

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**

**UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA MAPEAMENTO DO FLUXO  
DE VALOR PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE UMA  
INDÚSTRIA DO SETOR METAL - MECÂNICO**

*Natália Carvalho Lauris*

**TCC-EP-84-2013**

**Maringá - Paraná**  
**Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**Utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor para  
o aumento da eficiência de uma indústria do setor metal -  
mecânico**

*Natália Carvalho Lauris*

**TCC-EP-84-2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Marcondes Altimari  
Samed

**Maringá - Paraná  
2013**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais José Roberto Pereira Lauris e Rita de Cássia Moura Carvalho Lauris.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente tenho que agradecer a Deus que me deu forças e condições de concluir não somente este trabalho, mas todas as minhas conquistas na vida.

Gostaria de agradecer aos meus pais José Roberto Pereira Lauris e Rita de Cássia Moura Carvalho Lauris, e meu irmão Gabriel Carvalho Lauris, por estarem sempre juntos comigo em todos os momentos, me aconselhando e guiando pra que eu pudesse ser uma pessoa melhor a cada dia e por me proporcionarem felicidade completa na vida.

A todos meus amigos, sejam estes de Maringá ou de Bauru, por todos os momentos que passamos juntos e ficarão para sempre em minha memória. Sejam em momentos de dificuldades, estudando para provas, conversando na eterna escada do bloco, e em tantos momentos de alegria, em festas, risadas, nas viagens, almoços e jantas das meninas, enfim, pessoas que quero levar pra sempre comigo e que tornaram estes cinco anos de faculdade inesquecíveis, que com certeza vou sentir muita falta.

Por fim, agradeço a minha orientadora Márcia que me acompanha desde o 3º ano de faculdade, por todos seus ensinamentos, por sua paciência, suas palavras de conforto nas horas de desespero, por sua atenção, mesmo estando longe este ano, sempre me deu muita segurança e apoio no que eu estava fazendo.

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso numa empresa do setor metal – mecânico que produz artigos em aço inox. O objetivo deste trabalho é mapear a família de produtos que corresponde a principal fonte de renda da empresa. Foi criado um Mapa do Fluxo de Valor Atual para que fosse possível analisar e identificar os pontos em que há desperdícios e gargalos e elaborar uma proposta de melhorias que aumentem a eficiência do processo. Assim, pode ser desenhado o Mapa do Fluxo de Valor Futuro, onde foi demonstrado que o *lead time* do processo pode ser reduzido ao se eliminar atividades que não agregam valor ao fluxo produtivo e quando adota - se estratégias que auxiliam no aumento da eficiência.

Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor. Cronoanálise. Desperdícios.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. JUSTIFICATIVA .....	1
1.2. DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1.1. O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	5
2.1.2. A PRODUÇÃO ENXUTA.....	6
2.1.2.1. DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO .....	7
2.1.2.2. DESPERDÍCIO DE ESPERA .....	7
2.1.2.3. DESPERDÍCIO DE TRANSPORTE E MOVIMENTAÇÃO .....	7
2.1.2.4. DESPERDÍCIO DE PROCESSAMENTO .....	7
2.1.2.5. DESPERDÍCIO DE PRODUIR ITENS E PRODUTOS DEFEITUOSOS ...	8
2.1.2.6. DESPERDÍCIO DE ESTOQUE.....	8
2.1.3. ESTUDO DE TEMPOS .....	8
2.1.4. <i>KANBAN</i> .....	9
2.1.5. <i>KAIZEN</i> .....	9
2.1.6. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	10
2.1.7. MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL.....	10
2.1.7.1. EFICIÊNCIA SISTÊMICA .....	13
2.1.7.2. <i>TAKT TIME</i> .....	13
2.1.7.3. MANUFATURA CELULAR.....	13
2.1.8. MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO .....	13
2.2. PESQUISA BIBLIOMÉTRICA.....	15
2.2.1. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	15
2.2.2. ANÁLISE QUALITATIVA.....	16
3. DESENVOLVIMENTO.....	19
3.1. METODOLOGIA.....	19
3.2. ESTUDO DE CASO .....	21
3.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	21
3.2.2. FAMÍLIA DE PRODUTOS MAPEADA .....	22
3.2.3. PROCESSO PRODUTIVO.....	23
3.2.4. FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO.....	23
3.3. ESTUDO DE TEMPOS .....	28
3.4. MAPA DO FLUXO DE VALOR ATUAL.....	30
3.5. PROPOSTA DE MELHORIAS .....	32
3.6. O MAPA DO FLUXO DE VALOR FUTURO .....	33
3.7. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	36

4. CONCLUSÃO.....	37
5. REFERÊNCIAS .....	38

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor.....	11
Figura 2 - Objetivos Específicos .....	20
Figura 3 - Estrutura Organizacional da Empresa.....	22
Figura 4 - Pia com plano inferior .....	23
Figura 5 - Fluxograma dos Perfis .....	24
Figura 6 - Fluxograma dos Pés .....	25
Figura 7 - Fluxograma Tampo Superior com Cuba.....	26
Figura 8 - Fluxograma Tampo Inferior .....	27
Figura 9 - Mapa do Fluxo de Valor Atual .....	31
Figura 10 - Mapa do Fluxo de Valor Futuro.....	34

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resultados da Pesquisa Bibliométrica Quantitativa.....	15
Tabela 2 - Tempos Perfil .....	28
Tabela 3 - Tempos Pós.....	29
Tabela 4 - Tempos Tampo Superior com Cuba.....	29
Tabela 5 - Tempos Tampo Inferior.....	30
Tabela 6 - Melhoria nos Tempos de Espera .....	34
Tabela 7 - Melhoria do <i>Lead Time</i> de Produção.....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIT *Just In Time*

MFV Mapeamento do Fluxo de Valor

MFVA Mapa do Fluxo de Valor Atual

MFVF Mapa do Fluxo de Valor Futuro

PCP Planejamento e Controle de Produção

STP Sistema Toyota de Produção

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do *takt time* apresentado por Rother e Shook (1999).

## **1. INTRODUÇÃO**

Influenciados pelo conceito da Produção Enxuta, diferentes setores da produção de bens e serviços têm adotado os princípios e as práticas desse sistema produtivo focando na redução de desperdícios e perdas. Adotando-se este sistema produtivo, há possibilidade de uma visualização dos elementos envolvidos, como tempo, custo e matéria-prima. (NOGUEIRA e SAURIN, 2008).

Uma ferramenta da Produção Enxuta, largamente utilizada, é o Mapeamento de Fluxo de Valor. Para dar início ao estudo deve-se ter conhecimento sobre algumas definições. Womack e Jones (2004) abordam que a produção enxuta é o combate direto ao desperdício, obtendo assim o valor, este podendo ser definido somente pelo cliente, caso contrário há o risco de fornecer algo que ele realmente não deseja. Enxergando o todo, torna-se visível a cadeia de valor, que pode ser dividida em três tipos de atividades: as atividades que certamente criam valor, as atividades que não criam valor, porém são necessárias e as atividades que não criam valor e também não são necessárias, estas últimas devendo ser extintas imediatamente.

Para Rother e Shook (1999), o mais importante ao se tornar enxuto é visualizar o fluxo e implementar mudanças para apenas ações que agreguem valor. Mapear ajuda a enxergar e focar o fluxo com a visão do estado ideal, ou pelo menos melhorado. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta essencial, pois ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor, torna as decisões sobre o fluxo visíveis, mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. O Mapa do Fluxo de Valor é uma ferramenta qualitativa utilizada para descrever em detalhes como a sua unidade produtiva deveria operar para criar o fluxo.

Este trabalho de conclusão de curso demonstra a aplicabilidade desta ferramenta da produção enxuta numa indústria metal mecânica de pequeno porte de Maringá, Paraná. Esta ferramenta auxilia a enxergar os desperdícios e gargalos, analisá-los e elaborar medidas de eliminá-los visando aumentar a eficiência do processo.

### **1.1. JUSTIFICATIVA**

A realização deste projeto se justifica pela necessidade de se conhecer os fluxos e tempos do processo, auxiliando em identificar gargalos e desperdícios. É bastante visível que o setor metal mecânico sofre uma concorrência muito grande por parte de outras indústrias. Para se conseguir obter uma competitividade neste mercado, ou seja, para a empresa conquistar a capacidade de disputar com a concorrência faz-se necessário o conhecimento de todo o fluxo e deficiências do processo, com o intuito de estar sempre a par da intensa exigência de clientes.

Este trabalho se faz necessário para que se modifique, diminua ou até mesmo elimine qualquer tipo de paradas desnecessárias, *lead time* alto, retrabalho, peças em espera excessiva, *layout* mal projetado, informação escassa para se realizar as atividades. O principal obstáculo está relacionado com o tempo, em que o *lead time* de seus produtos é maior do que da concorrência, um fator que pode, muitas vezes, influenciar novos clientes no momento de fechar a compra. Muitos serviços não são fechados pois a empresa estipula um prazo maior que de outras do mesmo ramo. Algumas vezes o valor do produto da empresa em estudo é menor que o da concorrência, porém o cliente opta em fechar negócio com empresas que entregam num prazo menor. Além de que há também uma grande dificuldade de entregar produtos no prazo determinado no contrato de venda. O *layout* já passou por modificações, mas ainda não é bem aproveitado pelos colaboradores que fazem muito esforço para levar o produto de um setor para o outro.

A empresa tem conhecimento desses problemas, porém não há ainda um levantamento de dados para que se descubram os motivos pelos quais estão ocorrendo de fato. Neste contexto, a ferramenta da Produção Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, é adequada para auxiliar a diagnosticar processos e, a partir desse diagnóstico, elaborar medidas que visem à eliminação de desperdícios, tal que o processo passe a ter um menor custo e maior eficiência. Para a realização deste trabalho haverá o engajamento de todos, desde a direção até o chão de fábrica.

## **1.2. DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA**

A empresa atua no setor metal - mecânico, sendo classificada como uma empresa de pequeno porte. É dividida em três setores: o escritório principal, escritório de orçamentos e vendas e a produção. O escritório principal conta com o diretor da empresa, uma recepcionista, uma

pessoa que trabalha ao mesmo tempo nos recursos humanos e no financeiro e dois projetistas. O escritório de orçamentos e vendas conta com três vendedores, dois orçamentistas e uma estagiária. O setor de produção conta com um encarregado, três soldadores, dois acabamentistas, um dobrador, um colaborador na área de corte e três auxiliares de produção. Estes três setores totalizam vinte e dois colaboradores. Somente os colaboradores dos escritórios possuem nível superior, na produção os colaboradores possuem nível médio completo. Este trabalho foi acompanhado pelo diretor da empresa e por um dos orçamentistas, que possui graduação em Engenharia de Produção e contou com o apoio de todos os colaboradores da empresa.

A empresa está passando por uma consultoria do SEBRAE. Desde o início da consultoria, em Janeiro de 2012, a empresa realizou algumas mudanças como, por exemplo, o aumento do espaço físico, a aplicação do 5S e uma mudança no *layout*. Os consultores do SEBRAE deram auxílio durante o trabalho desenvolvido.

Foi analisado todo o processo de uma das famílias de produto, desde o pedido feito pelo cliente até a entrega para o mesmo. Todos os meios de coletas de dados, medições e controle foram supervisionados pelo engenheiro.

O foco do mapeamento é a eficiência do processo. A empresa estipulou que devem chegar a porcentagem de 70% de eficiência, porém esta meta não foi cumprida ao longo dos anos.

### **1.3. OBJETIVOS**

Os objetivos consistem em aplicar os fundamentos da Produção Enxuta em uma empresa do setor metal-mecânico de Maringá, Paraná, os quais são detalhados a seguir.

#### **1.3.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal é mapear o processo de uma família de produtos, buscando aumentar a eficiência do mesmo, a partir da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Mapear o processo atual de uma família de produtos de uma empresa metal - mecânica de Maringá, Paraná.
- Analisar fontes de desperdícios e gargalos do processo estudado.
- Elaborar o Mapa de Fluxo de Valor Futuro para o processo.
- Propor um plano de melhorias para alcançar o novo mapa de fluxo de valor no processo, e implantá-las caso sejam aprovados pela empresa.

#### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Neste Capítulo 1 foi apresentada uma introdução ao tema abordado no trabalho, demonstrado o problema encontrado na empresa e a justificativa de se utilizar o MFV. Também foram tratados os objetivos que esperam serem alcançados ao se desenvolver esse projeto.

O Capítulo 2 apresenta a revisão de literatura, com a pesquisa bibliográfica que abrange os conceitos do tema Mapeamento do Fluxo de Valor e suas ferramentas e a pesquisa bibliométrica que faz uma análise das publicações mais recentes do tema abordado.

O Capítulo 3 compreende ao relato do estudo de caso, que detalha o processo da empresa e o método utilizado. Demonstra também os tempos utilizados para a elaboração dos mapas atual e futuro do processo. Ao final é discorrido sobre os resultados obtidos com o estudo, proposta de melhorias e o Mapa do Fluxo de Valor Futuro.

O Capítulo 4 consiste no fechamento do trabalho que considera as contribuições do estudo, juntamente com as dificuldades da proposta e sugestões para que se de continuidade ao estudo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Este capítulo é dividido em duas partes. A primeira parte, a pesquisa bibliográfica, descreve os principais conceitos do tema estudado e as ferramentas do MFV. Na segunda parte, a pesquisa bibliométrica, há um levantamento de dados no que se diz respeito à frequência de publicações realizadas nos principais congressos brasileiros de Engenharia de Produção sobre o tema abordado nesta monografia.

### **2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1.1. O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO**

Segundo Shingo (1996), O Sistema Toyota de Produção (STP) demonstra historicamente em ser uma potente estratégia dentro da competição intercapitalista. Seu objetivo central consiste em capacitar as organizações para responder com rapidez às constantes flutuações da demanda do mercado através do alcance efetivo das principais dimensões da competitividade: flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação. Toda produção, executada tanto na fábrica como no escritório, deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Processos transformam matérias-primas em produtos. Operações são as ações que executam essas transformações. Esses conceitos fundamentais e sua relação devem ser entendidos para alcançar melhorias efetivas na produção. Para maximizar a eficiência da produção, é necessário analisar profundamente e melhorar o processo antes de tentar melhorar as operações.

Para Ohno (1997) o *Just in Time* (JIT), principal pilar do STP, representa em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero, o que é um estado ideal. Uma falha na previsão, um erro no preenchimento de formulários, produtos defeituosos e retrabalho, problemas com equipamento, absenteísmo, são alguns exemplos dos problemas encontrados. Um problema no início do processo sempre resulta em um produto defeituoso no final do processo. Isso irá parar a linha de produção ou alterar um plano, independentemente da sua vontade, reduzindo tanto a produtividade quanto a lucratividade. Quando há um atraso na retificação de um estado anormal, muitos trabalhadores estão fazendo muitos componentes,

uma situação que não é rapidamente corrigida. A redução de custos deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo que busquem sobreviver no mercado atual. É necessário um sistema de gestão total que desenvolva a habilidade humana até sua mais plena capacidade, a fim de aprimorar a criatividade e a maneira de se produzir, para utilizar bem as instalações e máquinas, e eliminar todo o desperdício (Ohno, 1997).

### **2.1.2. A PRODUÇÃO ENXUTA**

A Produção Enxuta reúne o melhor da produção artesanal e da produção em massa: a capacidade de reduzir custos unitários e aumentar tremendamente a qualidade, ao mesmo tempo oferecendo uma variedade crescente de produtos e um trabalho cada vez mais estimulante (WOMACK *et al.*, 2004).

A Produção Enxuta é uma maneira superior de o ser humano produzir bens, propiciando melhores produtos, numa maior variedade, e a um custo inferior. Igualmente importante, propicia um trabalho mais desafiador e gratificante para empregados em todos os níveis, da fábrica à alta administração (WOMACK *et al.*, 2004).

O que se tenta realmente fazer na produção enxuta é obter um processo para fazer somente o que o próximo processo necessita. Busca - se ligar todos os processos – desde o consumidor final até a matéria-prima – em um fluxo regular sem retornos que gere o menor “*lead time*”, a mais alta qualidade e o custo mais baixo (ROTHER e SHOOK, 1999).

A produção enxuta é “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: menor esforço dos operários na fábrica, menor quantidade necessária de espaço para a fabricação, menor quantidade de investimento em ferramentas, menor quantidade de horas de planejamento para desenvolver novos produtos em menor tempo. Requer também menos de metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente, variação de produtos (WOMACK *et al.*, 2004).

De acordo com Campos (1996), o desperdício é todo e qualquer recurso que se gasta na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário (matéria-prima, materiais, tempo, energia, por exemplo). O desperdício representa um consumo extra que

aumenta os custos normais do produto ou serviço sem trazer qualquer tipo de melhoria para o cliente. Reduzir o desperdício na manufatura significa eliminar tudo o que aumenta o custo de produção. Estes acabam sendo aceitos como consequência natural do trabalho rotineiro, assim pode-se dizer que eliminá-los é uma tarefa árdua.

Shingo (1996) classifica os desperdícios como desperdício de superprodução, desperdício de espera, desperdício de transporte e movimentação, desperdício de processamento, desperdício de produzir itens e produtos defeituosos e desperdícios de estoques.

#### **2.1.2.1. DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO**

O desperdício de superprodução é o desperdício de produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações ou excesso de inventário. A produção antecipada gera problemas e restrições do processo produtivo: tempos longos de preparação de máquinas, grandes distâncias a percorrer com o material, falta de coordenação entre demanda e a produção gerando grandes lotes, como consequência inevitável.

#### **2.1.2.2. DESPERDÍCIO DE ESPERA**

O desperdício de espera é o material que está esperando para ser processado, formando filas esperando garantir altas taxas de utilização dos equipamentos, resultando em um fluxo pobre, bem como *lead time* longo.

#### **2.1.2.3. DESPERDÍCIO DE TRANSPORTE E MOVIMENTAÇÃO**

O desperdício de transporte e movimentação consiste em movimento excessivo de pessoas, informações ou peças, resultando em gasto desnecessário de capital, tempo e energia. O transporte de materiais e a movimentação de pessoas são atividades que não agregam valor ao produto e são necessários devido às restrições do processo e das instalações, as quais impõem grandes distâncias a serem percorridas pelo material ao longo dos processos.

#### **2.1.2.4. DESPERDÍCIO DE PROCESSAMENTO**

O desperdício de processamento ocorre devido à existência de um processo não otimizado, como a utilização de um conjunto incorreto de ferramentas, sistemas ou procedimentos, ou seja, a existência de etapas ou funções do processo que não agregam valor ao produto. A manufatura enxuta discute e investiga qualquer elemento que adicione custo ao invés de valor ao produto.

#### **2.1.2.5. DESPERDÍCIO DE PRODUZIR ITENS E PRODUTOS DEFEITUOSOS**

O desperdício de produzir itens e produtos defeituosos são aqueles gerados a partir de problemas na qualidade. Produtos defeituosos implicam em desperdício de materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenagem de materiais defeituosos. Se o problema não tem sua "causa raiz" devidamente eliminada, há possibilidade de problemas futuros dentro do processo, com operações excessivas, assim como risco de falhas no cliente final, o que ocasionaria maior risco de perdas. O sistema de manufatura enxuta aperfeiçoa o processo produtivo de maneira tal que previna a ocorrência de defeitos, para que se possam eliminar as operações de inspeção.

#### **2.1.2.6. DESPERDÍCIO DE ESTOQUE**

O desperdício de estoque é o excesso de matéria-prima, do estoque em processo ou de produtos acabados que causa *lead time* longo, danos em produtos acabados, dificultam acesso, proporciona custos com transportes e armazenagem e atrasos. Este desperdício pode ser considerado como o capital estacionado na fábrica, ou seja, dinheiro parado em forma de peças sub - montadas, montadas ou completas, que estão estocadas.

#### **2.1.3. ESTUDO DE TEMPOS**

Um método bastante utilizado que possibilita a melhoria dos processos, segundo Martins e Laugeni (1998) é a cronoanálise. Para a execução do mapeamento é necessário realizar a tomada de tempo dos processos. A cronometragem é um dos métodos mais empregados na indústria para medir o trabalho. Essa metodologia continua sendo muito utilizada para que sejam estabelecidos padrões para a produção e para os custos industriais. As medidas de tempo padrão servem como uma referência para os gestores da empresa determinarem quais são os locais que necessitam de programas de melhoria. As medidas de tempo padrão são a

base para a administração de uma produção, pois esta informação irá compor outras de importância estratégica, como o custo do produto.

Conforme Gomes *et al.* (2008) cada processo gasta um determinado tempo para executar suas devidas tarefas. O estudo destes tempos consiste na obtenção e no registro das informações necessárias para que sejam definidas as sequências das operações, o número de ciclos a serem cronometrados e o ritmo do operador em estudo, no local de trabalho.

Werkema (1995) cita que um único processo pode ser dividido em processos menores. Esta divisibilidade é importante por permitir que cada processo menor seja controlado separadamente, facilitando a localização de possíveis problemas e a atuação nas causas destes problemas, o que resulta num controle mais eficiente de todo o processo.

A cronoanálise usa a cronometragem como ferramenta e apura melhor a medição do tempo real para a indicação do tempo previsto. Na prática identifica e fornece melhorias permitindo a redução dos custos de manufatura de um produto. E pode ser aplicada em qualquer setor onde haja a atividade humana. Sendo utilizada para o planejamento e controle da produção, base para cálculos e remuneração variável, inclui observações sobre condições ergonômicas de trabalho e determinações dos padrões de tempo para aprimoração de mão-de-obra, carga de máquinas e balanceamento de linhas e setores (BARNES, 1977).

#### **2.1.4. KANBAN**

Segundo Slack *et al.* (2002) o sistema *Kanban* é um método de se operacionalizar por meio de cartões, controlando o fluxo de transferência de material em cada estágio. Este cartão indica quando é necessário que mais material seja enviado.

Ao receber um cartão *Kanban*, dispara – se um movimento, produção ou o fornecimento de uma unidade. Caso ocorra de se receber dois cartões *Kanbans* dispara – se o transporte, produção ou fornecimento de duas unidades, e assim por diante. O *Kanban* é uma forma de autorização destes quesitos (SLACK *et al.*, 2002).

#### **2.1.5. KAIZEN**

Ao citar o método *Kaizen*, deve-se entender que está se falando a respeito do melhoramento contínuo de um processo. Uma sucessão de pequenas melhoras numa organização é considerada algo positivo desde que haja um melhoramento de fato com o passar do tempo. (SLACK *et al.*, 2002).

A cultura *Kaizen* é voltada à melhoria contínua que foca em eliminar perdas em todos os processos de uma organização, entendendo – se como melhoria uma mudança para melhor e contínua como ações permanentes de mudança (MARTINS e LAUGENI,1998).

### **2.1.6. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR**

Rother e Shook (1999) citam que um fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor. Considerar a perspectiva do fluxo de valor significa levar em conta o quadro mais amplo, não só os processos individuais; melhorar o todo, não só otimizar as partes. O que tenta - se realmente fazer na produção enxuta é obter um processo para fazer somente o que o próximo processo necessita. Busca – se ligar todos os processos, desde o consumidor final até a matéria - prima, em um fluxo regular sem retornos, que gere o menor *lead time*, a mais alta qualidade e o custo mais baixo.

O objetivo da engenharia de valor, para Slack *et al.* (2002) é tentar reduzir custos e prevenir quaisquer custos desnecessários, antes de produzir o produto ou serviço. De forma simples, tenta eliminar quaisquer custos que não contribuam para o valor do produto ou serviço.

Para a elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é necessária determinação da família de produtos que será utilizada, ou seja, produtos que passam pelas mesmas etapas de processamento e usam máquinas comuns dentro deste processo. Se o *mix* de produtos é bastante variado pode-se fazer uma matriz de com os produtos em detrimento às etapas de montagem e equipamentos (ROTHER e SHOOK, 1999).

### **2.1.7. MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL**

Para Rother e Shook (1999), o processo inicial do estudo é realizar o desenho do mapa do estado atual, que fornecerá informações para o desenvolvimento de um desenho do estado futuro, sendo necessária para isso a coleta de algumas informações dentro da empresa. Para facilitar o entendimento do mapa, os autores elaboraram alguns itens que podem compor o desenho, conforme a Figura 1.



**Figura 1 - Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor.**

**Fonte: Rother e Shook (1999).**

Inicialmente é necessário coletar informações sobre as demandas dos consumidores. Após isso são mapeados os processos produtivos que fazem parte da família de produtos selecionada ou do fluxo de valor em análise.

Todos os processos são identificados e algumas informações básicas sobre eles são coletadas a partir de uma caixa de dados padrão. As informações que podem estar contidas nesta caixa de dados são:

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

O próximo passo é identificar onde se localizam os estoques e qual a quantidade média em número de peças e em dias, tendo como base a média de consumo. O fluxo de material é mapeado conforme o sistema de controle que determina a sua movimentação, basicamente os fluxos podem ser puxados, empurrados ou contínuos. Um fluxo puxado acontece quando o processo posterior determina a produção nos processos anteriores. Um fluxo empurrado acontece quando os processos são controlados com base em uma programação, sem levar em conta as solicitações dos processos posteriores. Um fluxo contínuo ocorre quando uma peça vai diretamente de um processo ao outro sem que haja uma interrupção, é o chamado fluxo unitário de peças. Após a elaboração de um mapa de estado atual, poderão ser facilmente observados os diversos desperdícios correntes, tendo-se oportunidades de melhorias, para a elaboração do mapa futuro (ROTHER e SHOOK, 1999).

Para combater os potenciais desperdícios apresentados, Rother e Shook (1999) comentam sobre algumas técnicas, como eficiência sistêmica, *takt time*, manufatura celular, mapeamento do estado futuro.

### **2.1.7.1. EFICIÊNCIA SISTÊMICA**

Ser uma empresa enxuta não significa necessariamente ter uma linha de produção em forma de célula geralmente operando por meio de *Kanban*. Uma empresa enxuta necessita ter toda sua estrutura enxuta, desde os meios para se produzir, até as ferramentas para que se possa produzir.

### **2.1.7.2. TAKT TIME**

Se o objetivo é combater o excesso de produção, deve-se produzir essencialmente o que será utilizado pelos clientes. Para isso, deve-se produzir à velocidade em que o cliente utiliza o produto. E isso configura o *takt time*, que é a velocidade em que o cliente utiliza uma unidade do produto fabricado pelo fornecedor.

### **2.1.7.3. MANUFATURA CELULAR**

Apresenta o conceito de se produzir voltado para produto, e não por máquinas. Antes da introdução da manufatura celular, as empresas trabalhavam em linhas de montagem ou em agrupamento de máquinas, com várias máquinas do mesmo modelo que efetuavam o mesmo trabalho no mesmo espaço físico. Com a introdução da manufatura celular, as linhas viraram células com diferentes tipos de máquina e de onde o produto pode sair semiacabado ou já pronto para entrega ao cliente.

### **2.1.8. MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO**

O mapa do estado futuro visa à construção de uma cadeia de produção em que os processos individuais sejam articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo ou puxado, sendo produzido apenas aquilo de que a cliente precisa, no momento certo. Para isso, Rother e Shook (1999), adotam algumas regras para que o sistema obtenha êxito em sua implantação:

i) Encontre o *takt time* para a cadeia de valor, pois ele mostrará o ritmo em que a fábrica deverá trabalhar para a obtenção de peças focadas ao fluxo contínuo, produzindo de acordo com a demanda do cliente. Dessa forma, muitos dos inventários de processo poderão ser minimizados ou até mesmo eliminados. O *takt time* é calculado dividindo-se o tempo de

trabalho disponível por turno (em segundos) pela demanda do cliente por turno (em unidades), como observado na Equação 1.

$$takt\ time = \frac{\textit{tempo de trabalho disponível por turno}}{\textit{demanda do cliente por turno}} \quad \text{Eq. (1)}$$

ii) Defina onde será usado sistema de puxadas, geralmente com a utilização de supermercados e kanban e a metodologia de trabalho do mesmo. Essa definição dependerá de fatores como os padrões de compra do cliente (interno ou externo), da confiabilidade dos processos e das características do produto.

iii) Introduza o nivelamento das atividades, permitindo que o operador atue de forma multifuncional, executando sempre um trabalho padrão.

iv) Desenvolva, ainda, o comprometimento dos operadores para com os cuidados de seu equipamento, incluindo lubrificação e algumas pequenas manutenções (TPM). Esse ponto é tido como base para o sucesso do sistema, pois um sistema enxuto está diretamente relacionado com as condições de seus equipamentos.

v) Projete/opere usando times multifuncionais, para assegurar que o sistema (não apenas o processo) seja otimizado. O maior desperdício é não usar o raciocínio de uma equipe de trabalho. Se o desejo é assegurar que o sistema seja otimizado, é necessário envolver todas as pessoas que dão suporte ao sistema.

vi) Mantenha a simplicidade das atividades, evitando soluções aparentemente fantásticas, mas extremamente complexas. Isso mantém as pessoas comprometidas com o processo e capazes de melhorar o sistema e de mantê-lo, e facilita o treinamento e o tempo de respostas às mudanças.

vii) Use os recursos de informática para auxiliar em simulações. Uma simulação pode avaliar vários layouts de processos e pode ajudar a determinar qual projeto satisfaz melhor a necessidade do seu cliente. Fluxos de processos, tempos de ciclo estimados, taxas de rejeição, tempo de conserto e *downtime* de máquina fornecem a base para todos os modelos de simulação utilizados nesse processo.

vii) Pratique as melhorias contínuas, *Kaizen*, para eliminar desperdícios, que possam ser observados somente após a instalação da planta, pois o mapeamento da cadeia de valor é um documento “vivo” que pode ser constantemente melhorado.

## 2.2. PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

Visando identificar a produção científica nacional relacionada ao MFV, propôs-se a realização de uma pesquisa bibliométrica, sendo representada de forma quantitativa, e em seguida, de forma qualitativa. Foram abordadas as publicações dos principais eventos de Engenharia de Produção – o Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e o Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), no período de 2002 a 2012, sendo agrupados por palavras-chave.

### 2.2.1. ANÁLISE QUANTITATIVA

A Tabela 1 apresenta os dados quantitativos da pesquisa bibliométrica.

**Tabela 1 - Resultados da Pesquisa Bibliométrica Quantitativa**

<b>PALAVRA CHAVE</b>	<b>ANO</b>	<b>ENEGEP</b>	<b>SIMPEP</b>	<b>TOTAL</b>
Mapeamento do fluxo de valor.	2002-2012	32	12	44
Mapeamento do fluxo de valor, produção enxuta.	2002-2012	12	4	16
Mapeamento do fluxo de valor, produção enxuta, eficiência.	2002-2012	6	2	8

Utilizando - se a primeira palavra-chave, mapeamento do fluxo de valor foram encontrados 44 artigos, somando-se as publicações dos dois eventos. Em seguida, adicionando produção enxuta, foram encontrados 16 artigos. Por fim, foi adicionada a palavra-chave eficiência, totalizando em 8 artigos na busca quantitativa.

### 2.2.2. ANÁLISE QUALITATIVA

De acordo com os artigos pesquisados anteriormente, é possível realizar uma análise qualitativa dos artigos filtrados pela análise quantitativa. A seguir será feito um detalhamento dos 8 artigos encontrados, com o problema central de cada um, os métodos utilizados e os resultados obtidos.

Chiochetta e Casagrande (2007) realizaram um mapeamento dentro de uma indústria de alimentos para diagnosticarem e reduzirem desperdícios ali presentes. Foi escolhida uma família de produtos e esta foi mapeada. Em seguida, foram feitas sugestões de modificações no processo, com o fim de eliminar desperdícios, implantando assim, um plano de melhorias. Com esta implementação foram obtidas melhoras significativas no processo, com a redução do *lead time* em um dia, o que representa 20% do tempo gasto anteriormente. Esta melhora se deu por meio da otimização do tempo de produção e a redução de estoques intermediários, feitos a partir da adoção da produção puxada.

Costa e Politano (2008) realizaram uma pesquisa teórica em artigos sobre importância de se modelar e mapear processos de organizações para se obter bons resultados na gestão de processos produtivos. Adotam como fatores prioritários o planejamento do processo e o gerenciamento do mesmo, para se ter uma definição clara dos objetivos e resultados. Citam que com a Gestão de Processos de Negócios é possível obter uma melhoria dos processos, que é a prioridade dos diretores das organizações. Utilizando este método, os responsáveis podem sempre manter seus processos controlados e modifica-los quando necessário.

Morengi *et al.* (2006) realizou uma pesquisa dentro do contexto do desenvolvimento sustentável, para uma produção mais limpa e enxuta. Foi feito um levantamento de informações que demonstram que a integração destas podem ser decisivas para o sucesso de organizações no gerenciamento sustentável das operações. Descreveu - se que a aplicação dos princípios da mentalidade enxuta e sustentável são o início para a implementação de uma manufatura consciente, que visa a competitividade e o cumprimento das exigências feitas pela sociedade. A união delas pode ser uma estratégia adotada por organizações que desejam a flexibilidade da produção, produtos com uma melhor conformação ambiental e consciência nas fases finais do ciclo de vida dos produtos.

Nazareno *et al.* (2004) descreveu um estudo de caso feito numa indústria do setor agroindustrial, mostrando os impactos ocasionados pela produção enxuta e o sistema de desenvolvimento *lean*. Primeiramente, foram escolhidas quatro famílias de produtos que possuísem similaridade em seus processos. Foi realizado um diagnóstico para encontrar os principais problemas destes processos. Como método de melhoria foi designado um líder para cada segmento para que pudessem administrar cada conflito separadamente e conseguissem resultados efetivos, o que agiliza etapas físicas do processo. Dentre os resultados esperados estão a redução de custos, aumento de capacidade e o aumento do ciclo de vida útil do produto.

Ribeiro *et al.* (2010), realizou uma pesquisa de caráter exploratório numa mina a céu aberto, analisando os processos e a produtividade, com o fim de elaborar um plano de ação para melhoria de disponibilidade, rendimento e qualidade dos equipamentos utilizados e estabelecimento de ações para a redução de perdas existentes. Foi realizado um mapeamento de todos os processos e a proposta foi direcionada ao processo mais crítico da cadeia, sendo alvo do estudo. Foram feitas comparações com o rendimento da máquina utilizada no processo, com o rendimento padrão e elaborada a proposta de melhoria para cada problema identificado, que provoca impacto sobre algum indicador.

Tortorella *et al.* (2008) teve como tema do trabalho a identificação de fatores que afetam a sustentação de melhorias enxutas aplicadas em células de manufatura. Foram analisados dois grupos: equipes que obtiveram sucesso e equipes de insucesso. Para esta pesquisa foram levantados dados quantitativos e qualitativos. Foi feito um levantamento quantitativo dos dados das células, sobre pessoas e máquinas, para que pudessem se encontrados dados estatísticos que comprovasse diferenças entre elas, assim podendo estabelecer hipóteses sobre os resultados diferenciados de cada uma. A pesquisa qualitativa foi feita por meio de um estudo em grupos focados, realizando-se um questionário aos funcionários para uma discussão posterior. Por fim, foi feita uma classificação dos dados obtidos e comparação entre as células para um possível estudo futuro dos critérios e dificuldades a serem melhorados.

Valdambrini (2008) realizou sua pesquisa numa montadora de automóveis fazendo uma análise no processo de produção considerando os dados e etapas que compõem o gerenciamento do ciclo de vida do produto. Todo o processo foi mapeado e descrito, para que fosse apurado qualquer tipo de informação do ciclo. Assim foi elaborado um

correlacionamento de dados para que pudessem ser visualizadas todas as etapas e informações necessárias para o andamento do processo seguinte, ou seja, para que realizar efetivamente suas atividades. A pesquisa se fez necessária para explicitar a necessidade da gestão dos dados e informações de todo o ciclo de vida do produto. Concluiu-se que as empresas necessitam ater-se ao fluxo de informação visando a competitividade, melhor conhecimento do produto, proporcionando assim, o melhor custo benefício possível para os clientes.

Walter e Zvirtes (2008) tiveram como objetivo a implantação da produção enxuta numa empresa de compressores de ar. Foram fundamentados pela teoria do Sistema Toyota de Produção e do estudo de Tempos e Movimentos. Uma família de produtos foi escolhida e assim, foram medidos os tempos de cada um dos processos envolvidos. As atividades foram classificadas como do tipo desperdício, atividades necessárias e atividades que agregam valor. Realizada uma análise dos dados, pode-se concluir que havia a necessidade de reduzir o número de operadores e o tamanho da linha de montagem, para que os processos ficassem mais próximos, evitando movimentações desnecessárias. Também fez-se necessária a redução de estoques em processo e de produtos acabados.

### **3. DESENVOLVIMENTO**

O estudo de caso foi realizado numa empresa do setor metal – mecânico, situada em Maringá, que atua desde 2006 no ramo de equipamentos de aço inox para cozinhas industriais. Em decorrência da grande variabilidade de produção da empresa, escolheu-se apenas uma família de produtos.

#### **3.1. METODOLOGIA**

A natureza do estudo é definida como aplicada e exploratória e a estratégia adotada para a pesquisa é o estudo de caso. Foi realizada uma abordagem qualitativa e quantitativa. Primeiramente foi feita uma busca bibliográfica dos temas abordados: Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta e Mapeamento do Fluxo de Valor. Estes assuntos foram constantemente estudados ao longo da redação da monografia para que sempre houvesse uma referência teórica no trabalho realizado.

Em seguida, foi realizado um levantamento de dados do ambiente de estudo, para que pudesse definir e caracterizar a família de produtos em que foi feito o mapeamento do processo. A coleta de dados foi realizada por meio de folhas de verificação e cronoanálise.

Para cada um dos problemas encontrados no mapeamento foram levantadas causas e maneiras de se eliminar ou reduzir estas, estudando a melhor forma de aplicar estas melhorias na prática.

Cada componente do produto possui um detalhamento dos processos, onde foram feitas análises, avaliando-se a importância do mesmo para a confecção do produto.

Para a realização da cronoanálise, foi feito um estudo de tempos e métodos para cada componente do processo, e a partir de gráficos e planilhas foram analisados apropriadamente.

O estudo realizado neste trabalho contemplou a produção da empresa e teve como objetivo geral mapear o processo produtivo de uma família de produtos buscando sempre a melhoria da eficiência do mesmo. Na Figura 1 tem-se um fluxograma com os objetivos mais detalhados.



**Figura 2 - Objetivos Específicos**

Na primeira etapa, foi realizado o mapeamento do processo da família escolhida. Nela foi desenhado o mapa do estado atual para que se obtivesse conhecimento da situação da produção utilizando o desenho de fluxos de material e informações.

Com o desenho do mapa atual, todas as fontes de desperdícios e gargalos do processo puderam ser claramente enxergadas. Assim foi realizada uma análise de cada um destes problemas, detalhando-os da maneira mais simples possível.

Com os problemas encontrados, juntamente com a ajuda das ferramentas citadas anteriormente, foram elaboradas propostas de melhorias com o fim de aumentar a eficiência do processo.

Com estas melhorias, um novo mapa de fluxo de valor pode ser desenhado, com as mudanças estabelecidas, para um melhor fluxo do processo.

Por fim, as melhorias e o novo desenho do mapa de fluxo de valor foram apresentados para a empresa para que possam ser implantados, a fim de se obter resultados positivos para o processo produtivo. É importante ressaltar que ao apresentar estas melhorias ficou a critério da empresa a implantação de melhorias e continuação do trabalho, já que para implantar

melhorias leva-se tempo e gasto de capital, o que nem sempre é aceito no julgamento dos colaboradores que fazem parte do processo.

## **3.2. ESTUDO DE CASO**

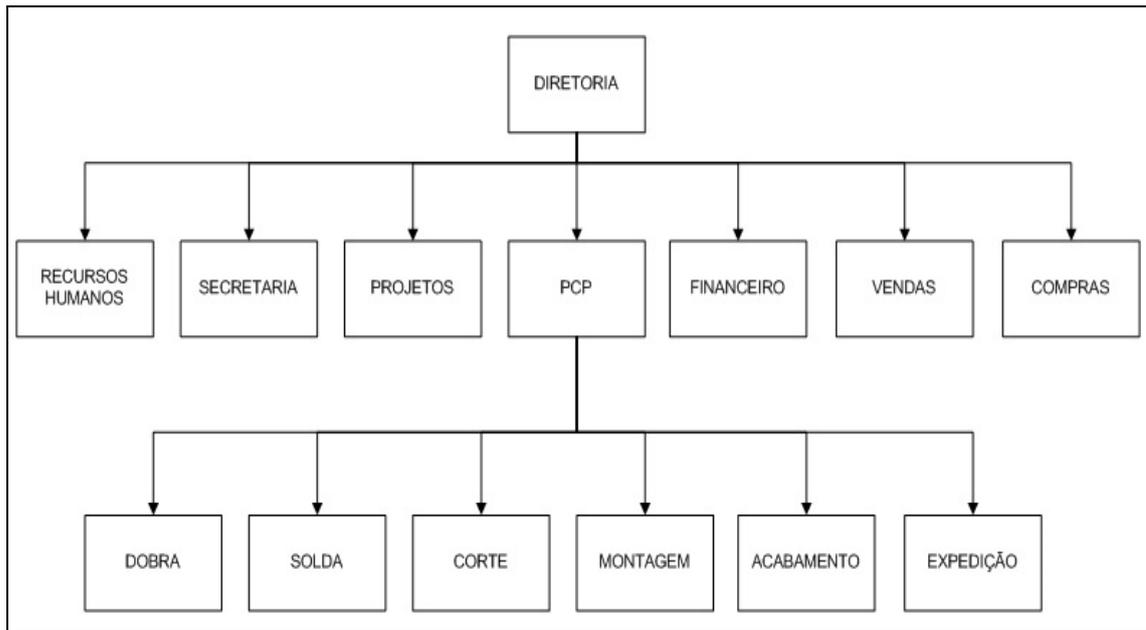
### **3.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA**

O trabalho foi realizado em uma empresa do setor metal – mecânico, na cidade de Maringá, atuante no segmento de confecção de móveis e equipamentos em aço inox. Criada em 2006, a empresa em estudo tem sua produção voltada para cozinhas profissionais, mas desenvolve também equipamentos para diversos segmentos, como *buffets*, restaurantes, hotéis, bares, supermercados, frigoríficos, hospitais e construção civil. Em seu leque de produtos pode-se citar que atende a requisitos como armazenamento, cocção, distribuição de alimentos, equipamentos de apoio, refrigeração e transporte.

A empresa atende o Brasil todo através de venda direta e licitações. Seu mercado dominante fica situado na região sul e sudeste.

A manufatura da empresa atua de forma a produzir sob encomenda, onde só se começa a produzir quando um projeto é aprovado. Há produção de famílias de produtos, porém cada um destes possuem especificidades distintas, definidas a partir de necessidades do cliente.

A divisão da empresa é feita em 14 setores, sendo diretoria, financeiro, recursos humanos, secretaria, vendas, projetos, compras, planejamento e controle de produção (PCP); com os seguintes sub – setores: corte, dobra, solda, montagem, acabamento e expedição. Esta divisão está ilustrada no organograma da Figura 3.



**Figura 3 - Estrutura Organizacional da Empresa**

A empresa conta com um total de vinte e três funcionários, sendo estes, dois diretores, uma secretária, três projetistas, três vendedores, dois orçamentistas, uma colaboradora responsável ao mesmo tempo nos recursos humanos e no financeiro, um encarregado, três soldadores, dois acabamentistas, um dobrador, um colaborador na área de corte e três auxiliares de produção. Estes funcionários, em sua maioria, atuam em mais de um setor dentro da organização.

A tecnologia empregada na empresa ainda é bastante atrasada, com equipamentos antigos, ocasionando diversas paradas ao longo da produção para que sejam realizadas manutenções.

### **3.2.2. FAMÍLIA DE PRODUTOS MAPEADA**

Mesmo com os produtos sendo realizados por encomenda, há uma série de famílias de produtos que compõem o portfólio da produção, ou seja, a empresa possui uma variedade de produtos que são feitos com certa frequência.

Feita a análise da produção destes produtos foi escolhido um produto foco que pudesse ser mapeado: a pia com plano inferior. Este é o produto possui a maior demanda por clientes, porém apresenta uma série de problemas envolvendo seu processo produtivo que foram analisados ao longo do estudo.



**Figura 4 - Pia com plano inferior**

### **3.2.3. PROCESSO PRODUTIVO**

Ao se obter contato com o cliente, uma Ordem de Produção (OP) é emitida e o projeto é desenhado, dando início a uma série de processos pré-estabelecidos pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP).

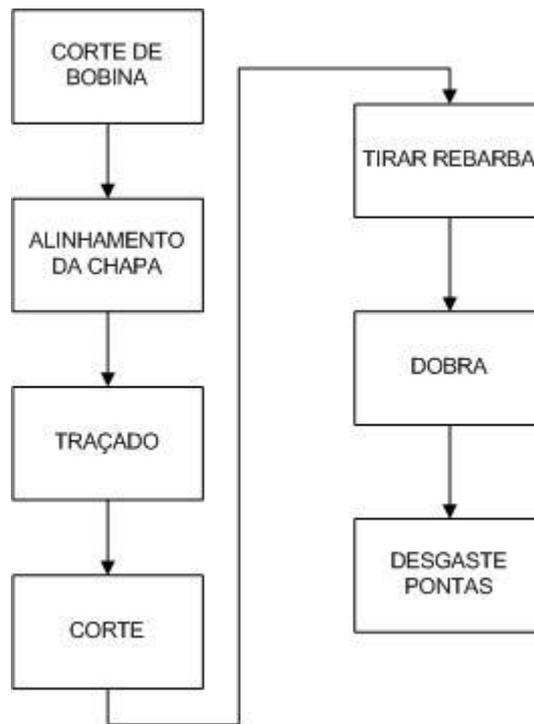
No momento que a OP é passada para o encarregado da produção, se dá início a produção de fato do produto.

O processo produtivo da pia com plano inferior é dividido em 4 etapas, sendo estas a produção dos pés, dos perfis, do tampo superior com cuba e o tampo inferior. Estas etapas são melhores detalhadas no tópico a seguir.

### **3.2.4. FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO**

Antes de se dar início a produção da pia, é necessário a fabricação de dois elementos utilizados nos processos seguintes, os perfis e os pés.

Os perfis são necessários para dar sustentação e resistência aos tampos. Eles são basicamente barras de inox que são soldados na parte inferior de cada tampo. Como são fabricados dentro do setor de produção, participam do processo de montagem da pia. A Figura 5 corresponde ao fluxograma da fabricação dos perfis.



**Figura 5 - Fluxograma dos Perfis**

Primeiramente é escolhida a bobina de inox em que se vai trabalhar, pré-estabelecida na OP, a partir de chapas de diversas espessuras. Faz-se a medição da chapa e a bobina é cortada de acordo com as especificações do projeto. Como a chapa fica enrolada numa bobina, é necessário alinhá-la numa calandra manual, que é uma máquina que tem como função moldar a chapa de aço. Em seguida, a chapa passa para o setor de traçado, em que são feitas as medições e marcações onde a chapa deve ser cortada e dobrada. Na etapa de corte a chapa passa por uma guilhotina, cortando-a de acordo com as marcações da etapa anterior. Com a etapa do corte realizada, são tiradas as rebarbas para que não haja riscos para o colaborador que irá manusear a chapa. Os perfis são dobrados de acordo com as especificações do projeto e logo em seguida, as duas extremidades são lixadas.

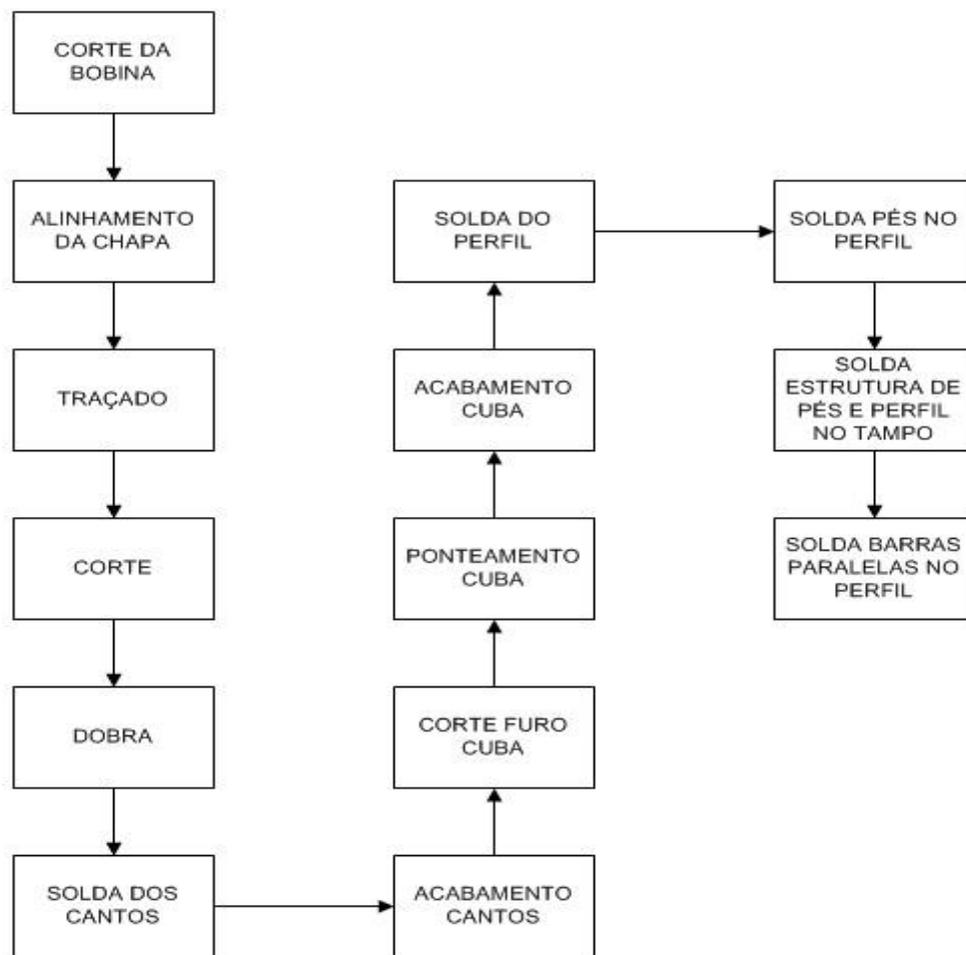
Os pés também são confeccionados previamente, utilizando-se tubos de inox terceirizados, normalmente de 5m. A Figura 6 corresponde ao fluxograma da fabricação dos pés.



**Figura 6 - Fluxograma dos Pés**

O tubo é cortado de acordo com o comprimento especificado no projeto e tem suas pontas desgastadas para que qualquer rebarba restante do processo de corte seja retirada. As duas extremidades são escovadas a fim de dar um melhor acabamento. É encaixada uma sapata de tecnyl em uma das extremidades, que futuramente será a extremidade em contato com o chão. A sapata de tecnyl é uma proteção de plástico para os pés que possui a função de evitar atrito e riscos na superfície em que a pia será instalada.

Com estes elementos de apoio confeccionados, parte-se para a fabricação da estrutura da pia de fato. A etapa que possui o maior número de processos é a de fabricação do tampo superior com a cuba, sendo representada pela Figura 7.



**Figura 7 - Fluxograma Tampo Superior com Cuba**

Nas etapas corte da bobina, alinhamento da chapa, traçado, corte e dobra são realizadas as mesmas tarefas do processo de fabricação dos perfis. Em seguida o colaborador, a fim de dar melhor aparência para a peça, solda os cantos que foram dobrados. Como a solda deixa marcas e uma textura mais grosseira, o tampo passa por um processo de acabamento, em que discos e lixas deixam a superfície mais uniforme. Dando continuidade, a chapa passa por um processo de medição e marcação no local em que a cuba será ponteada, e assim faz-se o corte do furo. A cuba da pia não é produzida na empresa, por isso precisa ser terceirizada, fator este que pode ocasionar em peças em espera até que a cuba seja entregue. Feito o furo, é utilizada uma máquina denominada ponteadeira para fixar a cuba no tampo. O tampo já com a cuba passa pelo processo de acabamento, para que a superfície de inox fique uniforme, não deixando marcas aparentes do processo anterior. O tampo com a cuba volta para o setor de solda para que o quadro de perfis seja soldado, juntamente com os pés, na parte inferior do tampo. Em seguida esta estrutura é soldada no tampo com a cuba. No tampo também são

soldadas barras paralelas que tem como função dar maior resistência a pesos colocados em cima da pia.

O tampo inferior é cortado fora da fábrica, pois para uma melhor aparência é perfurado, necessitando passar por um processo de corte a *laser*. Este processo terceirizado também gera paradas na produção, pois o setor de compras só envia o pedido do tampo inferior quando o encarregado passa a informação que a estrutura superior já está pronta. Assim a chapa chega à indústria já cortada nas especificações do projeto. A Figura 8 corresponde ao fluxograma da fabricação do tampo inferior.



**Figura 8 - Fluxograma Tampo Inferior**

São retiradas as rebarbas e em seguida, a chapa é dobrada adquirindo o formato do tampo. Este tampo também tem perfis soldados paralelamente para ganhar resistência a pesos utilizados em sua superfície. O tampo inferior é soldado na estrutura do tampo com a cuba, assim passando para o processo de lavagem, processo este que propicia melhor acabamento

ao inox da pia. Após ser lavada, é passada uma cola entre cada perfil e o tampo com o propósito de dar uma maior sustentação de pesos a pia.

### 3.3. ESTUDO DE TEMPOS

Feita a análise dos processos, realizou-se um estudo dos tempos de cada etapa constituinte dos processos com o auxílio de um cronômetro. Para melhor precisão das médias de cada, registrou-se cinco vezes o tempo de cada processo. A Tabela 2 apresenta a folha de verificação de tomada de tempos dos processos que compõem a fabricação dos perfis.

**Tabela 2 - Tempos Perfil**

Perfis - 8 unidades													
Processo	Set Up (h:m:s)	Processo (h:m:s)	Média Set Up (h:m:s)	Média Processo (h:m:s)	Tempo Total (h:m:s)								
Corte bobina	0:04:40	0:01:04	0:02:56	0:01:12	0:03:36	0:01:04	0:03:20	0:01:52	0:02:16	0:01:04	0:03:22	0:01:15	0:04:37
Alinhamento da chapa	0:10:24	0:07:04	0:01:28	0:02:16	0:03:12	0:01:36	0:02:32	0:02:08	0:01:44	0:02:24	0:03:52	0:03:06	0:06:58
Traçado	0:02:16	0:00:32	0:00:56	0:00:24	0:02:24	0:00:24	0:01:12	0:00:24	0:03:20	0:00:40	0:02:02	0:00:29	0:02:30
Corte	0:02:40	0:09:44	0:03:20	0:02:00	0:00:56	0:01:28	0:02:00	0:08:40	0:02:56	0:05:52	0:02:22	0:05:33	0:07:55
Tirar rebarba	0:20:40	0:25:20	0:01:28	0:21:52	0:02:00	0:21:44	0:01:36	0:24:00	0:02:16	0:22:00	0:05:36	0:22:59	0:28:35
Dobra	0:01:04	0:01:52	0:00:56	0:01:52	0:00:40	0:01:44	0:00:32	0:02:00	0:00:56	0:01:52	0:00:50	0:01:52	0:02:42
Desgaste das pontas	0:00:24	0:03:28	0:00:40	0:04:16	0:00:40	0:03:04	0:00:24	0:03:04	0:00:32	0:02:48	0:00:32	0:03:20	0:03:52

<b>Tempo total processo (h:m:s)</b>	<b>0:57:09</b>
-------------------------------------	----------------

A soma dos tempos de cada processo corresponde a 57:09 minutos, sendo esta a soma das médias de *set up* e a soma das médias do processo em si de oito unidades, pois esta quantidade corresponde ao necessário para a montagem da pia completa.

A Tabela 3 demonstra a folha de verificação da tomada de tempos de confecção dos pés da pia, correspondendo a quatro unidades.

**Tabela 3 - Tempos Pés**

Pés - 4 unidades													
Processo	Set Up (h:m:s)	Processo (h:m:s)	Média Set Up (h:m:s)	Média Processo (h:m:s)	Tempo Total (h:m:s)								
Corte do tubo	0:00:35	0:00:08	0:00:22	0:00:09	0:00:27	0:00:08	0:00:25	0:00:14	0:00:17	0:00:08	0:00:25	0:00:09	0:00:35
Desgaste rebarbas	0:00:03	0:01:30	0:00:02	0:01:13	0:00:03	0:01:39	0:00:02	0:01:37	0:00:02	0:01:18	0:00:02	0:01:27	0:01:30
Escovar	0:00:05	0:01:57	0:00:03	0:01:44	0:00:04	0:01:43	0:00:05	0:01:37	0:00:04	0:01:38	0:00:04	0:01:44	0:01:48
Sapaa de Tecnyl	0:00:50	0:00:51	0:00:08	0:01:02	0:00:05	0:00:37	0:00:07	0:00:39	0:00:05	0:00:56	0:00:15	0:00:49	0:01:04

<b>Tempo total processo (h:m:s)</b>	<b>0:04:56</b>
-------------------------------------	----------------

O tempo total da soma dos tempos de cada processo dos pés é de 4:56 minutos.

A Tabela 4 apresenta a soma dos tempos de processo da produção do tampo superior que contém a cuba.

**Tabela 4 - Tempos Tampo Superior com Cuba**

Tampo Superior com Cuba - 1 unidade													
Processo	Set Up (h:m:s)	Processo (h:m:s)	Média Set Up (h:m:s)	Média Processo (h:m:s)	Tempo Total (h:m:s)								
Corte de bobina	0:00:40	0:00:23	0:00:42	0:00:07	0:00:23	0:00:12	0:00:26	0:00:13	0:00:34	0:00:10	0:00:33	0:00:13	0:00:46
Alinhamento da chapa	0:01:18	0:00:53	0:00:11	0:00:17	0:00:24	0:00:12	0:00:19	0:00:16	0:00:13	0:00:18	0:00:29	0:00:23	0:00:52
Traçado	0:01:40	0:08:01	0:00:40	0:08:58	0:00:16	0:06:04	0:00:34	0:04:07	0:00:19	0:05:17	0:00:42	0:06:29	0:07:11
Corte	0:00:10	0:06:24	0:01:05	0:06:29	0:00:52	0:05:51	0:00:29	0:04:21	0:00:39	0:03:33	0:00:39	0:05:20	0:05:59
Dobra	0:04:15	0:05:02	0:02:09	0:03:52	0:02:22	0:03:23	0:04:05	0:01:58	0:01:35	0:02:08	0:02:53	0:03:17	0:06:10
Solda dos cantos	0:04:27	0:36:02	0:06:04	0:44:54	0:02:47	0:28:38	0:03:26	0:29:09	0:03:13	0:32:37	0:03:59	0:34:16	0:38:15
Acabamento cantos	0:02:38	0:58:20	0:01:04	0:51:35	0:01:03	0:37:06	0:01:13	1:22:17	0:00:58	1:09:23	0:01:23	0:59:44	1:01:07
Corte furo da cuba	0:09:50	0:05:20	0:10:00	0:05:41	0:06:20	0:02:56	0:09:18	0:03:31	0:11:52	0:03:41	0:09:28	0:04:14	0:13:42
Pontear cuba	0:02:09	0:19:44	0:03:18	0:25:59	0:03:20	0:16:04	0:03:40	0:18:37	0:02:31	0:21:50	0:03:00	0:20:27	0:23:26
Acabamento cuba	0:03:44	0:40:43	0:04:08	0:43:52	0:03:50	0:51:50	0:03:30	01:02:22	0:04:50	0:52:23	0:04:00	0:50:14	0:54:14
Solda do perfil	0:02:15	0:02:48	0:05:19	0:01:10	0:01:35	0:01:13	0:05:11	0:02:06	0:05:40	0:00:58	0:04:00	0:01:39	0:05:39
Solda dos pés no perfil	0:00:20	0:08:44	0:00:12	0:06:45	0:00:17	0:05:41	0:01:11	0:04:22	0:00:39	0:02:14	0:00:32	0:05:33	0:06:05
Solda da estrutura de pés e perfil no tampo	0:06:22	0:04:33	0:06:04	0:04:19	0:06:50	0:03:41	0:05:29	0:04:46	0:05:26	0:04:10	0:06:02	0:04:18	0:10:20
Solda de barras paralelas no perfil do tampo	0:02:35	0:02:08	0:02:40	0:01:31	0:04:00	0:01:53	0:00:41	0:03:08	0:00:39	0:02:54	0:02:07	0:02:19	0:04:26

<b>Tempo total processo (h:m:s)</b>	<b>3:58:13</b>
-------------------------------------	----------------

O tempo total de processo de fabricação do tampo superior com a cuba é de 3:58:13 horas.

A Tabela 5 apresenta os tempos de processo de produção do tempo inferior.

**Tabela 5 - Tempos Tempo Inferior**

Tempo Inferior - 1 unidade													
Processo	Set Up (h:m:s)	Processo (h:m:s)	Média Set Up (h:m:s)	Média Processo (h:m:s)	Tempo Total (h:m:s)								
Tirar rebarba	0:01:40	0:04:40	0:00:13	0:04:59	0:00:34	0:04:39	0:01:33	0:02:49	0:00:32	0:03:08	0:00:54	0:04:03	0:04:57
Dobra	0:04:29	0:03:07	0:00:24	0:01:50	0:00:27	0:01:03	0:00:31	0:01:24	0:00:30	0:01:14	0:01:16	0:01:44	0:03:00
Solda de barras paralelas no tempo	0:01:50	0:05:00	0:04:50	0:02:34	0:08:18	0:03:45	0:04:20	0:02:40	0:06:20	0:02:35	0:05:08	0:03:19	0:08:26
Solda do tempo na estrutura da pia	0:06:04	0:04:19	0:09:26	0:04:10	0:06:50	0:03:41	0:05:29	0:04:46	0:04:38	0:09:59	0:06:29	0:05:23	0:11:52
Lavagem	0:03:02	0:12:51	0:02:48	0:13:04	0:02:30	0:24:04	0:03:52	0:15:22	0:03:33	0:15:00	0:03:09	0:16:04	0:19:13
Cola do perfil	0:01:19	0:00:59	0:00:15	0:00:44	0:00:10	0:00:48	0:00:18	0:00:42	0:00:11	0:00:41	0:00:27	0:00:47	0:01:13

<b>Tempo total processo (h:m:s)</b>	<b>0:48:43</b>
-------------------------------------	----------------

<b>TEMPO TOTAL DO PRODUTO (h:m:s)</b>	<b>5:49:01</b>
---------------------------------------	----------------

O tempo total de processos do tempo inferior é de 48:43 minutos.

O tempo observado de *set up* é aquele em que o colaborador leva para dar início ao processo, por exemplo, realizando ajuste de máquinas e equipamentos, recebendo instruções, limpando seu ambiente de trabalho, dentre outros.

Com a média de tempo do *set up* e a média de tempo do processo em si, podem ser observadas as somatórias, o tempo total do processo específico. Ao fim de cada Tabela há a somatória de todos os tempos de processos constituintes do produto.

Finalmente pode-se chegar ao tempo total do produto, de 5:49:01 horas, sendo este a somatória do tempo dos perfis, pés, tempo superior com a cuba e do tempo inferior.

### 3.4. MAPA DO FLUXO DE VALOR ATUAL

Tendo a tomada de tempos, foi possível elaborar o Mapa do Fluxo de Valor Atual para o processo produtivo da Pia com Tempo Inferior, de acordo com a Figura 9. Para tanto, utilizou-se a ferramenta *Microsoft Office Visio*.

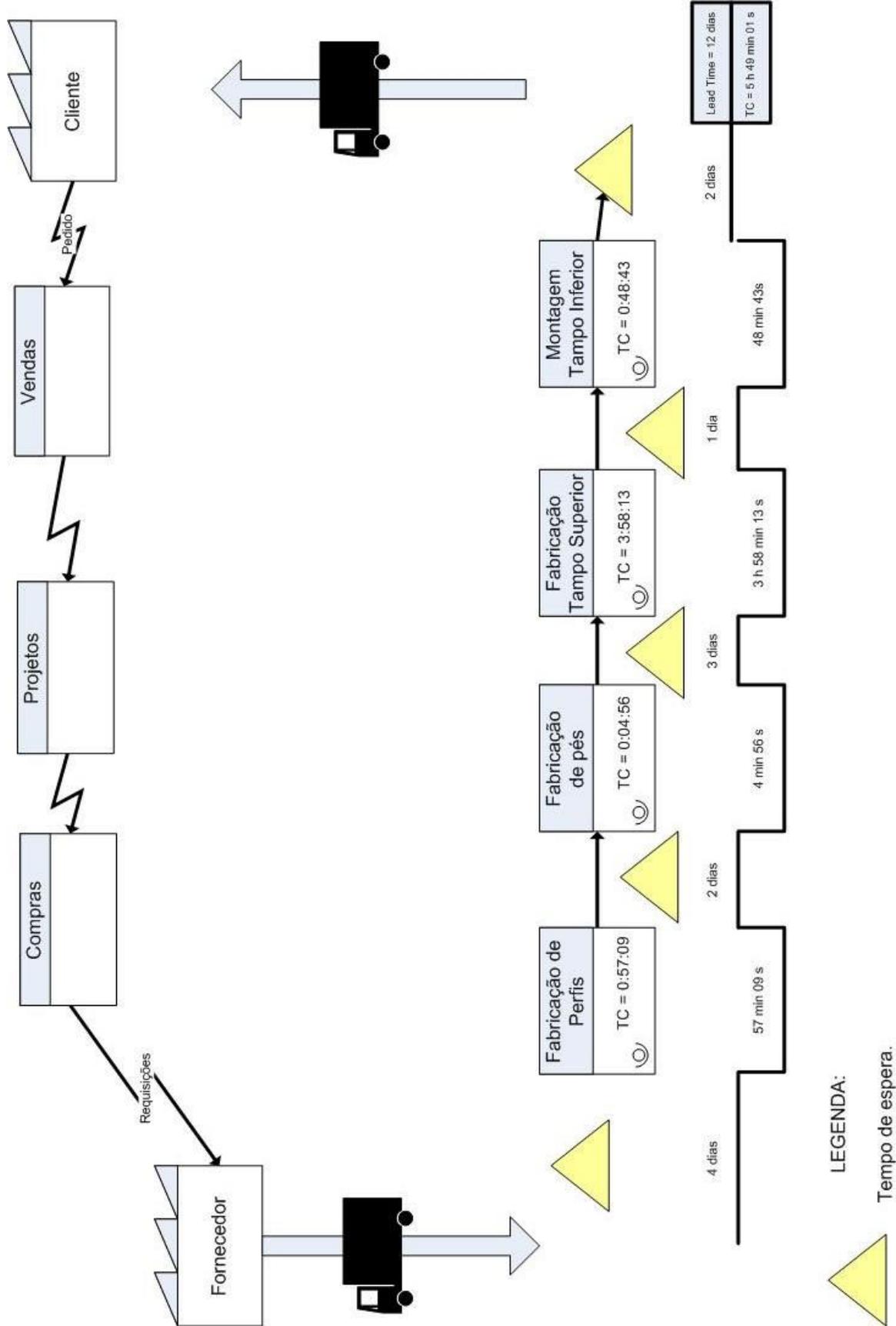


Figura 9 - Mapa do Fluxo de Valor Atual

Primeiramente o cliente entra em contato com o setor de vendas da empresa para realizar o pedido, que realizam o desenho do projeto. O setor de compras entra em contato com o fornecedor para realizar o pedido de todo o material necessário. Ao receber a matéria – prima o processo produtivo da confecção da pia é iniciado. Por fim, o produto vai para o setor de expedição e permanece no local até que seja transportado para o cliente.

Nos processos de fabricação de perfis, fabricação de pés e montagem do tampo inferior é necessário apenas um colaborador. Já no processo de fabricação do tampo superior é necessário o trabalho de dois colaboradores.

Analisando o Mapa do Fluxo de Valor Atual nota - se que há um *lead time* alto, correspondendo a 12 dias, o que é muito superior ao tempo necessário em que a peça está sendo produzida de fato. Uma das causas que influencia na ocorrência deste fato se dá devido a não existência de um planejamento de compra de material, ou seja, a espera por matéria - prima é muito alta, perdendo - se um tempo muito grande, já que a produção da pia é totalmente dependente deste material pra se dar início ao processo. Outro fator é o excessivo estoque em processo, onde a peça permanece por um alto período em espera, ocasionando aumento do tempo de produção e perdas significativas no lucro de produção.

### **3.5. PROPOSTA DE MELHORIAS**

A partir do MFVA nota – se que o principal gargalo do processo é o tempo de espera excessivo, portanto o foco das melhorias deve ser em diminuir ao máximo este desperdício.

O tempo de produto em processo dificilmente será alterado, pois este é adotado como tempo padrão, assim deve ser proposto em se alterar o tempo de espera de cada processo. Como os tempos de espera não agregam valor ao produto, porém sempre irão ocorrer, devem ser reduzidos ao máximo para que o *lead time* diminua.

Para reduzir os tempos de espera é necessário estudar e reavaliar toda a programação de produção. Primeiramente, ao receber os pedidos, a empresa encontrava dificuldades em realizar o desenho do produto com as especificações requisitadas pelo cliente. Este fator deve ser contornado pelo fato de contratação de pessoal qualificado que conheça o produto e tenha

experiência com *software* que elabora os desenhos. Uma estratégia a ser implantada seria a empresa adotar uma folha de verificação padrão com as especificações do cliente. Realizando mudanças na maneira de como o pedido é passado para a produção, já pode – se dizer que o *lead time* nessa etapa já reduz pela metade.

A falta de material é o principal motivo de haver produtos inacabados em estoque. Ao se modificar a programação de produção, a organização deve realizar pedidos de material e acordos com fornecedores de modo que sempre haja material necessário para a produção das pias no tempo desejado. O setor de compras da empresa deve estar sempre a par das ordens de pedidos de produtos para garantir que não falte nada necessário para o fluxo de produção. Com isso, a escolha de fornecedores deve ser muito bem estudada para que haja extrema confiabilidade entre os dois lados e o comprometimento de que o material seja entregue dentro dos prazos estipulados.

Um fator relevante também para que se diminua com o *lead time* da produção é a manutenção de máquinas e equipamentos. A empresa tem o costume de realizar somente a manutenção corretiva, onde se repara a máquina após esta apresentar algum erro. Este tipo de manutenção é uma forma muito cara de se trabalhar. Realizar a manutenção preventiva é necessário para que não haja grandes paradas de produção em consequência de máquinas defeituosas. Destaca-se também a importância de haver pessoal apropriado para realizar a manutenção de equipamentos e de colaboradores com treinamento para manusear qualquer tipo de equipamento na produção.

Focalizando – se nestas propostas de melhorias, foi possível elaborar o Mapa do Fluxo de Valor Futuro, onde fica evidente que estas mudanças só provocarão melhorias no processo produtivo da Pia com Tampo Inferior.

### **3.6. O MAPA DO FLUXO DE VALOR FUTURO**

Atendendo as propostas de melhorias para alcançar uma diminuição em seu *lead time*, pode – se elaborar uma melhora nos tempos de alguns tempos de espera a partir de uma estimativa, que pode ser observada na Tabela 6.

**Tabela 6 - Melhoria nos Tempos de Espera**

<b>Processo</b>	<b>Tempo de espera atual (em dias)</b>	<b>Tempo de espera futuro (em dias)</b>
<b>Início fabricação de perfis</b>	4	1
<b>Início fabricação de pés</b>	2	1
<b>Início fabricação tampo superior</b>	3	1
<b>Expedição</b>	2	1

Com esta estimativa de melhora de tempos de espera, pode – se elaborar o Mapa do Fluxo de Valor Futuro, observado na Figura 10.

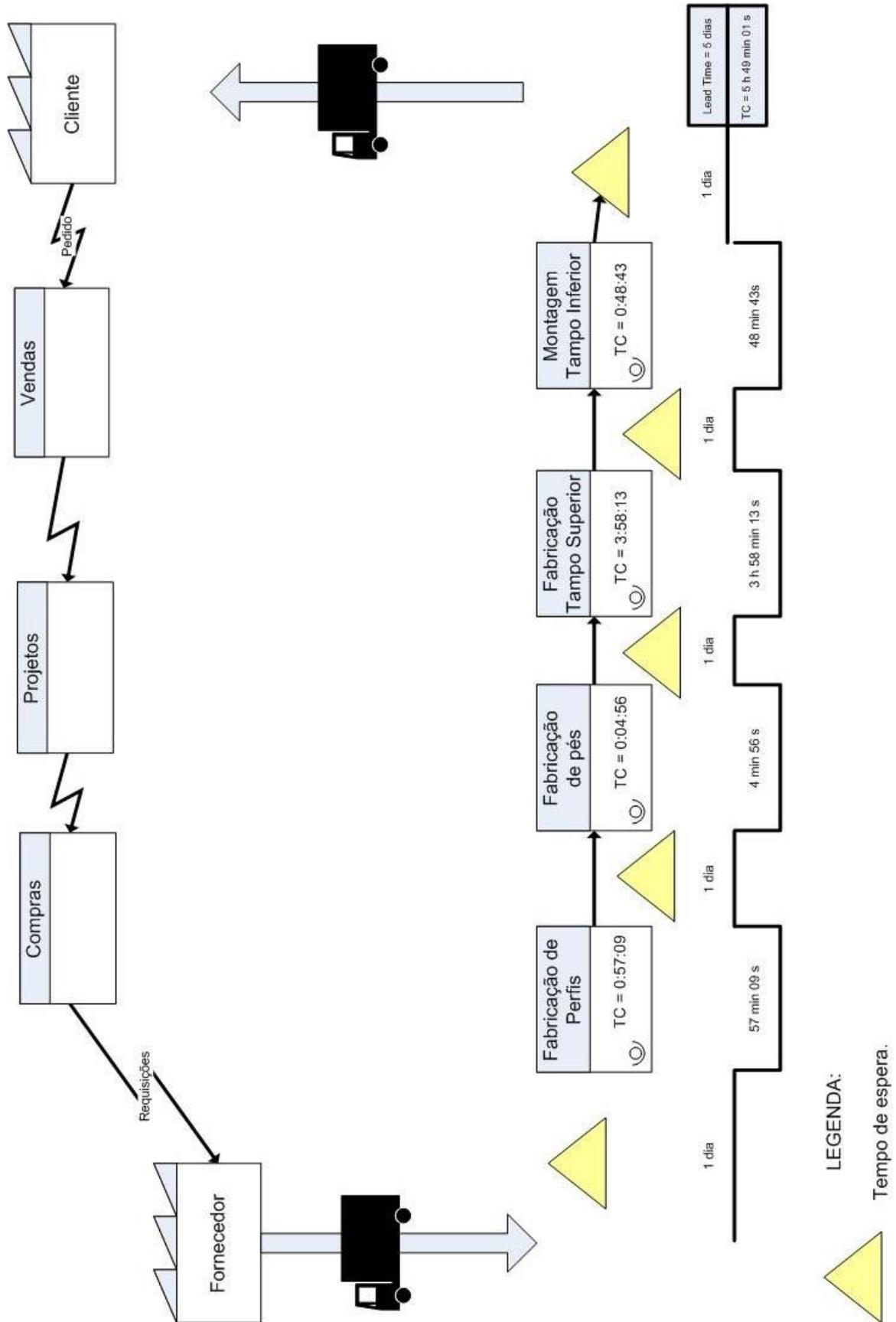


Figura 10 – Mapa do Fluxo de Valor Futuro

### 3.7. ANÁLISE DE RESULTADOS

Comparando o Mapa do Fluxo de Valor Atual (Figura 9) com o Mapa do Fluxo de Valor Futuro (Figura 10) é possível notar uma redução no *lead time* de 12 para 5 dias, representando 58% de melhoria de tempo. Esta melhoria é uma estimativa feita com a realização de mudanças propostas neste trabalho. A Tabela 7 mostra esta melhoria de *Lead Time* dos processos.

**Tabela 7 - Melhoria do *Lead Time* de Produção**

	<b>Tempo de Valor Agregado (h:m:s)</b>	<b><i>Lead Time</i> da Produção (em dias)</b>
<b>Mapa do Fluxo de Valor Atual</b>	5:49:01	12
<b>Mapa do Fluxo de Valor Futuro</b>	5:49:01	5

O *takt time* de produção deve ser calculado para auxiliar na visualização de como o processo deveria produzir e que atitudes tomar para que seja melhorado. O tempo de produção da indústria é de 8 horas por dia, sabendo que o tempo produtivo de produção corresponde a 90%, os outros 10% correspondem a paradas para necessidades pessoais. Para este produto a empresa estabelece que devem ser feitas uma média de 10 pias por dia. Assim, de acordo com a Equação 1, pode – se determinar o *takt time* da produção.

$$takt\ time = \frac{8 \times 60 \times 0,9}{10} \cong 43\ \text{minutos por pia}$$

Nota - se que o *takt time* é bastante inferior ao tempo em que se produz de fato a pia na organização, o tempo de ciclo dos processos. Este fator se dá a baixa eficiência de colaboradores no processo produtivo, gerando desperdícios na produção.

## 4. CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou a análise do processo produtivo da indústria do setor metal – mecânico com o objetivo de melhorar a eficiência de seu processo e reduzir desperdícios, para que a empresa possa competir com a concorrência com produtos de qualidade e ganhando confiabilidade de clientes.

A ferramenta MFV da Produção Enxuta contribuiu na visualização das atividades da empresa, de forma a enxergar todos os fluxos que fazem parte da produção de Pia com Tampo Inferior, desde o momento em que o cliente entra em contato com a empresa, até o momento que o produto chega na expedição. Este estudo permitiu um aprofundamento das principais causas dos gargalos do processo, permitindo que fossem contornados para que se pudesse elaborar o MFVF, e assim obter melhorias.

A principal dificuldade deste trabalho foi a cronometragem, que precisava ser feita com cautela para que os tempos tomados correspondessem a realidade dos processos. Há também a dificuldade em se modificar a mentalidade conservadora dos gestores da empresa para que estes levem para frente às mudanças propostas, e também a maneira dos colaboradores realizarem seu trabalho, modificando todas as ações que não agreguem valor ao processo produtivo.

Para uma continuidade do trabalho, sugere – se que adotem - se projetos *Kaizen*, com o fim de se obter uma melhoria contínua, ou seja, que as modificações sejam aplicadas e acompanhadas, para que a eficiência seja de fato melhorada. Sugere – se também que a proposta de aplicação do MFV não se limite a apenas uma família, mas sim a todas as famílias de produtos da empresa, para que estas obtenham uma maior eficiência, eliminando qualquer tipo de desperdício.

## 5. REFERÊNCIAS

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medidas do trabalho**. 6.ed. - São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1977.

CHIOCHETTA, J. C.; CASAGRANDE, L. F. **Mapeamento de Fluxo de Valor aplicado em uma pequena indústria de alimentos**. In: ENEGEP, XXVII, 2007, Foz do Iguaçu. p. 1 - 9.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas diretrizes**. Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1996.

COSTA, E. P.; POLITANO, P. R. **Modelagem e Mapeamento: técnicas imprescindíveis na gestão de processos de negócios**. In: ENEGEP, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. p. 1 – 10.

GOMES, J. E. N.; OLIVEIRA, J. L. P.; ELIAS, S. J. B.; BARRETO, A. F.; ARAGÃO, R. L. **Balanceamento de Linha de Montagem na Indústria Automotiva**. In: ENEGEP, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. p. 1 – 13.

MARTINS, G.P.; LAUGENI, P.F. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.

MORENGHI, L. C. R.; ANDRADE, R. F. G.; ROSANO, R. D. **Produção Mais Limpa e Produção Enxuta: Haverá simbiose na busca de conformação ambiental com a flexibilização dos fatores de produção?** In: SIMPEP, XIII, 2006, Bauru. p. 1 – 12.

NAZARENO, R. R.; JUNQUEIRA, R. P.; RENTES, A. F. **O impacto do Sistema Lean de Desenvolvimento na estrutura organizacional da área de engenharia: um estudo de caso**. In: SIMPEP, XI, 2004, Bauru. p. 1 – 11.

NOGUEIRA, M. G. S.; SAURIN, T. A. **Proposta de avaliação do nível de implementação de típicas práticas da produção enxuta em uma empresa do setor metal-mecânico**. Revista Produção Online: Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção, Florianópolis, Santa Catarina, v. 8, n. 2, p.1-27, jul. 2008. Disponível em: <[www.producaoonline.org.br/](http://www.producaoonline.org.br/)>. Acesso em: 25 mar. 2013.

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

RIBEIRO, G. L. M.; PAES, R. L.; NETO, F. J. K. **Aplicação da metodologia OEE para análise da produtividade do processo de descobertura de carvão mineral em uma mina a céu aberto**. In: ENEGEP, XXX, 2010, São Carlos. p. 1-12.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, Jun., 1999.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Identificação de fatores que afetam a sustentabilidade de melhorias em células de manufatura usando grupos focados**. In: ENEGEP, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. p. 1 – 12.

VALDAMBRINI, A. C. **O processo de produção na empresa montadora sob a perspectiva informacional da gestão do ciclo de vida do produto (PLM)**. In: ENEGEP, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. p. 1 – 13.

WALTER, O. M. F. C; ZVIRTES, L. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressores de ar**. In: ENEGEP, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. p. 1 – 13.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 6ª.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900.**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**