma comparação entre os sistemas *kanban* e CONWIP para a realidade da empresa estudada.

Neste trabalho busca-se usar um sistema puxado de produção devido às seguintes razões: (a) elevados níveis de estoque encontrados na empresa, e (b) importância de se disponibilizar as peças quando necessário, pois muitas vezes o cliente necessita uma peça que não se encontra em estoque, estando a mesma em produção em grandes lotes em processos iniciais, demorando a chegar às mãos do cliente, enquanto outras peças que o cliente não necessita estão em processos posteriores a esta.

De acordo com Tubino (2008), os sistemas puxados contribuem para a expansão da manufatura enxuta nos seguintes pontos:

- Funções de administração dos estoques;
- Seqüenciamento do programa de produção segue as regras de prioridades estabelecidas pelas faixas de cores nos quadro porta-*kanban*, sem a interferência do PCP, refletindo rapidamente as variações na demanda;
- Simplifica o acompanhamento e controle visual do programa de produção.
- Permite a identificação imediata de problemas que inibam o incremento da produtividade;
- Estimula o uso de pequenos lotes, dando apoio à implementação da Troca Rápida de Ferramentas (TRF);
- Implementa os conceitos de organização, limpeza, padronização e disciplina nos estoques da empresa.

CAPÍTULO 4. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)

Uma das ferramentas da produção enxuta é o Mapeamento do Fluxo de Valor, a qual será aplicada nesta Dissertação de Mestrado. Os princípios que fundamentam esta técnica não são novos, pelo contrário, vários formalismos de mapeamento de processos são há muito tempo conhecidos e utilizados pelas empresas de manufatura. O grande diferencial do MFV é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias. Nesse sentido, a técnica de MFV auxilia no desenvolvimento conceitual da “situação futura” do sistema de produção enxuta.

O MFV é bastante importante para a implementação da manufatura enxuta, permitindo a visualização da cadeia de valor, composta pelos fluxos de processos, materiais e informações, ajudando a identificar desperdícios, bem como suas fontes. O MFV ajudará na tomada de decisões sobre o fluxo representado, tornando-o mais lógico e simples. Uma vez realizado o MFV no estado atual, que tem por objetivo representar o “mapa da situação atual” (a foto do “hoje”), deve-se partir para o mapeamento do estado futuro, o qual representará o mapeamento que pode tornar-se realidade em um curto espaço de tempo, apontando as melhorias potenciais, baseadas nas observações realizadas no decorrer do mapeamento do estado atual. Esta técnica, apresentada por Rother e Shook (2003), tem por objetivo realizar o mapeamento “porta a porta”, ou seja, do recebimento de matéria-prima até a expedição para o cliente final. A figura 4.1 mostra um exemplo do MFV.

Inicialmente, um fluxo de valor é definido como toda ação (agregando valor ou não) necessária para fazer passar um produto por todos os seus processos essenciais. A abordagem desta dissertação, bem como o estudo de caso apresentado, serão baseados em um fluxo de produção desde a matéria prima até o cliente final.

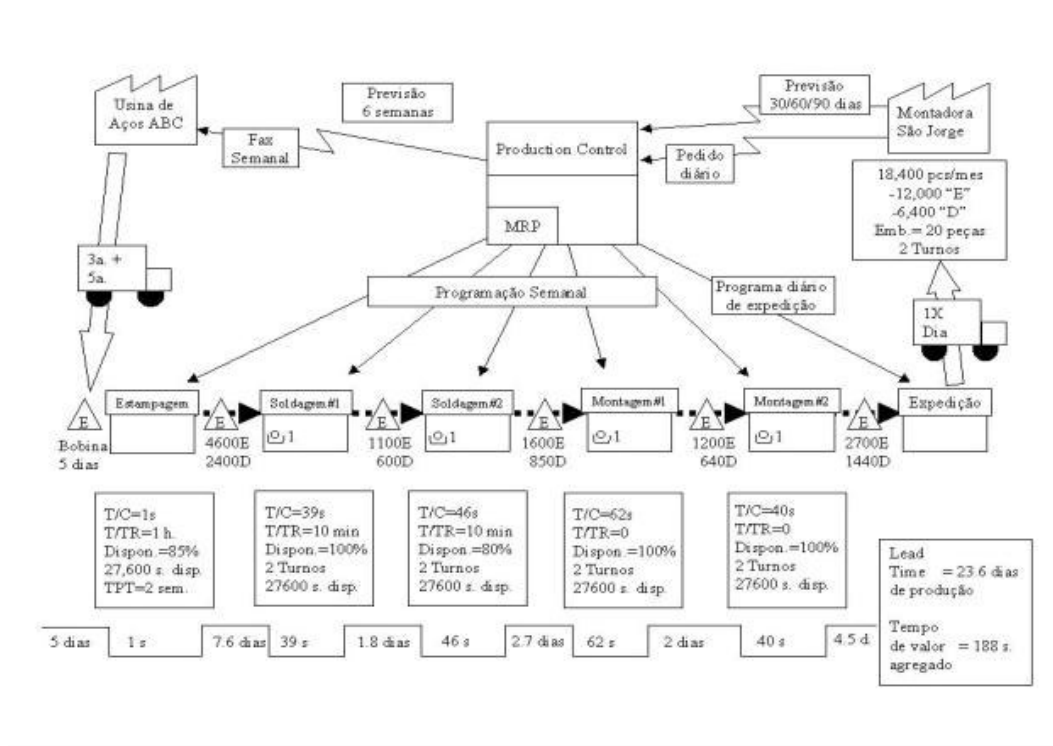


Figura 4.1 – Mapa do fluxo de valor.

(adaptada de Rother e Shook, 2003).

A aplicação do MFV para uma nova família de produtos proporciona a visualização gráfica dos seguintes elementos:

- O fluxo de matéria-prima, desde o estoque até os processos de montagem dos componentes;
- A quantidade e freqüência de abastecimento das matérias-primas;
- O fluxo de componentes e a freqüência com que eles serão enviados aos processos posteriores;
- O fluxo de informação da nova família de produtos e a interação com os processos que produzem componentes para outras famílias de produtos;

- A área de armazenagem necessária para matérias-primas, componentes e produtos acabados, bem como a viabilidade de criação de “supermercados” entre processos.

A proposta de aplicação do MFV a uma nova família de produtos, em sua fase de pré-implantação, tem como objetivos:

- Assegurar que as boas práticas empregadas nas células de produção já instaladas sejam inseridas na fase inicial de operação;
- Assegurar a adoção de técnicas enxutas de produção na concepção da nova família de produtos;
- Reduzir os desperdícios contidos nos fluxos de processo, material e informação, contribuindo assim para a redução do tempo de atravessamento (*lead time*), inventário em processo e aumento da produtividade.

O MFV é uma ferramenta essencial porque ajuda a visualizar os processos individuais, as fontes de desperdícios e também auxilia nas decisões sobre os fluxos visíveis. Além disso, o MFV forma a base de um plano de implementação, mostrando a relação entre os fluxos de informação e o fluxo de material.

Por fim, o MFV proporciona com recursos simples a obtenção de resultados significativos. Entretanto, em algumas circunstâncias, o MFV pode apresentar algumas limitações, dentre as quais pode-se destacar: (a) dificuldade de lidar com o mapeamento de fluxos que apresentem recursos compartilhados entre diversas famílias de produtos, ou seja, quando centros de trabalhos (máquinas) realizam operações em diferentes tipos de peça de diversas famílias; (b) a falta de habilidade em tratar aspectos físicos, como dimensões e *layouts*, ou seja, dificuldades em modificar equipamentos de lugar para melhor utilização dos conceitos *lean*.

Apesar das limitações apresentadas acima, o MFV representa um grande avanço no que diz respeito à proposição e implementação de melhorias nos ambientes de manufatura (ANDRADE, 2002).

4.1. Fluxo de Materiais e de Informações

Além do fluxo de materiais, ou seja, o movimento do material dentro de uma fábrica, também existe o fluxo de informação, que corresponde aos dados que indicam o que cada processo deve fabricar ou qual a etapa seguinte. No âmbito da implementação dos conceitos de manufatura enxuta é necessário mapear ambos os fluxos, sendo que a importância dada ao fluxo de informação deve ser a mesma dada ao fluxo de materiais. A Figura 4.2 mostra a representação dos fluxos de materiais e informação dentro de um processo produtivo.



Figura 4.2 – Fluxo de Materiais e Informação.

Fonte: (Rother e Shook, 2003).

4.2. O Gerente do Fluxo de Valor

Necessita-se ter uma pessoa com a responsabilidade de entender o fluxo de valor de uma família de produtos e por sua melhoria. Não se deve cometer o erro de dividir a tarefa de mapeamento entre os gerentes das áreas. Durante a implementação da produção enxuta todos

os envolvidos devem entender o MFV, principalmente para estarem aptos a enxergar o mapa do estado futuro, mas o mapeamento e a equipe de implementação do estado futuro precisam ser liderados por alguém que possa enxergar através das fronteiras dos fluxos de valor de um produto. A figura 4.3 mostra a diferença entre o foco da alta administração e do pessoal da linha de frente.

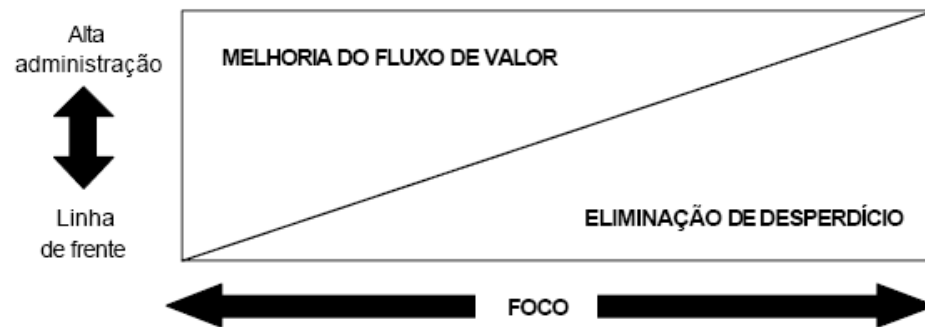


Figura 4.3 – Gerenciamento e foco de atuação.

Fonte: (Rother e Shook, 2003).

4.3. Usando a Ferramenta de Mapeamento

As etapas do MFV, mostradas na figura 4.4 indicam que o MFV pode ser utilizado como uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de negócio e uma ferramenta para gerenciar o processo de mudança. Será abordado nesse trabalho o mapeamento como ferramenta para planejar as mudanças visando a implementação da produção enxuta.

Inicia-se o MFV identificando-se algumas etapas fundamentais que estão descritas a seguir:

1. Família do produto: Identifica-se qual produto deve ser focado;
2. Desenho do Estado Atual: situação atual do processo - essas informações são obtidas diretamente do chão de fábrica;

3. Desenho do Estado Futuro: Onde se deseja chegar;
4. Plano de Trabalho: Como será feita essa transição entre o estado atual e o futuro.

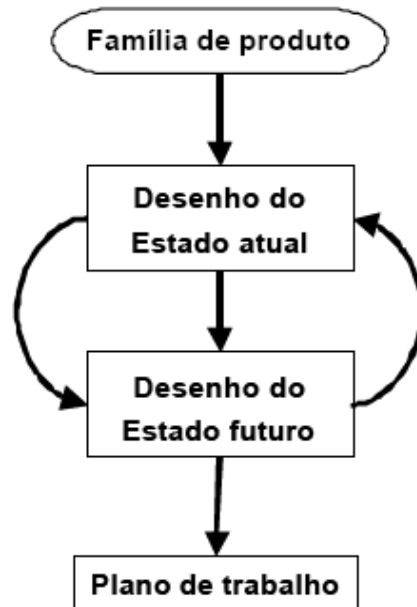


Figura 4.4 – Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Fonte: (Rother e Shook, 2003).

Pode-se notar na figura 4.4 que as setas entre o desenho do estado atual e futuro têm sentido duplo, indicando que o desenvolvimento do estado atual e futuro são esforços superpostos, ou seja, idéias sobre o estado futuro surgirão enquanto o estado atual estiver sendo mapeado e, do mesmo modo, desenhar o estado futuro mostrará informações importantes sobre o estado atual que não haviam sido percebidas.

4.4. Selecionando uma Família de Produtos

Segundo Rother e Shook (2003), um ponto que deve ser entendido claramente antes de se começar é a necessidade de focalizar-se em uma família de produtos. Não se deve mapear

toda a produção, ou toda a linha de produtos de uma empresa, a não ser que se trate de uma pequena empresa com uma linha de produção baseada em um só produto. Os clientes se preocupam com produtos específicos, não com todos os produtos da empresa.

Identifica-se no fluxo de valor a família de produtos a partir do lado do consumidor, baseando-se em produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos posteriores.

Desenhando o Mapa do Estado Atual

Após a seleção da família de produtos, coletam-se as informações do estado atual, caminhando-se diretamente ao lado dos fluxos reais de material e informação. O mapeamento começa pelas demandas do cliente da sua família de produtos em questão. Deve-se mapear o fluxo de material do produto registrando cada etapa do processo e suas paradas. Os dados típicos de processo que devem ser registrados no mapeamento são: tempo de ciclo, tempo de troca de ferramentas, tamanhos dos lotes de produção, número de variações de um produto, número de operadores, tamanho de embalagem, tempo de trabalho, taxa de refugo e o tempo de operação real da máquina.

Na segunda etapa adiciona-se o fluxo de informação, ou seja, qual a frequência que o chão de fábrica recebe informações sobre quanto e quando se deve fabricar. Uma vez desenhados os dois fluxos juntos, pode-se ver como um mapa do fluxo de valor difere de uma tradicional ferramenta visual usada em análises de operações. Outra análise interessante é estabelecer-se o somatório somente dos tempos que agregam valor para o processo no fluxo de valor comparando-se o resultado com o *lead time* total.

Para o MFV são utilizados alguns ícones sugeridos por Rother & Shook (2003) conforme descritos na figura 4.5. Araújo (2004) ressalta que outros ícones também podem ser criados pela equipe de projeto dependendo das suas peculiaridades.

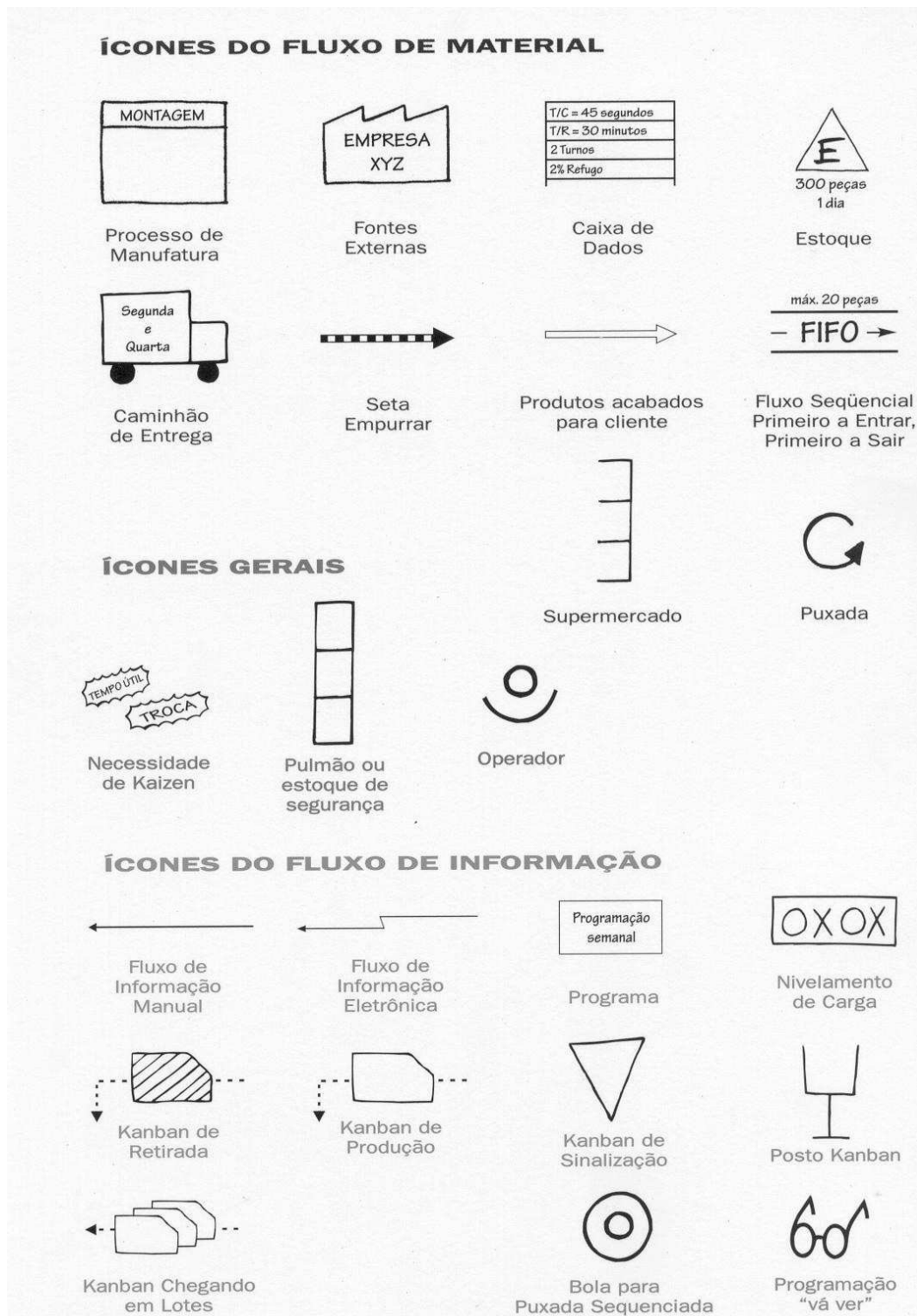


Figura 4.5 – Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor.

Fonte: (Rother e Shook, 2003).

4.6. Características de um Fluxo Enxuto de Valor

Antes de se projetar o estado futuro é preciso identificar e eliminar os desperdícios potenciais da produção. Dentre estes desperdícios, o excesso de produção é o ponto mais importante a ser focado visando o sucesso da implementação. Produzir em excesso significa produzir mais, produzir antes ou produzir mais rápido do que a demanda “puxada” dos clientes. O objetivo é identificar e eliminar as fontes ou “causas raízes” desses desperdícios.

Para alcançar uma produção enxuta é preciso que os produtos sejam fabricados apenas quando necessário, ou seja, apenas quando a próxima etapa do processo dispare a demanda. Desse modo, trabalha-se para alcançar um fluxo contínuo de produção entre as etapas do processo, objetivando menores *lead times*, alta qualidade e custo minimizado. Para isso, Rother e Shook (2003), sugerem os seguintes procedimentos:

Produza de acordo com seu tempo takt – Tempo takt é o tempo em que se deveria produzir uma peça ou produto, baseado nos ritmos de vendas, para atender a demanda dos clientes. É utilizado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de vendas. A figura 4.6 mostra a comparação entre o tempo takt o tempo de cada etapa do processo de um produto. Neste caso, pode-se observar que o ciclo das operações não está balanceado, e o ciclo da montagem 1 está acima do tempo takt, o que significa que para poder acompanhar o ritmo de vendas deve-se reduzir o ciclo da montagem 1 ou dividir o conteúdo de trabalho entre as estações. Outro exemplo pode ser visto no ciclo da operação de estampanaria, o qual é muito rápido, e incorporá-lo em um fluxo contínuo não é prático, pois tornar este ciclo mais lento para aproximá-lo do tempo takt e dedicá-lo a uma única família de produtos resultaria em uma prensa muito sub-utilizada, além da necessidade da utilização de outras prensas para as demais famílias de produtos.

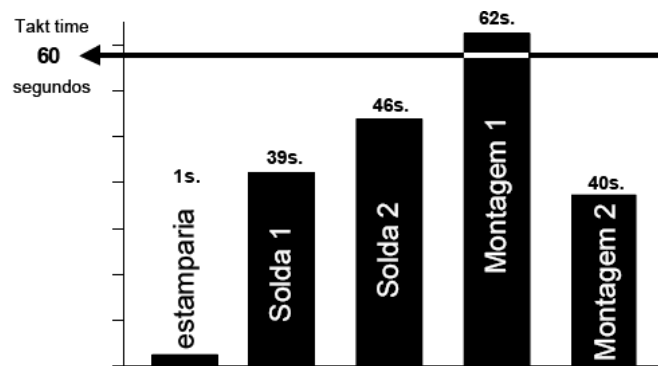


Figura 4.6 – Tempo takt x tempo das etapas dos processos.

Fonte: (Rother e Shook, 2003).

Desenvolva um fluxo contínuo onde for possível – Fluxo contínuo significa produzir-se uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma parada entre eles.

Use supermercados para controlar a produção onde o fluxo não se estende aos processos anteriores – Frequentemente há pontos no fluxo de valor onde o fluxo contínuo entre processos não é possível, e fabricar em lotes se faz necessário, como no exemplo anterior da estamparia. De qualquer modo, não se deve tentar controlar ou programar estes processos através do departamento de controle de produção. O objetivo de colocar um sistema puxado através de supermercados entre dois processos é proporcionar uma maneira de dar a ordem exata de produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda posterior e programar este processo.

Utilize o Kanban para o controle de produção - O sistema *kanban* foi inspirado nos sistemas de reposição de mercadoria em supermercados. A principal semelhança é a reposição somente do que é vendido e não um sistema de reabastecimento estimado. Dessa forma se reduzem significativamente os estoques. Aplicando-se o conceito em uma empresa de

manufatura, o sistema *kanban* implementado garante que a produção só será feita em resposta aos pedidos.

Tente enviar a programação do cliente somente para um processo de produção –

Utilizando um sistema puxado e os “supermercados” é necessário fazer-se a programação de apenas uma etapa do processo, e esta etapa será o “processo puxador”. A figura 4.7 mostra a seleção do “processo puxador”, e freqüentemente ele é o último processo em fluxo contínuo, no fluxo de valor de porta a porta.

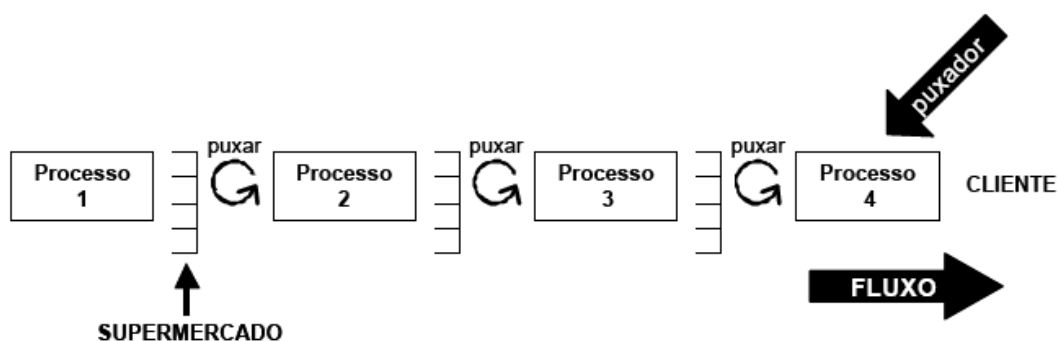


Figura 4.7 – Selecionando o “Processo Puxador”.

Fonte: (Rother e Shook, 2003).

Distribua a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo, no processo puxador – Agrupar os mesmos produtos e produzi-los todos de uma vez dificulta o atendimento dos clientes que querem algo diferente do lote que está sendo produzido. Isto exige que se tenha mais produtos acabados em estoque ou mais *lead time* para atender o pedido. É preciso nivelar o *mix* de produto e distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo. Desse modo, pode-se responder às diferentes solicitações dos clientes com um pequeno *lead time*, enquanto se mantém um pequeno estoque de produtos acabados.

Crie um processo “puxador inicial”, com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador – Deve-se estabelecer um ritmo de produção consistente e nivelado, criando um fluxo de produção previsível que, por sua natureza, alerte para os problemas de tal modo que se possam tomar rápidas ações corretivas. O incremento de trabalho liberado é chamado de *pitch*, que é calculado pela multiplicação do tempo takt pela quantidade de peças no contêiner, ou um múltiplo ou fração daquela quantidade.

Desenvolva a habilidade de fazer “toda peça, todo dia” nos processos anteriores ao processo puxador – Ao produzirem-se lotes menores nos processos anteriores, esses processos serão capazes de responder às mudanças posteriores mais rapidamente. Por sua vez, eles requererão ainda menos estoque nos “supermercados”.

4.7. O Mapa do Estado futuro

Segundo Rother e Shook (2003) o objetivo de mapear-se o fluxo é destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um “estado futuro”, o qual pode tornar-se realidade em um curto período de tempo. O objetivo é construir um fluxo de produção disparado pela demanda do cliente e, conseqüentemente, atuando sobre cada etapa da produção. Para auxiliar o desenho do mapa do estado futuro é proposta uma lista de questões, citadas a seguir, as quais foram efetuadas ao longo deste trabalho:

1. Qual é o tempo takt?
2. Você produzirá para um supermercado de produtos acabados do qual os clientes puxam ou diretamente para a expedição?

3. Onde você pode usar o fluxo contínuo?
4. Onde você precisará introduzir os sistemas puxados com supermercados?
5. Em que ponto único da cadeia de produção (“processo puxador”) você programará a produção?
6. Como você nivelará o *mix* de produção?
7. Quais incrementos de trabalho você liberará uniformemente do processo puxador?
8. Quais melhorias de processo serão necessárias para "fazer fluir" o fluxo de valor, conforme as especificações do mapa do estado futuro?

CAPÍTULO 5. O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR NA EMPRESA

5.1. Caracterização da Empresa

A empresa estudada encontra-se instalada em uma área de 100.000m², com área construída de 20.000m², concentrando fundição, forjaria, usinagem, tratamento térmico, e toda a logística necessária às suas atividades. Sua verticalização é uma de suas principais características empresariais.

O mercado em que atua é o ramo de peças para tratores de esteiras. Neste segmento é a maior indústria do hemisfério sul, dominando 65% do mercado brasileiro de peças de reposição para tratores de esteira. No ano de 1996, implantou em seus processos produtivos o Sistema de Gestão pela Qualidade Total, através do qual obteve em 1998 a certificação de acordo com as normas ISO 9002, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, e hoje encontra-se certificada com a ISO 9001 versão 2000.

A empresa fabrica e comercializa o conjunto rodante para tratores e escavadeiras, bem como os seus componentes (elos, buchas, pinos, roletes, eixos, mancais, rodas guias e rodas motrizes, etc.) para o mercado de reposição.

Analisando o contexto da indústria atualmente, buscou-se fazer uma avaliação tanto de fatores externos quanto internos da organização, sendo eles:

- Entrada de novos concorrentes de todo o mundo com preços mais baixos que os adotados pela empresa;
- Baixa do dólar facilita a importação de peças de reposição e impede a exportação;
- Fornecedores de matéria-prima não conseguem atender a demanda e qualidade exigida pela empresa;
- Aumento elevado do custo da matéria-prima;

- Existência de algumas crenças e valores/filosofia que dificultam o alcance dos resultados;
- Falta de pesquisas tecnológicas;
- Estoques elevados na fábrica e em todas as filiais;
- Altos custos para manutenção das filiais;
- Deficiência no controle da qualidade;

A partir desse panorama, fica evidente a necessidade da implementação de um sistema de manufatura enxuta, assim como a necessidade de se esclarecer e difundir, entre todos os envolvidos no processo industrial, o melhor caminho para alcançar os objetivos propostos pela manufatura enxuta.

5.2. Produtos Mapeados

A empresa produz peças para o mercado de reposição, atendendo aos seguintes fabricantes: Caterpillar, Fiat-Allis, Komatsu, Volvo, Case, Poclain e outros. Os produtos a serem mapeados na empresa considerada são esteiras para tratores e escavadeiras, que são compostos por três peças principais, sendo estas os elos, pinos e buchas, além de vedações que podem ser de aço, pólio e outros, sendo que estas não serão consideradas neste mapeamento.

Existem 21 modelos diferentes de elos para a montagem das esteiras, que podem ainda variar de acordo com o número de elos e/ou quanto ao modelo dos pinos e buchas utilizados, podendo alcançar mais de 160 variações de modelos de esteiras. O volume de vendas de esteiras é de aproximadamente 3329 esteiras para o período de 1 ano. Já no caso das buchas existem 26 modelos de buchas de esteira lisas, 14 modelos de buchas de esteira com ressalto, e mais 14 modelos de buchas de esteira lubrificadas. Com relação aos pinos, têm-se 28

modelos de pinos de esteira comuns e 15 modelos de pinos de esteira lubrificadas. Além de todos estes modelos, os pinos e as buchas ainda existem em três medidas de tolerância: *std*, 0,10 e 0,20. As vendas de grupos de pinos e buchas estão na faixa de 3150 unidades por ano.

Os grupos de pinos e buchas são compostos em média por 40 pinos e 40 buchas, e da mesma forma a esteira é composta por 40 pinos e 40 buchas, além de 80 elos, sendo eles 40 do lado direito e 40 do lado esquerdo.

Os elos, pinos e buchas podem ser vendidos separadamente, porém representam um volume muito pequeno. Na maioria das vezes efetua-se a venda da esteira completa ou grupos de pino e bucha, que são utilizados com medidas de tolerâncias de diâmetros maiores conforme a esteira vai desgastando, ou seja, na medida em que os pinos e as buchas originais se desgastam, o cliente faz a troca dos mesmos mantendo apenas os elos. Os desenhos da esteira, elo, pino e bucha podem ser vistos no anexo I.

Através destes dados é possível verificar que a empresa estudada tem um sistema produtivo com grande diversidade de peças e um volume elevado de produção.

5.3. Metodologia

Na primeira etapa do trabalho foi realizado o mapeamento do estado atual, realizando um levantamento diretamente no chão de fábrica de todos os dados necessários para sua confecção.

Para o levantamento dos dados, foram preenchidas planilhas para o registro das informações de cada componente, as quais eram anotadas na fábrica imediatamente após a peça ser modificada por algum processo. As informações anotadas na planilha são: os tempos de ciclo (T/C) para a fabricação de cada componente, tempos de *setup* (TR), estoques em processo (WIP), número de operadores e outras informações relevantes. Deve-se mencionar que nos processos onde não é possível manter um fluxo unitário de peças, como revenimento

e jateamento, o tempo de ciclo é igual ao tempo de processamento do lote dividido pela quantidade de peças no lote.

Com estes dados em mãos foram feitas reuniões com todos os setores envolvidos para verificar a situação atual do processo, visando a elaboração de um mapa do estado futuro e seu plano de implementação.

5.4. Processo de Manufatura da Empresa

Neste item apresenta-se de forma resumida o processo de manufatura da empresa para que o mapa do estado atual possa ser entendido com maior clareza. O sistema produtivo da empresa possui layout funcional, e as áreas de produção envolvidas neste trabalho foram corte, forjaria, usinagem, tratamento térmico, montagem, além de outros setores de suporte.

Os processos de fabricação das peças são compostos pelas seguintes etapas: a primeira parte inicia-se no departamento técnico que desenvolve os projetos através de desenhos computadorizados pelo sistema CAD (SolidEdge), baseado nas dimensões originais e demais especificações técnicas das peças. Então, o setor de programação e controle da produção emite ordens de fabricação aos setores responsáveis pela manufatura. No processo de manufatura, inicialmente a matéria-prima é fornecida aos processos primários de corte, que são os processos de corte com serra, guilhotina e tornos convencionais automáticos. As matérias-primas são adquiridas diretamente de siderúrgicas, acompanhadas com certificado de qualidade de cada lote, discriminando a especificação do material pedido, as quais são estocadas no pátio da empresa, onde aguardam a programação do departamento de planejamento para dar início à produção.

5.5. Mapa do Estado Atual

Foram feitos três mapas do estado atual, sendo cada um deles para uma das peças que compõem a esteira.

Para iniciar o mapeamento dos fluxos de valor, foi feito o levantamento das vendas de esteiras e grupos de pino e bucha em um período de um ano através do sistema EMS da empresa Datasul, e com isso foram determinadas as médias mensais de consumo destes materiais. As vendas das esteiras no período de um ano podem ser vistas no relatório de itens faturados no anexo II.

Todos os dados com relação a T/C, TR, foram obtidos diretamente através de cronometragem durante os processos de fabricação. O sistema EMS também foi utilizado para levantar os estoques entre processos.

Com estes dados pode-se calcular o tempo takt e o *lead time* dos processos, utilizando-se as seguintes formulas:

Tempo takt = tempo de trabalho disponível por turno / demanda do cliente por turno

Lead time = tempos de ciclo dos processos + tempos de estoques em processos

5.5.1. Mapeamento do fluxo de valor atual do elo

O primeiro mapa foi feito para o elo, para o qual o processo começa com o carregamento da matéria-prima na guilhotina que realiza o corte de acordo com as medidas especificadas, formando o *blank* para o lote de peças a serem forjadas. Este material é então alimentado na célula de forjamento, composta por um forno de indução, martelo de forjamento, uma prensa de rebarbação e calibração e um tanque de tratamento térmico.

O *blank* é aquecido através do forno de indução, atingindo em poucos segundos a temperatura de 1300°C por intermédio de um campo eletromagnético, sendo depois lançado automaticamente através de uma calha até o martelo para conformação. Após o forjamento, cada peça segue através de uma esteira rolante até a outra prensa, que remove a rebarba e calibra as peças, e então elas seguem através de esteiras ao tanque de resfriamento para o primeiro processo de têmpera total.

Posteriormente, as peças seguem para o setor de tratamento térmico, onde recebem tratamento de normalização para redução da dureza e alívio de tensões.

Depois deste processo, as peças retornam para a forjaria onde passam por dois tipos de processos de acabamento, um com esmeril e o outro com retificadoras ou lixadeiras manuais. O acabamento com esmeril é aplicado para acertar a articulação, ou seja, são esmerilhadas as partes externas do elo que comprometem o giro da esteira nas rodas, enquanto o segundo processo serve para remover rebarbas resultantes do processo de forjamento.

Após passar por esses processos de acabamento, as peças seguem para as máquinas convencionais de fresamento com dois cabeçotes onde as pistas são usinadas, e em seguida elas passam por um jato de granalhas que remove as rebarbas da usinagem, além de limpar as carepas deixadas pelo processo de forjamento.

Após este jateamento as peças seguem para o setor de indução, onde é feito um tratamento térmico do material a uma determinada temperatura, para que através de um choque térmico se atinja a resistência mecânica desejada do elo. Neste processo é realizado apenas um tratamento superficial, aumentando a dureza da pista do elo, que é a parte da peça que sofre mais desgaste em sua aplicação. Um detalhe a ressaltar é que neste equipamento é efetuada simultaneamente a têmpera do elo direito e esquerdo, e existem duas estações que realizam esta operação.

Depois de realizados todos estes processos as peças partem para a usinagem final, que é efetuada em uma máquina que foi projetada especialmente para a fabricação de elos. Nesta

máquina são usinados os rebaixos onde são encaixados as buchas e os pinos, além da furação para montagem das sapatas. Da mesma forma que o equipamento anterior, esta máquina também executa o processo com peças esquerdas e direitas simultaneamente.

Durante todos os processos apresentados acima, as peças passam por uma análise minuciosa do controle de qualidade, e elas só são encaminhadas aos processos posteriores se forem aprovadas.

Por último, as peças seguem para a área onde se localiza o estoque final, onde aguardam os pedidos do setor de expedição para serem montadas e enviadas aos postos de venda.

O mapa do estado atual do elo pode ser visto na figura 5.1.

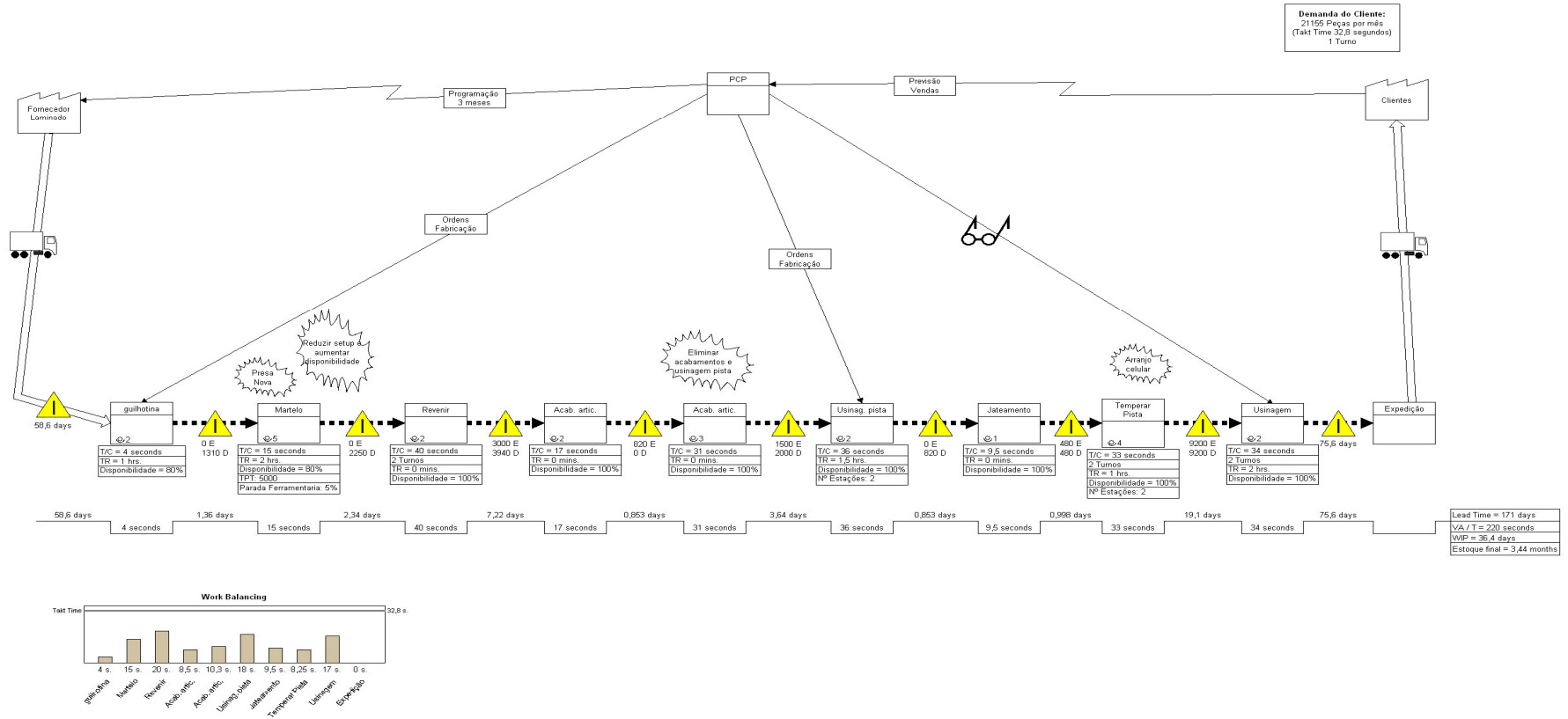


Figura 5.1 – Mapa do estado atual (elo).

5.5.2. Mapeamento do fluxo de valor atual da bucha.

Para o mapa do estado atual das buchas, a primeira etapa do processo consiste em serrar os tubos, os quais vêm das siderúrgicas com medidas pré-especificadas. Estes *blanks* seguem para o setor de usinagem de buchas, onde primeiramente é mandrilado o diâmetro interno do furo em uma máquina de controle numérico específica para esta operação, a qual efetua esta operação em três peças por vez. Após esta operação as peças seguem para a usinagem do diâmetro externo, que pode ser realizada em dois centros de torneamento CNC distintos.

Após serem usinadas, as peças seguem para o setor de tratamento térmico, onde primeiramente são marcadas através de um processo de riscagem com uma ponta de metal duro, que, pressionada por ar comprimido, risca permanentemente a superfície das peças para identificar quando e qual o lote das buchas está sendo fabricado, de maneira que elas possam ser rastreadas.

Com relação ao próximo processo, não são todas as peças que passam por ele, ou seja, só é realizado o tratamento térmico por indução do núcleo nas buchas que são utilizadas em escavadeiras, salvo algumas exceções. As peças que sofrem este processo de tratamento térmico passam por um revenimento em seguida para aliviar as tensões. No mapa do estado atual da bucha, apresentado na figura 5.2, esta operação já foi eliminada, uma vez que foi realizada uma melhoria no processo, onde na própria operação de têmpera é feito um controle de tempo e temperatura, resultando no alívio de tensões desejado.

A próxima etapa consiste no tratamento térmico superficial das buchas, que é feito através de indução para aumentar a dureza das camadas internas e externas. Existem duas estações para a realização desta operação, sendo que cada uma das estações faz as partes internas e externas simultaneamente. Estas peças então seguem para um revenimento para alívio de tensões para evitar futuras trincas ou quebras.

Por último o material é banhado com óleo protetivo, seguindo então para a área de estoque, aguardando ordens de montagem ou expedição.

Da mesma forma que o elo, o controle da qualidade realiza verificações em todas as etapas do processo.

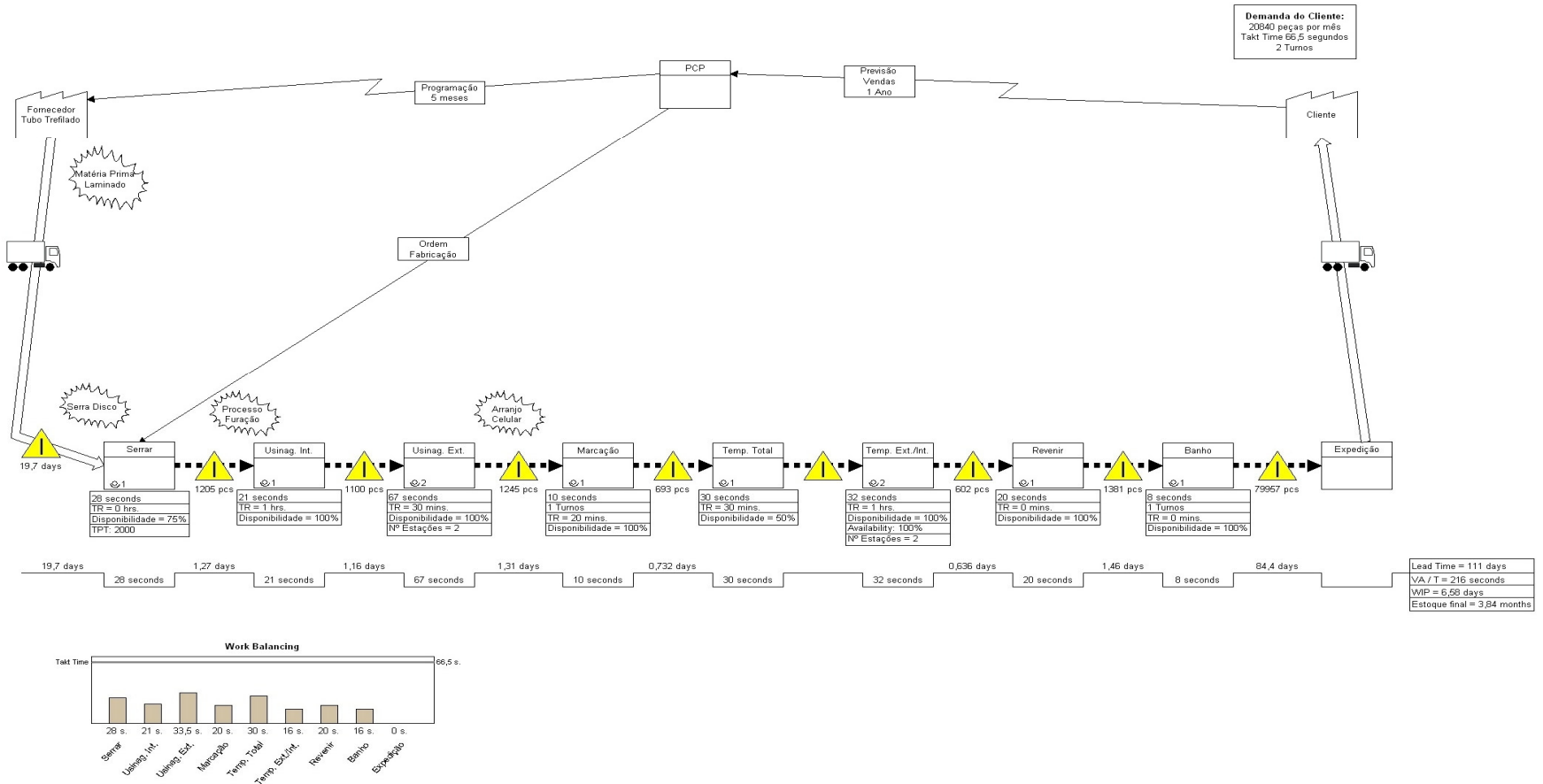


Figura 5.2 – Mapa do estado atual (bucha).

5.5.3. Mapeamento do fluxo de valor atual do pino

No mapa do fluxo de valor para pinos, o processo se inicia com o corte do pino, que é realizado em dois tornos convencionais automáticos. O material utilizado é o aço trefilado, que já vem com a medida do diâmetro próximo do valor final, ou seja, com uma tolerância de +0,30 mm.

Após o corte por usinagem nos tornos convencionais, as peças seguem para um esmeril, que remove uma rebarba deixada no pino pelo processo de corte com o bedame.

Em caso similar ao das buchas, os pinos de escavadeiras seguem para o tratamento térmico de indução do núcleo, enquanto os demais pinos seguem diretamente para o processo de tratamento térmico por indução do diâmetro externo, onde é aplicada uma camada de endurecimento superficial.

Em seguida, conforme a necessidade da medida (0,20 mm, 0,10 mm ou *standard*), os pinos passam por uma retificadora *centerless* para deixar as peças na medida especificada.

Por fim, os pinos seguem para o banho de óleo protetor, e posteriormente são transportados para a área de estoque, onde aguardam ordens de montagem ou expedição.

O mapa do fluxo de valor do pino pode ser visto na figura 5.3.

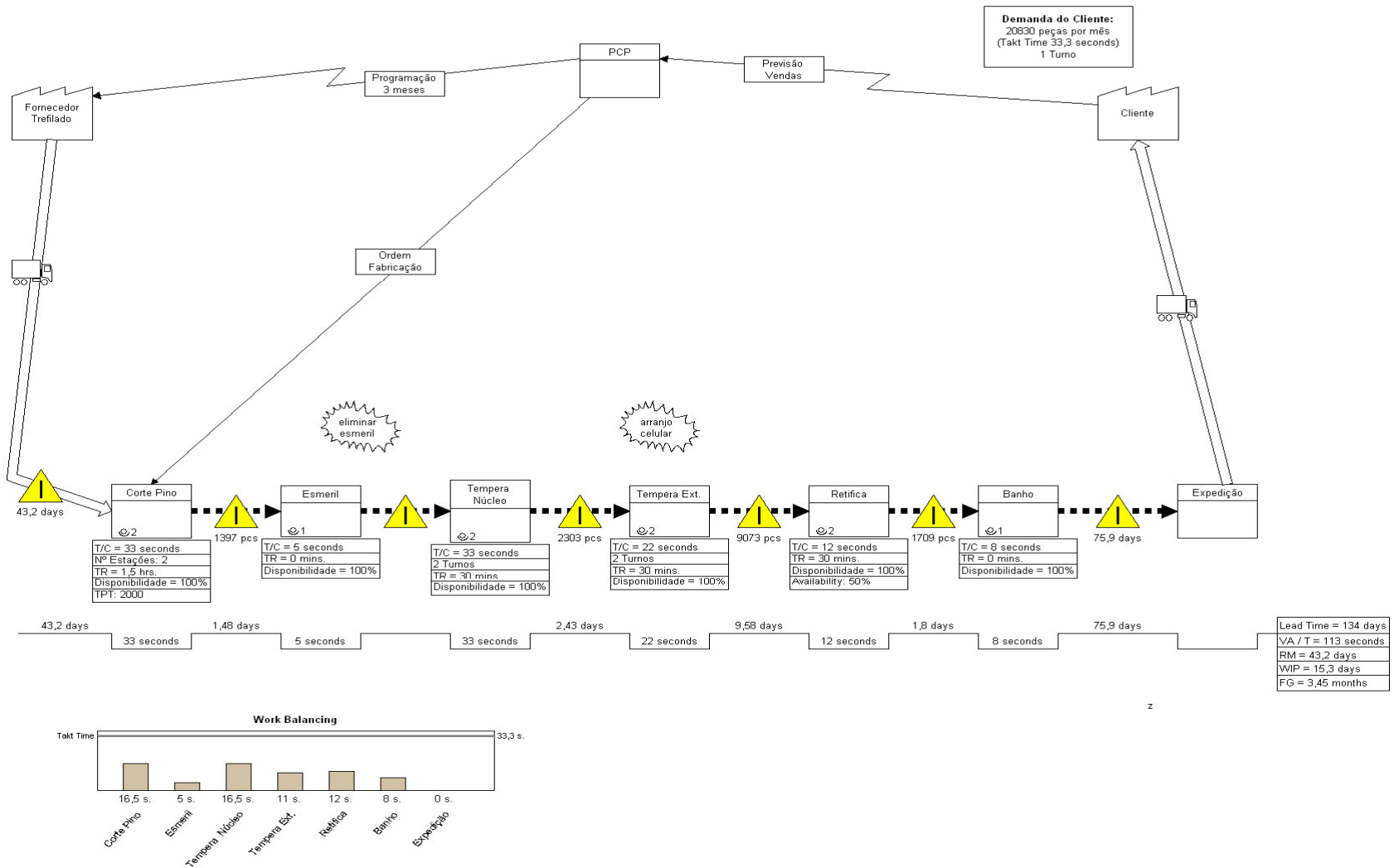


Figura 5.3 – Mapa do fluxo atual (pino)

5.6. Mapeamento do Estado Futuro

Neste item serão descritos os aspectos que devem ser levados em conta para a criação do MFV do estado futuro, bem como serão apresentados os mapas do estado futuro para as três peças descritas anteriormente. O objetivo destes mapas consiste em destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo (ou produção puxada), e cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam.

Como neste trabalho é considerada uma fábrica com processos e produtos existentes, parte do desperdício do fluxo de valor será resultado do projeto do produto, das máquinas e equipamentos já comprados e da localização e distância entre os setores envolvidos. Essas características do estado atual provavelmente não podem ser mudadas imediatamente, porém neste MFV do estado futuro, será considerado que todos estes aspectos possam ser redefinidos e reordenados da melhor maneira para a criação do estado futuro ideal.

Para auxiliar a desenhar os mapas do estado futuro será utilizada a lista de questões propostas por Rother e Shook (2003).

5.6.1. Mapeamento do fluxo de valor do elo

O mapa do estado futuro para o elo, aplicando-se CONWIP, é ilustrado na figura 5.4, enquanto o mapa futuro utilizando-se *kanban* é mostrado na figura 5.5. Os questionamentos que auxiliaram na elaboração destes mapas são apresentados a seguir.

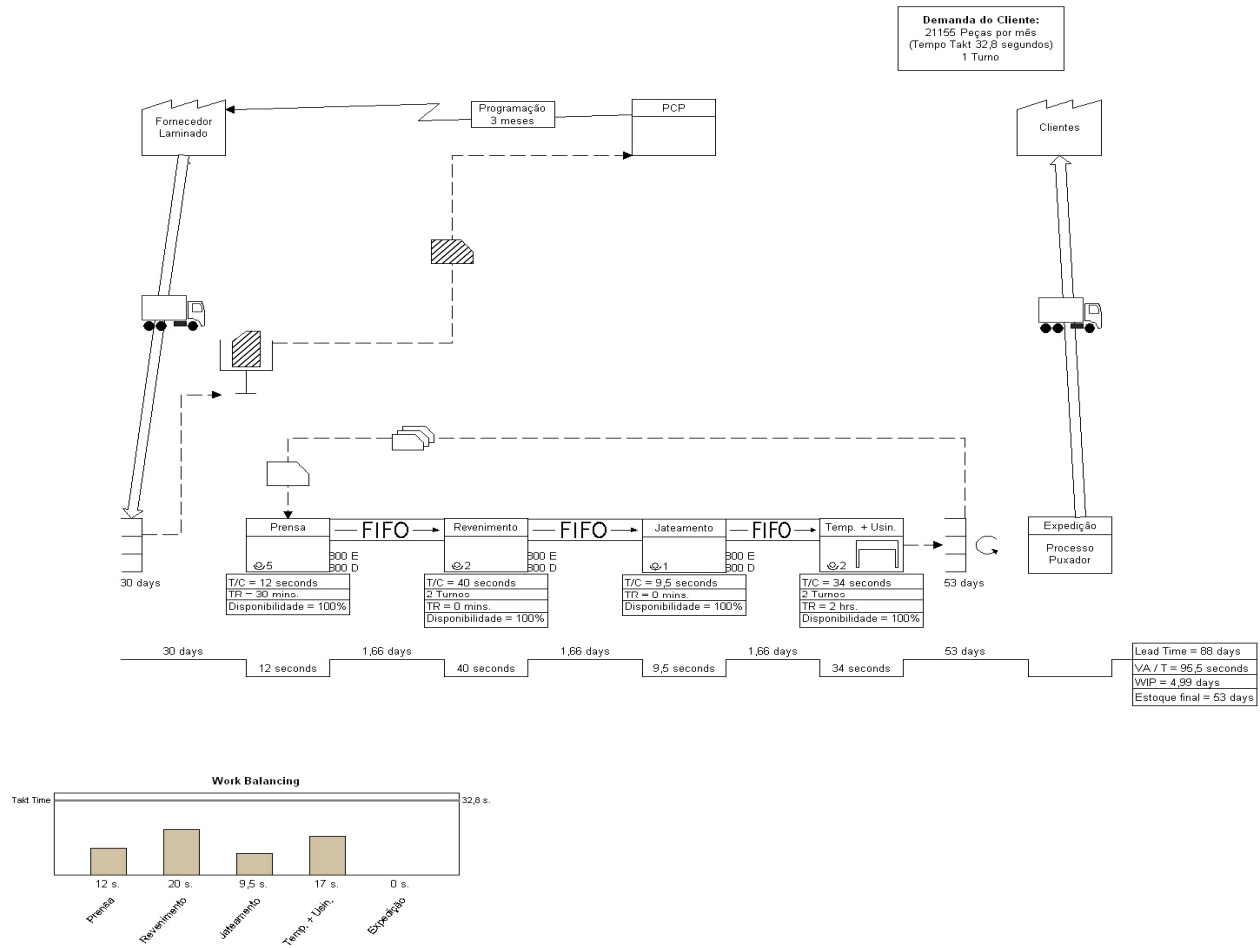


Figura. 5.4 – Mapa do Estado Futuro de elo (CONWIP).

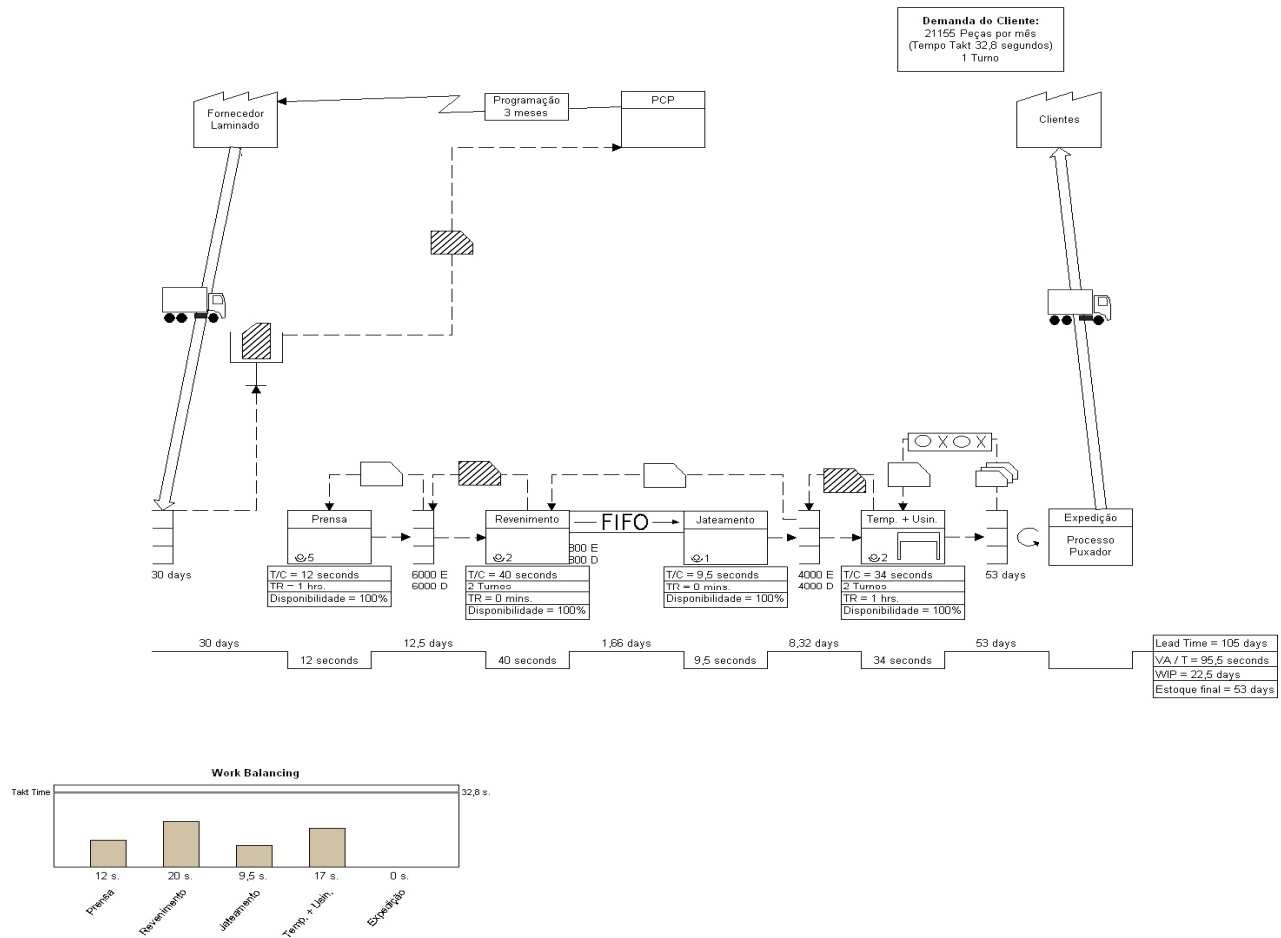


Figura 5.5 – Mapa do Estado Futuro do elo (kanban).

1. Qual é o tempo takt para a família de produtos escolhida?

Para o cálculo do tempo takt do elo, o tempo de trabalho disponível será considerado um turno de 8 horas e 45 minutos por dia, com 5 dias por semana e 22 dias por mês, apesar de algumas estações trabalharem em dois turnos, as estações que trabalham em dois turnos podem ser visualizadas nos mapas.

A demanda para os elos de esteira é de 21555 peças por mês, sendo metade destas peças elos do lado direito e a outra metade do lado esquerdo, logo a demanda por turno é de aproximadamente 980 peças (isto é, 21555 peças divididas por 22 dias).

$$\text{Tempo takt} = 31500 \text{ (s)} / 980(\text{peças})$$

$$\text{Tempo takt} = 32 \text{ segundos}$$

2. A empresa deve produzir peças para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?

Como a demanda dos clientes varia imprevisivelmente, e como o “diferencial” e a filosofia da empresa estudada consiste em ter peças de todos os modelos disponíveis quando o cliente requisita, será mantido um supermercado de produtos acabados para todos os itens.

3. Onde a empresa pode introduzir fluxo contínuo?

O gráfico de balanceamento do operador mostrado no mapa do estado atual do elo (figura 5.1) resume os tempos atuais dos ciclos para cada processo.

No MFV atual do elo pode-se observar que uma das áreas onde é possível incorporar um fluxo contínuo corresponde às estações de corte (guilhotina) com a da célula de forjamento,

pois esta guilhotina serve apenas para atender esta família de produtos. Outra possibilidade de criar fluxo contínuo é nas duas últimas estações, a de temperar pista e a usinagem final, uma vez que elas apresentam um tempo de ciclo semelhante e ambas trabalham com elos direitos e esquerdos simultaneamente. E por fim, não é possível incorporar os processos de revenimento e jateamento a um fluxo contínuo devido a características técnicas dos processos.

Como as estações de temperar pista e usinagem trabalham em dois turnos, existem as seguintes possibilidades para o MFV do estado futuro: (a) continuar com os dois turnos nestes setores, e permanecer com estas estações sub-utilizadas, utilizando seus operadores em outras atividades durante o período de ociosidade das máquinas; ou (b) trabalhar com horas extras nas duas estações, buscando uma redução dos tempos de *setup*, para trabalharem menos horas extras possíveis.

Como a filosofia da empresa estudada é de não trabalhar com horas extras, optou-se inicialmente em trabalhar dois turnos. E como existem duas estações de tratamento térmico para temperar a pista, sendo que com apenas uma é possível atingir o tempo takt trabalhando em dois turnos, uma estação de tratamento térmico permanecerá disponível para a realização de outras atividades da empresa, e os operadores ainda terão tempo para trabalhar em outras atividades durante os tempos ociosos destas máquinas.

4. Onde a empresa precisará introduzir o sistema puxado com supermercado?

Conforme a questão 2 deste subitem, decidiu-se por produzir as peças para um supermercado de produtos acabados.

A empresa possui demandas variadas e um *mix* complexo para diferentes produtos finais em seu fluxo de valor. Dezenove elos são fabricados pela forjaria, resultando em vinte e sete tipos de produtos finais. A figura 5.6 mostra a distribuição percentual da demanda para os dezenove tipos de elos forjados. Através destes dados é possível conduzir uma segmentação

de produto, chamada de “análise ABC da produção”. Pode-se notar que cinco dos dezoito itens são responsáveis por aproximadamente 80% da demanda, e portanto estes são os cinco itens A ou os de maiores volumes de vendas. Um segundo grupo de cinco itens é responsável por outros 15% da demanda, e conseqüentemente estes são considerados os itens B ou os de volume médio de vendas. O terceiro grupo de produtos corresponde aos nove itens restantes e são responsáveis por 5% da demanda, e estes são os itens C ou de volumes menores de vendas. Um gráfico contendo a distribuição de demanda para os vinte e sete modelos de elos é apresentado no anexo III.

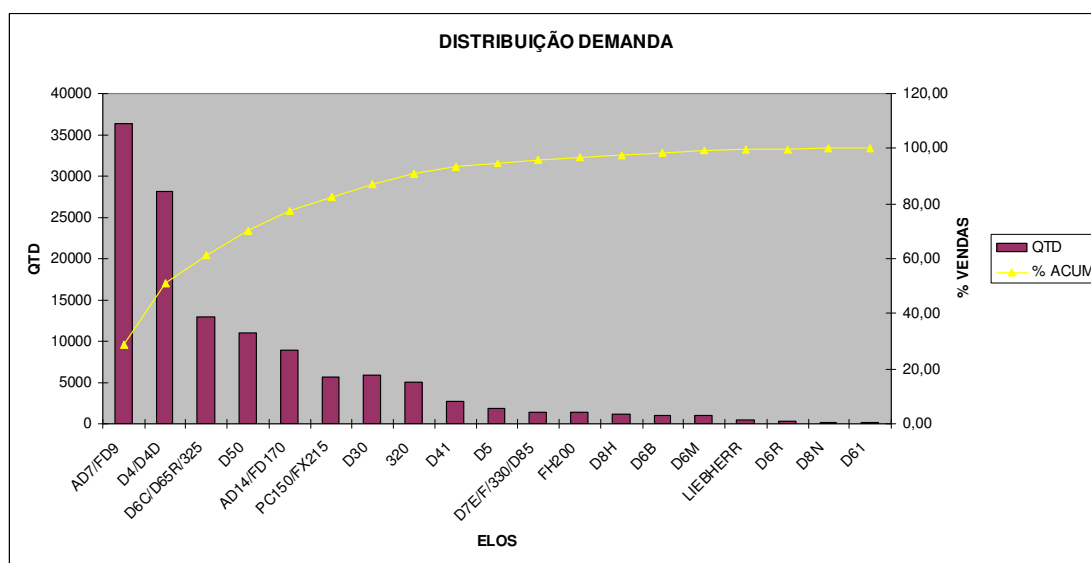


Figura 5.6 – Distribuição de demanda por peças.

A empresa trata todos os tipos de produtos de forma similar, por meio do mesmo processo centralizado de programação, mantendo estoques significativos de cada um dos produtos acabados. Entretanto, devido aos elevados tamanhos de lotes na planta, em geral 5000 elos de cada lado, e ao longo *lead time* de produção das peças, ocasionalmente ocorre falta de peças nos estoques, estando estas em estoques de produtos em processos pela fábrica, resultando na produção e expedições urgentes.

Como a filosofia da empresa é ter peças para pronta entrega quando o cliente solicita, optou-se por manter um estoque de produtos acabados de todos os itens, e o início da fabricação começa com o consumo dos produtos finais, iniciando a reposição dos mesmos, com os itens sendo fabricados ao ritmo da demanda, com a instrução enviada ao processo puxador. Os estoques em processo irão variar de acordo com o sistema de planejamento e controle da produção adotado, *kanban* ou CONWIP.

Tendo decidido por manter produtos acabados para todos os itens, a próxima questão refere-se à quantidade de cada um desses itens que deve ser mantida. Para estes cálculos foi adotada a fórmula proposta por Smalley (2004), que segue abaixo.

Demanda média diária x Lead time de reposição (dias)	← <i>Estoque de Ciclo</i>
+	
Varição da demanda como % de Estoque de Ciclo	← <i>Estoque Pulmão</i>
+	
Fator de segurança como % de (Estoque de Ciclo + Estoque Pulmão)	← <i>Estoque de Segurança</i>
=	
Estoque de Produtos Acabados	

Para o elo podem ser considerados os seguintes cálculos:

980 x 37 (dias) = 36260	← <i>Estoque de Ciclo</i>
+	
20 % de 36260	← <i>Estoque Pulmão</i>
+	
20% de 43512	← <i>Estoque de Segurança</i>
=	
52217	← <i>Estoque de Produtos Acabados</i>

Estas 52217 peças em estoque de produtos acabados serão divididas as quantidades entre os 27 modelos, de acordo com a porcentagem de consumo de cada um dos itens, como mostrado na tabela 5.1 (quantidade máxima de produtos acabados em estoque), sendo que para os itens com porcentagem de vendas menor do que 0,4% serão mantidos pelo menos dois pares de esteiras, correspondendo a aproximadamente 320 elos. Enquanto isso, no caso dos itens D61 e D6M, por se tratarem de lançamentos (máquinas novas), será mantido um estoque maior, equivalente a 10 esteiras, resultando em aproximadamente 800 elos. Outra informação relevante é que os elos D65R substituem a versão antiga do elo D65, o que representa que seu estoque é a soma dos dois modelos.

Tabela 5.1 – Quantidade de estoque de produtos acabados (elo).

Modelos Elos	D4	AD7/AD9	FD9/7D	D50	D6C	AD14	D4D	D30
% Vendas	17,2	16,9	11,8	8,7	8,0	5,9	5,1	4,7
Qtd. Elos D/E	9001,6	8817,0	6142,1	4545,9	4154,7	3054,9	2685,3	2470,0
	320,0	PC S/5	D41	FX215	D5	D65	FD170	FH200
% Vendas	4,1	3,4	2,2	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1
Qtd. Elos D/E	2116,9	1766,7	1133,8	830,4	767,9	661,9	645,8	575,8
	D65R	D8H	D6B	D7E/F	D6M	LIEBHERR	330,0	325,0
% Vendas	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2
Qtd. Elos D/E	443,7	442,1	435,5	406,1	380,8	200,8	162,3	116,7
	D6R	FD9 LUB	D8N	D61	D85			
% Vendas	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0			
Qtd. Elos D/E	101,8	68,7	36,4	33,1	15,7			

A empresa deve criar estoques de produtos acabados específicos para cada item, e sinalizar claramente nos locais de armazenamento as quantidades máximas para cada item acabado e seus estoques pulmões e de segurança, que serão calculados utilizando a mesma

lógica da quantidade de estoque de produtos acabados. Além disso, serão criados supermercados para matérias-primas (aços laminados).

Para o MFV que utiliza o *kanban*, serão criados supermercados de produtos intermediários entre os processos de fabricação, onde os processos posteriores “puxam” a produção de supermercados dos processos anteriores, e estes processos produzem conforme o consumo do cliente final. No supermercado anterior ao último processo (temp + usin) será mantido um estoque equivalente a capacidade de uma caixa, que será apresentado na questão 7, para cada um dos modelos de elo considerados itens A da “análise de produção ABC”. E no supermercado após o processo de forjamento serão mantidos estoques equivalentes a uma caixa para os modelos de elos considerados itens A e uma caixa para os itens B. Os itens C não serão mantidos nos estoques intermediários.

No caso da aplicação baseada em CONWIP, será criado um supermercado apenas para os produtos acabados, pois entre os demais processos serão mantidos apenas os estoques constantes de processos (*constant* WIP), ou seja, o equivalente ao *pitch*, que é apresentado na questão 7.

5. Qual o único ponto da cadeia de produção (o processo puxador) que a empresa deveria programar?

O ponto de programação do processo puxador é nas células de montagem de esteiras, que é representado no MFV pelo processo “Expedição”. Esse ponto único regulará o fluxo completo de valor.

6. Como a empresa deveria nivelar o *mix* de produção no processo puxador?

O controle de expedição envia os pedidos da semana para o movimentador de materiais, que retira todas as caixas correspondentes no supermercado de produtos acabados de uma só vez e as organiza para montagem. A retirada dessas caixas gera uma pilha de cartões de produção, que são colocados no quadro de nivelamento de carga do processo puxador, na seqüência mista. Então o controlador da produção retira os cartões de produção da caixa de nivelamento, um de cada vez, no incremento *pitch*, e como resultado é produzido um padrão misto de modelos de elos.

A empresa precisa nivelar o *mix* de produção reduzindo o tamanho dos lotes produzidos, refletindo melhor as quantidades solicitadas pelos clientes em seus pedidos semanais de entregas. O tamanho médio atual dos lotes é de 5000 peças para cada lado, e estão significativamente fora de sincronia com os pedidos típicos semanais.

Conforme relatado pelos diretores da empresa, estes acreditam que a fábrica funciona de forma mais eficiente com lotes elevados, pois na visão da empresa um *setup* de produto exige uma interrupção substancial da produção para que as ferramentas e dispositivos sejam trocados, e essa interrupção é uma “perda de produtividade” que pode ser minimizada por meio de lotes grandes, que por sua vez reduzem a necessidade de *setups*.

Por outro lado, maiores ganhos podem ser alcançados com a redução dos tamanhos de lote e reduções de estoques, pois o tamanho destes determina o ciclo de reposição para os produtos acabados.

Segundo Meirelles (2004), uma das ferramentas da manufatura enxuta é a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), a qual pode ser aplicada para a redução dos tamanhos de lotes, as vantagens de sua aplicação são: (a) redução dos tempos de preparação possibilitando a produção econômica em pequenos lotes. O benefício advindo disto é a flexibilização da produção, e uma resposta mais rápida as mudanças de mercado; (b) redução de estoques de produtos prontos e intermediários, gerando uma redução no custo do capital de giro, juros e

encargos sobre o estoque, e ainda permite uma inspeção mais próximas das fontes geradoras, reduzindo a perda de produtos defeituosos.

O *mix* de produção será nivelado de acordo com a demanda do cliente, ou seja, será estipulado um estoque pulmão e um de segurança utilizando a mesma lógica do cálculo de produtos acabados para cada um dos itens apresentada na questão 4. Quando o estoque de ciclo é consumido e estes estoques pulmão e de segurança são atingidos, o controlador da produção seleciona o item no quadro de nivelamento de carga a ser iniciado de acordo com o *pitch*.

7. Qual incremento constante de trabalho “*pitch*” a empresa deveria liberar e retirar do processo puxador?

As esteiras são enviadas para as filiais em média três vezes por semana, e 20 peças são normalmente carregadas no caminhão de cada vez. Será liberado um incremento constante de trabalho conforme as caixas de produtos acabados vão chegando ao estoque, e então novos cartões vão sendo liberados para a produção.

A capacidade das caixas é de 800 elos do lado direito e 800 do lado esquerdo, equivalente a vinte esteiras de uma carga. Então o *pitch* é calculado da seguinte maneira:

$$\text{tempo takt de } 32,8 \text{ segundos} \times 1600 \text{ peças das caixas} = 52480 \text{ segundos} = 14,6 \text{ horas}$$

Este é o *pitch* para os itens A, correspondendo a um cartão para uma caixa de 1600 elos, sendo 800 de cada lado. No caso dos itens B a quantidade de uma caixa é de 800 elos, e para os itens C as caixas possuem apenas 480 peças, equivalente a 6 esteiras, devido ao menor volume de vendas.

8. Quais melhorias de processo serão necessárias para o fluxo de valor da empresa funcionar como está descrito no mapa do estado futuro?

Para viabilizar os fluxos de material e informação que estão sendo previstos para a empresa, as seguintes melhorias são necessárias no processo:

No MFV do elo é necessário eliminar as seguintes operações: acabamento rebarbas, acabamento articulação e usinagem da pista. Para eliminar estas operações é necessário modificar o projeto do ferramental. No caso do acabamento das rebarbas, o mesmo pode ser eliminado com a mudança dos ângulos da matriz, fazendo com que o punção corte a peça apenas no centro da peça (chamada de “linha de apartação”), e não em toda a área da peça. Esta mudança também influencia no acabamento da articulação, pois com os punções cortando apenas na apartação da peça o esforço necessário para cortar a peça diminui, e conseqüentemente não é necessário apertar muito o calibrador, o que acaba não distribuindo muito material para os lados da peça, eliminando assim esta operação.

Por fim, para eliminar a usinagem da pista é necessário criar uma ferramenta nova, que funcione como uma guilhotina, para que corte a peça logo após ser forjada. Esta ferramenta vem sendo testada, porém está ocorrendo um problema na calibração, pois quando é realizado o corte a peça entorta. Entretanto, sabe-se que esta operação é possível, uma vez que elos fabricados por empresas concorrentes saem com esta operação pronta da forjaria.

Outra mudança realizada foi a compra de uma nova prensa de fricção para o forjamento, a qual foi comprada com o intuito de substituir o martelo, pois o mesmo vem apresentando elevados índices de manutenção, além de tempos elevados para o acerto das ferramentas de forjamento, que consome grandes quantidades de horas para ajustes devido ao tipo de fixação através de cunhas. Este martelo vai ficar ativado apenas para os itens do tipo C, visto que não serão confeccionados novos ferramentais para a prensa devido ao baixo volume de produção destes itens.

Com esta prensa pode-se aumentar a produção e reduzir o tempo de *setup*, devido ao tipo de fixação da matriz, e por poder realizar o aquecimento da matriz fora da máquina, o que não era possível no martelo devido ao seu tipo de fixação.

5.6.2. Mapeamento do fluxo de valor da bucha

O mapa do estado futuro para a bucha, aplicando-se CONWIP, é ilustrado na figura 5.7, enquanto o mapa futuro utilizando-se *kanban* é mostrado na figura 5.8. Os questionamentos que auxiliaram na elaboração destes mapas são apresentados a seguir.

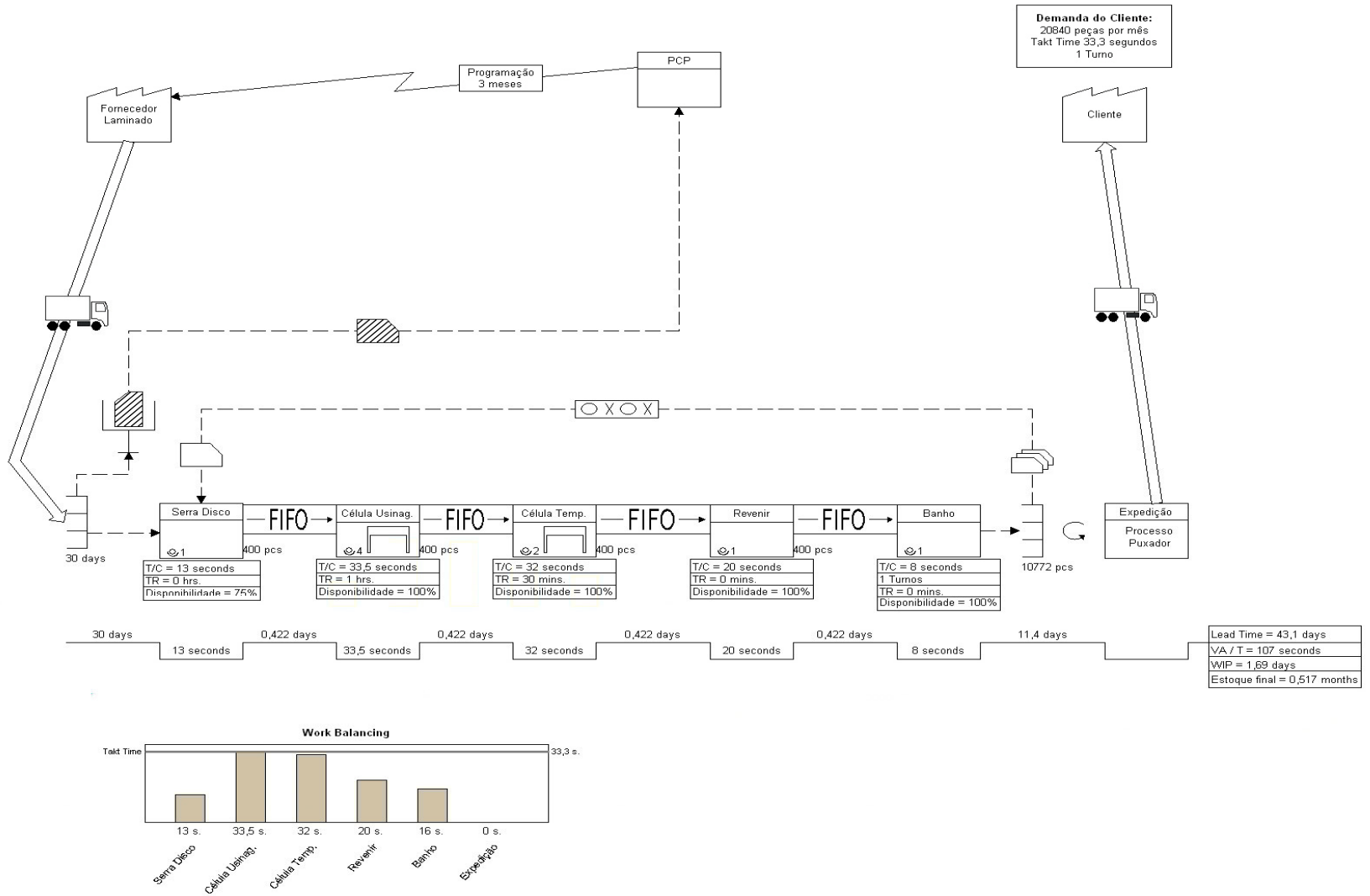


Figura 5.7 – Mapa do Estado Futuro da Bucha (CONWIP).

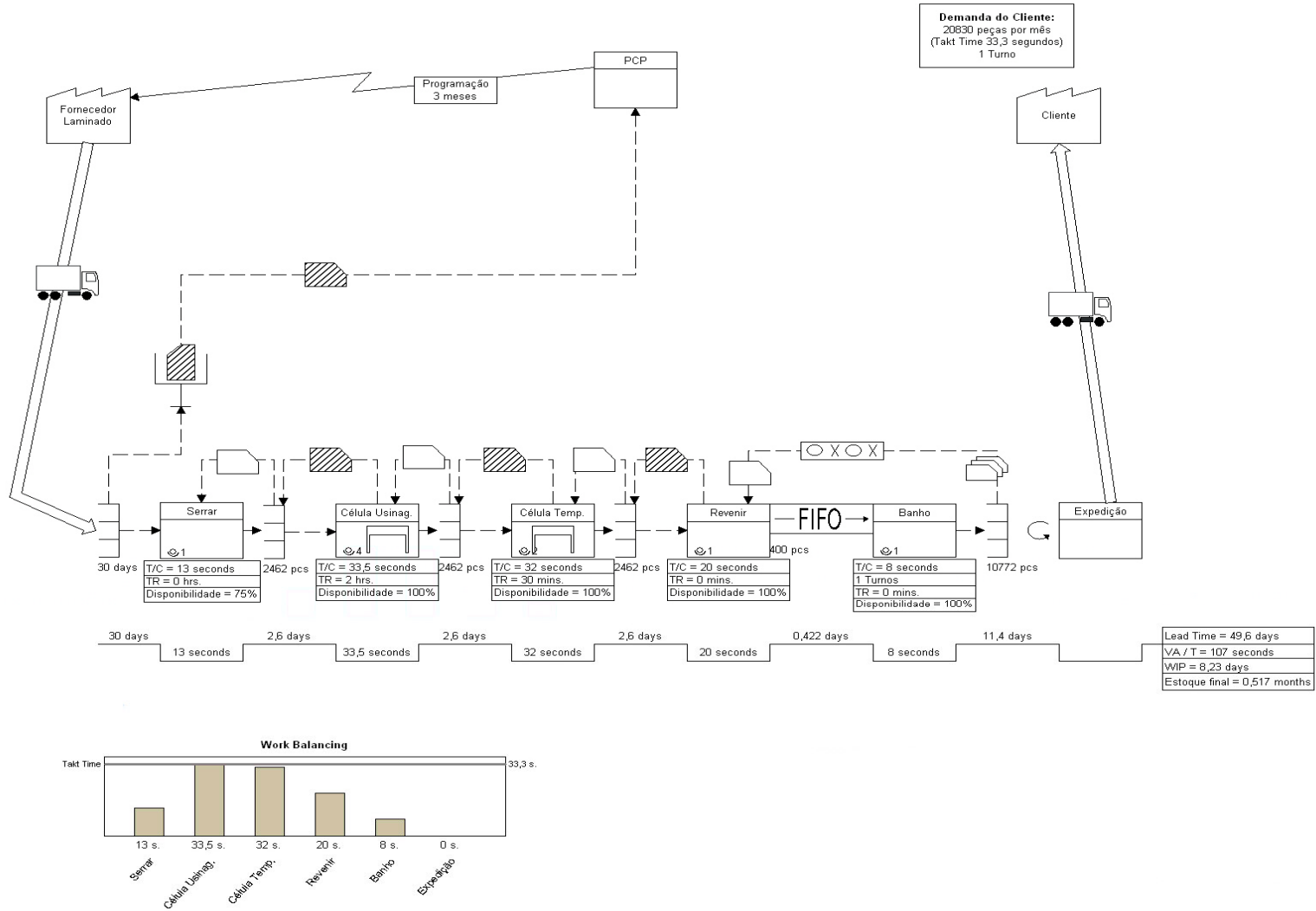


Figura 5.8 – Mapa do Estado Futuro da Bucha (*kanban*)

1. Qual é o tempo takt para a família de produtos escolhida?

O tempo de trabalho disponível para a bucha será considerado 2 turnos de 8 horas e 45 minutos por dia, com 5 dias por semana e 22 dias por mês, apesar de algumas estações trabalharem em apenas 1 turno, estas estações podem ser visualizadas nos mapas.

A demanda para buchas é de 20830 peças por mês, resultando em aproximadamente 947 peças em dois turnos (isto é, 20830 peças divididas por 22 dias).

$$\text{Tempo takt} = 63000 \text{ (s)} / 947 \text{ (peças)}$$

$$\text{Tempo takt} = 66 \text{ segundos}$$

2. A empresa deve produzir peças para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?

Como já foi comentado no item 5.6.1 questão 2, será mantido um supermercado de produtos acabados.

3. Onde a empresa pode introduzir fluxo contínuo?

No gráfico de balanceamento do operador para o MFV da bucha (figura 5.2), pode-se identificar algumas oportunidades de introduzir fluxo contínuo. A primeira delas é entre as estações de usinagem interna e marcação, apesar destas estações apresentarem um tempo inferior ao tempo takt, ou seja, tal modificação poderia resultar na subutilização destas estações, entretanto esta célula será composta por máquinas específicas para estes processos, não sendo utilizadas em outras operações.

Como todas as estações trabalham em dois turnos, exceto marcação e banho, será necessário colocar a estação de marcação em um segundo turno utilizando os próprios operadores da usinagem interna e externa para a criação desta célula. Porém, novas máquinas vêm sendo construídas para a furação e usinagem interna de bucha, com o intuito de eliminar o segundo turno. Estas máquinas serão explicadas mais detalhadamente na questão 8 deste subitem, que se refere às mudanças no processo visando melhorar o fluxo de valor, isto porque a matéria-prima foi alterada de tubo trefilado para material laminado.

A segunda possibilidade de introduzir o fluxo contínuo é nas estações de têmpera total e têmpera externa e interna. Este fluxo não segue contínuo após a marcação das peças, pois o equipamento de têmpera total é utilizado tanto para buchas como para pinos. Desta forma, a máquina de têmpera total fará parte tanto de uma célula para temperar a bucha, como pertencerá ao grupo de máquinas para o tratamento de pinos, e além do mais esta têmpera total só é aplicada em buchas de escavadeiras.

4. Onde a empresa precisará introduzir o sistema puxado com supermercado?

Será mantido um supermercado de matérias primas (aço laminado), sendo que este supermercado da matéria-prima das buchas no mapa futuro será o mesmo dos elos, pois foi alterada a matéria-prima de tubo trefilado para aço laminado.

947 x 6,5 (dias)	← <i>Estoque de Ciclo</i>
+	
40% de 6156 = 8618	← <i>Estoque Pulmão</i>
+	
25 % de 8618	← <i>Estoque de Segurança</i>
=	
10772	← <i>Estoque de Produtos Acabados</i>

No MFV futuro da bucha, as quantidades máximas de estoques serão calculadas conforme percentual de representatividade sobre as vendas, como no exemplo do elo, bem como os estoques pulmões e de segurança, podendo ser reajustados com o tempo.

Da mesma forma que o elo, devem ser criados lugares específicos para cada item, e sinalizar nos locais de armazenamento as quantidades máximas para cada item acabado, estoques pulmões e de segurança.

Para o MFV que utiliza *kanban*, serão criados supermercados de produtos intermediários entre os processos de fabricação, mantendo um volume significativo de cada item em estoque, aproximadamente 40% do estoque de ciclo, ou seja, o equivalente ao estoque pulmão, isto para garantir o fornecimento devido a possíveis flutuações de demanda.

No caso da aplicação do CONWIP, será mantido apenas o estoque de produtos acabados, e entre as estações será mantida uma carga de trabalho distribuída (*pitch*), ou seja, serão mantidos apenas os lotes necessários para suprir o processo posterior, e conforme o último processo entrega as peças para o estoque, vai sendo liberado mais uma carga de trabalho uniforme (lote).

5. Qual o único ponto da cadeia de produção (o processo puxador) que a empresa deveria programar?

O ponto de programação do processo puxador também será nas células de montagem de esteiras ou na montagem de grupos de pinos e buchas, que nos mapas são representados pelo ícone “Expedição”. Esse ponto único regulará o fluxo completo de valor.

6. Como a empresa deveria nivelar o *mix* de produção no processo puxador?

O controle de expedição envia os pedidos de montagem para o movimentador de materiais, que retira todas as caixas correspondentes no supermercado de produtos acabados e os organiza para montagem. Ao serem retiradas estas caixas, gera-se uma pilha de cartões de produção, que são colocados no quadro de nivelamento de carga do processo puxador, na seqüência mista. Então o controlador da produção retira os cartões de produção um de cada vez da caixa de nivelamento, no incremento *pitch*, e como resultado é produzido um padrão misto de modelos de buchas.

Da mesma forma que o elo, é preciso nivelar o *mix* de produção e reduzir o tamanho dos lotes produzidos atualmente, que corresponde a aproximadamente 2000 buchas de cada modelo.

O *mix* de produção será nivelado de acordo com a demanda do cliente. Na medida em que os estoques pulmões e/ou estoques de segurança são atingidos, os cartões são enviados para o quadro de nivelamento de carga, e o controlador da produção seleciona o item a ser iniciado de acordo com o *pitch*.

7. Qual incremento constante de trabalho a empresa deveria liberar e retirar do processo puxador?

Os grupos de pinos e buchas, e esteiras são enviados para as filiais em média três vezes por semana, e são transportados cerca de 20 esteiras e 20 grupos de pinos e buchas.

A capacidade das caixas é de 800 buchas, o equivalente as 10 esteiras e 10 grupos de pinos e buchas. Então o *pitch* é calculado da seguinte maneira:

$$\text{tempo takt de } 66 \text{ segundos} \times 800 \text{ peças das caixas} = 52800 \text{ segundos} = 14,6 \text{ horas}$$

Para este MFV, este valor corresponde a menos de um dia de trabalho, pois as estações trabalham em dois turnos. Este é o *pitch* para as buchas, correspondendo a um cartão para uma caixa de 800 buchas.

8. Quais melhorias de processo serão necessárias para o fluxo de valor da empresa funcionar como está descrito no mapa do estado futuro?

Para viabilizar os fluxos de material e informação que estão sendo previstos para a empresa, as seguintes melhorias são necessárias no processo:

No MFV da bucha, o que vem sendo alterado é o tipo da matéria-prima, que atualmente é tubo trefilado. Porém, devido à existência de apenas um fornecedor desta matéria-prima no mercado, e o mesmo via de regra não entrega a matéria-prima dentro do prazo programado, além de elevar constantemente o preço deste material, optou-se pelo uso da matéria-prima de aço laminado, sendo esta a mesma matéria-prima dos elos. Desta forma, é realizada apenas uma programação de aço onde pode-se negociar preços menores devido a um volume maior.

Devido a esta alteração da matéria-prima, foi necessário adicionar um processo de furação, o qual vem sendo realizado em uma máquina de furação específica para a furação de buchas, máquina esta que foi projetada e fabricada pela empresa estudada a partir de um torno CNC Cosmos 30 que não estava sendo usada pela empresa. Esta máquina foi projetada para trabalhar com quatro cabeçotes simultaneamente para a furação de duas buchas por vez. Ou seja, cada bucha é furada por um cabeçote de cada lado, sendo que cada um deles fura metade do comprimento da bucha. Optou-se por esta configuração pois pode-se utilizar brocas mais curtas com comprimento igual a duas vezes o diâmetro, o que garante maior rigidez durante a usinagem. Além disso, a opção por duas buchas por vez é para que seja alcançada uma produção de aproximadamente 150 peças por hora, ou 24 segundos por peça, que é um valor inferior ao tempo takt.

Estas máquinas encontram-se operando em dois turnos, e como ainda havia mais duas máquinas Cosmos 30 paradas, estão sendo fabricadas duas novas máquinas. Uma destas máquinas será utilizada para a furação de buchas, semelhante à primeira máquina fabricada como mencionado anteriormente, enquanto a outra vem sendo projetada para mandrilar três buchas simultaneamente a partir de três cabeçotes, semelhante à máquina sendo utilizada para mandrilar atualmente. Quando estas máquinas estiverem funcionando, será possível trabalhar em apenas um turno.

No caso da usinagem externa da bucha, como o tempo desta operação é superior ao tempo takt, será necessário investir em uma máquina nova para esta usinagem, ou então realocar outro torno CNC para esta célula, de maneira que a mesma possa operar em apenas um turno.

Outra melhoria importante é a aquisição de uma nova serra para o corte das buchas, uma vez que, com a troca da matéria-prima do tubo trefilado para o aço laminado, o tempo de corte aumentou de 28 segundos para aproximadamente 66 segundos, devido ao aumento do volume de corte. Foi adquirida uma serra de disco de metal duro que, de acordo com o fornecedor, poderá reduzir o tempo de 66 segundos para 13 segundos por peça.

5.6.3. Mapeamento do fluxo de valor do pino

O mapa de estado futuro para o pino é ilustrado na figura 5.9. Os questionamentos que auxiliaram na elaboração destes mapas são apresentados a seguir.

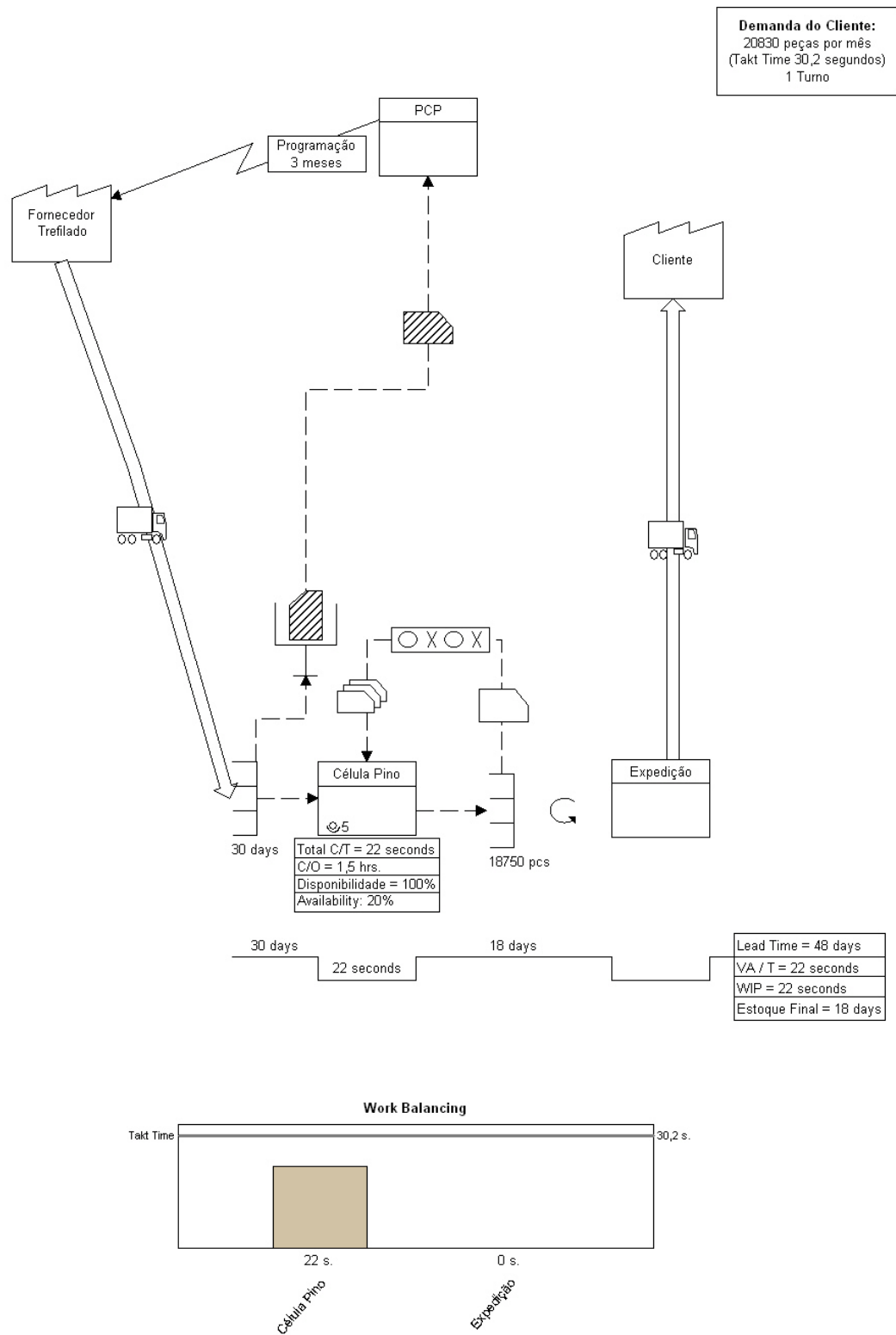


Figura 5.9 – Mapa do Estado Futuro para o Pino.

1. Qual é o tempo takt para a família de produtos escolhida?

O tempo de trabalho disponível para o pino será considerado 1 turno de 8 horas e 45 minutos por dia, com 5 dias por semana e 22 dias por mês, apesar de algumas estações trabalharem em 2 turnos.

A demanda para pinos é a mesma das buchas, igual a 20830 peças por mês, que corresponde a aproximadamente 947 peças em 1 turno (isto é, 20830 peças divididas por 22 dias).

$$\text{Tempo takt} = 31500 \text{ (s)} / 947 \text{ (peças)}$$

$$\text{Tempo takt} = 33 \text{ segundos}$$

2. A empresa deve produzir peças para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?

Como já foi comentado no item 5.6.1 questão 2, será mantido um supermercado de produtos acabados.

3. Onde a empresa pode introduzir fluxo contínuo?

No MFV para o pino, pode-se introduzir um fluxo contínuo em todo o fluxo produtivo, entretanto as estações de “tempera núcleo” e “tempera externa” deverão estar trabalhando em apenas um turno, isto pode ser considerado uma eliminação de desperdício. E apesar do gráfico de balanceamento do operador mostrar um tempo maior na operação de temperar núcleo do que o tempo takt desta célula, este fluxo contínuo é viável, pois este tratamento térmico é aplicado somente a alguns pinos de escavadeiras, representando um volume

pequeno de produção. As demais estações irão trabalhar com tempos ociosos pois são máquinas específicas para tais operações, sendo que operadores poderão ocupar o tempo ocioso em outras atividades.

4. Onde a empresa precisará introduzir o sistema puxado com supermercado?

Da mesma forma que os elos e buchas, será mantido um supermercado de matérias - primas e outro de produtos acabados.

947 x 15 (dias)	← <i>Estoque de Ciclo</i>
+	
20% de 14202 = 17046	← <i>Estoque Pulmão</i>
+	
10 % de 17046	← <i>Estoque de Segurança</i>
=	
18750	← <i>Estoque de Produtos Acabados</i>

Como existem 28 modelos de pinos de esteira comum e 15 pinos de esteira lubrificadas, todos em três medidas de tolerância (*std*, 0,10 e 0,20), resultando em um total de 129 modelos.

Como nos outros MFV futuros, serão calculados os estoques máximos de produtos acabados, estoques pulmões e de segurança, com a vantagem que neste caso pode-se dar prioridades para os pinos de esteira com 0,20 mm de tolerância, pois os mesmos podem ser utilizados para a fabricação dos outros pinos, os quais têm tolerâncias mais reduzidas.

Com relação aos supermercados de produtos em processo (WIP), estes não irão existir, pois o MFV futuro contém apenas uma célula, ou seja, apenas um processo (figura 5.9), não existindo desta forma estoques intermediários.

Da mesma forma que nos outros casos, devem ser criados lugares específicos para cada item, sinalizando as quantidades máximas para cada item acabado, estoques pulmões e de segurança.

No caso do pino, devido à existência de somente um processo para a fabricação deste produto, não será feita uma diferenciação entre o *kanban* e o CONWIP, pois a melhor solução encontrada foi a criação de um fluxo contínuo em todo o processo, de acordo com a demanda do cliente.

5. Qual o único ponto da cadeia de produção (o processo puxador) que a empresa deveria programar?

O ponto de programação do processo puxador é o mesmo que nos elos e buchas, e será nas células de montagem de esteiras ou na montagem de grupos de pinos e buchas, que nos mapas são representados pelo ícone “Expedição”. Esse ponto único regulará o fluxo completo de valor.

6. Como a empresa deveria nivelar o *mix* de produção no processo puxador?

Como nos demais casos, o controle de expedição envia os pedidos de montagem para o movimentador de materiais, que retira todas as caixas correspondentes no supermercado de produtos acabados e as organiza para montagem. A retirada destas caixas gera uma pilha de cartões de produção, que são colocados no quadro de nivelamento de carga do processo puxador, na seqüência mista. Então o controlador da produção retira os cartões de produção da caixa de nivelamento, um de cada vez, no incremento *pitch*, e como resultado é produzido um padrão misto de modelos de buchas.

Da mesma forma que na bucha, o lote atual de 2000 peças para os pinos está muito elevado.

O *mix* de produção será nivelado de acordo com a demanda do cliente. Na medida em que os estoques pulmões e/ou estoques de segurança são atingidos, os cartões são enviados para o quadro de nivelamento de carga, e o controlador da produção seleciona o item a ser iniciado de acordo com o *pitch*.

7. Qual incremento constante de trabalho a empresa deveria liberar e retirar do processo puxador?

Os grupos de pinos e buchas, e esteiras são enviados para as filiais em média três vezes por semana, e são carregadas na faixa de 20 esteiras e 20 grupos de pinos e buchas.

A capacidade das caixas é a mesma que de buchas, isto é, 800 peças, que equivale a 10 esteiras e 10 grupos de pinos e buchas. Então o *pitch* é calculado da seguinte maneira:

$$\text{tempo takt de 33 segundos} \times 800 \text{ peças das caixas} = 26400 \text{ segundos} = 7,3 \text{ horas}$$

Este valor do incremento *pitch* (7,3 horas) corresponde a menos que um dia de serviço.

8. Quais melhorias de processo serão necessárias para o fluxo de valor da empresa funcionar como está descrito no mapa do estado futuro?

No MFV do pino a operação de esmeril pode ser eliminada, pois a mesma serve apenas para tirar uma marca deixada pela operação de corte com bedame no centro do diâmetro do pino, e a mesma só tem uma função estética, não alterando a funcionalidade do produto.

5.7. Análise dos Mapas do Estado Futuro e Plano de Implementação

Neste item será feita uma comparação entre os mapas do estado futuro que utilizam o método *kanban* e o CONWIP, e também serão apresentados os resultados que podem ser obtidos com a implementação dos mapas do estado futuro. Neste item também será apresentado o plano de implementação para o estado futuro do modelo de sistema de programação escolhido pelo autor como o mais recomendado para a aplicação na família de peças da empresa.

5.7.1. Resultados do Mapeamento do Fluxo de Valor (Elo)

Para poder atingir os objetivos do MFV no estado futuro para o elo, é necessário que primeiramente seja reprojeto todo o ferramental de forjamento, de forma que se consiga eliminar os acabamentos da articulação e as rebarbas de forjamento, e ainda consiga eliminar a operação de usinagem da pista, mantendo a mesma produtividade da célula de forjamento atual.

Esta célula de forjamento já foi alterada devido à aquisição de uma nova prensa pela empresa em substituição ao martelo, e com esta prensa foi possível aumentar o número de peças produzidas por hora de 260 para 300. E ainda foi possível reduzir o tempo de *setup* de 2 horas para aproximadamente 30 minutos. Porém, do ponto de vista da manufatura enxuta, esta aquisição não seria necessária, pois com o equipamento anterior já era possível produzir de acordo com o tempo takt. Entretanto, com esta nova prensa será possível trabalhar com lotes cada vez menores devido a um menor tempo de *setup* que o martelo, além de ocorrer um menor índice de paradas para manutenção.

Outro aspecto importante para a implementação do mapa do estado futuro é a mudança de *layout* nas máquinas de temperar pista e usinagem, que devem ser alocadas mais próximas

uma da outra, de modo a formar uma célula de produção com fluxo contínuo. E com a criação desta célula, uma das duas máquinas usadas para temperar a pista pode ser utilizada para outros serviços ou como uma máquina reserva, caso a primeira venha a apresentar defeitos, pois apenas com uma máquina trabalhando em dois turnos, pode-se alcançar o tempo takt.

No mapa do estado futuro para o elo pode-se diminuir o estoque de matéria-prima devido a alteração da matéria-prima da bucha, passando de tubos para o material laminado, que é a mesma dos elos. Com isso é possível negociar com os fornecedores as bitolas que devem entregues a cada dois meses, podendo-se manter um estoque de um mês para elo e um mês para buchas, sendo necessário fazer apenas uma programação com antecedência de seis meses das quantidades (em toneladas) de material a ser entregue por mês, sendo esta uma posição imposta pelos fornecedores de aço.

Tanto no caso do *kanban* quanto do CONWIP essas modificações devem ser realizadas como primeiro passo para a implementação dos mapas do estado futuro.

Fazendo agora um comparativo entre os sistemas *kanban* e CONWIP para o mapa do estado futuro, pode-se perceber que em ambos os casos o *lead time* diminuiu em relação ao estado atual, bem como os estoques em processo. No caso do MFV atual do elo o *lead time* era de 171 dias, enquanto no MFV futuro para o *kanban* o *lead time* passou para 105 dias e para o CONWIP o *lead time* é de 88 dias. Com relação aos estoques em processo, eles são iguais a aproximadamente 36 dias no MFV atual, e passaram para 22 dias no caso do *kanban* e 5 dias para o CONWIP.

Com estes dados é possível observar que o melhor sistema encontrado para o MFV futuro do elo é o CONWIP, pois com ele é possível reduzir significativamente o *lead time* e os estoques em processo comparado ao uso de *kanbans*. Porém, para que este sistema funcione corretamente, é necessário que se tenha uma garantia da continuidade do processo, porque uma falha em qualquer uma das operações afeta o sistema como um todo. Por outro lado, no

caso do sistema *kanban*, como existem estoques intermediários, estes podem suprir eventuais falhas por um certo período. Como os tempos de ciclo estão bem abaixo do tempo takt no MFV para o elo, pode se optar por implementar diretamente o sistema CONWIP. O plano de implementação para o fluxo de valor do elo pode ser visto na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Plano de implementação do mapa de estado futuro para o elo

Plano de implementação do mapa de estado futuro (elo)		Cronograma de execução (2008-2009)											
Objetivos	Meta	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Reprojetar ferramental de forjamento	Eliminar acabamentos e usinagem da pista	■	■										
Mudança de <i>layout</i>	criar célula de temperar / usinar		■	■	■								
Fabricar ferramental	mudança no processo de forjamento				■	■	■						
Implementar sistema CONWIP	produzir de acordo com a demanda do cliente						■	■	■				
Avaliar eficácia da implementação	verificar se o sistema está trabalhando dentro do tempo takt								■	■	■		
Melhoria contínua (<i>Kaizen</i>)	reduzir custos e a melhoria contínua dos processos de fabricação											■	■

5.7.2. Resultados do Mapeamento do Fluxo de Valor (Bucha)

Para a implementação do MFV futuro para as buchas, a primeira etapa a ser realizada é a formação de uma célula de usinagem, que com a mudança da matéria-prima para o aço laminado, é necessário a inclusão de uma operação de furação. Esta operação já vem sendo realizada, porém as máquinas ainda não estão arranjadas para funcionar em célula, devido ao atual arranjo físico com característica funcional, ou seja, as máquinas de um mesmo tipo são dispostas juntas, constituindo assim um arranjo típico de especialização por processo, porque, as máquinas que realizam processos semelhantes ficam agrupadas numa mesma área física, no espaço da indústria. Desta forma, é necessário uma mudança no *layout* de forma que sejam

criadas as duas células de usinagem como propostas anteriormente, com uma única estação de marcação de peças no final das células.

Uma outra célula para a têmpera das buchas como apresentado anteriormente também deve ser criada, de forma que esta célula fique próxima à célula de usinagem para eliminar perdas por transporte.

Devido ao aumento do volume de material removido com a troca da matéria-prima de tubo para perfil laminado, foi adquirida uma serra de discos de metal duro para o corte das buchas, a qual deve entrar em operação em breve, no lugar das serras-fita circulares atuais.

Da mesma forma que no elo, a aquisição desta máquina não seria uma prioridade do ponto de vista da manufatura enxuta, pois com a serra atual é possível atender os clientes dentro do tempo takt. Como para a aplicação do MFV no estado futuro é interessante que seja eliminado um turno de trabalho, e com esta serra de disco de metal duro é possível trabalhar em apenas um turno, enquanto com a serra-fita seriam necessários dois turnos de trabalho. O turno de trabalho será diminuído na medida em que a nova serra entre em operação completamente e sejam evidenciadas as melhorias no tempo do corte, ou seja, consiga-se atingir o tempo takt em apenas um turno de trabalho.

Da mesma forma que no elo os mapas do fluxo de valor para o estado futuro da bucha apresentam uma diminuição do *lead time* e do estoque em processo, tanto aplicando-se o *kanban* como o CONWIP. Entretanto, da mesma forma que o elo, a abordagem CONWIP apresentou um melhor desempenho entre os dois sistemas. No MFV atual o *lead time* é de 111 dias, e aplicando-se *kanban* o *lead time* é reduzido para 50 dias, enquanto que aplicando-se o CONWIP o *lead time* passa a ser de 43 dias. Com relação aos estoques em processo, o mapa atual apresenta um valor de 7 dias, e aplicando-se CONWIP haverá uma diminuição para 2 dias. Por outro lado, ao aplicar-se *kanban*, o estoque em processo aumentou em relação ao estado atual. Então para o plano de implementação do mapa futuro, optou-se por aplicar o

método CONWIP. O plano de implementação do mapa de estado futuro para a bucha é apresentado na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Plano de implementação do MFV futuro do elo.

Plano de implementação do mapa d estado futuro (Bucha)		Cronograma de execução (2008-2009)											
Objetivos	Meta	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Instalar serra de disco de metal duro no processo	diminuir tempo de ciclo do corte												
Mudança de <i>layout</i>	criar uma célula de usinagem e outra célula de temperar												
Implementar sistema CONWIP	produzir de acordo com a demanda do cliente												
Reduzir jornada de trabalho (eliminar turno)	trabalhar com apenas um turno												
Avaliar eficácia da implementação	verificar se o sistema está trabalhando dentro do tempo takt												
Melhoria contínua (Kaizen)	reduzir custos e a melhoria contínua dos processos de fabricação												

5.7.3. Resultados do Mapeamento do Fluxo de Valor (Pino)

Para a implementação do MFV futuro para o pino é necessária a eliminação da operação de esmeril, pois ela não agrega nenhum valor do ponto de vista do cliente. Esta operação pode ser eliminada com a mudança das estações de corte de pinos (dois tornos convencionais) para uma serra de disco de metal duro, que é a mesma utilizada para o corte das buchas. Este novo processo é recomendado devido ao mesmo não deixar a marca do corte na superfície da peça, porem mesmo com o processo de corte atual esta operação pode ser eliminada, pois esta operação não modifica a funcionalidade da peça, é apenas um fator estético. Uma outra modificação consiste na criação de uma célula composta por todas as estações apresentadas no mapa do estado atual, ou seja, todos os processos necessários para a fabricação do pino, exceto a operação de esmeril. Com a criação desta célula as máquinas de temperar o pino, que atualmente trabalham em dois turnos, passarão a funcionar em apenas um turno. Apesar do

CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho buscou-se descrever o processo de implantação do programa *Lean* em uma empresa do setor metal-mecânico através da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor (MFV). A complexidade dos processos, com produtos de grande diversidade e demanda com variações irregulares, fazem desta empresa um local de significativas oportunidades de estudos visando a redução de custos.

Ao analisar-se o cenário da empresa estudada, pode-se afirmar que ela tem buscado implementar tecnologias de processos e de distribuição que correspondem ao estado-da-arte do mercado. A empresa possui atualmente máquinas de fabricação de última geração para diversos processos (usinagem, forjamento, tratamento térmico, fundição), e ainda conta com uma rede de distribuição própria, mantendo 20 filiais no Brasil, e todo o produto é distribuído pela transportadora da própria empresa.

Entretanto, no que se refere a ferramentas modernas de gerenciamento da produção, não existem muitas aplicações na empresa. A maioria das decisões são tomadas diretamente pelas pessoas que fazem parte da diretoria da empresa, pois eles criaram a empresa há 40 anos atrás e aplicam até hoje seus métodos tradicionais de produção em massa para o planejamento e controle da produção e dos processos.

Nesta dissertação pôde-se verificar que, com a implementação de elementos da Manufatura Enxuta na empresa estudada, a mesma pode auferir diversos ganhos, como por exemplo: estoques menores (matéria-prima, WIP, produtos finais), menor *lead time* dos processos, eliminação de operações desnecessárias, diminuição de turnos de trabalho. Além disso, pode-se alcançar tais ganhos com investimentos reduzidos.

Como a compra das máquinas realizadas pela empresa não é resultado da proposta deste trabalho e como foram grandes os investimentos nestas máquinas, pode-se chegar a conclusão de que com investimentos menores que o dos equipamentos adquiridos pela empresa durante

a elaboração desta dissertação, já seria possível implementar os mapas do fluxo de valor para a família.

Entretanto como a empresa já está se preparando para o futuro e investindo em uma nova geração de equipamentos para fabricação. Pode-se perceber que estes equipamentos auxiliaram ainda mais para melhorar os fluxos de valores da empresa.

Optou-se por recomendar a utilização da abordagem CONWIP, pois devido à grande diversidade de modelos de peças fabricadas pela empresa, não é possível manter um supermercado de produtos entre cada uma das estações para todos os modelos de peças. Além disso, como os sistemas CONWIP permitem uma maior flexibilidade na maneira como os estoques fluem entre recursos, possibilitando que gargalos, temporários ou não, sejam convenientemente protegidos, e ao permitir que o estoque em processo se concentre em frente ao recurso gargalo, o CONWIP pode funcionar com níveis mais baixos de estoque em processo do que o *kanban* para este estudo de caso.

Entretanto isso não significa que o sistema CONWIP seja melhor que o *kanban* para todos os casos, pois ambos os sistemas podem ser considerados semelhantes da forma como tratam a demanda, ou seja, é fabricado aquilo que o cliente consome. Entretanto, a maneira com que as peças fluem no sistema produtivo é seqüenciada de maneira distinta, isto é, depende das particularidades do sistema produtivo existente.

Os planos para atingir os mapas do estado futuro sugerem em torno de um ano para a implementação das etapas propostas neste trabalho. Entretanto, como o sistema enxuto busca sempre a melhoria contínua (*kaizen*), novas etapas poderão ser propostas no futuro para melhorar ainda mais o sistema produtivo.

Uma dificuldade para a completa implementação da proposta apresentada neste trabalho é o fato de que a empresa atualmente é estruturada de uma forma muito departamentalizada, onde cada setor é responsável por atingir apenas seus objetivos específicos, e não para atingir as necessidades dos clientes. Cada setor é controlado por meio de gráficos de produtividade,

onde quanto maior for a produtividade mensal, menores serão os custos do setor, mesmo que estejam sendo fabricadas peças que o cliente não está necessitando no momento.

Assim, para aplicar a proposta apresentada neste trabalho, a primeira etapa a ser executada é a mudança da mentalidade dos diretores e funcionários, os quais acreditam que o sistema de manufatura funciona de uma forma mais eficiente quando são produzidos lotes de grandes quantidades, devido aos itens de controle adotados na empresa utilizarem a métrica dos modelos de sistemas de produção em massa. E a produção em grandes lotes não corresponde a um fator positivo do ponto de vista da manufatura enxuta, pois eles escondem os desperdícios e ineficiências do sistema. Então, dever-se-á alterar os itens de controle e as metas de produtividade, de forma a se tornarem mais aderentes aos requisitos da manufatura enxuta.

Outro pré-requisito importante para a implementação é a verificação da confiabilidade do sistema produtivo, e isto pode ser feito através de controles estatísticos da repetitividade e incerteza dos processos de fabricação, disponibilidade de equipamentos (manutenção) e qualidade dos produtos.

E como requisito final para a implantação, e de grande importância, deve-se citar a autonomia que a direção da empresa deve passar para os colaboradores, para que estes possam propor e executar as melhorias contínuas no fluxo de valor, e decidam o que irão fabricar de acordo com a demanda do cliente, e não produzindo apenas para “diminuir” os custos dos setores.

Como resultado deste trabalho foi possível observar que os benefícios apresentados pela manufatura enxuta são diversos, tendo em vista que, com a atual economia globalizada, é preciso estar atento às mudanças impostas pelo mercado, e conseqüentemente os sistemas de manufatura não podem mais repassar suas ineficiências para os clientes.

Desta forma, este trabalho buscou contribuir para a aplicação da manufatura enxuta em uma empresa do setor metal-mecânico com característica vertical e departamental, cuja

diretoria e funcionários não haviam tido experiência com manufatura enxuta anteriormente.

A proposta apresentada neste trabalho mostra claramente à empresa estudada, bem como ao leitor, as vantagens da aplicação da manufatura enxuta, e espera-se que o conteúdo deste trabalho possa contribuir para a implementação da manufatura enxuta em outras empresas.

Do ponto de vista de um trabalho acadêmico, este apresentou conceitos de sistemas de produção puxada que podem ser configurados de maneiras distintas, e também que não existe apenas um modelo “ideal” para aplicação da manufatura enxuta. Cada caso deve ser estudado de forma única, pois cada sistema produtivo possui suas particularidades e restrições.

Desta forma, este trabalho serve para apresentar através de exemplos práticos que mesmo com fórmulas e regras existentes para aplicação de métodos e modelos, estes devem ser rearranjados de acordo com a realidade a ser estudada.

CAPÍTULO 7. REFERÊNCIAS

- ALONSO, R. M. **Manufatura Enxuta: implementação de um modelo de gestão em uma indústria de produtos laminados.** Monografia (Especialização MBA) – Gerenciamento de Produção e Tecnologia, Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.
- ANDRADE, M. O. **Representação e Análise de Cadeias de Suprimentos: Uma Proposta Baseada no Mapeamento do Fluxo de Valor.** Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- ARAÚJO, C. A. C. **Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta utilizado os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições e o Mapeamento do Fluxo de Valor.** Dissertação – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- BONVIK, A. M.; GERSHWIN, S. B. **Beyond kanban: creating and analyzing lean shop floor control policies.** Manufacturing and Service Operations Management Conference, 1996.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean.** Lean Enterprise Research Centre, 2002.
- HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundations of manufacturing management.** Boston, Massachusetts: Irwin/McGraw-Hill, 2000.
- LINDGREN, P. C. C. **Implementação do Sistema de Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) na Embraer.** Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) - Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretário Executivo, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2001.
- MACDONALD, T.; VAN A. E.; RENTES, A. F. **Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of future state scenarios in a hightechnology motion control plant.** Department of Industrial e Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University e São Carlos Engineering School, University of São Paulo, 2000.
- MEIRELLES, F. M. **Implantação da Troca Rápida de Ferramentas em uma Indústria Siderúrgica.** Dissertação (Mestrado Profissionalizante Engenharia) – Escola Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- NEVES, J. L. **Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades.** FEA-USP. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, V.1, N° 3, 1996.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala.** Bookman, 1997.

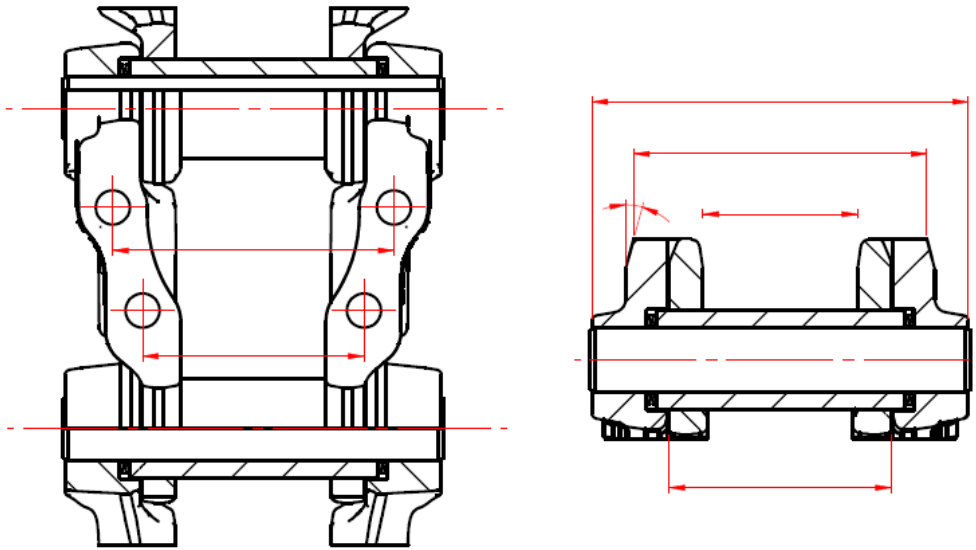
- POLIT, D.; HUNGLER, B. **Nursing Research: Principles and methods.** 3.ed. Philadelphia: J.B. Lippincott Company, 1987.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- ROTONDARO, G. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SCHONBERGER, J. **Técnicas Industriais Japonesas: Nove Lições Ocultas Sobre Simplicidade.** São Paulo: Pioneira, 1988.
- SMALLEY, A. **Criando o Sistema Puxado Nivelado – um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia.** Brookline: Lean Enterprise Institute, 2004.
- SOUZA, F. A **Interdependência Entre Sistemas de Controle de Produção e Critérios de Alocação de Capacidades.** *Gestão e Produção*, v. 9, n. 2, p. 215-234, 2002.
- SPEARMAN, M. L.; WOODRUFF, D. L.; HOPP, W. J. **CONWIP: a pull alternative to Kanban.** *International Journal of Production Research*, v. 28, n. 5, p. 879-894, 1990.
- TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática.** 1.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- WOMACK, P.; JONES, T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

CAPÍTULO 8. REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

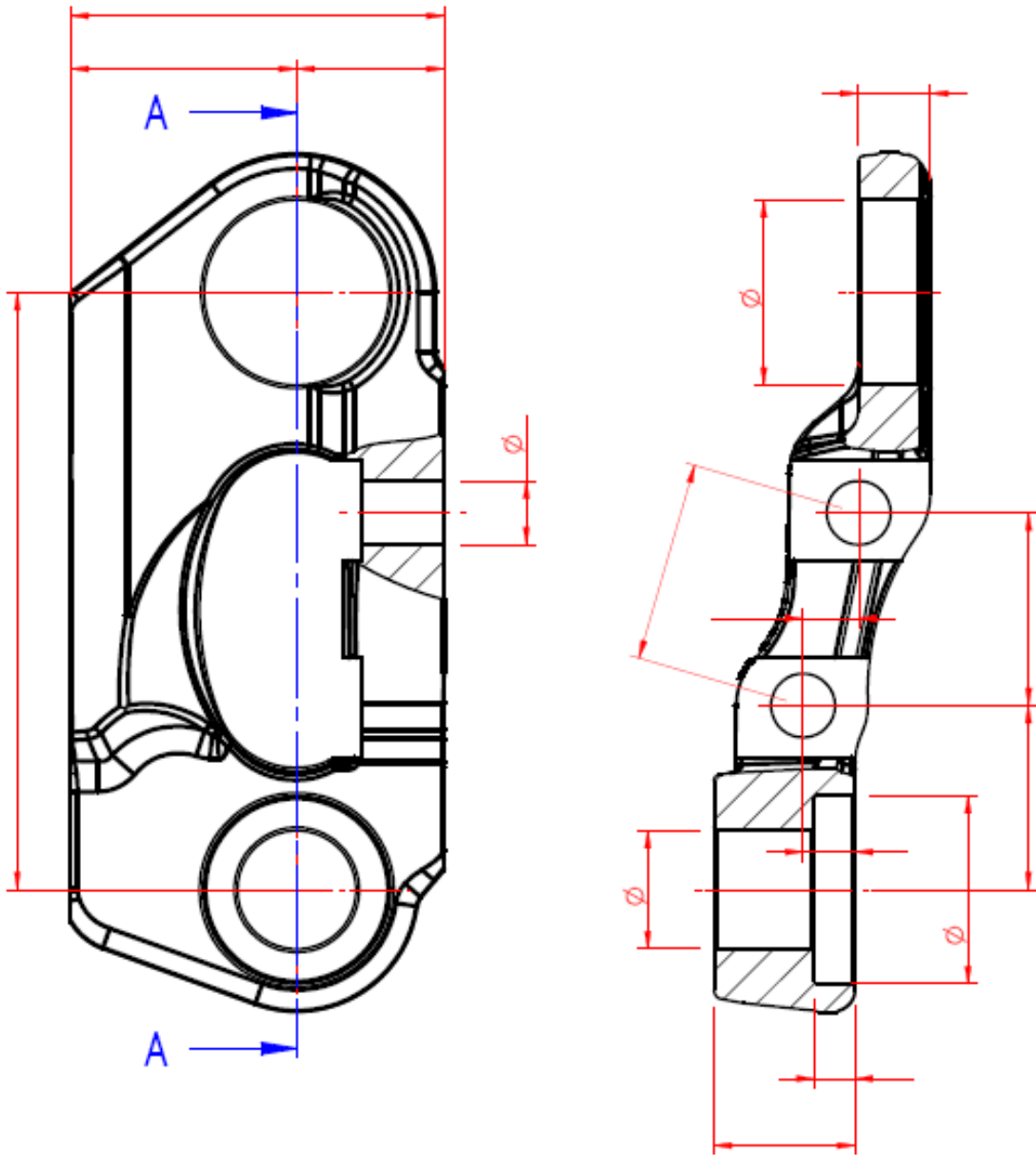
- CARRARO, R. V. **Avaliação de um Processo de Implantação da Mentalidade Enxuta e Seu Desempenho no Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso.** Dissertação (Mestrado em Gestão de Desenvolvimento Regional) Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.
- DAL FORNO, A. J. **Aplicação e análise das ferramentas Benchmarking Enxuto e Mapeamento do Fluxo de Valor: estudo de caso em três empresas catarinenses.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de um sistema de Manufatura Enxuta em uma empresa de autopeças.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.
- GIRARDI, T. R. **Proposta de um Método para Introdução do Sistema Puxado de Produção em um Ambiente com Grande Variedade de Produtos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.
- SAMPAIO, M. A. **Proposta de uma Metodologia de Análise dos Fatores de Complexidade Visando a Implantação de um Sistema de Produção Enxuta.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4.ed. Florianópolis: UFSC, 2005.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- VIEIRA, M. G. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- WOMACK, P.; JONES, T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza.** 7.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ANEXO I

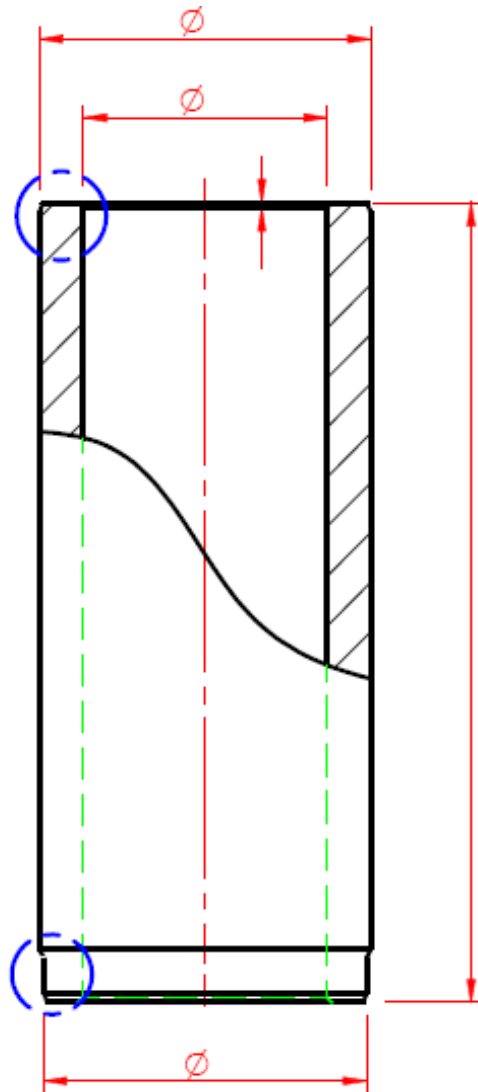
Desenho Montagem da Esteira.



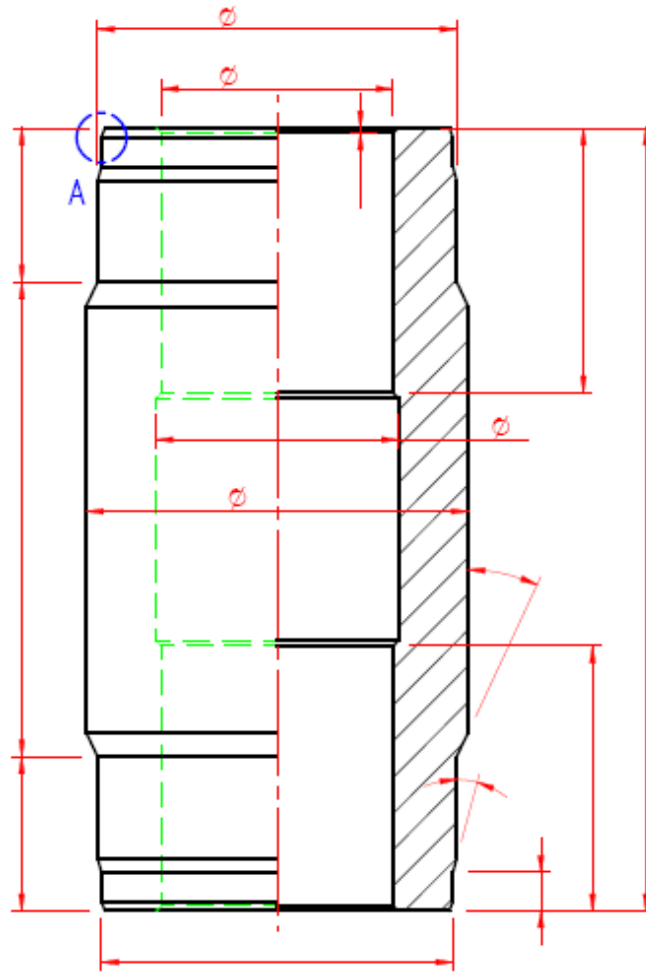
Desenho do Elo.



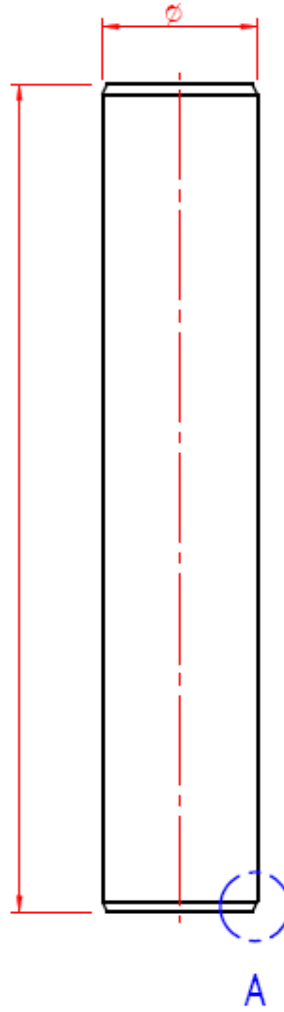
Desenhos da Bucha Lisa.



Desenho da Bucha com Ressalto.



Desenho do Pino.



SL 2004/36	ESTEIRA S/SAP 36E	SLC 9/16 POL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
SL 2004/36A	ESTEIRA S/SAP 36E	SLC 5/8 POL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
SL 2004/36S	ESTEIRA S/SAP 36E	SLC 5/8 SEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
SL 2004/37	ESTEIRA S/SAP 37E	SLC POL 9/16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
SL 2004/38L	ESTEIRA S/SAP 38E	SLC LUBRIF. SEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
SL 2004A/38E	ESTEIRA S/SAP 38E	SLC VED POL 5/8"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2

 0 3239 3.239

 0 3239 3.239

ANEXO III

Distribuição de demanda para elos de esteira (todos os modelos).

