

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Sistema de coordenação de ordens de produção
Period Batch Control com interface com o sistema
MRP – *Materials Requirements Planning* e o
sistema *kanban*

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Luís Gustavo Magnanini de Almeida
Orientado por: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

São Carlos, 2013

LUÍS GUSTAVO MAGNANINI DE ALMEIDA

Sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control* com interface com o sistema MRP – *Materials Requirements Planning* e o sistema *kanban*

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção de título de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Área de concentração: PCP

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

São Carlos

2013

Lista de Figuras

Figura 1: Layout da Fábrica.....	50
Figura 2: Layout da Estamparia.....	53
Figura 3: Layout da Usinagem.....	57
Figura 4: Layout da Caldeiraria.....	59
Figura 5: Gráfico de Gantt do plano de produção a partir do sistema PBC.....	62
Figura 6: “SP 9”	65
Figura 7: “SP 5”	65
Figura 8: Desenho explodido do SP.....	67
Figura 9: Fluxo da Estamparia.....	77
Figura 10: Fluxo da Usinagem.....	80
Figura 11: Fluxo da Caldeiraria.....	83
Figura 12: Fluxo da Fábrica.....	87
Figura 13: Cronograma SP 5 – 0 a 63.....	111
Figura 14: Cronograma SP 5 - 64 a 118.....	112
Figura 15: Cronograma SP 5 – 119 a 166.....	113
Figura 16: Cronograma SP 5 – 167 a 214.....	114
Figura 17: Cronograma SP 5 – 215 a 262.....	115
Figura 18: Cronograma SP 5 – 263 a 310.....	116
Figura 19: Cronograma SP 5 – 311 a 358.....	117
Figura 20: Cronograma SP 5 – 359 a 406.....	118
Figura 21: Cronograma SP 5 – 407 a 454.....	119
Figura 22: Cronograma SP 5 – 455 a 480.....	120

Lista de quadros

Quadro 1: Condições desfavoráveis à utilização do sistema kanban e seus motivos.....	17
Quadro 2: Descrição dos processos por setor.....	48
Quadro 3: Geração de Ordens de Produção.....	61
Quadro 4: Lista de peças SP.....	66
Quadro 5: Etapa 1 do processo de fabricação.....	68
Quadro 6: Etapa 2 do processo de fabricação.....	69
Quadro 7: Etapa 3 do processo de fabricação.....	70
Quadro 8: Etapa 4 do processo de fabricação.....	71
Quadro 9: Etapa 5 do processo de fabricação.....	72
Quadro 10: Etapa 6 do processo de fabricação.....	72
Quadro 11: Etapa 7 do processo de fabricação.....	73
Quadro 12: Etapa 8 do processo de fabricação.....	73
Quadro 13: Etapa 9 do processo de fabricação.....	73
Quadro 14: Etapa 10 do processo de fabricação.....	73
Quadro 15: Tempo médio de máquina trabalhada.....	75
Quadro 16: Tempo de Transporte.....	86
Quadro 17: Cálculo do cronograma do Plasma.....	91
Quadro 18: Cálculo do cronograma da Prensa de Corte.....	91
Quadro 19: Cálculo do cronograma da Prensa Excêntrica – 1.....	92
Quadro 20: Cálculo do cronograma da Prensa Hidráulica – 1.....	93
Quadro 21: Cálculo do cronograma da Prensa Excêntrica – 2.....	94
Quadro 22: Cálculo do cronograma da Prensa Hidráulica – 2.....	94
Quadro 23: Cálculo do cronograma da Serra.....	96
Quadro 24: Cálculo do cronograma do Torno CNC.....	96
Quadro 25: Cálculo do cronograma do Centro de Usinagem.....	97

Quadro 26: Cálculo do cronograma da Furadeira.....	97
Quadro 27: Cálculo do cronograma do Maçarico.....	99
Quadro 28: Cálculo do cronograma da Montagem 1 – 1.....	99
Quadro 29: Cálculo do cronograma da Solda 1 – 1.....	100
Quadro 30: Cálculo do cronograma da Montagem 1 – 2.....	100
Quadro 31: Cálculo do cronograma da Solda 1 – 2.....	101
Quadro 32: Cálculo do cronograma da Solda 2 -1.....	101
Quadro 33: Cálculo do cronograma da Montagem 1 – 3.....	101
Quadro 34: Cálculo do cronograma da Solda 2 – 2.....	102
Quadro 35: Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 1.....	104
Quadro 36: Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 2.....	104
Quadro 37: Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 3.....	105
Quadro 38: Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 5.....	105
Quadro 39: Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 4.....	106
Quadro 40: Cálculo do cronograma da Raspagem.....	107
Quadro 41: Cálculo do cronograma da Pintura – 1.....	108
Quadro 42: Cálculo do cronograma da Secagem – 1.....	108
Quadro 43: Cálculo do cronograma da Pintura – 2.....	108
Quadro 44: Cálculo do cronograma da Secagem – 2.....	108
Quadro A1: Família de Produtos.....	131

Resumo

Este trabalho visa à realização de um estudo de caso e aplicação de conceitos do sistema *kanban*, do sistema *Materials Requirements Planning* (MRP) e do sistema *Period Batch Control* (PBC) em uma situação real. Há a apresentação do estudo de 35 sistemas de coordenação de ordens de produção *kanban*, o sistema PBC e o sistema MRP nesse trabalho. É apresentado de uma forma resumida cada um desses tipos de sistema, buscando a compilação do conteúdo encontrado na literatura por diversos autores e pesquisadores em relação ao desenvolvimento e aperfeiçoamento desses, visando à adequação às novas e diferentes necessidades dos sistemas produtivos. É apresentado um estudo de caso numa empresa produtora de máquinas agrícolas localizada na região de São Carlos com a aplicação de variações desses sistemas de coordenação de ordens de produção.

Palavras-chave: Sistema *kanban*. Adaptações de sistemas. *Sistema PBC*. *Sistema MRP*.

Abstract

This paper aims the realization of a case study and application of concepts of kanban system, Materials Requirements Planning system (MRP) and Period Batch Control system (PBC) in a real situation. There is the presentation of a study of 35 systems for coordinating orders kanban production, the PBC system and MRP system in this work. It is presented in summary form each of these types of system, seeking the compilation of the content found in the literature by many authors and researchers in relation to the development and improvement of these, aiming at adapting to new and changing needs of production systems. A case study in a agricultural machinery company located in the São Carlos with the application of these variations for coordinating orders production systems is presented.

Keywords: kanban system. Adaptations systems. PBC system. MRP system.

Sumário

Lista de Figuras.....	3
Lista de Quadros.....	4
Resumo.....	6
Abstract.....	7
1. Introdução.....	13
1.1 Contextualização do tema.....	13
1.2 Delimitação do tema de pesquisa.....	13
1.3 Formulação do problema de pesquisa.....	14
1.4 Declarações.....	14
2. Revisão Teórica.....	15
2.1 Sistemas <i>kanban</i>	15
2.2 Características originais do sistema <i>kanban</i>	16
2.3 Cálculo do número de <i>kanbans</i>	18
2.4 Tipos de sistema <i>kanban</i>	20
2.4.1 Sistema <i>kanban</i> CNE.....	20
2.4.2 Sistema <i>kanban</i> H.....	22
2.4.3 Sistema <i>e-kanban</i>	23
2.4.4 <i>Simultaneous kanban control system (SKCS)</i> e <i>Independent kanban control system</i>	23
2.4.5 <i>Periodic pull system (PPS)</i>	24
2.4.6 <i>Dynamically adjusting kanban</i>	25
2.4.7 <i>Regenerative control system (RPCS)</i>	25
2.4.8 <i>Job-shop kanban</i>	26
2.4.9 <i>Minimal blocking</i>	26
2.4.10 <i>Generalized kanban control system (GKCS)</i>	27
2.4.11 <i>Modified kanban system (MKS)</i>	27

2.4.12 Auto-adaptive kanban.....	28
2.4.13 Concurrent ordering system.....	28
2.4.14 Modified concurrent ordering system.....	29
2.4.15 Generic kanban system (GKS).....	29
2.4.16 Flexible kanban system (FKS).....	30
2.4.17 Push-pull approach (PPA).....	30
2.4.18 Decentralized reactive kanban (DRK).....	31
2.4.19 Extended Kanban control system (EKCS).....	31
2.4.20 Simultaneous extended kanban control system (SEKCS) e Independent extended kanban control system (IEKCS).....	31
2.4.21 Adaptive kanban.....	32
2.4.22 Reconfigurable kanban.....	32
2.4.23 Inventory based system.....	32
2.4.24 Fake pull control system (FPCS).....	33
2.4.25 Bar-coding kanban.....	33
2.4.26 CPM kanban system.....	34
2.4.27 MRP/shop floor extension (MRP/sfx).....	34
2.2.28 Virtual kanban (VK).....	34
2.2.29 Sistema customized type 5 e sistema customized type 10.....	35
2.5 Sistema PBC.....	36
2.6 Sistema MRP.....	38
3. Métodos de pesquisa.....	42
3.1 Caracterização da pesquisa.....	42
3.2 Técnicas de coleta e análise de dados.....	42
4. Estudo de Caso.....	44
4.1 Caracterização da Empresa.....	44
4.2 Famílias de produtos.....	45
4.3 Layout da Fábrica.....	46

4.4 Descrição dos processos de fabricação.....	48
4.5 <i>Layouts</i> dos setores produtivos.....	52
4.6 Sistema de Coordenação de Ordens.....	61
4.7 Restrições de processos.....	62
5. Estudo de tempos e processos.....	64
5.1 Produto escolhido.....	64
5.2 Lista de peças.....	66
5.3 Sequência de procedimentos.....	67
5.4 Tempo médio de máquina trabalhada.....	75
5.5 Fluxo de materiais.....	76
6. Cálculo do cronograma de produção.....	90
6.1 Etapas da Estamparia.....	90
6.2 Etapas da Usinagem.....	95
6.3 Etapas da Caldeiraria.....	98
6.4 Etapas da Montagem.....	103
6.5 Etapas da Raspagem.....	107
6.6 Etapas da Pintura.....	107
7. Cronograma da produção.....	110
8. Sugestões de melhorias.....	122
9. Considerações finais.....	125
10. Bibliografia.....	126
Apêndice A.....	130

1. Introdução

1.1 Contextualização do tema

Na literatura são encontrados inúmeros métodos de Planejamento e Controle da Produção (PCP), cada um com suas particularidades, qualidades e defeitos. Mas a decisão de qual método se utilizar nas diversas particularidades apresentada em cada empresa e em cada necessidade produtiva sempre foi uma dúvida pertinente. Existem várias variáveis que afetam na escolha de um Sistema de Planejamento e Controle da Produção complicando ainda mais essa escolha. Uma lista com os principais fatores que devem ser levados em consideração para a escolha de um PCP poderia incluir os itens: tamanho da organização, tempo de resposta, nível de repetição, nível de automação, estrutura do produto, nível de customização, número de produtos, tipos de *layout*, tipos de estoques de segurança, tipos de fluxo, tipos de montagem e tipos de organização de trabalho.

Segundo MacCarthy e Fernandes (2000), cada sistema de produção na sua totalidade ou em cada unidade produtiva apresentam características mais adequadas à implantação de um ou mais Sistemas de Planejamento e Controle de Produção. Com isso, vemos a importância de conhecimento tanto dos Sistemas de PCP já existentes, quanto das características da própria organização para uma escolha com maior consciência e de menor risco.

1.2 Delimitação do tema de pesquisa

Para esse estudo, a escolha dos três sistemas de coordenação de ordens de produção, MRP, PBC e *kanban*, foi feito devido a serem os sistemas mais presentes e utilizados atualmente nas empresas. Essa escolha também tem como intuito limitar o estudo, já que apenas considerando esses Sistemas de Planejamento e Controle da Produção é possível abranger grande parte dos principais fatores que influenciam na sua escolha. A característica de esses sistemas não precisarem necessariamente ser fixos, apresentando alto grau de adaptabilidade,

podendo ser adaptados para as diversas situações encontradas atualmente, também os tornam bons objetos de estudos.

1.3 Formulação do problema de pesquisa

Essa pesquisa tem o intuito de dar uma ferramenta para a resolução e melhoria de problemas encontrados na empresa em estudo, visando otimizar a produção levando em conta as diversas limitações encontradas por essa. Esse trabalho representa um estudo focado em apenas um produto da empresa, para simplificação, porém faz indicações de métodos visando uma abordagem mais abrangente para um estudo mais completo.

1.4 Declarações

Nesse trabalho, será feito estudos práticos sobre a aplicação do sistema *kanban*, do sistema Materials Requirements Planning (MRP) e do sistema *Period Batch Control* (PBC). Primeiramente, será feita uma introdução teórica sobre esses modelos de acordo com o encontrado na literatura e posteriormente, um estudo de caso onde há a presença de cada um desses três sistemas. Esse trabalho tem o intuito de verificar a melhor aplicabilidade de cada sistema e auxiliar na decisão da escolha, ou adaptação desses, levando em conta as características encontradas ou desejadas por cada instituição ou empresa. Dando ênfase à flexibilidade de adaptação de cada sistema.

2. Revisão Teórica

Nesse tópico será feita uma introdução teórica sobre o funcionamento e os tipos de sistema *kanban* e o sistema Period Batch Control (PBC) e o sistema Materials Requirements Planning (MRP), bem como suas principais características. Primeiramente será feita a análise dos Sistemas *kanban*.

2.1 Sistemas *kanban*

O *kanban* é um subsistema do sistema Toyota de produção (STP) usado para controlar os estoques em processo, a produção e o suprimento de componentes e, em determinados casos, de matérias-primas.

Definido como um sistema de coordenação de ordens de produção e compra (SCO) por Fernandes e Godinho Filho (2007), o sistema *kanban* controla a produção dos produtos necessários, na quantidade e no momento necessário.

Na literatura costuma-se a representar *kanban* com o significado de "cartão", porém sua tradução literal da palavra é "anotação visível", ou "sinal". Isso ocorre, pois o sistema *kanban* é conhecido por empregar determinados cartões para informar a necessidade de entregar e/ou produzir certa quantidade de peças ou matérias-primas. Porém a representação do *kanban* pode assumir várias formas (etiqueta, placa, anel, etc.).

Para a utilização do *kanban* é necessário que haja uma quantidade determinada de peças nos armazéns (estoques) entre as estações de trabalho. Ou seja, deve ser assegurada a disponibilidade de peças suficientes para a fabricação dos produtos num dado período de trabalho. No *kanban* há a definição "cliente" e "fornecedor", sendo que o "cliente" é o processo posterior, que deve ir ao processo diretamente anterior, chamado de "fornecedor", para adquirir as peças necessárias já prontas. Esse processo, por sua vez, produz a exata quantidade retirada, reabastecendo o armazém, entendido como um "supermercado". Existe um considerável número de possibilidades no uso deste esquema, visto que se podem combinar diferentes tipos e quantidades de sinalizadores, formas de retirada, pontos de programação, tipos de armazéns ou estoques, etc.

Para um funcionamento adequado, o sistema *kanban* devem seguir algumas regras básicas mostrados em autores como Monden (1984) e Vollman et al. (1997):

- a) O processo subsequente deve retirar do processo precedente somente os produtos necessários nas quantidades necessárias e no tempo devido;
- b) O processo precedente deve produzir seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente;
- c) Produtos com defeitos não devem ser enviados para o processo subsequente;
- d) O número de *kanbans* deve ser mantido o menor possível e reduzido por meio de melhorias no processo;
- e) Cada contenedor deve ser anexado um *kanban* e somente deve conter quantidades padronizadas de peças e não peças a mais.

Hoje em dia, há inúmeras vertentes de sistemas *kanban*, isso devido às dificuldades e situações diversas encontradas pelas empresas no passar dos anos. Cada um dos sistemas adaptados de *kanban* foi criado para se adaptar a algumas características e para resolver determinados problemas específicos encontrados por diferentes organizações. Primeiramente, será esclarecido as características do primeiro *kanban* desenvolvido pela Toyota e seus tipos e num tópico posterior será feita uma breve descrição dos demais *kanbans*.

2.2 Características originais do sistema *kanban*

O sistema *kanban* originalmente concebido pela Toyota e descrito por Muris Junior e Godinho Filho (2010) possui as seguintes características:

I) Utilização de dois sinalizadores:

- sinalizador de ordem de produção (*kanban P*).

Autoriza a produção para repor as peças requisitadas para uso em estações subsequentes, sendo usado apenas no centro de processamento que produz a peça, ou seja, é um mecanismo de controle dentro do processo.

- sinalizador de requisição (*kanban R*).

Mecanismo de controle entre os processos, ou seja, autoriza o movimento de peças das estações de alimentação às estações de uso, funcionando como uma espécie de passaporte, informando o que deve ser repostado;

II) A produção é puxada por meio do controle do nível dos estoques finais (sistema *kanban* CNE de duplo cartão) ou pela programação do último estágio produtivo (sistema *kanban* H de duplo cartão). Fernandes e Godinho Filho (2007);

III) A rotina de funcionamento é assegurada de forma descentralizada, por meio do controle visual realizado pelos próprios operários do processo em cada etapa produtiva;

IV) Os estoques são limitados em cada estação de trabalho, ou seja, possuem capacidade finita, determinada pelo número de sinalizadores.

O quadro 1 faz a representação das condições desfavoráveis encontradas na utilização do sistema *kanban* original, bem como os seus motivos (VOLLMANN et al., 1997; FUJIMOTO, 1999; WHITE; PRYBUTOK, 2001):

Quadro 1 - Condições desfavoráveis à utilização do sistema *kanban* e seus motivos.

Condição desfavorável	Motivo
Produção desnivelada	Cria intervalos irregulares entre as ordens controladas pelo sistema <i>kanban</i> e a necessidade de manter níveis de estoque maiores.
Instabilidade dos tempos de processamento	Ocasiona a escassez de certos itens e excesso de outros, a menos que se mantenham níveis altos de estoque; e O sistema produtivo é constantemente interrompido, a menos que se mantenham níveis altos de estoque.
Não padronização das operações	Gera um alto grau de variação nos tempos de processamento, tempos de espera, tempos de <i>setup</i> e de operação dos trabalhos realizados em cada estágio produtivo, gerando, portanto, instabilidade e necessidade de manter altos níveis de estoque.
Tempos de <i>setup</i> grandes e/ou lote mínimo de produção com muitas peças	Geram aumento dos estoques em função do aumento do lote de produção e consequentemente desregula o nivelamento.
Grande variedade de itens	Aumenta a complexidade do fluxo de materiais, dificulta a adaptação dos painéis de cartões, cria irregularidades nos tempos e diminui a repetibilidade do sistema produtivo.
Demanda instável	Cria a necessidade de manter altos níveis de estoque, gera instabilidade interna nas operações e dificulta o nivelamento da produção.
Incertezas no abastecimento de matérias-primas	Impõem a necessidade de manter altos níveis de estoque de matérias-primas.

Fonte: Moden (1984)

2.3 Cálculo do número de *kanbans*

Será mostrado a seguir, na figura 1, a representação do cálculo do número de sistemas *kanbans*, para os casos de *kanbans* de duplo cartão. Esse método de cálculo é o originalmente utilizado pela Toyota e apresentado em Moden (1984), o número de *kanbans* R e P é dado por:

$$n = \frac{DL(1 + \alpha)}{C}, \text{ com } L = tp + tr.$$

Onde:

D = demanda por período (normalmente um dia).

L = *lead time* médio do *kanban* (em fração decimal do dia).

tp = tempo de processamento médio por contendedor (em fração decimal do dia).

tr = tempo de requisição (tempo médio de espera somado ao tempo de transporte por contendedor (em fração decimal do dia).

C = capacidade do contendedor em unidades do produto (não mais do que 10% da demanda diária).

α = coeficiente de segurança (não mais do que 10 % após se obter a estabilização das condições operacionais do sistemas produtivo).

O número de *kanbans* R é dado por:

$$nr = \frac{Dtr(1 + \alpha)}{C}$$

O número de *kanbans* P é dado por:

$$np = \frac{Dtp(1 + \alpha)}{C}$$

Arredondamentos podem ser feitos tanto para cima quanto para baixo.

O estoque em processo é no máximo igual a nC . A prática da Toyota é deixar n relativamente fixo mesmo com alguma alteração em D . Dessa forma estimula-se a redução de *lead time*.

Para uma melhor compreensão da aplicação desse cálculo será apresentado a seguir quatro casos para o cálculo do número de *kanbans* apresentado por Fernandes e Godinho Filho (2010). Cada caso dependendo da variedade de itens da unidade produtiva/sistema de produção controlada por *kanban*.

- Caso 1: Sistema de produção com um único item.

Nesse caso com a simples utilização das fórmulas acima conseguimos encontrar os valores de n , n_r e n_p . Lembrando também que o máximo estoque em processo é dado por nC , percebemos que uma diminuição de *lead time* leva à uma diminuição do número de cartões, que por sua vez, acarreta numa diminuição do estoque em processo.

- Caso 2: Sistema de produção com alguns itens bastante semelhantes.

Nesse caso, como os itens são semelhantes, entende-se que os tempos de processamento e requisição de cada um dos itens (t_p e t_r) são bastante parecidos, com desvio-padrão tendendo a zero. Nesse caso, os tempos t_p e t_r inseridos nas fórmulas vistas acima podem ser os tempos médios dos itens. Da mesma forma, a demanda (D) é a somatória das demandas dos itens individuais. O número de *kanbans* calculados, portanto representa a quantidade total de todos os itens do sistema produtivo. Para se saber quantos *kanbans* são relativos a cada item, basta verificar a demanda de cada item com relação à demanda total. Esse percentual representa o percentual do número de *kanbans* total que caberá àquele item, isso devido a semelhança encontrada entre os tempos t_p e t_r .

- Caso 3: Sistemas de produção com alguns itens diferentes.

Nesse caso, teremos que os tempos de processamento e requisição de cada um dos itens (t_p e t_r) serão bastante, com desvios-padrões significativos. Por essa razão, não podemos estimar t_p e t_r como no Caso 2. Para essa situação, t_p representa na realidade o *lead time* de produção, ou seja, o tempo que um cartão de produção leva para completar o ciclo no centro produtor. Esse *lead time* inclui o tempo

de processamento. Já t_r representa o *lead time* de requisição, ou seja, o tempo que um cartão de requisição leva para completar o ciclo entre o centro produtivo e o centro consumidor. Esse *lead time* inclui o tempo de transporte. Dessa forma, para esse caso, não podemos simplesmente utilizar as fórmulas mostradas anteriormente, pela incapacidade de se calcular t_p e t_r . Nessa situação, devemos primeiramente realizar uma simulação para calcular t_p , t_r e o número de *kanbans*.

- Caso 4: Sistema de produção com muitos itens diferentes. Nesse caso, acredita-se que a simulação se tornaria complicada demais e a utilização do *kanban* se torna inviável.

2.4 Tipos de sistema *kanban*

Nesse tópico são listados os tipos de sistemas *kanban* encontrados na literatura. Tanto os representados nas características do original concebido pela Toyota (*kanban* CNE e *kanban* H de duplo cartão) quanto uma gama de variações desse.

2.4.1 Sistema *kanban* CNE

Proposto por Fernandes e Godinho Filho (2010). Baseia-se suas decisão no nível de estoque, puxando assim a produção.

Varia em *kanban* CNE de duplo cartão (características do *kanban* original) e *kanban* CNE somente com cartão de ordem de produção.

- *Kanban* CNE de duplo cartão.

Segue as características originais do sistema *kanban* citado no tópico anterior. Trabalhando com dois tipos de cartões:

- *Kanbans* R de requisição - Circulam entre dois setores produtivos consecutivos e têm por finalidade autorizar a movimentação do material de uma estação de trabalho para outra.

- *Kanbans* P de ordem de produção - Circulam dentro de um único setor produtivo e têm por finalidade autorizar a produção de um determinado item.

No estoque de entrada de cada centro produtivo há contenedores que levam o material a ser utilizado no centro e com cartão R afixado. No estoque de saída de cada centro, têm-se contenedores com o material já processado no centro e com cartão P.

O “cliente” requisita o produto do estoque de saída. Lembrando-se que o “cliente” é considerado sempre o processo diretamente posterior, no caso de um produto acabado, o “cliente” é o próprio comprador que adquire o produto. Nessa etapa, o material vai para ele e o cartão P vai para o Painel KP em que cada item ocupa uma coluna do Painel dividida em três faixas (vermelha, amarela e verde), sendo que o grau de prioridade aumenta da faixa verde para a vermelha.

Na sequência o operador da primeira estação de um estágio ao ficar desocupado, pega um cartão P do item com mais cartões na faixa vermelha (desempate, mais cartões na faixa amarela). Verificando o cartão pega o material de entrada, colocando os cartões R (até então atrelados a esse material) no porta-cartões R e em sequência o material processado é colocado no estoque de saída do centro juntamente com o respectivo cartão P. De tempos em tempos, o abastecedor do centro produtivo pega os primeiros cartões R do porta-cartões e vai aos estoques de saída dos centros que fornecem tais materiais. Nesse local, o cartão R assume o lugar do cartão P, o qual vai para o Painel KP, e o contendedor, o material e o cartão R são transportados para o estoque de entrada do centro que vai consumir tal material.

- *Kanban* CNE somente com cartão de ordem de produção.

Nesse sistema, o operador inicia a produção a partir de uma prioridade estabelecida por um painel com faixas de diferentes cores (usualmente vermelha, amarela e verde). O operador vai até a estação de trabalho anterior, seguindo essa prioridade e pega o material necessário à produção do item, colocando no painel dessa operação anterior o cartão P.

A vantagem deste sinalizador com relação aos sistemas de duplo cartão é a simplicidade, isso devido a ausência dos sinalizadores de requisição e também, por haver apenas uma área de estocagem entre dois centros de trabalho consecutivos. Geralmente é empregado em empresas cujas estações de trabalho são próximas e/ou que possuem um transporte facilitado de peças, sendo feitas

manualmente pelos operadores. Nenhuma estação de trabalho é programada e a produção é puxada e iniciada pelo consumo de produtos finais.

2.4.2 Sistema *kanban* H

Apresenta características híbridas. Ou seja, apresenta o último estágio programado via um MPS desenvolvido por um PCP central, apesar de puxar a produção, como descrito por Fernandes e Godinho Filho (2010).

Existem três tipos de sistema *kanban* H:

- I) *kanban* H de duplo cartão (características do *kanban* original);
- II) *kanban* H somente com cartão de ordem de produção;
- III) *kanban* H somente com cartão de ordem de requisição.

Tanto (I) e (II) possuem funcionamento semelhante aos *kanbans* CNE vistos anteriormente, sendo que a única diferença é que o último estágio é programado.

No caso de só cartão de ordem de produção, o próprio contendedor pode funcionar como um cartão de ordem de produção. Isso é feito retornando-se o contendedor ao ficar vazio para o estágio anterior, tendo esse a função de sinalizar que o item deve ser produzido.

O sistema *kanban* com apenas o cartão de requisição possui a seguinte lógica: quando um centro de trabalho requer mais componentes para serem processados, ele coleta um contendedor cheio direto da armazenagem do estágio anterior. Após a produção o contendor vazio é enviado ao estágio de produção anterior e o cartão de requisição vai para uma caixa de espera. A saída desse cartão da caixa de espera de volta ao ponto de estocagem representa a autorização para a movimentação de mais um contendedor cheio. Nessa variante do sistema *kanban* todos os estágios são programados, possui controle centralizado e não limita o nível máximo dos estoques.

Portanto, para o sistema ser considerado híbrido há a necessidade de o último estágio ser programado ou todos os estágios serem programados,

caso isso não ocorra, o sistema passa a ser do tipo controlado pelo nível de estoque (CNE).

2.4.3 Sistema e-kanban

Também chamado de *kanban* eletrônico, esse sistema visa a utilização do *kanban* original, apenas substituindo os sinalizadores físicos por sinalizadores eletrônicos descrito por vários autores como Ansari e Modarress (1995), Vernyi e Vinas (2005), Argenta e Oliveira (2001). Portanto visa trocar o uso manual proposto no sistema original pelo uso virtual de sinais que representam tanto ordens de produção quanto autorização para a transferência de materiais.

Como qualquer outro sistema, esse possui algumas vantagens e desvantagens. As principais vantagens são:

- Permitir melhorias nos relacionamentos com fornecedores, para o caso de os sistemas serem utilizados externamente à empresa;
- Avaliar o desempenho dos fornecedores de forma instantânea;
- Garantir precisão nas quantidades requeridas e transmitidas;
- Poder ser usado em quaisquer que sejam as distâncias físicas entre as operações produtivas;
- Diminuir a quantidade de papéis manejados na fábrica.

2.4.4 Simultaneous kanban control system (SKCS) e Independent kanban control system (IKCS)

São variações do uso do sistema *kanban* original para sistemas produtivos com operações de montagem, descrito por Matta et al. (2005). Os sinalizadores são liberados para os estágios precedentes de forma que apenas dependam da regra estabelecida.

- *Simultaneous kanban control system* (SKCS)

A liberação dos sinalizadores é permitida apenas quando a operação de montagem realmente possa ser iniciada. É feita a transmissão de informação da demanda de uma forma simultânea para todas as estações imediatamente anteriores à de montagem, ou seja, a necessidade é simultaneamente sinalizada. Porém, como os

sinalizadores são liberados simultaneamente, pode haver atrasos nas transmissões das demandas.

- *Independent kanban control system (IKCS)*

A transferência dos sinalizadores para os processos precedentes é feita de forma independente. Ocorrendo imediatamente após o transporte das peças para o processo de montagem, independentemente se os demais componentes necessários à montagem estejam ou não disponíveis. Portanto, não ocorre nenhum atraso na transmissão das demandas como no caso do SKCS.

O IKCS é considerado relativamente mais reativo à demanda do que o SKCS, devido a uma transferência mais rápida no SKCS. Entretanto, há a presença maior de estoque em processo no IKCS, devido à presença, muitas vezes, de componentes produzidos que ainda não possam ser utilizados na montagem.

2.4.5 Periodic pull system (PPS)

Se difere ao *kanban* original devido à transferência de informações, tendo como proposta a de se utilizar um sistema computadorizado, empregando equações matemáticas para reduzir o tempo de processamento das informações, descrito por Kim (1985). Sendo isso é feito por meio do gerenciamento do status do fluxo dos materiais, periodicamente, em todos os processos. Resultando que, somente a quantidade exata de material que tenha sido consumido por uma dada estação de trabalho seja produzida pelo processo correspondente.

O sequenciamento das famílias de produtos e a alocação da mão-de-obra podem ser feitos antecipadamente para o período posterior, devido ao conhecimento prévio de todas as requisições acumuladas. De acordo com estas propriedades, os potenciais picos e vales das atividades produtivas durante o período podem ser nivelados (Kim, 1985). Há a limitação dos estoques como apresentado no sistema original, entretanto, possui a diferença de que, para que não ocorra faltas, a cada período pode haver mudanças nos valores máximos, de acordo com a demanda. Portanto, deve-se determinar a quantidade a ser produzida e transportada, visando para que não exceda os níveis máximos.

Algumas das vantagens do PPS, de acordo com Kim (1985) são:

- Flexibilidade da escolha do tamanho dos períodos (semanal, diário, etc.);

- Menor *lead time* de transferência de informações;
- Independência da distancia geográfica entre os processos;
- Flutuações da demanda são transferidas, porém não são propagadas para os processos à montante;
- Possibilidade de aumento dos níveis de estoque para evitar faltas.

2.4.6 Dynamically adjusting kanban

Apresenta como diferencial básico, em relação ao sistema *kanban* original, o ajuste dinâmico do número de sinalizadores (consequentemente dos níveis de estoque), descrito por Rees, Philipoom, Taylor e Huang (1987). A sua criação veio como uma proposta de adequação às necessidades das empresas que enfrentam condições instáveis de demanda. Equações necessárias para o cumprimento dos cálculos relativos à alteração no número de sinalizadores são encontradas em Rees et al. (1987). No Brasil, Danni e Tubino (1997) e Tubino e Lemos (1999) utilizam modelos de simulação baseados na proposta de Rees et al. (1987) para ajustar os parâmetros principais do sistema *kanban*.

2.4.7 Regenerative pull control system (RPCS)

É uma adaptação da lógica de funcionamento original do sistema *kanban* para um sistema produtivo automatizado com máquinas executando processos em paralelo, descrito por Seidmann (1988). A necessidade de atenuar os efeitos da variabilidade dos tempos de processamento nas células produtivas foi o principal motivo de sua criação. É um sistema automatizado com estoques controlados cuja principal variável de decisão é a alocação de diferentes tipos de produtos às células robotizadas em paralelo. Essas células, por sua vez, servem um conjunto de estações de trabalho subsequentes que puxam essa produção.

Seidmann (1988) entra em detalhes com relação às equações matemáticas envolvidas nos algoritmos computacionais utilizados no RPCS e demonstra por meio de exemplos numéricos seu funcionamento. É indicado para sistemas produtivos com alta variabilidade de itens e tempos de processamento. Este sistema tem como principais características:

- Puxar a produção;

- Limitar o nível máximo de estoque;
- Utilizar sinalizações eletrônicas para tomar decisões relativas à produção e transferência de materiais.

2.4.8 Job-shop kanban

Primeiramente implementada por Gravel e Price (1988), o *job-shop kanban* tem como proposta adequar o sistema *kanban* para sistemas produtivos do tipo *job-shop*. Portanto visa atender casos onde existe uma alta variedade de itens e pequeno volume de produção.

Nesse sistema, os quadros sinalizadores *kanban* e os próprios sinalizadores divergem do original, sendo que os sinalizadores não mais são associados a produtos e sim a operações. Essa podendo ser realizada por mais de uma máquina e utilizando mais de uma peça. As características de principais desse sistemas são.

Esse sistema, além de manter características originais do *kanban*, como produção puxada, controle descentralizado e limitação do nível máximo de estoque, também possui uma maior efetividade se tratando de casos com tais características:

- Grande variedade de itens;
- Fluxo de materiais complexo;
- Alta variação entre os tempos de processamento.

2.4.9 Minimal blocking

Possui como objetivo compensar as variações dos tempos de processamento, as quebras de equipamentos e as flutuações da demanda. Sendo isso feito com a determinação estimativa da quantidade máxima de estoques de segurança no processo, descrito por So e Pinault (1988). Há uma série de equações matemáticas para a determinação dos níveis de estoque, visando com isso gerar um determinado nível de serviço ao consumidor. Possui as seguintes características:

- Controle descentralizado da produção;
- Limita o nível máximo de estoque;

- Sinalizadores são usados como ordem de produção e autorização para transferência de materiais.

2.4.10 Generalized kanban control system (GKCS)

É uma combinação do sistema de estoque base e o sistema *kanban*, descrito por Buzacott (1989) e Zipkin (1989). Isso é alcançado por meio de duas principais ações:

- Manutenção de estoques de segurança, visando atender instantaneamente à demanda;
- Utilização de sinalizadores, para a autorização da produção e para limitar os níveis de estoque.

A necessidade da definição e gerenciamento de dois parâmetros de controle por estágio, o estoque de segurança e o número de sinalizadores de ordem de produção é um fator limitante que torna mais complexo a utilização desse método. No GKCS as demandas se movem separadamente dos sinalizadores diferentemente do *kanban* tradicional. Isto é, mesmo se não houver peças prontas nos estoques de saída das estações de trabalho, a ordem representada pelos sinalizadores é transferida para o estágio precedente, desde que haja sinalizadores disponíveis. Diversos estudos indicam que as principais vantagens do GKCS são sua flexibilidade e aderência às flutuações da demanda.

2.4.11 Modified kanban system (MKS)

Criado e implementado em 1989 por Steve Otenti e sua equipe, e descrito em 1991. Trata-se de uma modificação do sistema *kanban* para ser utilizado em uma fábrica de semicondutores, cujas características impediam a implantação do sistema original puro (OTENTI, 1991).

Esse sistema foi criado devido as irregularidade e dificuldades residuais dos carregamentos nas linhas de produção, causada por problemas operacionais. Podendo esses problemas gerar dificuldades no processo produtivo durante um determinado tempo mesmo após sua resolução.

No MKS, há a divisão das operações em grupos ou centros de controle de estoque. Sendo que dentro de cada grupo, é criada uma limitação dos estoques, por meio de sinalizadores.

A grande movimentação de funcionários dentro e entre as operações é uma desvantagem dos procedimentos operacionais do MKS. Porém, esse

sistema possui vantagens como ser auto gerenciável e eliminar a necessidade do monitoramento dos níveis de estoque durante cada período. É um sistema simples, facilmente implementável e de baixo custo (Oteni, 1991). Algumas características do MKS são:

- Não puxa a produção;
- Controle descentralizado;
- Limitação do nível máximo de estoque e uso de sinalizadores;
- Melhores resultados em condições de tempo de processamento muito diferentes e variáveis.

2.4.12 Auto-adaptive kanban

Sua estrutura de controle é similar ao sistema *kanban*, tendo como característica, ser auto adaptável às condições produtivas e de demanda, descrito por Chaudhury e Whinston (1990).

Basicamente, é um sistema de controle descentralizado de processos automatizados de forma on-line. É muito mais flexível e versátil que o sistema *kanban* original, principalmente em relação à variedade de produtos e da demanda no curto prazo (Chaudhury e Whinston, 1990).

Baseia-se nas tecnologias computacionais existentes na manufatura como CAM (*computer aided manufacturing*) e CIM (*computer integrated manufacturing*), bem como na simplicidade e necessidade de poucos dados do sistema *kanban*. Esse sistema apresenta, em relação ao original, um melhor balanceamento da distribuição das cargas de trabalho.

2.4.13 Concurrent ordering system

Criado e desenvolvido por Izumi e Takahashi (1993), possui como principal característica a emissão simultânea das ordens de produção e de transporte de materiais para todos os processos produtivos, com base na demanda real no último estágio.

A liberação dessas ordens é feitas do seguinte modo:

- Os sinalizadores de transporte e produção de todos os estágios ficam afixados nos produtos finais;
- Os pedidos que chegam são satisfeitos pelo estoque de produtos finais;

- Os sinalizadores que estavam junto a esses produtos acabados são removidos, separados e transferidos a todos os processos correspondentes.

Isso faz com que seja evitada a interrupção da transmissão das ordens em casos de falta de estoque em algum ponto.

O fato da transmissão das ordens ocorrerem de forma imediata, simultânea e em todos os processos, também leva a uma redução de seu atraso. Esse sistema possui vantagens em condições instáveis de demanda e tempo de processamento.

2.4.14 Modified concurrent ordering system

Publicada por Takahashi (1996), é uma modificação do *concurrent ordering system*, visando melhorar seu funcionamento. Esse sistema se difere do *concurrent ordering system*, pelo fato de os sinalizadores serem imediatamente enviados no momento de chegada de uma nova demanda, e não quando os produtos forem consumidos do estoque, como ocorre no sistema anterior.

Eliminando também a necessidade de estoque de produtos finais, como ocorria no *concurrent ordering system*, evitando assim possíveis atrasos caso esses estoques fossem inexistentes. Nesse sistema os tempos de espera são menores quando comparados com o anterior e com o sistema *kanban* original, porém, em média, os níveis de estoque são maiores. Como no *concurrent ordering system*, esse sistema possui melhores condições de desempenho a demandas e tempos de processamento instáveis.

2.4.15 Generic kanban system (GKS)

Criado por Chang e Yih (1994b), devido a necessidade de um sistema do tipo *just in time* para ambientes produtivos não repetitivos, foi o principal fator que levou à sua criação.

Como seu nome mesmo diz, possui sinalizadores "genéricos", não pertencendo a uma determinada peça. Portanto, esses sinalizadores podem ser atribuídos a qualquer item dentro de cada estação de trabalho. Esse sistema apresenta um tempo de espera devido ao fato de não serem mantidos estoques de produtos intermediários, sendo mantido apenas sinalizadores.

Esses, ao serem retirados, aguardam por uma nova requisição, não disparando automaticamente a produção de novas peças. Apresenta um melhor desempenho frente às condições instáveis de demanda quando comparado ao *kanban* original.

2.4.16 Flexible kanban system (FKS)

Criado por Gupta e Al-Turk (1997), o FKS manipula dinamicamente e sistematicamente o número de sinalizadores, com apoio de um algoritmo, tendo como finalidade evitar os bloqueios e os desabastecimentos causados pelas incertezas (principalmente com relação aos tempos de processamento e à demanda) durante o ciclo produtivo.

A única diferença entre esse sistema e o original, está no número de sinalizadores, variável durante o período produtivo, sendo esse número calculado pelo algoritmo desenvolvido pelos criadores desse sistema.

Para estoques em processo, tempos para completar ordens e número de pedidos atrasados, em condições de demanda instável e alta variabilidade dos tempos de processamento nas estações de trabalho, esse sistema possui melhor desempenho que o sistema *kanban* original.

2.4.17 Push-pull approach (PPA)

Criado pelos pesquisadores Huang e Kusiak (1998), tendo como objetivo a adaptação do sistema *kanban* em uma abordagem geral para os diversos sistemas produtivos. Visa o aprimoramento da utilização do sistema *kanban* levando em conta as diferenças internas existentes entre os processos produtivos de uma mesma produção e duas abordagens diferentes de produção: empurrada e puxada.

A configuração do PPA, portanto, é variável e depende das características do sistema produtivo em que está sendo implementado.

Ele pode também ter características desde sistemas totalmente puxados (*kanban* original), até totalmente empurrados. Porém, desde que se esteja considerando uma situação, na qual teoricamente possa ser instalado um sistema *kanban*, pelo menos em alguma parte do processo.

Esse sistema controla a produção de forma descentralizada, limita do nível máximo de estoque e utiliza sinalizadores como ordem de produção e como autorização de transferência de materiais.

É efetivo para sistemas produtivos complexos e com variabilidade entre os tempos de processamento.

2.4.18 Decentralized reactive kanban (DRK)

Criado por Takahashi e Nakamura (1999), o DRK tem como objetivo garantir um bom desempenho de sistemas produtivos de múltiplos estágios e mudanças instáveis na demanda por produtos.

Tem como proposta controlar independentemente os estoques de cada etapa do processo produtivo, visando com isso, não só responder efetivamente à demanda, mas também manter reduzir os níveis médios de estoque em processo e a média do tempo de espera no atendimento aos pedidos.

Em comparação ao sistema original, possui maior reação às mudanças da demanda diminuindo, ao mesmo tempo, os tempos de espera e mantendo os estoques em níveis apropriados.

2.4.19 Extended kanban control system (EKCS)

Visa alcançar constantemente um bom balanceamento entre os custos dos estoques e o nível de serviço ao consumidor, sendo uma alternativa aos sistemas *kanban* e estoque base que não possuem tal propriedade, descrito por Dallery e Liberopoulos (2000). Nesse sistema, há a decomposição da demanda por produtos acabados para cada etapa produtiva e a transferência imediata para os respectivos processos.

A demanda comanda a produção em cada etapa, porém essa produção é limitada pelos sinalizadores, que funcionam também como autorização para transferência de peças para os estágios seguintes. Esse sistema apesar de empurrar a produção entre as estações intermediárias, puxa a produção de um forma global. Apresenta também um controle descentralizado e limitação do nível máximo de estoque. De uma forma comparativa, esse sistema é mais flexível às flutuações da demanda e à variabilidade dos tempos de processamento em detrimento ao original.

2.4.20 Simultaneous extended kanban control system (SEKCS) e Independent extended kanban control system (IEKCS)

Assim como no caso do SKCS e do IKCS citados anteriormente, esse sistema consiste em generalizações do EKCS para sistemas produtivos

com operações de montagem, descrito por Chaouiya et al. (2000). A diferença essencial entre o IEKCS e o SEKCS é que no IEKCS a transferência das peças para a montagem é feita de forma independente, ou seja, assim que cada sinalizador estiver disponível. Já no caso do SEKCS, a transferência das peças para a montagem ocorre de forma dependente, ou seja, somente quando a operação de montagem possa realmente ser iniciada.

2.4.21 Adaptive kanban

Foi criado como uma alternativa de mecanismo de controle do fluxo de materiais em ambientes com demanda instável, descrito por Tardif e Maaseidvaag (2001). Esse sistema consiste na determinação de quando e quantos sinalizadores devem ser liberados para os processos em função dos níveis de estoque, dos pedidos e da demanda por produtos. O *adaptive kanban* além de ser tão simples quanto o *kanban* original, apresentando características de produção puxada, controle descentralizado e limitação do nível máximo de estoque, também possui atrasos menores nas entregas quando se comparado a esse.

2.4.22 Reconfigurable kanban system (RKS)

Esse sistema tem como objetivo ser mais responsivo, e ao mesmo tempo, apresentar maior efetividade em termos de custos com estoques, descrito por Mohanty et al. (2003). A principal característica do RKS está na sua "reconfiguralidade" de sinalizadores, sendo que o controle do número de sinalizadores adicionais é feito por meio do exame da diferença entre a demanda e a produção do produto correspondente. Em comparação com o modelo original, o RKS apresenta melhores valores nos tempos para completar as ordens, no nível médio de estoques em processo e também com relação ao número médio de ordens acumuladas no período.

2.4.23 Inventory based system

Foi criado para atender dificuldades devido a altas variações na demanda em ambientes competitivos, descrito por Takahashi (2003). Há um monitoramento dos níveis de estoque dos produtos visando a detecção de variações de consumo inconstantes. O número de sinalizadores em uma unidade é aumentado ou diminuído a cada detecção de instabilidade, diferentemente de outros sistemas nos quais o número adicional de sinalizadores é previamente definido. Esse sistema tem a capacidade de

manter baixos os níveis de estoque ao mesmo tempo em que também garante um tempo médio relativamente baixo de espera pelo cumprimento das ordens, tendo assim um bom desempenho em relação às mudanças na demanda.

2.4.24 Fake pull control system (FPCS)

Esse sistema é uma adaptação prática do sistema *kanban* para uma determinada fábrica de pequeno volume e alto valor de produção, descrito por Hendrick (1988). Visa operacionalizar o sistema *kanban* para que quando houverem condições impróprias para o funcionamento do sistema *kanban* original, permita que o sistema produtivo seja capaz de empurrar os materiais. Isso devido ao fato que nessas condições, os estoques não são limitados, a produção é empurrada, o controle é centralizado e os papéis originais dos sinalizadores, em parte, ficam comprometidos. Esse sistema é interessante, por exemplo, em casos em que há parada, presente ou frequente, de produção por outro motivo que não seja problema de qualidade e/ou estoque de entrada cheio. Portanto, nesses casos, o uso do FPCS ajuda a evitar o comprometimento do desempenho produtivo.

2.4.25 Bar-coding kanban

A necessidade de melhorar a coordenação do fluxo de materiais comprados numa empresa canadense, foi o que levou a criação desse sistema, descrito por Landry et al. (1997). Essa empresa apresentava um sistema produtivo semi-repetitivo e que sofria grande influência das flutuações da demanda. O *bar-coding kanban* utiliza basicamente um sistema de planejamento de necessidade de materiais (MRP) e sinalizadores com código de barras. Os principais benefícios associados ao uso deste sistema são:

- Redução do nível total de estoque;
- Aumento da flexibilidade no suprimento;
- Aumento da velocidade de resposta às flutuações da demanda.

O *bar-coding kanban* visa atender sistemas produtivos que apresentam alta variabilidade de demanda e de itens.

2.4.26 CPM kanban system (CPM-KS)

Sua criação se teve como um método de gerenciamento de projetos que visava implantar a produção *just in time* (JIT) em uma organização produtiva de pequeno porte, descrito por Abdul-Nour et al. (1998). A sigla CPM vem do conhecido método do caminho crítico (*critical path method*). O sistema *kanban* é utilizado entre os departamentos produtivos, onde a produção é empurrada, e a montagem do produto final. Esse sistema utiliza-se de um sistema CAD (*computer aided design*) para projetar os produtos finais e de uma abordagem CPM para representar as tarefas a serem executadas pelos departamentos produtivos, bem como a identificação das atividades críticas. O CPM-KS visa garantir um melhor desempenho frente a condições de demanda altamente variável como nos sistemas de programação por contrato.

2.4.27 MRP/shop floor extension (MRP/sfx)

É uma forma genérica da aplicação conjunta do MRP e do sistema *kanban*, descrito por Nagendra e Das (1999). Visa a criação de dispositivos de aderência entre as atividades de planejamento do MRP e as atividades de execução no chão de fábrica do sistema *kanban*. O MRP/sfx possui a vantagem de poder ser utilizado em sistemas produtivos complexos com demanda e tempos de processamento variáveis.

2.4.28 Virtual kanban (VK)

Visa a sua aplicação em sistemas produtivos de múltiplos estágios e produtos altamente customizados, descrito por Takeda et al. (2000). Possui como principal característica de funcionamento a transferência dos sinalizadores aos processos anteriores, que corresponde ao desempenho do processo gargalo, portanto, quando uma máquina quebra ou falta alguma matéria-prima nenhum sinalizador é transferido às estações precedentes. O VK é apropriado para situações de altíssima variedade de itens e demanda, e pra fluxos produtivos complexos, apresentando as seguintes vantagens:

- Diminuição dos níveis de estoque;
- Redução do lead time;
- Aumento da confiabilidade nas datas de entrega.

2.4.29 Sistema *customized type 5* e Sistema *customized type 10*

Criado por Gaury et al. (2001), consiste basicamente em três passos:

- Utilizar um modelo genérico que possui integradamente todos os tipos possíveis de controle puxado;
- Simular a utilização deste modelo usando as características do sistema produtivo no qual se pretende implementar um SCO puxado customizado;
- Obter os valores desejados para os parâmetros com base nos resultados da simulação.

Esses sistemas se tratam de uma adaptação da lógica de funcionamento do sistema *kanban* apesar de apresentarem soluções muito particulares.

O *customized type 5* apresenta um desempenho efetivo frente a certo grau de variabilidade dos tempos de processamento e confiabilidade das máquinas.

Já o *customized type 10* apresenta um desempenho efetivo frente à variabilidade dos tempos de processamento, da confiabilidade das máquinas e a presença de um gargalo produtivo.

2.5 Sistema PBC

Agora, será feita uma introdução teórica sobre sistema PBC, bem como suas principais características. O sistema PBC (*Period Batch Control*) foi criado pelo consultor inglês R. J. Gigli, aproximadamente em 1926, fazendo a adaptação de sistemas existentes na produção em massa para a manufatura repetitiva. Mas ele também pode ser usado para a manufatura semi-repetitiva. Como definição, é um sistema cíclico, que opera com ciclos ou períodos fixos em que cada parte produzida é necessária para um período subsequente do próximo estágio de produção (Benders and Riezebos, 2002). Ou seja, todos os componentes necessários para a produção de um certo produto são planejados para serem fabricados em uma etapa anterior de produção.

De acordo com MacCarthy e Fernandes (2000), o PBC é apropriado para sistemas de produção repetitivos e semi-repetitivos, para sua implantação, algumas condições são necessárias (Burbidge, 1994):

- O tempo de processamento do produto deve ser menor que um período;
- Os tempos de *set-up* devem ser pequenos, uma vez que é necessário trabalhar com pequenos tamanhos de lote;
- O *lead time* de compra deve ser pequeno.

Já, de acordo com Silva e Fernandes (2008), os principais motivos para a escolha do PBC por empresas são:

- facilidade dos funcionários entenderem seu funcionamento;
- esse sistema não exige grande investimento;
- o PBC facilita e viabiliza a implantação de regras de programação de operações.

O PBC possui as seguintes etapas de funcionamento:

Etapa 0: Primeiramente, recebe-se o Plano Mestre de produção (MPS) definido para vários ciclos de igual tamanho;

Etapa 1: É definida a quantidade que deve ser feita de cada item para o ciclo em questão, com a "explosão" do MPS (*Master Production Schedule*).

Etapa 2: Atribuição de tempos para:

- a) A emissão das ordens mais a produção ou entrega de matérias-primas usadas no processamento;
- b) O processamento ou recebimento de componentes;
- c) A montagem;
- d) A distribuição das vendas.

É importante lembrar que quanto menores forem os períodos, conseqüentemente, menores serão os ciclos. Portanto, o tempo de resposta (TR) do sistema produtivo será menor com a redução dos períodos. Porém, deve-se levar em conta algumas limitações (Fernandes; Godinho Filho, 2007):

- I) O período não deve ser menor que o lead time de produção de qualquer dos componentes. Itens com *lead time* de produção muito longo que não pode ser reduzido devem ser controlados por outro sistema que não o PBC;
- II) Diminuir o tamanho do período implica em aumentar a proporção do tempo de preparação. Se isso provocar uma diminuição da capacidade produtiva a um nível inferior à requerida para se atender à demanda, alguma providência deve ser tomada (por exemplo: controlar os itens de pouco valor pelo sistema de revisão contínua, ou se aumenta a capacidade) ou o tamanho do período deverá ser aumentado;
- III) A duração do *lead time* de suprimento deve ser levada em conta no estabelecimento da duração do período e, portanto, do tamanho do ciclo. Eventualmente, por problemas de *lead time* de suprimento longo demais, certo itens poderiam ser controlados por outro sistema que não o PPBC.

O fator (I) é muito mais limitante quando se trabalha num sistema de manufatura com *layout* funcional do que com o *layout* celular, (Burbidge, 1975). Pois permite várias formas de redução do *lead time* de produção, pelo menos para os itens críticos. Um exemplo, é utilizar-se da sobreposição de operações, ou seja, pode-se fazer o processamento de itens de um mesmo lote simultaneamente em estações de estágios produtivos diferentes.

A Tecnologia de Grupo também fornece meios para a atenuação da segunda limitação, pois como a emissão de ordens é feita em conjunto para todos os itens, podem-se tirar vantagens de um planejamento conveniente da sequência da carga de trabalho.

2.6 Sistema MRP

Manufacturing Resource Planning (MRP), ou Planejamento das Necessidades de Materiais, tem vindo a ser usado para dar significado a MRP e a MRP II (Manufacturing Resource Planning). Introduzido inicialmente, o MRP foi sendo desenvolvido até se tornar MRP II que já tem em conta aspectos relacionado com finanças, compras e marketing. Este sistema, nomeadamente o MRP, tornou-se um conceito popular nos anos de 1960 e 1970.

O MRP é um sistema computadorizado de controle de inventário e produção que assiste a optimização da gestão de forma a minimizar os custos, mas mantendo os níveis de material adequados e necessários para os processos produtivos da empresa.

Este sistema possibilita às empresas calcularem os materiais dos diversos tipos que são necessários e em que momento, assegurando os mesmo que sejam providenciados no tempo certo, de modo a que se possa executar os processos de produção. O MRP utiliza como informação de *input* os pedidos em carteira, assim como a previsão das vendas que da área comercial da empresa.

Componentes de um sistema MRP (Carravilla, 1997):

- Sistema computadorizado;
- Sistema informativo de produção;
- Inventário de produção;
- Calendário de produção;
- Sistema de gestão de *inputs* (entrada) para produção;
- Sistema de previsão de falhas produtivas.

Parâmetros fundamentais:

Os parâmetros fundamentais em que um sistema MRP são políticas e dimensão do lote (lotes mínimos e máximos), política de períodos firmes, *stock* de Segurança, *lead time* e unidade de medida, (Carravilla, 1997).

Os dados utilizados num sistema MRP provêm do plano diretor de produção PDP, do inventário geral e da estrutura dentada dos produtos (Carravilla, 1997).

O plano diretor de produção permite-nos saber o que e quando produzir, o plano de produção alcançado através de previsões de vendas e encomendas firmes e a dimensão suficiente do horizonte temporal de planeamento de modo a englobar os *leads time* de todos os componentes integrantes nos produtos finais (Carravilla, 1997).

O inventário geral contém informação sobre as existências disponíveis em armazém, as necessidades brutas, as recepções programadas, o início das encomendas /ordens de fabricação dos produtos, o tamanho dos lotes, os *lead times*, os níveis de estoques de segurança, os níveis limite de produtos defeituosos e as alterações diárias (Carravilla, 1997).

Todos os produtos da linha de produção devem ser "expandidos" ao nível dos seus componentes, subcomponentes e peças (Conceitos básicos de MRP, MRPII e ERP). A estrutura dentada dos produtos possui (Carravilla, 1997):

- Dados sobre cada componente ou grupo necessário para a produção de produtos finais, discriminando: referência, descrição e quantidades.
- Definir a partir da necessidade do produto, as necessidades dos componentes.

Os dados que um sistema MRP tem como output (Carravilla, 1997):

- Para o planeamento (Plano Diretor da Produção): conclusões da simulação de um Plano Diretor da Produção e informação da ordem de encomendas por satisfazer.
- Para a gestão, índices de desempenho.
- Para o CRP, dados sobre novas de ordens de fabricação.
- Para compras e a produção, confirmação das ordens de fabricação.

Os sistemas MRP são usualmente implementados quando uma ou mais condições das seguintes se verificam (Carravilla, 1997):

- Quando a utilização (procura) de material é descontínua ou altamente instável durante o ciclo normal de operação de uma empresa. Esta situação é tipicamente classificada como produção intermitente ou

operação job shop, ao contrário de um processo contínuo de produção ou mesmo produção em série;

- Quando a procura de material depende diretamente da produção de produtos acabados ou de outro inventário específico. O MRP I pode ser visto como componente primário do planeamento da produção onde, a procura pelos componentes ou materiais depende da procura do produto final;

- Quando o departamento de compras e os seus fornecedores, bem como as próprias unidades de produção da empresa possuem a flexibilidade para satisfazer encomendas e entregas semanalmente.

Algumas das vantagens de um sistema MRP, (Laurindo e Mesquita, 2000): diminuição dos estoques, controle melhor da produção e das encomendas, processo hierárquico, integração das várias áreas funcionais (ERP), estrutura formal de dados e procedimentos, simulações e integração JIT/MRP.

O MRP I tem alguns contratempos e desvantagens (Laurindo, Mesquita, 2000) que devem ser examinados minuciosamente por qualquer empresa que considere adoptar o sistema em questão. O MRP I não tem tendência a otimizar os custos de aquisição dos materiais. Como os níveis de *stock* são estabelecidos ao mínimo possível, os materiais têm que ser comprados em quantidades pequenas e de uma forma mais frequente, o que resulta num incremento dos custos de aquisição (ou também conhecidos como custos de aprovisionamento). Maiores custos de transporte são causa efeito visto que, a empresa está menos apta a descontos de encomendas de grandes quantidades. A empresa tem que comparar antecipadamente a redução nos seus custos de posse de material em *stock* face aos aumentos nos custos associados a encomendas frequentes e de pequenas quantidades.

Outra desvantagem do MRP I (Laurindo, Mesquita, 2000) é o potencial perigo duma redução ou mesmo paragem da produção que pode vir de fatores como problemas de entrega não previstos e escassez de material. A existência de um *stock* de segurança fornece à produção alguma proteção contra imprevistos. Como os stocks de segurança são reduzidos, este nível de proteção é perdido. A desvantagem final do MRP I é devido à utilização de pacotes de *software* padronizados que, podem ser difíceis de adaptar a situações específicas de produção de uma determinada empresa. O *software* tem então que ser adaptado e modificado pela

empresa de forma a que consiga satisfazer as necessidades únicas de determinada situação.

Estas desvantagens podem ser facilmente eliminadas (Laurindo, Mesquita, 2000) através de uma parametrização do *software* utilizado. Nele podem ser definidos estoques de segurança e lotes mínimos de compra, que reduziriam dramaticamente os efeitos citados acima.

3. Métodos de pesquisa

Para a realização desse trabalho será empregado um estudo de caso específico para a otimização da fabricação de um item de uma determinada empresa. Sendo assim feito, para a elaboração do trabalho, uma pesquisa descritiva, qualitativa e exploratória a partir da pesquisa de campo *in loco* na empresa estudada foi realizado com o propósito da descrição do processo de fabricação e do sistema de coordenação de ordens de produção adotado pela empresa.

3.1 Caracterização da pesquisa

A necessidade dessa pesquisa, se deve ao fato da necessidade de melhorias de processos e de redução de tempos produtivos na empresa em que se realizou o estudo. Tendo como principal objetivo a coleta de dados, a análise desses e por fim propor e aplicar propostas de melhorias.

3.2 Técnicas de coleta e análise de dados

Todos os dados que serão apresentados adiante para o estudo, foram coletados por entrevistas com cada um dos líderes de cada setor da empresa relevantes para o processo produtivo do produto em estudo e para o método utilizado que será mais bem explicado nos capítulos posteriores. Devido ao autor desse trabalho ter estagiado na empresa, teve-se um maior acesso também aos dados já existentes e fornecidos pela empresa.

Foi realizada uma análise crítica dos dados, visando otimizar as informações adquiridas por eles, também utilizando procedimentos representados nos tópicos posteriores. Essa análise visando sempre retornar em melhorias e propostas de melhorias para a empresa.

4. Estudo de Caso

A empresa objeto do estudo do presente trabalho de conclusão de curso é uma empresa metalúrgica fabricante de máquinas agrícolas situada na cidade de São Carlos – SP. O estudo desenvolvido visa o mapeamento dos processos de fabricação na manufatura, principalmente os processos relacionados do setor de caldeiraria. Esse mapeamento visando relacionar os sistemas de coordenação de ordens em estudo e fazer análises de melhoria, no caso específico de um produto fabricado pela empresa em questão. Foi realizado o levantamento das particularidades do fluxo de produção com ênfase as possibilidades de eventuais mudanças ou propostas de projetos de melhoria a fim de identificar as restrições existentes à implantação de um sistema de coordenação de ordens de produção.

4.1 Caracterização da empresa

O Fundador da empresa migrou da Itália e se dedicou inicialmente a lavoura na metade do século passado. Identificando a necessidade da aplicação de recursos mecanizados na lavoura, os quais na época estavam fora das suas possibilidades financeiras de aquisição, teve a iniciativa de desenvolver e produzir seus próprios implementos agrícolas. Usando as poucas ferramentas de que dispunha, mas valendo-se de sua força de vontade, experiência e inventividade, decidiu montar uma pequena oficina, dentro de sua propriedade, para fabricar os equipamentos que precisava.

A primeira criação foi uma “grade de discos”, então acionada por tração animal, produzida com o auxílio de seus filhos na concepção e produção.

A partir desta primeira grade, outros implementos começaram a ser produzidos, ainda que de forma artesanal. A qualidade com que eram produzidos e sua grande utilidade na lavoura fez com que os agricultores vizinhos passassem a pedir para que a família produzisse em quantidades suficientes, a fim de que eles também pudessem ser beneficiados com o uso dos implementos.

Assim, em novembro de 1963, na região rural em torno da cidade de São Carlos, surge a empresa. Além de atender aos proprietários rurais da região, a empresa produzia um lote grande de grades, colocavam-nas em um caminhão e saíam afora para vendê-las.

Atualmente a empresa continua operando com estrutura de empresa familiar classificada em função do número de funcionários e faturamento, como empresa de médio porte, a qual sofreu um rápido crescimento durante os cinquenta anos de sua existência, atuando no mercado nacional e internacional.

4.2 Famílias de produtos

Os produtos fabricados pela Piccin estão divididos em treze famílias de produtos. Essas famílias são:

- 1) Adubadores;
- 2) Cultivadores;
- 3) Distribuidores;
- 4) Grades Aradoras de Controle Remoto;
- 5) Grades Aradoras de Arrasto (Com Pneus);
- 6) Grades Aradoras de Pesada;
- 7) Grades Capinadeiras;
- 8) Grades Niveladoras Fixas;
- 9) Grades Niveladoras Flutuantes (Com Pneus);
- 10) Guinchos, Roçadeiras;
- 11) Subsoladores e Diversos.

Os produtos em cada família foram divididos levando em conta as similaridades funcionais e de processos.

O Quadro A1 do apêndice A identifica as famílias de produtos e os respectivos itens componentes de cada família.

A família de produtos definida como "Diversos" representa apenas os produtos em que a maioria de seus processos são terceirizados e aqueles produtos em que não possuem muitas similaridades funcionais entre si, portanto não são considerados uma família de produtos e sim separados dessa forma devido suas particularidades e divergências.

As famílias de Distribuidores, Grades Aradoras de Controle Remoto, Grades Aradoras de Arrasto (Com Pneus), Grades Aradoras de Pesada, Grades Niveladoras Fixas e Grades Niveladoras Flutuantes são famílias em que seus produtos têm maior potencial de demanda e que apresentam os maiores índices de faturamento.

As famílias de produtos com os respectivos itens são fabricados no *layout* descrito no tópico 4.3.

4.3 Layout da Fábrica

Nesse tópico, é indicada a localização de cada setor ou processo da empresa Piccin – Máquinas Agrícolas, fazendo uma breve descrição de cada um de acordo com o *layout* da fábrica representado na Figura 1, na página 51.

Para um maior entendimento de como é a sua organização na fábrica e as particularidades de cada etapa do fluxo de produção as Figuras 2, 3 e 4, representadas em tópicos mais adiante, descrevem as particularidades do *layout* de cada processo específico descrito na Figura 1.

A empresa é dividida nos setores:

- **Abastecimento** – Responsável pelo abastecimento de material de toda a fábrica, tanto o produzido internamente, quanto o que é recebido por fornecedores.
- **Almoxarifado** – Responsável pelo recebimento, controle, separação e organização de todo o material enviado por fornecedores, bem como pela finalização das caixas (caixas com material e ferramentas para a montagem dos equipamentos pelo cliente), tanto com peças produzidas internamente quanto externamente, e pela montagem de eixos.
- **Assistência e Garantia** – Responsável por toda a assistência técnica dada ao consumidor após a saída do produto da empresa.
- **Borracharia** – Responsável pela montagem das rodas com os pneus de todos os equipamentos fabricados na empresa.

- **Caldeiraria** – Responsável por todos os processos que envolvem solda e algumas montagens, geralmente atua nos processos finais de fabricação, recebendo peças tanto da usinagem quanto da estamparia.
- **Comercial** – Responsável pelo tratamento, alocação de pedidos e venda de todos os produtos da empresa. Portanto é responsável pelo contato com os clientes.
- **Compras** – Responsável por todas as compras externas realizadas pela empresa. Bem como responsável por entrar em contato com os fornecedores devido a não conformidades das peças enviadas ou pela falta ou atraso no envio de peças.
- **Engenharia** – Responsável pelos desenhos, modificação e desenvolvimento de projetos de melhoria de peças e equipamentos. Também é responsável pela setagem de todos os produtos fabricados na empresa.
- **Estamparia** – Responsável, geralmente, pelos processos iniciais de fabricação. Na estamparia também está situado a máquina do processo de plasma.
- **Expedição** – Responsável pelo transporte dos equipamentos finalizados para o pátio e sua alocação nas áreas devidas para depois fazer o carregamento de todo os equipamentos e máquinas produzidas.
- **Financeiro** – Responsável pelo o controle e apontamento financeiro de toda a parte de finanças da empresa.
- **Informática e TI** – Responsável pela manutenção de todos os equipamentos eletrônicos, que não afetam diretamente a produção, bem como pela programação e desenvolvimento de *softwares*.
- **Manutenção** – Responsável pela orçamentação e manutenção de todas as máquinas utilizadas para a produção, bem como toda a infraestrutura das instalações da empresa.
- **Marcenaria** – Responsável pela montagem das caixas que serão utilizadas posteriormente no Almoxarifado. Essas caixas são enviadas ao cliente com equipamentos, materiais e manual, para a montagem da máquina adquirida em campo, devido a alguns produtos serem muito grandes para serem enviados montados nos caminhões.
- **Montagem** – Responsável por toda a montagem final e montagem mecânica das máquinas produzidas na empresa.

- **PCP** – Responsável pela programação da produção e pela geração de suas ordens. Bem como todas as alterações e cancelamentos de pedidos.
- **Pintura** – Responsável pela pintura de todos os equipamentos e acessórios. É dividido em dois setores por tipo de pinturas diferentes, as pinturas coloridas e as pinturas azul noite e preta.
- **Raspagem** – Responsável pela raspagem de irregularidades de soldas, rebarbas, dentre outros, e pelo acabamento final. Também responsável pela preparação devida das peças para o envio ao processo de pintura.
- **Recursos Humanos** – Responsável pelo gerenciamento, contato, contratação e demissão de funcionários, bem como todos os documentos relacionados a esses procedimentos.
- **Usinagem** – Responsável tanto por alguns dos processos primários quanto pelos processos intermediários de fabricação, geralmente entre Estamparia e Caldeiraria.

O Tópico 4.4 apresenta a descrição dos processos de fabricação e o Tópico 4.5 os *layouts* específicos de cada processo de fabricação, saindo do geral apresentado na Figura 1 para o específico por setor.

4.4 Descrição dos processos de fabricação

Dos setores citados, apenas seis representam diretamente os processos de fabricação, sendo esses o Almoxarifado, a Estamparia, a Usinagem, a Caldeiraria, a Raspagem, a Montagem e a Pintura.

A Quadro 2 contém a representação dos processos referentes a cada um desses setores.

Quadro 2 – Descrição dos processos por setor.

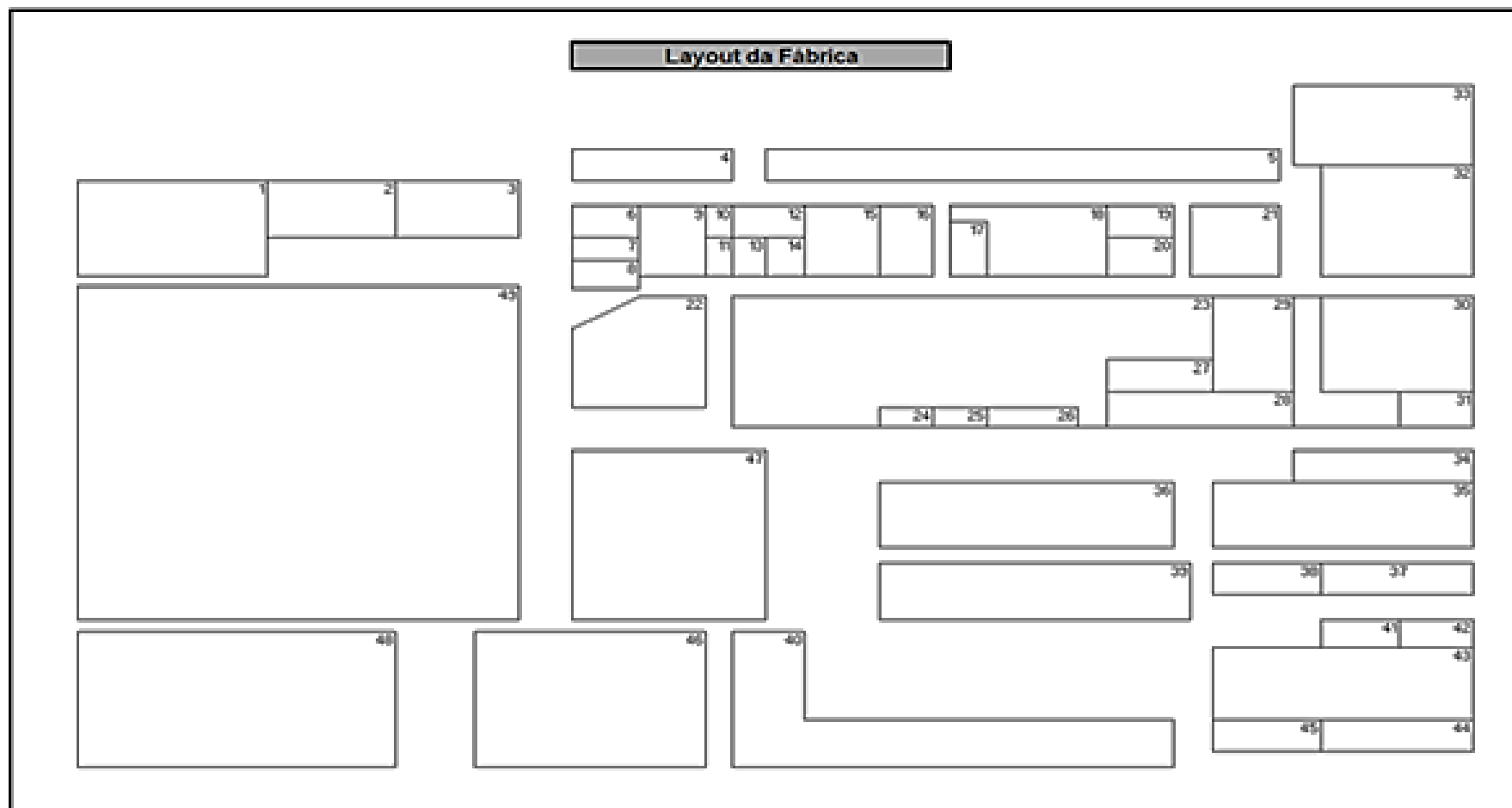
Setores	Processos
Almoxarifado	1) Separação 2) Montagem (Eixo)
Estamparia	1) Corte (Prensa e Plasma) 2) Dobra 3) Estampo

Setores	Processos
Usinagem	1) Furação 2) Serra 3) CNC 4) Centro de Usinagem 5) Torno Convencional 6) Fresa 7) Roscamento 8) Chaveteira
Caldeiraria	1) Furação (Radial) 2) Corte (Maçarico) 3) Solda 4) Montagem
Raspagem	1) Raspagem 2) Lixamento
Montagem	1) Montagem
Pintura	1) Pintura

Fonte: Próprio autor.

Deve ser levado em consideração que a montagem dos eixos no Almoxarifado (setor que geralmente não apresenta processos produtivos), ocorre apenas devido à simplicidade e facilidades encontradas em montar esses equipamentos nesse setor. Portanto, essa montagem poderia ocorrer em qualquer outra área da empresa devido a atender alguma necessidade. É importante ressaltar também que os processos Raspagem, Pintura e Montagem encontram-se separados da classificação indicada pelo fato de que todos esses processos são de responsabilidade de apenas um líder na empresa.

Figura 1 – *Layout* da Fábrica com os respectivos setores identificados de acordo com a legenda.



Fonte: Próprio autor.

“Legenda do *Layout* – Figura 1.”

Legenda					
1	Estacionamento	16	Recursos Humanos	31	Sala - Expedição / Montagem
2	Refeitório	17	Assistência & Garantia	32	Pátio - Expedição
3	Estacionamento	18	Engenharia	33	Pátio - Expedição
4	Estacionamento - Direção	19	Diretoria	34	Pátio de Teste - Master
5	Pátio - Expedição	20	Informática & TI	35	Usinagem
6	Compras	21	Manutenção	36	Estoque - Usinagem
7	Sala de Reuniões	22	Estoque - Caldeiraria	37	Estoque - Borracharia
8	Comercial	23	Caldeiraria	38	Estoque - Estamparia
9	Recepção	24	PCP	39	Estoque - Estamparia
10	Cafeteria	25	Segurança do Trabalho	40	Estoque - Estamparia
11	Corredor	26	Banheiro	41	Borracharia
12	Sala de Reuniões	27	Raspagem	42	Marcenaria
13	Banheiro	28	Montagem	43	Estamparia
14	Banheiro	29	Pintura	44	Banheiro
15	Financeiro	30	Montagem	45	Sala - Plasma
				46	Almoxarifado
				47	Pátio - Recebimento
				48	Pátio - Almoxarifado
				49	Pátio - Expedição

4.5 Layouts dos setores produtivos

Nesse tópico, será apresentado o *layout* de todos os setores produtivos da empresa, excluindo apenas o Almoxarifado que além da distribuição e armazenamento de materiais, apresenta apenas um processo produtivo (montagem de eixos) não importante para o estudo em questão.

Serão apresentados os *layouts* dos seguintes setores:

- 1) Estamparia;
- 2) Usinagem;
- 3) Caldeiraria;
- 4) Raspagem;
- 5) Pintura; e
- 6) Montagem.

Como a Caldeiraria, a Raspagem, a Montagem e a Pintura se situam no mesmo prédio, é representado em um mesmo *layout* específico, englobando todos esses setores.

Em cada *layout* será representado cada célula dos setores citados, bem como os processos ou máquinas presentes em cada uma delas.

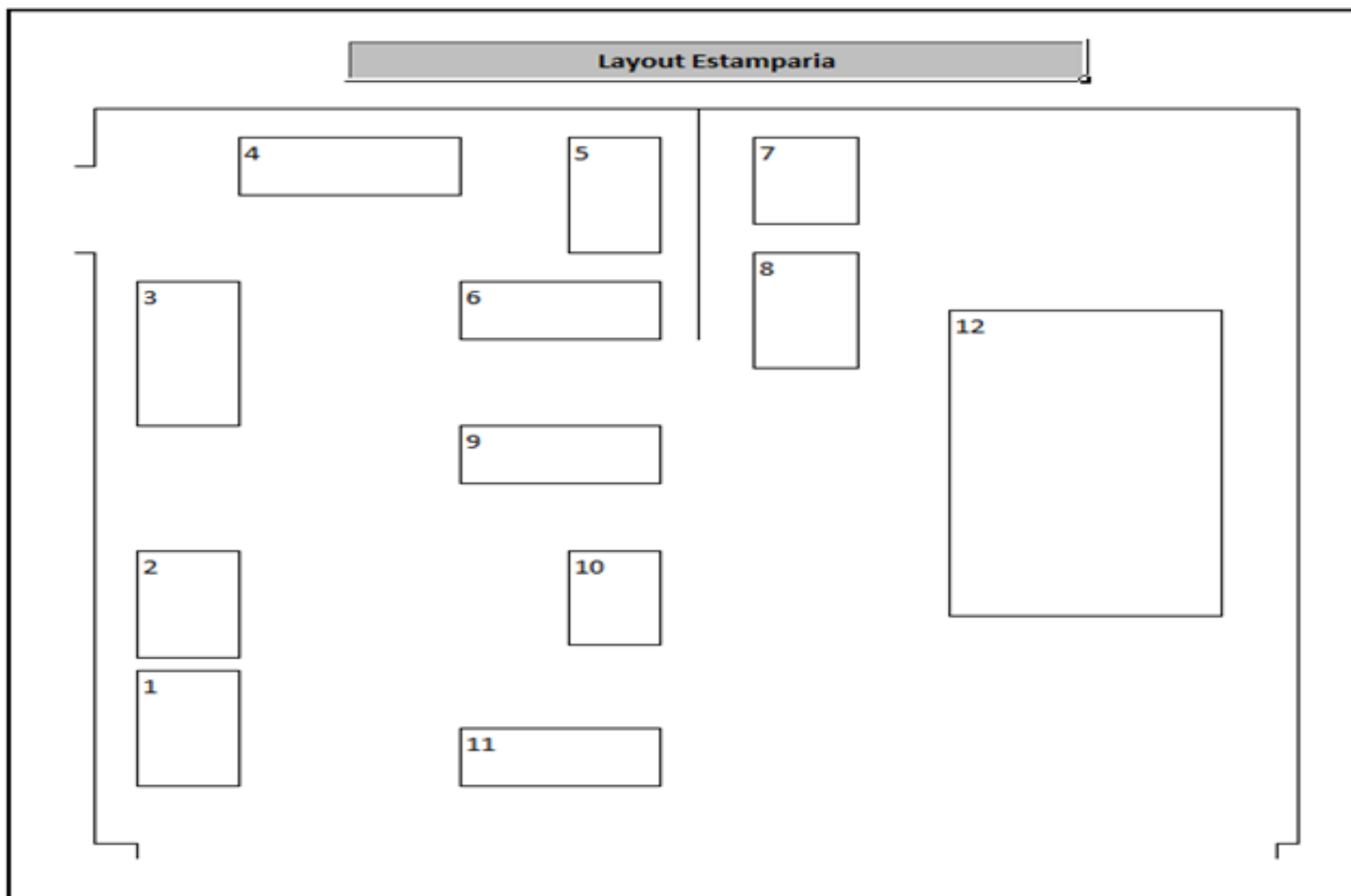
A apresentação desses *layouts* é de extrema importância para no texto identificar o fluxo de produção de um produto específico fabricado na empresa.

Nesse estudo, é definido o fluxo que todos os materiais, necessários na produção desse determinado produto, percorrem em cada um desses setores apresentados.

Primeiramente, será representado o *layout* da Estamparia, já que a maioria dos processos produtivos iniciais ocorre nesse setor.

A Figura 2 representa o *layout* do setor de estamparia da fábrica com a indicação das áreas na legenda.

Figura 2 – *Layout* da Estamparia.



Fonte: Próprio autor.

“Legenda do *layout* – Figura 2”

Legenda			
1	Prensa Excêntrica	7	Forno
2	Prensa Excêntrica	8	Prensa de Fricção
3	Prensa Excêntrica	9	Prensa Hidráulica
4	Prensa Excêntrica	10	Prensa Hidráulica
5	Prensa Hidráulica	11	Prensa de Corte
6	Prensa Excêntrica	12	Plasma

Pode ser observado que no setor da estamparia estão presentes os seguintes maquinários utilizados em seu processo produtivo, e suas quantidades:

- Cinco prensas excêntricas;
- Três prensas hidráulicas;
- Uma prensa de corte;
- Uma prensa de fricção;
- Um forno;
- Uma máquina de corte a plasma.

Pode ser observado que no setor da Usinagem estão presentes os equipamentos descritos na legenda do *layout* da Figura 3. Na Figura 3 está a representação do *layout* da Usinagem.

Na Figura 4 consta a representação do prédio da Caldeiraria. Como já citado anteriormente esse prédio contém os setores da Caldeiraria, Raspagem, Pintura e Montagem.

De acordo com a Figura 1 todos os setores representados no *layout* em conjunto com as células que cada um deles representa são identificados pelos números indicados.

- Caldeiraria – Células 1 a 36;
- Raspagem – Células 37 a 39;
- Montagem – Células 40 a 44, 49 e 50;
- Pintura – Células 45 a 48.

As células 51 a 55 foram apresentadas como integrantes do processo de fabricação da empresa, embora não influenciam diretamente no processo de fabricação do produto definido como objeto do estudo do presente trabalho.

No presente trabalho apenas será feito o estudo do *layout* da Caldeiraria, envolvendo as células de número 1 a 36.

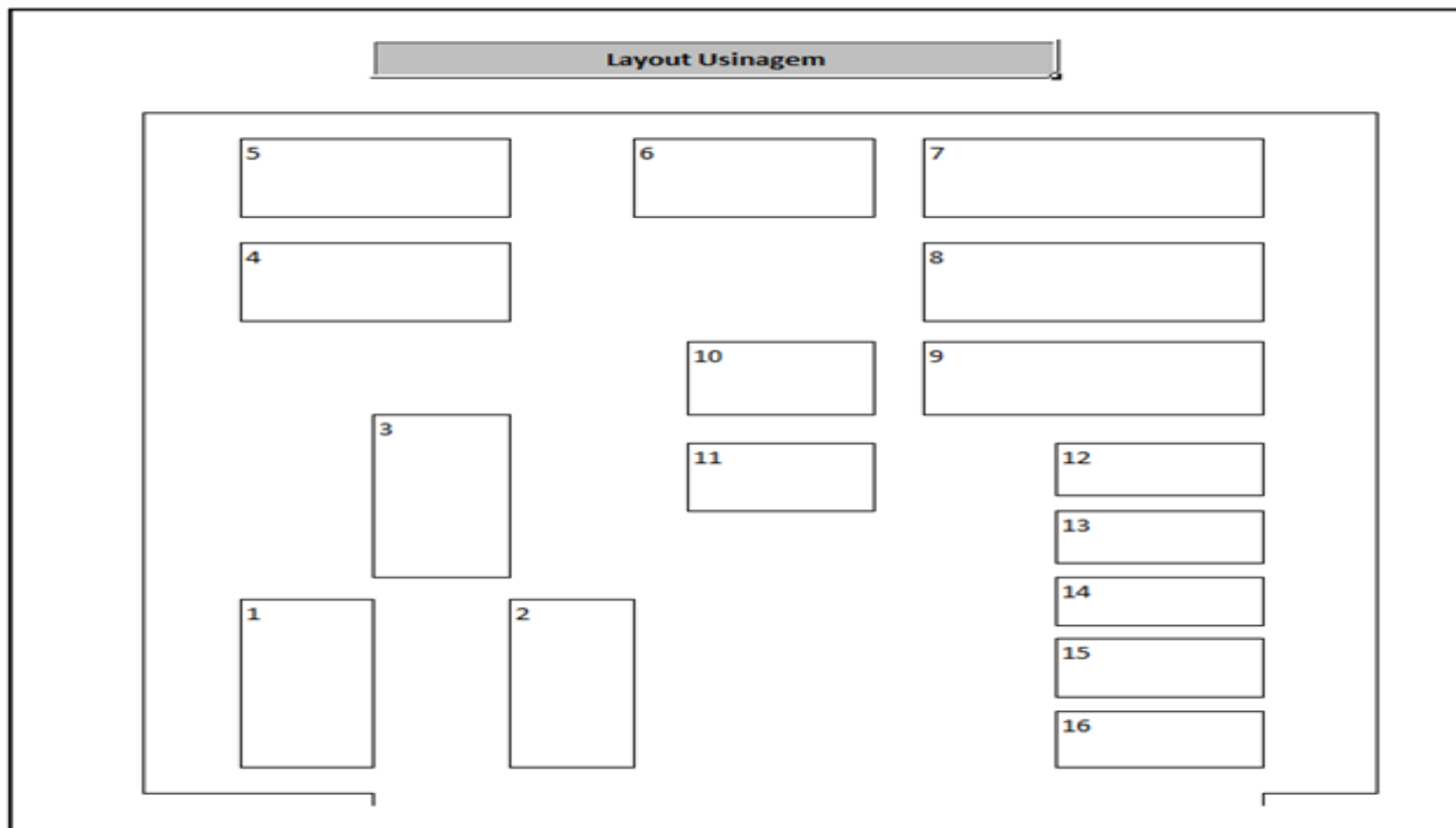
A seleção de processos de fabricação a serem estudados é em função de serem os processos pelos quais os componentes do produto estudado são processados.

Em função do elevado número de produtos por família e dos processos utilizados é inviável abordar no presente trabalhos todos de acordo com o volume de dados e de informações identificados da manufatura.

Os maquinários utilizados em seu processo produtivo, e suas quantidades.

- Duas serras de fita de corte reto;
- Uma serra de fita oblíqua, que permite tanto o corte reto quanto em ângulo;
- Dois tornos CNC;
- Um centro de usinagem vertical;
- Um centro de usinagem;
- Dois tornos convencionais;
- Uma rosqueadora;
- Uma chaveteira;
- Cinco furadeiras.

Figura 3 – *Layout* da Usinagem.

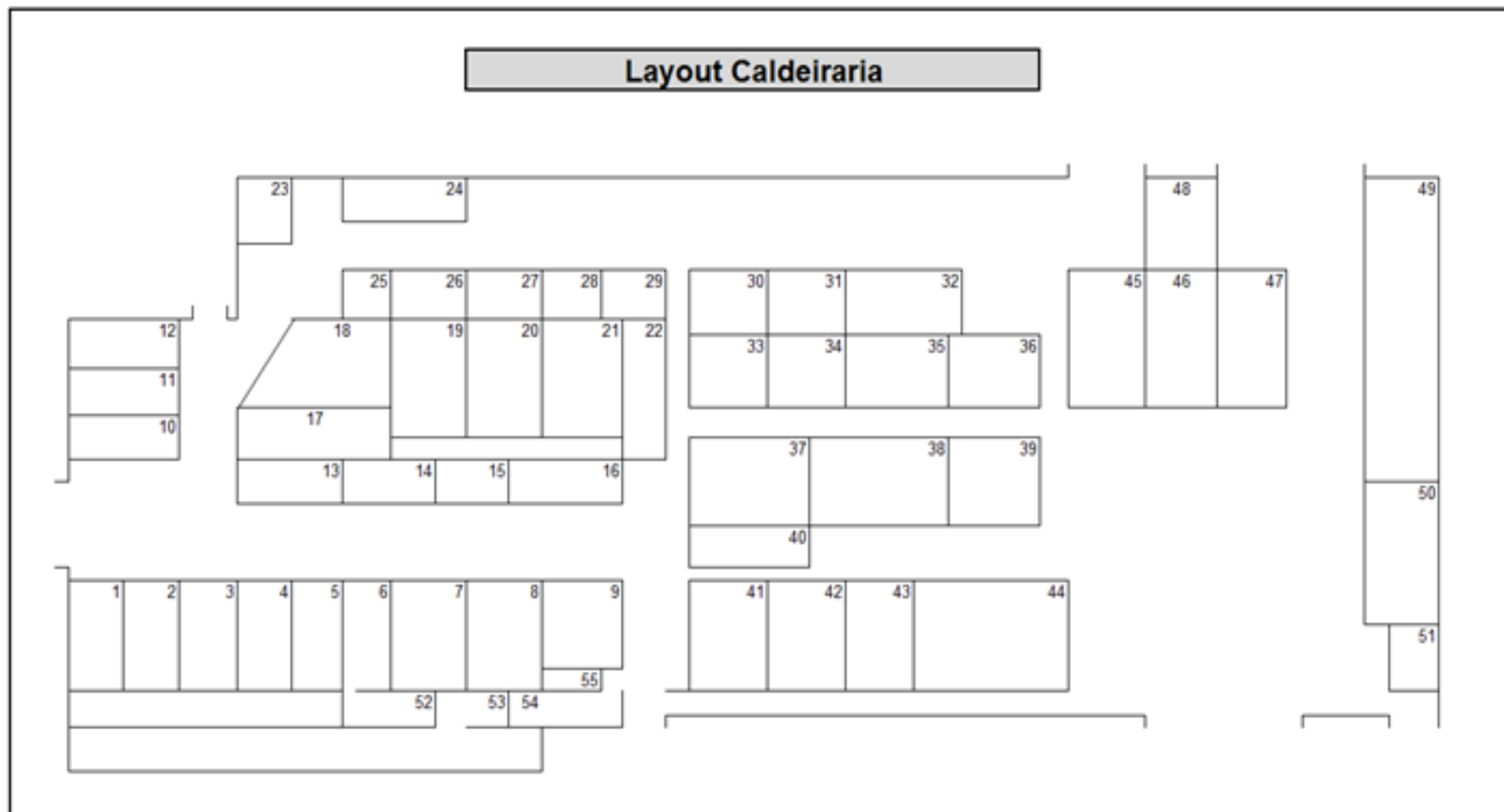


Fonte: Próprio autor.

“Legenda da Usinagem – Figura 3”

Legenda			
1	Serra Fita Reta	9	Rosqueadora
2	Serra Fita Reta	10	Torno Convencional
3	Serra Fita Oblíqua	11	Chaveteira
4	Torno CNC	12	Furadeira
5	Centro de Usinagem Vertical	13	Furadeira
6	Torno CNC	14	Furadeira
7	Centro de Usinagem	15	Furadeira
8	Torno Convencional	16	Furadeira

Figura 4 – *Layout* da Caldeiraria.



Fonte: Próprio autor.

“Legenda do *Layout* – Figura 4”

Legenda					
1	Soldagem Automática	15	Montagem - SPCR	30	Montagem de Cabeçalhos - Aradora
2	Enchimento de Chassis	16	Montagem da Caixa - Master	31	Montagem de Cabeçalhos - Niveladora
3	Montagem de Chassis - Aradora	17	Enchimento de Quadros	32	Soldagem de Cabeçalhos
4	Soldagem de Chassis - Aradora	18	Fechamento de Quadros	33	Montagem de Chassis Traseiros - Niveladora
5	Soldagem de Chassis - Aradora	19	Montagem de Quadros	34	Montagem de Chassis Dianteiros - Niveladora
6	1º Turno: Soldagem - Subsolder	20	Soldagem de Quadros	35	Soldagem de Chassis - Niveladora
	2º Turno: Montagem de Rodeiros - Arador	21	Soldagem de Quadros	36	Soldagem de Chassis - Niveladora
7	Montagem - GAHG	22	Montagem de Chassis - Master	37	Raspagem e Preparação pra Pintura
8	Soldagem - GAHG	23	Furadeira Radial	38	Raspagem e Preparação pra Pintura
9	Soldagem - GAHG	24	Teste de Esteiras	39	Raspagem e Preparação pra Pintura
10	Maçarico	25	Montagem de Esteiras	40	Montagem - Master
11	Montagem - Utilitários	26	Montagem de Esteiras	41	Soldagem e Montagem - Master
12	Soldagem Automática	27	Soldagem de Subpartes	42	Soldagem e Montagem - Master
13	Montagem de Acessórios - Master	28	Soldagem de Subpartes	43	Soldagem e Montagem - Master
14	Soldagem de Acessórios - Master	29	Montagem de Subpartes	44	Montagem Mecânica - Master
				45	Pintura - Colorida
				46	Pintura - Colorida
				47	Pintura - Colorida
				48	Pintura - Azul Noite e Preta
				49	Montagem - Geral
				50	Montagem - Cubo
				51	Sala - Montagem e Expedição
				52	Sala - PCP
				53	Sala - Segurança do Trabalho
				54	Banheiro
				55	Pias e Bebedor

5.6 Sistema de Coordenação de Ordens

A empresa utiliza um Sistema de Coordenação de ordens de produção que é uma adaptação do sistema MRP (*Materials Requirements Planning*) para se adequar a suas necessidades de abastecimento de materiais, e também possui algumas características do sistema *Period Batch Control* no acompanhamento das ordens de produção.

A geração de ordens dos processos iniciais:

- 1) Estamparia (Plasma);
- 2) Usinagem é feita uma semana antes da dos processos de Caldeiraria e processos posteriores como montagem final.

Portanto, a geração de ordens é realizada em dois períodos, tendo cada período a duração de uma semana, onde os processos iniciais até a Usinagem é programada para uma semana, enquanto os processos a partir da Caldeiraria até a finalização são gerados uma semana após. Portanto, o ciclo programado é de 15 dias.

No caso todo o processo compreende, de acordo com o sistema PBC, dois estágios consecutivos de execução de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3 – Geração de Ordens de Produção.

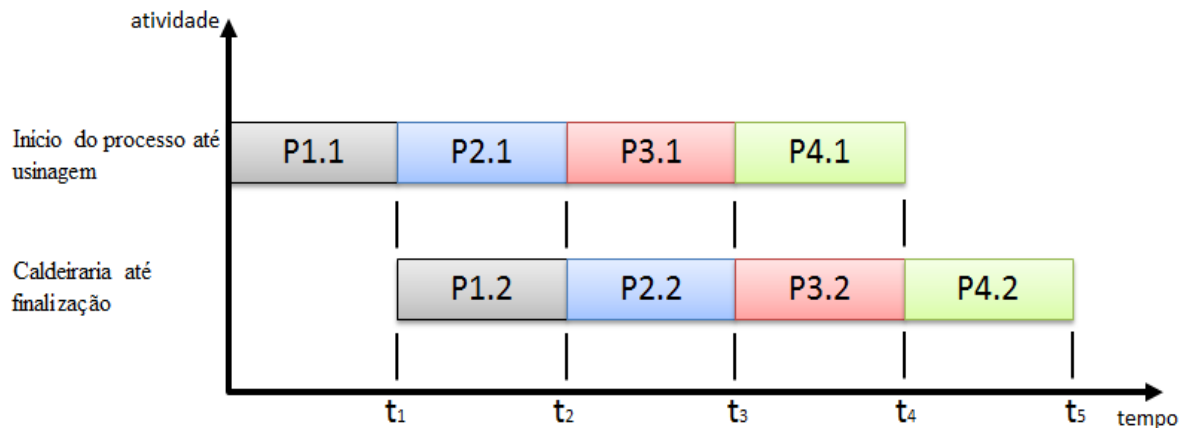
Processos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana n
Início do processo até Usinagem	P1.1	P2.1	P3.1	P4.1	P5.1	Pn.1
Caldeiraria até finalização	-----	P1.2	P2.2	P3.2	P4.2	P(n-1).2

Fonte: Próprio autor.

Portanto, podemos verificar com a tabela acima, que toda programação demora duas semanas (15 dias) para finalização de seu ciclo, sendo que as ordens geradas para cada programação ocorrem semanalmente.

A Quadro 3 e a Figura 5 representam a divisão da programação de produção e da geração de ordens semanalmente.

Figura 5 – Gráfico de Gantt do plano de produção a partir do sistema PBC descrito no Quadro 3.



Fonte: Próprio Autor.

A Quadro 3 possui algumas condições de funcionamento, sendo elas:

- Dentro de cada célula é representado um código $P_{i,j}$;
- i é um número inteiro positivo;
- i se refere à programação semanal de um equipamento;
- j é igual a 1 ou igual a 2;
- j se refere à geração de ordem semanal para cada setor. Tem o valor 1 para "Início do processo até Usinagem" e o valor 2 para "Caldeiraria até finalização";

5.7 Restrições de processos

Durante toda a jornada de crescimento da Piccin, como em qualquer outra empresa, vários problemas e restrições limitam seu crescimento. Alguns problemas são simples de se resolver, outros bastante desafiadores, e qualquer solução tem que levar em conta as várias restrições que podem estar presentes.

As principais restrições que a Piccin enfrenta na manufatura são:

- Baixo nível de instrução dos funcionários. Mão-de-obra desqualificada;
- Espaço físico limitado;
- Fluxos cruzados de processos de fabricação;
- Não possui as máquinas Dobradeira e Guilhotina. Dependência de produtos fornecidos externamente;
- Falta de automatização. Processo manual e desgastante. Alta rotatividade de mão de obra;
- Absenteísmo de pessoas;
- Crescimento muito rápido sem planejamento;

5. Estudo de tempos e processos

Com o propósito de dar início a ajustes e melhorias do fluxo de produção, em decorrência das restrições relacionadas, o estudo desenvolvido no presente trabalho selecionou um dos produtos produzidos pela empresa e mediu os tempos de processamento e caracterizou as etapas de fabricação. Nesse estudo foi determinado o tempo de processamento de cada material de cada componente, integrante do produto final selecionado, nas variadas máquinas e processos em que percorrem. Também foi feito o fluxo de produção para mostrar por onde percorrem as peças em cada setor.

5.1 Produto escolhido

O produto escolhido para o estudo é o Subsolador Piccin, ou abreviadamente, SP. Entre os SP's escolhemos o "SP 5", sendo que o número cinco representa a quantidade de hastes encontradas nesse produto, podendo variar entre 3, 5, 9 e 11 hastes. A escolha desse produto foi devido a sua relativa simplicidade em comparação aos outros equipamentos produzidos internamente na empresa. O que pode facilitar a compreensão dos processos.

O SP 5 é utilizado para escariação e subsolagem a uma profundidade máxima de 400 mm, possui estrutura reforçada, dotada de rodas para a regulação de profundidade e fusíveis de segurança nas hastes. A Figura 6 representa o produto SP 9 e a Figura 7 o produto SP 5.

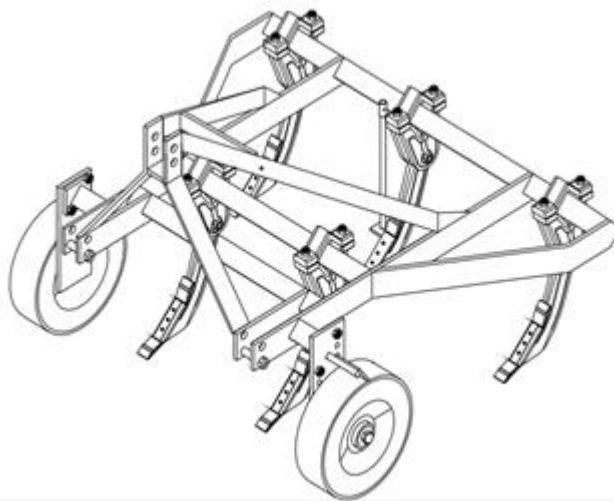
Pode ser notado pela esquema do produto, que a diferença entre os dois modelos SP's se dá apenas em relação ao tamanho do quadro e a quantidade de hastes que cada SP possui.

Figura 6 – “SP 9”.



Fonte: <<http://www.piccin.com.br>>

Figura 8 – “SP 5”.



Fonte: Catálogo de peças Subsolador Piccin.

5.2 Lista de peças

Nesse tópico é apresentada uma lista de peças, mostrando todas as peças usadas para a confecção do SP, bem como suas quantidades.

Será apresentado também, um desenho explodido, separando as montagens principais do SP relacionado com o Quadro 4, onde cada item presente na lista é montado.

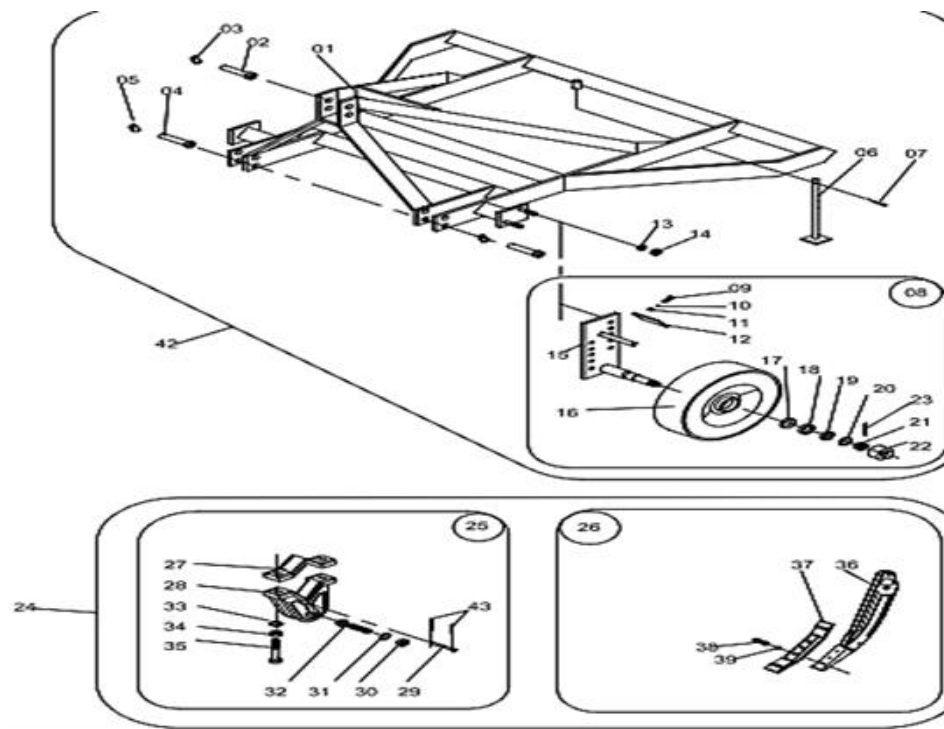
O Quadro 4 representa a lista de peças do produto SP, mostrando o código, descrição e quantidades de cada item utilizado na montagem do SP, na direita estão representadas as quantidades necessárias de cada item por SP, sendo que 3L representa o SP 3, 5L, o SP 5, e assim por diante. A numeração apresentada na primeira coluna dessa Figura faz referência à numeração apresentada no desenho explodido do SP de acordo com a Figura 8.

Quadro 4 – Lista de peças SP.

Item	Código	Denominação	3L	5L	9L	11L
01	PCJ 00019	QUADRO DO SP 3	1			
01A	PCJ 00020	QUADRO DO SP 5		1		
01B	PCJ 00021	QUADRO DO SP 9			1	
01C	PCJ 00018	QUADRO DO SP 11				1
02	PRL 00026	PINO DE 24,5 X 100 CAB. RED.	1	1	1	1
03	CCP 00011	PINO TRAVA C/ ARGOLA 1/4" X 2"	1	1	1	1
04	PSJ 00472	PINO DE 27,5 X 105 CAB. SOLD.	2	2	2	2
05	CCP 00012	PINO TRAVA C/ ARGOLA 7/16" X 2"	2	2	2	2
06	PSJ 00238	PÊ DE APOIO DE 760	1	1	1	1
07	CCP 00008	CONTRAPINO 5/16" X 2"	1	1	1	1
08	PCJ 00017	CONJUNTO DA RODA ESQUERDA DO SP	1	1	1	1
08A	PCJ 00016	CONJUNTO DA RODA DIREITA DO SP	1	1	1	1
09	CPA 00049	PARAF SEXT 7/16" X 1.3/4" UNC RI PO	4	4	4	4
10	CAL 00004	ARRUELA LISA 1/2"	4	4	4	4
11	CPO 00028	PORCA SEXT PESADA 7/16" UNC PO CH 3/4"	4	4	4	4
12	PBC 00104	LIMPADEIRA DA RODA DO SP	2	2	2	2
13	CAP 00006	ARRUELA DE PRESSÃO 5/8"	4	4	4	4
14	CPO 00021	PORCA SEXT LEVE 5/8" UNC ZB	4	4	4	4
15	PSJ 00032	SUPORTE DA RODA ESQ. SP	1	1	1	1
15A	PSJ 00033	SUPORTE DA RODA DIR. SP	1	1	1	1
16	PSJ 00034	RODA DO SP	2	2	2	2
17	CRN 00001	RETENTOR ARCA 5014 BAG (REF. SABÓ 01602 B)	2	2	2	2
18	CRO 00007	ROLAMENTO CONICO 67048/010	2	2	2	2
19	CRO 00002	ROLAMENTO CONICO 30207	2	2	2	2
20	CAL 00007	ARRUELA LISA 7/8"	2	2	2	2
21	CPO 00011	PORCA SEXT CASTELO 7/8" UNF	2	2	2	2
2	MFC 00001	CALOTA DO CUBO 5 FUROS	2	2	2	2
23	CCP 00002	CONTRAPINO 5/32" X 1.1/4"	2	2	2	2
24	PCJ 00015	HASTE DO SP COMPLETA	3	5	9	11
25	PSJ 00239	CONJ. SUPORTE DA HASTE DO SP	3	5	9	11
26	PSJ 00240	HASTE DO SP COM PICÃO	3	5	9	11
27	CFN 00048	FIXADOR DO SUPORTE DA HASTE - SP	3	5	9	11
28	CFN 00062	SUPORTE DA HASTE DO SUBSOLADOR	3	5	9	11
29	PRT 00055	PINO DE SEGURANÇA DA HASTE DO SP	3	5	9	11
30	CPO 00029	PORCA SEXT PESADA 7/8" UNC PO	3	5	9	11
31	CAP 00008	ARRUELA DE PRESSÃO 7/8"	3	5	9	11
32	CPA 00058	PARAF SEXT 7/8" X 4" UNC RP PO	3	5	9	11
33	CAP 00010	ARRUELA DE PRESSAO 1.1/8" MEDIA IND.OLEADA	6	10	18	22
34	CPO 00050	PORCA SEXT AUTO TRAV. 1.1/8" UNC	6	10	18	22
35	CPA 00104	PARAF SEXT 1.1/8" X 5" UNC RP PO G5	6	10	18	22
36	CFN 00050	HASTE DO SUBSOLADOR	3	5	9	11
37	CLA 00001	BICO DO SUBSOLADOR	3	5	9	11
38	CPA 00005	PARAF ARADO 1/2" X 1.3/4" WW PO C/ PORCA	9	15	27	33
39	CAP 00005	ARRUELA DE PRESSÃO 1/2"	9	15	27	33
40	CPA 00022	PARAF SEXT 1/2" X 1.1/2" UNC RI ZB				
42	PCJ 01771	QUADRO DO SP3 COMPLETO	1			
42A	PCJ 01772	QUADRO DO SP5 COMPLETO		1		
42B	PCJ 01773	QUADRO DO SP9 COMPLETO			1	

Fonte: Catálogo de peças Subsolador Piccin.

Figura 8 – Desenho explodido do SP.



Fonte: Catálogo de peças Subsolador Piccin.

Deve-se levar em conta que na lista acima consta apenas os materiais prontos para montagem, portanto não há indicação das matérias-primas necessárias para a produção.

5.3 Sequência de procedimentos

Nesse tópico será apresentado a sequência de procedimentos e o número de etapas necessárias para a confecção do SP 5. Para isso, foi feita uma árvore de todos os materiais e matérias-primas necessárias na confecção do produto, foram coletados os tempos unitários de cada processo e as quantidades necessárias de cada material. Também foi determinado o número de processos que cada peça passa até chegar ao próximo estágio, representando o setor responsável e as máquinas ou procedimentos necessários. Todos esses dados foram condensados nos Quadros 5 a 14.

Quadro 5 – Etapa 1 do processo de fabricação.

Material Comprado	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 1
Tubo Red. DIN 2440 1" (33,4 X 2,65)	Usinagem	Serra	1	4	4	Usinagem	Centro de Usinagem	1	0,34	0,34	-	-	-	-	-	Tubo do Pé de Apoio
Chapa Grossa 1/4" (6,3MM) ASTM A36	Estamparia	Plasma	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Base do Pé de Apoio
Barra Red. Lam. 1.1/8" SAE 1045 6M	Usinagem	Serra	2	2	4	Usinagem	Torno CNC	2	0,14	0,28	-	-	-	-	-	Pino de 1.1/8" X 115MM
Barra Red. Lam. 1" SAE 1045 6M	Usinagem	Serra	1	3	3	Usinagem	Torno CNC	1	0,14	0,14	-	-	-	-	-	Pino de 1" X 105 MM
Tubo Red. DIN 2440 1.1/4" (42,4 X 3,5)	Usinagem	Serra	1	4	4	Usinagem	Centro de Usinagem	1	0,34	0,34	-	-	-	-	-	Suporte do Pé de Apoio do SP
Cantoneira 3" X 3/8" ASTM A36 12M	Estamparia	Prensa de Corte	2	15	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cantoneira 3" X 3/8" X 100
Chapa Grossa 5/8" (16,0MM) SAE A36	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Chapa do Suporte da Roda do SP
Rebite RX AL 3,2 X 8	Montagem	Montagem 2	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Logotipo Piccin C/ Plaqueta de Alum.
Placa de Identificação Piccin Plaqueta de Identificação 102 X 41MM																
Cantoneira de 4" X 3/8" ASTM A36 12M	Estamparia	Prensa de Corte	3	0,25	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cantoneira de 4" X 3/8" X 895
Cantoneira de 4" X 3/8" ASTM A36 12M	Estamparia	Prensa de Corte	2	0,25	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cantoneira de 4" X 3/8" X 1700
Barra CH 4" X 1/2 X 100 X 100	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Triângulo Reforço 1/2" X 100 X 100
Barra CH 6" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Hidráulica	2	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Chassi para SP3 e SP5
Barra CH 3" X 3/4" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Hidráulica	2	6	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Torre para SP
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	1	5	5	Estamparia	Prensa Hidráulica	1	5	5	-	-	-	-	-	Escora Esquerda da Torre do SP
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	1	6	6	Estamparia	Prensa Hidráulica	1	6	6	-	-	-	-	-	Escora Direita da Torre do SP
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reforço Reto 3" X 5/8" X 90
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Travessa BC 3 X 5/8" X 430
Chapa Grossa 5/8" (16,0MM) SAE A36	Caldeiraria	Maçarico	2	3	6	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	2	4	Estamparia	Prensa Hidráulica	2	10	20	Chapa Lateral do SP5
Chapa Grossa 5/8" (16,0MM) SAE A36	Caldeiraria	Maçarico	2	3	6	Usinagem	Torno CNC	2	9	18	Usinagem	Furadeira	2	4	8	Chapa de Engate Interna para SP3 e SP5
Cubo da Roda - SP	Usinagem	Torno CNC	2	17	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cubo da Roda - SP - Completo
Chapa Fina 10 1006/08 CORTADA/DOBRADA	Estamparia	Plasma	4	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tampa da Roda do SP
Chapa Fina 3/16" CORTADA/DOBRADA	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Chapa da Roda do SP
Barra Red. Lam. 1.5/8" SAE 1045	Usinagem	Serra	2	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ponta de Eixo 1.5/8" X 190 (30207/67048)
Barra Q. 1" SAE 1045	Usinagem	Serra	2	4	8	Usinagem	Furadeira	2	4	8	-	-	-	-	-	Suporte do Limpador da Roda do SP
Barra CH 2.1/2" X 3/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Triângulo Reforço 2.1/2" X 3/8" X 35
Barra CH 6" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	2	4	Estamparia	Prensa Hidráulica	2	2	4	-	-	-	-	-	Chapa da Regulagem da Roda do SP
Barra CH 67,00 X 8,00 SAE 5160 - CHANFRADA	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	2	4	Estamparia	Prensa Hidráulica	2	5	10	-	-	-	-	-	Limpadeira da Roda do SP
Calota do Cubo 5 Furos / 6 FUROS Pequena	Usinagem	Torno CNC	2	9	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Calota do Cubo 5 Furos
Paraf. Arado 1/2" X 1.3/4" WW PO C/ PORCA	Montagem	Montagem	5	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Haste do SP com Picão
Bico do Subsolador																
Haste do Subsolador																
Arruela de Pressão 1/2" Pesada Ind. Zincada																
Barra Red. Tref. 5/8" SAE 1010/20	Usinagem	Serra	5	2	10	usinagem	Torno CNC	5	0,14	0,7	-	-	-	-	-	Pino de 5/8" X 107 MM

Fonte: Próprio autor.

Quadro 6 – Etapa 2 do processo de fabricação.

Produto 1	Setor 1	Processo 1	Qtde	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde	T(un)	Tt	Produto 2
Tubo do Pé de Apoio	Caldeiraria	Montagem 1	1	1	1	Caldeiraria	Solda 1	1	1	1	-	-	-	-	-	Pé de Apoio de 760
Base do Pé de Apoio																
Pino de 1.1/8" X 115MM	Montagem	Montagem 2	2	0,25	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Pino de 1.1/8" X 115MM Completo
Pino Elástico 12 X 70																
Pino de 1" X 105 MM	Montagem	Montagem 2	1	0,25	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Pino de 1" X 105MM Completo
Pino Elástico 8 X 60																
Cantoneira 3" X 3/8" X 100	Caldeiraria	Montagem 1	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Subconjunto do Suporte Direito da Roda do SP
Paraf. Sext. 5/8" X 2"																
Chapa do Suporte da Roda do SP	Caldeiraria	Montagem 1	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Subconjunto do Suporte Esquerdo da Roda do SP
Cantoneira de 3" X 3/8" X 100																
Chapa do Suporte da Roda SP	Caldeiraria	Montagem 1	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Subconjunto do Suporte Esquerdo da Roda do SP
Paraf. Sext. 5/8" X 2"																
Chapa Lateral do SP5	Estamparia	Prensa Excêntrica	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Chapa Lateral do SP5 - Completa
Chapa de Engate Interna para SP3 e SP5																
Tampa da Roda do SP	Estamparia	Prensa Hidráulica	2	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tampa da Roda do SP - Completa
Ponta de Eixo 1.5/8" X 190 (30207/67048)	Caldeiraria	Montagem 1	1	2	2	Caldeiraria	Solda 1	1	2	2	-	-	-	-	-	Suporte da Roda Esq. SP
Suporte do Limpador da Roda do SP																
Triângulo Reforço 2.1/2" X 3/8" X 35	Caldeiraria	Montagem 1	1	2	2	Caldeiraria	Solda 1	1	2	2	-	-	-	-	-	Suporte da Roda Dir. SP
Chapa da Regulagem da Roda do SP																
Ponta de Eixo 1.5/8" X 190 (30207/67048)	Caldeiraria	Montagem 1	1	2	2	Caldeiraria	Solda 1	1	2	2	-	-	-	-	-	Suporte da Roda Dir. SP
Suporte do Limpador da Roda do SP																
Triângulo Reforço 2.1/2" X 3/8" X 35	Caldeiraria	Montagem 1	1	2	2	Caldeiraria	Solda 1	1	2	2	-	-	-	-	-	Suporte da Roda Dir. SP
Chapa da Regulagem da Roda do SP																
Pino de 5/8" X 107 MM	Montagem	Montagem 2	5	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conj. Suporte da Haste do SP
Porca Sext. Auto Trav. 1.1/8" UNC																
Porca Sext. Pesada 7/8" UNC 9 Fios ZB CH 1,7/16	Montagem	Montagem 2	5	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conj. Suporte da Haste do SP
Paraf. Sext. 7/8" X 4,1/2" UNC RP PO																
Práf. Sext. 1.1/8" X 5" UNC RP PO G5	Montagem	Montagem 2	5	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conj. Suporte da Haste do SP
Suporte da Haste do Subsólador																
Fixador do Suporte da Haste - SP	Montagem	Montagem 2	5	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conj. Suporte da Haste do SP
Contrapino 5/32" X 1" ZB																
Arruela de Pressão 1.1/8" Pesada Ind. Zincada	Montagem	Montagem 2	5	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conj. Suporte da Haste do SP
Aruela de Pressão 7/8" Pesada Ind. Zincada																
Paraf. Arado 1/2" X 1.3/4" WW PO C/ Porca	Montagem	Montagem 2	5	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conj. Suporte da Haste do SP

Fonte: Próprio autor.

Quadro 7 – Etapa 3 do processo de fabricação.

Produto 2	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 3
Suporte do Pé de Apoio do SP	Caldeiraria	Montagem 1	1	30	30	Caldeiraria	Solda 2	1	120	120	-	-	-	-	-	Quadro do SP5
Subconjunto do Suporte Direito da Roda do SP																
Logotipo Piccin C/ Plaqueta de Alum.																
Subconjunto do Suporte Esquerdo da Roda do SP																
Cantoneira de 4" X 3/8" X 895																
Cantoneira de 4" X 3/8" X 1700																
Triângulo Reforço 1/2" X 100 X 100																
Chassi para SP3 e SP5																
Torre para SP																
Escora Esquerda da Torre do SP																
Escora Direita da Torre do SP																
Reforço Reto 3" X 5/8" X 90																
Travessa BC 3 X 5/8" X 430																
Chapa Lateral do SP5																
Tampa da Roda do SP - Completa	Caldeiraria	Montagem 1	2	5	10	Caldeiraria	Solda 1	2	5	10	-	-	-	-	-	Roda do SP
Haste do SP com Picão	Montagem	Montagem 2	5	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Haste do SP Completa
Conj. Suporte da Haste do SP																

Fonte: Próprio autor.

Quadro 8 – Etapa 4 do processo de fabricação.

Produto 3	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 4
Roda do SP	Montagem	Montagem 2	1	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conjunto da Roda Esquerda do RP
Suporte da Roda Esq. SP																
Limpadeira da Roda do SP																
Calota do Cubo 5 Furos																
Rolamento Cônico 67048/010																
Rolamento Cônico 30207																
Retentor Arca 5014BAG (REF. SABÓ 01602 BAG)																
Porca Sext. Castelo 7/16" UNC PO CH 3/4"																
Porca Sext. Castelo 7/8" UNF 14 Fios																
Paraf. Sext. 7/16" X 1.3/4" UNC RI PO																
Contrapino 5/32" X 1.1/4" ZB																
Arruela Lisa 7/8"																
Arruela Lisa 1/2"																
Roda do SP	Montagem	Montagem 2	1	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Conjunto da Roda Direita do RP
Suporte da Roda Dir. SP																
Limpadeira da Roda do SP																
Calota do Cubo 5 Furos																
Rolamento Cônico 67048/010																
Rolamento Cônico 30207																
Retentor Arca 5014BAG (REF. SABÓ 01602 BAG)																
Porca Sext. Castelo 7/16" UNC PO CH 3/4"																
Porca Sext. Castelo 7/8" UNF 14 Fios																
Paraf. Sext. 7/16" X 1.3/4" UNC RI PO																
Contrapino 5/32" X 1.1/4" ZB																
Arruela Lisa 7/8"																
Arruela Lisa 1/2"																
Haste do SP Completa	Pintura	Pintura	5	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Haste do SP Completa

Fonte: Próprio autor.

Quadro 9 – Etapa 5 do processo de fabricação.

Produto 4	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 5
Pé de Apoio de 760	Caldeiraria	Montagem 1	1	40	40	Caldeiraria	Solda 2	1	60	60	-	-	-	-	-	Quadro do SP5 Completo
Pino de 1.1/8" X 115MM Completo																
Pino de 1" X 105MM Completo																
Quadro do SP5																
Conjunto da Roda Esquerda do RP																
Conjunto da Roda Direita do RP																
Porca Sext. Leve 5/8" UNC Zb																
Pino Trava C/ Argola 7/16" X 2"																
Pino Trava C/ Argola 1/4" X 2"																
Contrapino 5/16" X 2" ZB																
Arruela de Pressão 5/8" Pesada Ind. Zincada																
Haste do SP Completa	Pintura	Secagem	5	30	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Haste do SP Completa

Fonte: Próprio autor.

Quadro 10 – Etapa 6 do processo de fabricação.

Produto 5	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 6
Quadro do SP5 Completo	Raspagem	Raspagem	1	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Quadro do SP5 Completo

Fonte: Próprio autor.

Quadro 11 – Etapa 7 do processo de fabricação.

Produto 5	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 6
Quadro do SP5 Completo	Raspagem	Raspagem	1	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Quadro do SP5 Completo

Quadro 12 – Etapa 8 do processo de fabricação.

Fonte: Próprio autor.

Produto 6	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 7
Quadro do SP5 Completo	Pintura	Pintura	1	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Quadro do SP5 Completo - Pintado

Quadro 13 – Etapa 9 do processo de fabricação.

Fonte: Próprio autor.

Produto 7	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto 8
Quadro do SP5 Completo	Pintura	Secagem	1	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Quadro do SP5 Completo - Pintado

Quadro 14 – Etapa 10 do processo de fabricação.

Fonte: Próprio autor.

Produto 8	Setor 1	Processo 1	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 2	Processo 2	Qtde.	T(un)	Tt	Setor 3	Processo 3	Qtde.	T(un)	Tt	Produto Final
Quadro do SP5 Completo	Montagem	Montagem 2	1	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SP 5
Haste do SP Completa																
Adesivo SP 90MM X 550MM																

Fonte: Próprio autor.

Essas nove etapas de processos mostram toda a confecção do SP5, desde toda a matéria-prima e componentes que entram na empresa, até o produto final.

Estas Figuras já estão separadas por ordem cronológica, portanto o processo 1 sempre ocorre antes do 2 e assim por diante. O mesmo serve para as etapas de cada equipamento, cada uma ocorre apenas se seus predecessores houverem finalizado.

Porém há casos em que um material nas etapas iniciais, pode ser montada em etapas posteriores devido ao seu uso tardio na montagem. Por exemplo, os "pinos de 1.1/8" X 115MM completo" e os "pinos de 1" X 105 MM completo" que tem suas montagens representadas na Etapa 2 e só serão usadas na Etapa 5. Outro exemplo disso é o processo de produção da "haste do SP completa", que se inicia na Etapa 1 e é finalizada na Etapa 5. Portanto, poderia ter seu início na Etapa 5 e finalização na Etapa 9 conforme for a necessidade produtiva.

As quantidades representadas nas tabelas se referem para a produção de apenas um SP 5 e os tempos também são referentes ao processamento unitário das peças. Levando-se em consideração que tanto o tempo unitário $T(un)$ e o tempo total (Tt) são representados em minutos. O Tt é dado pela multiplicação do número de peças pelos tempos unitários.

Pode ser notado a separação das soldagens e montagens, em 1 e 2. Essa separação é devido ao processamento diferente em cada um desses tipos. A "Solda 1" representa todas as soldas manuais que ocorrem na Caldeiraria, que podem ocorrer em duas células diferentes, como veremos adiante, já a "Solda 2" representa a soldagem automática, e essa, ocorre apenas em uma célula específica.

No caso das montagens, a "Montagem 1" se refere à todas as montagens que ocorrem no setor da Caldeiraria, já a "Montagem 2" ocorre no setor de Montagem.

Pode-se perceber também que há alguns casos em que há fluxo de ida e volta de certos materiais entre as mesmas células, o que faz que seja possível a fabricação de outros componentes enquanto se espera o retorno da peça enviado.

Um exemplo disso são as "rodas do SP" que na Etapa 3 são montadas e soldadas na Caldeiraria, depois são levadas para o setor de Montagem na Etapa 4 e, junto com outras peças, são montadas e formam os "conjunto da roda esquerda do RP" e "conjunto da roda direita do RP". Após isso,

esses conjuntos, retornam à Caldeiraria para montagem e soldagem na Etapa 5 para formar o “Quadro do SP 5 completo”.

5.4 Tempo médio de máquina trabalhada

Nesse tópico, iremos calcular o tempo médio de máquina trabalhada, ou seja, a média do tempo prevista que cada uma das máquinas e células que funcionar desde o início até a finalização do SP5. Para isso utilizaremos as tabelas do tópico anterior para conseguir os tempos totais em que cada máquina ou célula é necessitada.

Nesse caso, os *layouts* apresentados anteriormente permitiram calcular o número de máquinas e células a serem utilizadas em cada setor para a produção. Esse cálculo é basicamente somar o número de máquinas. Mas é necessário tomar cuidado no caso da Caldeiraria, em que todas as montagens ocorrem apenas em uma célula específica, e apenas duas células são disponibilizadas para soldagens manuais.

Quadro – Tempo médio de máquina trabalhada.

Eq. e Processos do SP 5	Setor	Tempo de Setup	Nº de Setup	Tempo Total em Produção	Tempo Total	Qtde de Máquina	Tempo Médio de Máquina
Maçarico	Caldeiraria	5	2	12	22	1	22,0
Montagem 1	Caldeiraria	3	8	91	115	1	115,0
Solda 1	Caldeiraria	5	4	15	35	2	17,5
Solda 2	Caldeiraria	5	2	180	190	2	95,0
Plasma	Estamparia	15	2	11	41	1	41,0
Prensa de Corte	Estamparia	10	3	1,75	31,75	1	31,8
Prensa Excêntrica	Estamparia	5	12	52	112	5	22,4
Prensa Hidráulica	Estamparia	5	8	77	117	3	39,0
Montagem 2	Montagem	2	9	96,75	114,75	5	23,0
Pintura	Pintura	1	2	80	82	3	27,3
Secagem	Pintura	1	2	190	192	6	32,0
Raspagem	Raspagem	2	1	20	22	3	7,3
Centro de Usinagem	Usinagem	15	2	0,68	30,68	1	30,7
Furadeira	Usinagem	5	4	38	58	5	11,6
Serra	Usinagem	5	7	31	66	3	22,0
Torno CNC	Usinagem	10	5	70,42	120,42	2	60,2

Fonte: Próprio autor.

Na Quadro 15 também estão representados os tempos de *setup* de cada máquina, bem como o número de *setup* que foi calculado a partir do número de vezes em que cada máquina é necessitada para o processo.

A multiplicação desses tempos de *setup* com suas quantidades, somada com o tempo total de cada máquina adquirido com os dados da tabela anterior, resulta no tempo total por máquina. Utilizando-se das quantidades de cada máquina e célula, e fazendo a divisão do tempo total por esse valor, chegamos no tempo médio em que cada máquina ou célula trabalha.

No caso da “montagem 2” foi considerado o valor 5 na quantidade de máquinas, pois existem cinco operados que trabalham paralelamente nessa célula.

Já no caso da “secagem” foi considerado o valor 6 na quantidade de máquinas, porque ao todo são 6 peças que passam por esse processo, e como não há limitação de quantidades para serem postas para secar simultaneamente, então esse foi o valor considerado mais aproximado para o cálculo.

5.5 Fluxo de materiais

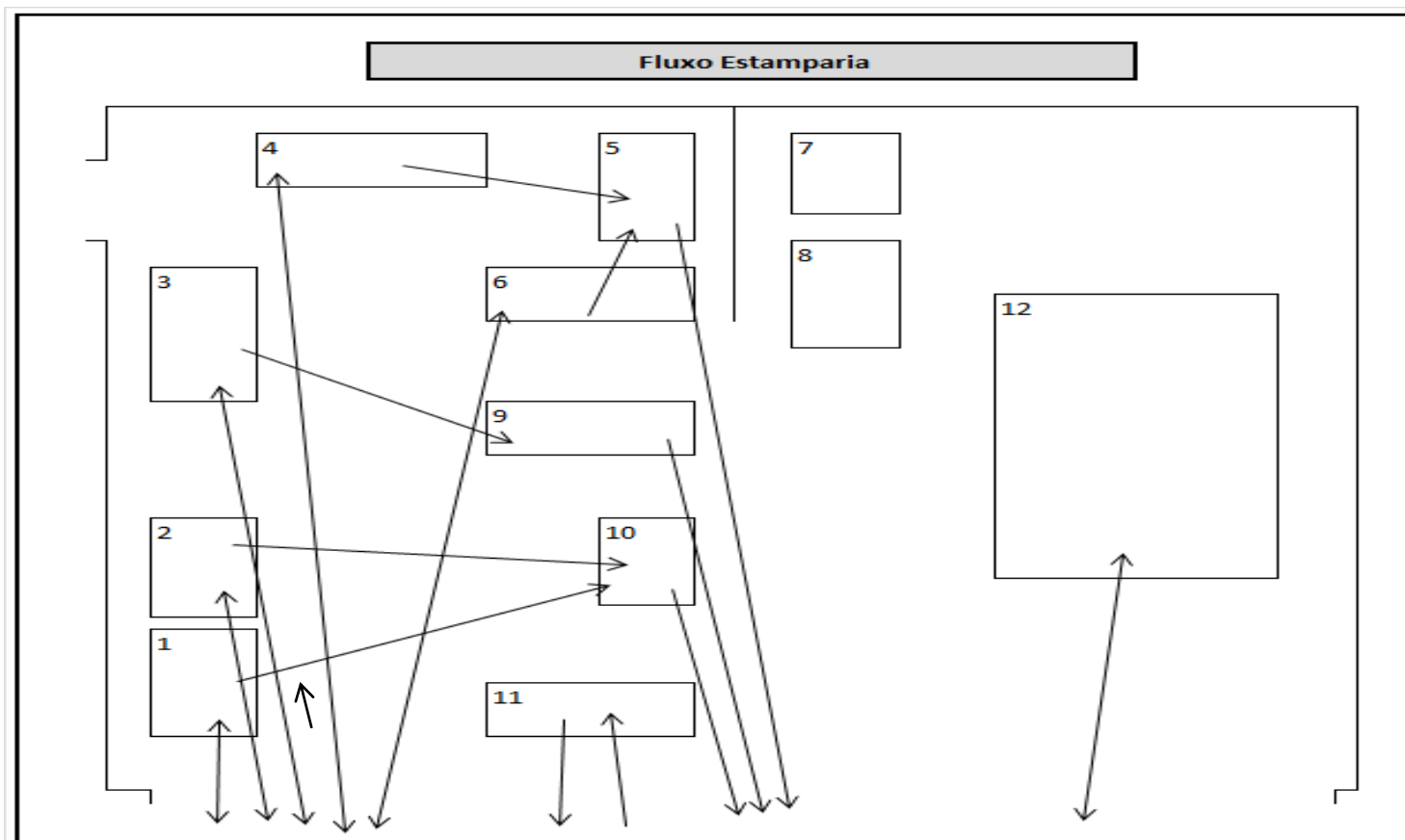
Utilizando as informações do tópico 5.3, e os layouts do tópico 4.5 foi possível traçar o fluxo dos materiais em cada um dos setores.

Esse fluxo tem o intuito de apenas de dar uma ideia mais visual das entradas e saídas de cada máquina e cada setor da empresa. Portando não haverá o aprofundamento no caminho percorrido por cada material, pois isso tornaria excessivamente extenso o estudo devido à quantidade demasiada de materiais utilizados no processo. A Figura 9 mostra o fluxograma da Estamparia.

No fluxo interno do Setor, todas as máquinas semelhantes podem enviar seus produtos para todas as máquinas para processamento posterior, sendo que essas sejam semelhantes também.

Ou seja, todas as cinco prensas excêntricas podem enviar seus produtos finalizados, para qualquer uma das três prensas hidráulicas. Não foi feito a representação de todas as linhas do fluxo nesses casos para evitar deixar o desenho muito carregado.

Figura 9 – Fluxo da Estamparia.



Fonte: Próprio autor.

“Legenda fluxo – Figura 9”

Legenda

1	Prensa Excêntrica	7	Forno
2	Prensa Excêntrica	8	Prensa de Fricção
3	Prensa Excêntrica	9	Prensa Hidráulica
4	Prensa Excêntrica	10	Prensa Hidráulica
5	Prensa Hidráulica	11	Prensa de Corte
6	Prensa Excêntrica	12	Plasma

Deve-se levar em conta que, para a produção do SP 5, todo material que entra na Estamparia é matéria-prima.

As únicas exceções são no caso da confecção da “chapa lateral do SP 5”, em que a matéria-prima é cortada no Maçarico da Caldeiraria e enviada para a Estamparia para realizar os processos posteriores e no caso da “chapa de engate interna para SP 5” em que é enviado pela Usinagem.

Pode-se notar que, em todos os casos, existem peças em que há o processamento em apenas uma máquina na Estamparia e depois são enviadas para outros setores.

Porém isso ocorre sempre nos casos da prensa de corte, do plasma e da prensa hidráulica. Mas diferente das duas primeiras a prensa hidráulica também pode receber peças previamente processadas pela prensa excêntrica.

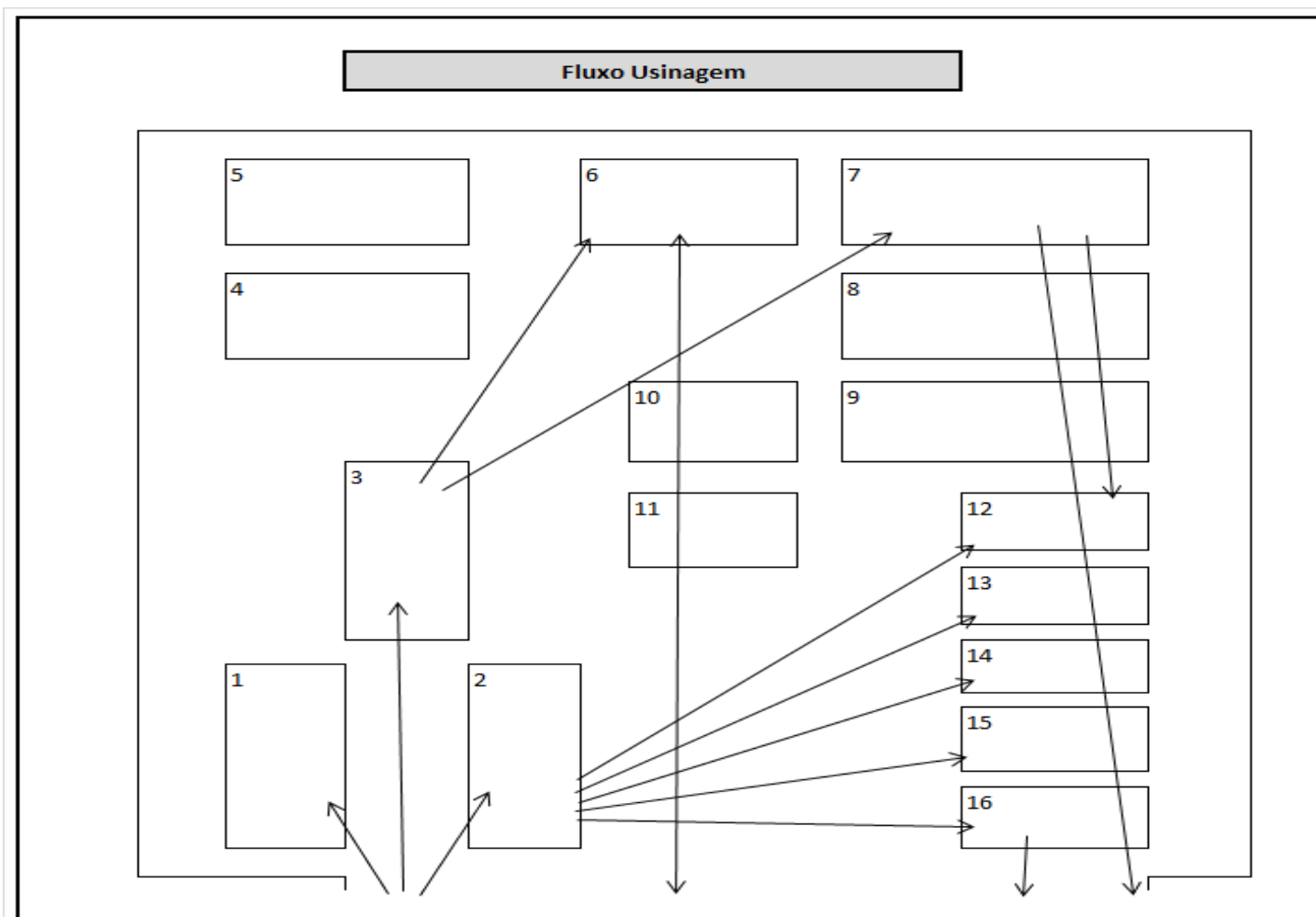
Em todos os casos, para a produção do SP 5, as saídas de todos os produtos processados na Estamparia são levados para o estoque da Caldeiraria, onde há a espera pelo processamento.

A Figura 23 mostra o fluxograma da Usinagem.

De acordo com o fluxograma da Figura 10 o próximo passo é o dimensionamento das ordens de produção quanto a quantidade e tempo de processamento por estágio, com base na Figura 5, a fim de dimensionar o fluxo de produção de acordo com as ordens de produção a serem designadas por setor respeitando o plano de produção definido a partir do PBC.

A proposta inicial, como resultado do presente trabalho, é investir na qualificação da mão de obra da empresa e adequar a configuração do *layout* a partir dos fluxos definidos nas Figuras 9, 10 e 11 de modo a adequar a programação da produção de acordo com o sistema de coordenação de ordens de produção PBC.

Figura 10 – Fluxo da Usinagem.



Fonte: Próprio autor.

“Legenda do fluxo – Figura 10”

Legenda			
1	Serra Fita Reta	9	Rosqueadora
2	Serra Fita Reta	10	Torno Convencional
3	Serra Fita Obliqua	11	Chaveteira
4	Torno CNC	12	Furadeira
5	Centro de Usinagem Vertical	13	Furadeira
6	Torno CNC	14	Furadeira
7	Centro de Usinagem	15	Furadeira
8	Torno Convencional	16	Furadeira

Como explicado no caso anterior e pelos mesmos motivos, todas as máquinas semelhantes podem enviar seus produtos para todas as máquinas para processamento posterior, sendo que essas sejam semelhantes também.

Todas as máquinas recebem apenas diretamente matéria-prima ou itens sem processamento interno.

Exceto no caso da “chapa de engate interna para SP 5” em que à o processamento no maçarico da Caldeiraria e depois enviada para o torno CNC da Usinagem.

Após seu processamento essa chapa é enviada para a Estamparia.

Com exceção da “chapa de engate interna para SP 5”, no caso da produção do SP 5, todos os materiais processados na Usinagem são levados, ao seu término, para o estoque da Caldeiraria.

O mesmo ocorre a exemplo da Estamparia e Usinagem em relação a células com funções semelhantes poderem enviar pra quaisquer outras células posteriores semelhantes também.

No maçarico é onde ocorre a única entrada de matéria-prima da Caldeiraria, e no caso do SP 5, essas matérias são cortadas e enviadas para os setores de Estamparia e de Usinagem conforme já explicado.

Os produtos enviados pela Estamparia e pela Usinagem tem entrada tanto na Caldeiraria quanto na Montagem, sendo a grande maioria na Caldeiraria.

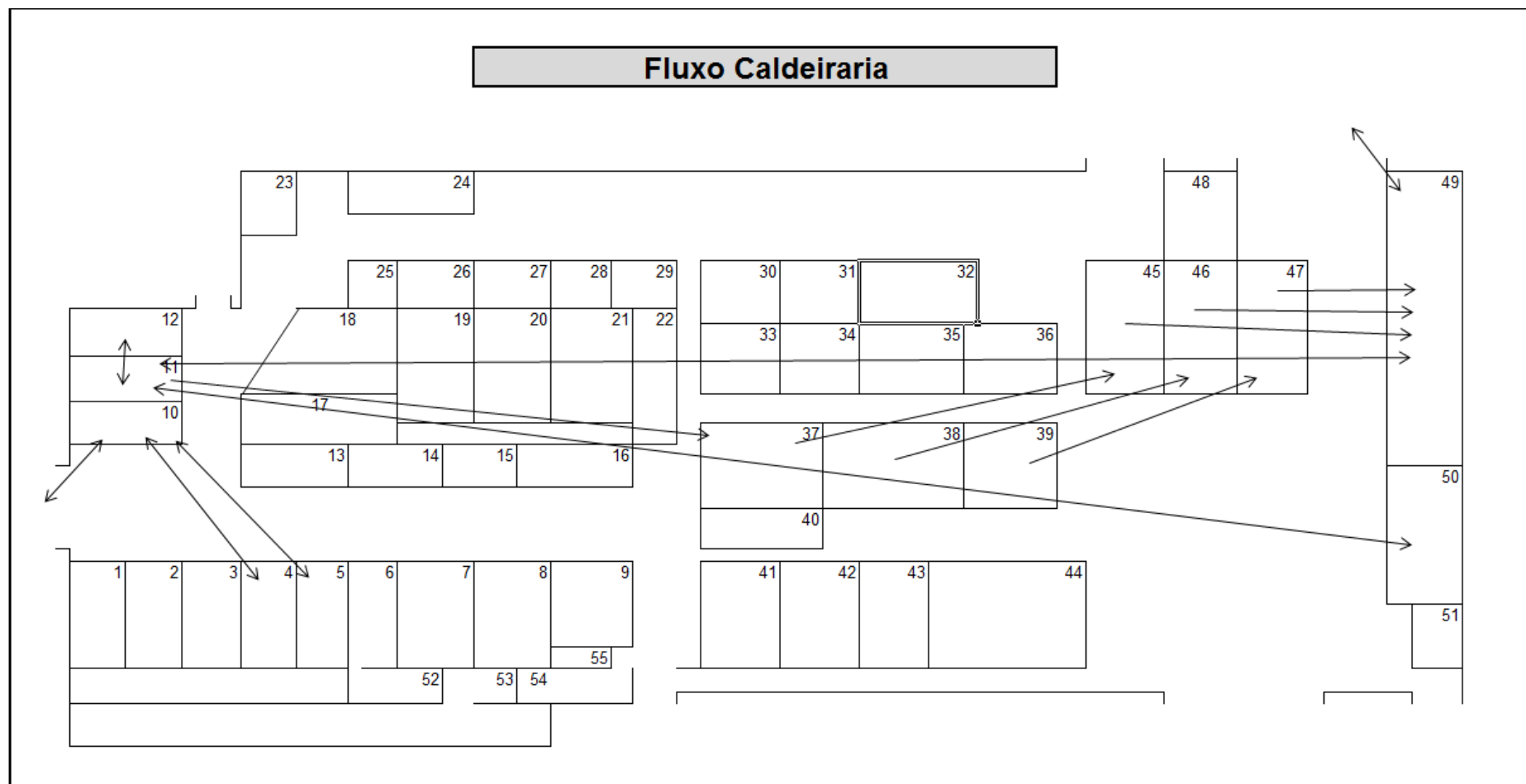
Há entrada de produtos prontos de origem externa à empresa em ambos esses setores.

A Figura 24 mostra o fluxograma da Caldeiraria.

Não foi possível desenvolver no decorrer do tempo de elaboração do presente trabalho de conclusão de curso o delineamento do fluxo adequado da produção.

Essa etapa deve ser desenvolvida posteriormente de modo a contribuir com o aprimoramento do sistema de coordenação de ordens de produção PBC com interface com o sistema MRP, a fim de melhorar o planejamento, programação e controle da produção da empresa.

Figura 11 – Fluxo da Caldeiraria.



Fonte: Próprio autor.

“Legenda do fluxo – Figura 11”

Legenda					
1	Soldagem Automática	15	Montagem - SPCR	30	Montagem de Cabeçalhos - Aradora
2	Enchimento de Chassis	16	Montagem da Caixa - Master	31	Montagem de Cabeçalhos - Niveladora
3	Montagem de Chassis - Aradora	17	Enchimento de Quadros	32	Soldagem de Cabeçalhos
4	Soldagem de Chassis - Aradora	18	Fechamento de Quadros	33	Montagem de Chassis Traseiros - Niveladora
5	Soldagem de Chassis - Aradora	19	Montagem de Quadros	34	Montagem de Chassis Dianteiros - Niveladora
6	1º Turno: Soldagem - Subsolder	20	Soldagem de Quadros	35	Soldagem de Chassis - Niveladora
	2º Turno: Montagem de Rodeiros - Arador	21	Soldagem de Quadros	36	Soldagem de Chassis - Niveladora
7	Montagem - GAHG	22	Montagem de Chassis - Master	37	Raspagem e Preparação pra Pintura
8	Soldagem - GAHG	23	Furadeira Radial	38	Raspagem e Preparação pra Pintura
9	Soldagem - GAHG	24	Teste de Esteiras	39	Raspagem e Preparação pra Pintura
10	Maçarico	25	Montagem de Esteiras	40	Montagem - Master
11	Montagem - Utilitários	26	Montagem de Esteiras	41	Soldagem e Montagem - Master
12	Soldagem Automática	27	Soldagem de Subpartes	42	Soldagem e Montagem - Master
13	Montagem de Acessórios - Master	28	Soldagem de Subpartes	43	Soldagem e Montagem - Master
14	Soldagem de Acessórios - Master	29	Montagem de Subpartes	44	Montagem Mecânica - Master
				45	Pintura - Colorida
				46	Pintura - Colorida
				47	Pintura - Colorida
				48	Pintura - Azul Noite e Preta
				49	Montagem - Geral
				50	Montagem - Cubo
				51	Sala - Montagem e Expedição
				52	Sala - PCP
				53	Sala - Segurança do Trabalho
				54	Banheiro
				55	Pias e Bebedor

É importante ressaltar que o estudo realizado até o momento permite ter uma visão da complexidade do sistema e da necessidade do mapeamento de todos os produtos acabados com os seus respectivos processos de fabricação a fim de visualizar os diferentes roteiros de fabricação dos componentes e o impacto no fluxo de produção em função da disposição do layout atual.

Para uma maior compreensão do fluxo de materiais em geral, será mostrado o fluxograma interligando a fábrica inteira. Esse fluxograma é representado pela Figura 12.

Pode ser observado, que em toda fábrica, há fluxos cruzados de materiais, tendo casos em que a peça vai e volta para os mesmos setores. Essa situação pode ser percebida principalmente no caso da Caldeiraria e da Montagem.

Apesar do fluxo de materiais não saírem diretamente do Almoxarifado, no caso da Usinagem e Estamparia, ele é o responsável por todo o abastecimento desses setores também. Já a Caldeiraria e a Montagem Final são abastecidas diretamente pelo Almoxarifado, como podemos observar no fluxo.

O Almoxarifado também é responsável pelo abastecimento da Pintura e Raspagem, mas não das peças dos produtos, mas sim de consumíveis para a produção, como tinta e buchas. Esse fluxo não é apresentado na figura acima, pois esse tipo de abastecimento não se enquadra no objetivo desse estudo.

Complementando esses fluxos, foram coletados os tempos de transporte do material, tanto transporte interno do setor, quanto transporte entre setores. A Quadro 16 representa os tempos de tempos de transporte.

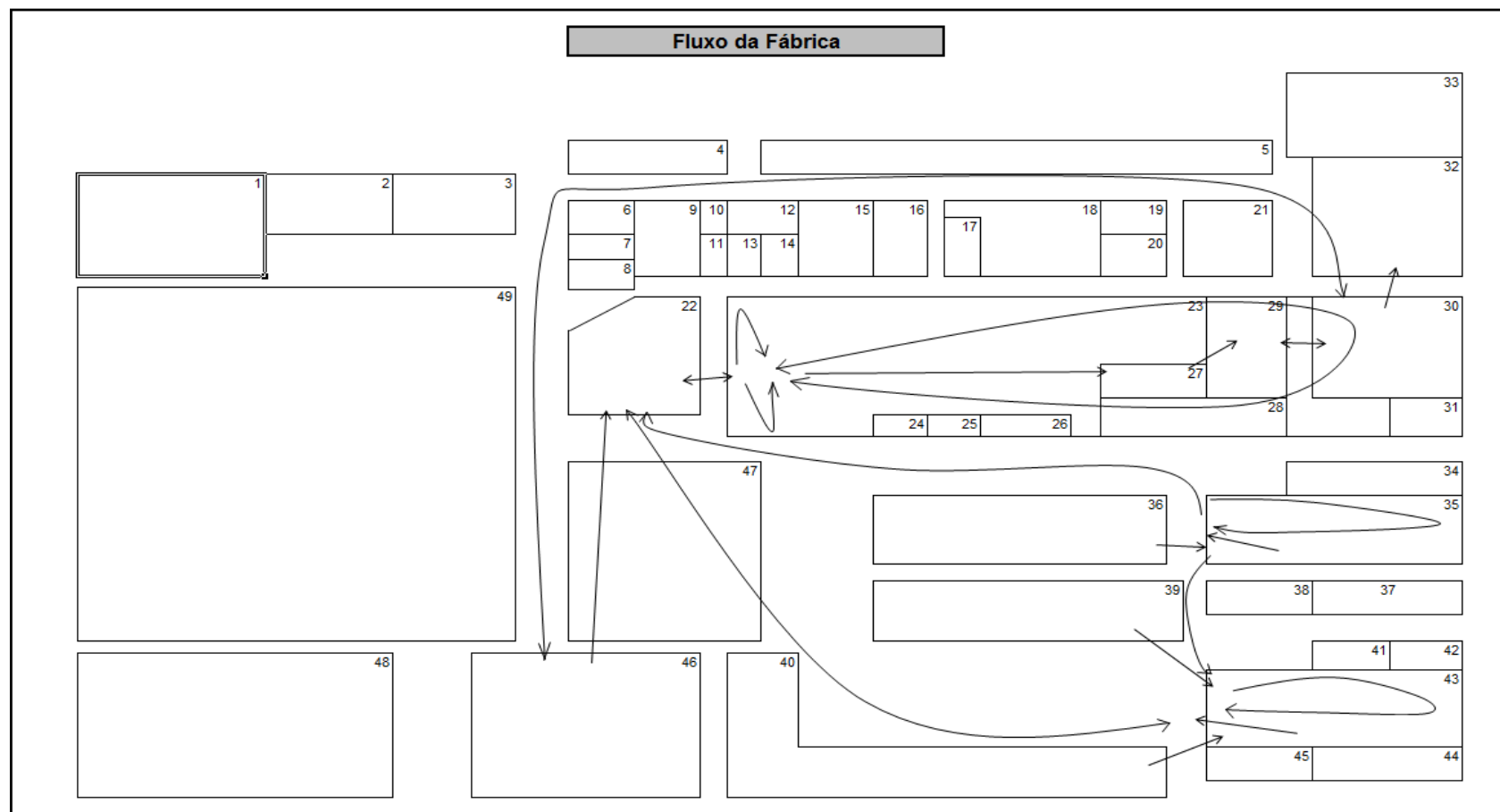
Cada um dos tempos apresentados é igual tanto na ida quanto na volta, entre setores. Portanto, no caso do tempo de 5 minutos entre a Caldeiraria e a Montagem, significa que demora 5 minutos, tanto para o envio de peças da Caldeiraria para a Montagem quanto para o seu retorno.

Quadro 16 – Tempo de Transporte.

Setor 1	Setor 2	Tempo de transporte (min)
Caldeiraria	Caldeiraria	1
Estamparia	Estamparia	1
Usinagem	Usinagem	1
Caldeiraria	Estamparia	7
Caldeiraria	Usinagem	5
Caldeiraria	Montagem	5
Caldeiraria	Raspagem	3
Raspagem	Pintura	2
Pintura	Pintura	2
Almoxarifado	Caldeiraria	3
Almoxarifado	Estamparia	6
Almoxarifado	Usinagem	4
Almoxarifado	Montagem	6
Montagem	Estamparia	8
Montagem	Usinagem	6
Montagem	Montagem	1
Montagem	Pintura	2
Estamparia	Usinagem	4

Fonte: Próprio autor.

Figura 12 – Fluxo da Fábrica.



Fonte: Próprio autor.

“Legenda do fluxo – Figura 12”

Legenda					
1	Estacionamento	16	Recursos Humanos	31	Sala - Expedição / Montagem
2	Refeitório	17	Assistência & Garantia	32	Pátio - Expedição
3	Estacionamento	18	Engenharia	33	Pátio - Expedição
4	Estacionamento - Direção	19	Diretoria	34	Pátio de Teste - Master
5	Pátio - Expedição	20	Informática & TI	35	Usinagem
6	Compras	21	Manutenção	36	Estoque - Usinagem
7	Sala de Reuniões	22	Estoque - Caldeiraria	37	Estoque - Borracharia
8	Comercial	23	Caldeiraria	38	Estoque - Estamparia
9	Recepção	24	PCP	39	Estoque - Estamparia
10	Cafeteria	25	Segurança do Trabalho	40	Estoque - Estamparia
11	Corredor	26	Banheiro	41	Borracharia
12	Sala de Reuniões	27	Raspagem	42	Marcenaria
13	Banheiro	28	Montagem	43	Estamparia
14	Banheiro	29	Pintura	44	Banheiro
15	Financeiro	30	Montagem	45	Sala - Plasma
				46	Almoxarifado
				47	Pátio - Recebimento
				48	Pátio - Almoxarifado
				49	Pátio - Expedição

6. Cálculo do cronograma de produção

Utilizando os dados dos tópicos anteriores, será feito o cálculo do cronograma de cada máquina e processo do início até o fim da produção. Para isso, será feito a separação dos processos de fabricação por setor, máquina ou procedimento, e por etapa de fabricação.

Para esse cálculo serão utilizados os tempos de *setup*, de transporte e o tempo total de utilização da máquina por cada material. Sendo na tabela esses tempos representados por T_{set} , T_{trans} e T_t , respectivamente, e todos eles são dados em minutos.

As etapas de produção serão representadas por E_i , sendo i um número inteiro positivo, variando de 1 a 9, que são o número de etapas já vista para a finalização da produção. O cálculo será feito por uma sequência cronológica de fabricação, sendo os primeiros processos começando em 0. Cada processo seguinte se iniciará com o maior tempo de finalização de todos os itens que compõe esse.

6.1 Etapas da Estamparia

Nesse setor, quase todos os seus processos são iniciais, independentemente dos tempos de outros setores, havendo apenas dois casos de exceção. No caso da "Chapa Lateral do SP5" em que a peça vem cortada do maçarico, na Caldeiraria, e no caso da "Chapa Lateral do SP5 – Completa", em que há o processamento da "Chapa de Engate Interna para SP3 e SP5" tanto no maçarico da Caldeiraria, quanto na Usinagem.

Os quadros 17 a 22 mostram o cálculo do cronograma para a Estamparia.

Quadro 17 – Cálculo do cronograma do Plasma.

E1 - Plasma

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Chapa Grossa 1/4" (6,3MM) ASTM A36	Estamparia	Plasma	29	6	15	3	53	Base do Pé de Apoio
Chapa Fina 10 1006/08 CORTADA/DOBRADA	Estamparia	Plasma	0	6	15	8	29	Tampa da Roda do SP

Fonte: Próprio autor.

Quadro 18 – Cálculo do cronograma da Prensa de Corte.

E1 - Prensa de Corte

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Cantoneira 3" X 3/8" ASTM A36 12M	Estamparia	Prensa de Corte	0	6	10	0,5	16,5	Cantoneira 3" X 3/8" X 100
Cantoneira de 4" X 3/8" ASTM A36 12M	Estamparia	Prensa de Corte	16,5	6	10	0,75	33,25	Cantoneira de 4" X 3/8" X 895
Cantoneira de 4" X 3/8" ASTM A36 12M	Estamparia	Prensa de Corte	33,25	6	10	0,5	49,75	Cantoneira de 4" X 3/8" X 1700

Fonte: Próprio autor.

Quadro 19 – Cálculo do cronograma da Prensa Excêntrica – 1.

E1 - Prensa Excêntrica

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Chapa Grossa 5/8" (16,0MM) SAE A36	Estamparia	Prensa Excêntrica	15	6	5	10	36	Chapa do Suporte da Roda do SP
Barra CH 4" X 1/2 X 100 X 100	Estamparia	Prensa Excêntrica	15	6	5	4	30	Triângulo Reforço 1/2" X 100 X 100
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	0	6	5	5	16	Prensa Hidráulica
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	0	6	5	6	17	Prensa Hidráulica
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	0	6	5	2	13	Reforço Reto 3" X 5/8" X 90
Barra CH 3" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	17	6	5	3	31	Travessa BC 3 X 5/8" X 430
Chapa Fina 3/16" CORTADA/DOBRADA	Estamparia	Prensa Excêntrica	16	6	5	4	31	Chapa da Roda do SP
Barra CH 2.1/2" X 3/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	13	6	5	4	28	Triangulo Reforço 2.1/2" X 3/8" X 35
Barra CH 6" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Excêntrica	0	6	5	4	15	Prensa Hidráulica
Barra CH 67,00 X 8,00 SAE 5160 - CHANFRADA	Estamparia	Prensa Excêntrica	0	6	5	4	15	Prensa Hidráulica
Maçarico	Estamparia	Prensa Excêntrica	28	7	5	4	44	Prensa Hidráulica

Fonte: Próprio autor.

Quadro 20 – Cálculo do cronograma da Prensa Hidráulica – 1.

E1 - Prensa Hidráulica

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Barra CH 6" X 5/8" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Hidráulica	0	6	5	10	21	Chassi para SP3 e SP5
Barra CH 3" X 3/4" ASTM A36 6M	Estamparia	Prensa Hidráulica	21	6	5	12	44	Torre para SP
Prensa Excêntrica	Estamparia	Prensa Hidráulica	0	1	5	5	11	Escora Esquerda da Torre do SP
Prensa Excêntrica	Estamparia	Prensa Hidráulica	11	1	5	6	23	Escora Direita da Torre do SP
Maçarico - Prensa Excêntrica	Estamparia	Prensa Hidráulica	44	1	5	20	70	Chapa Lateral do SP5
Prensa Excêntrica	Estamparia	Prensa Hidráulica	0	1	5	4	10	Chapa da Regulagem da Roda do SP
Prensa Excêntrica	Estamparia	Prensa Hidráulica	10	1	5	10	26	Limpadeira da Roda do SP

Fonte: Próprio autor.

Quadro 21 – Cálculo do cronograma da Prensa Excêntrica – 2.

E2 - Prensa Excêntrica

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Chapa Lateral do SP5	Estamparia	Prensa Excêntrica	61	6	5	2	74	Chapa Lateral do SP5 - Completa
Chapa de Engate Interna para SP3 e SP5				4	5			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 22 – Cálculo do cronograma da Prensa Hidráulica – 2.

E2 - Prensa Hidráulica

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Tampa da Roda do SP	Estamparia	Prensa Hidráulica	29	6	5	10	50	Tampa da Roda do SP - Completa

Fonte: Próprio autor.

7.2 Etapas da Usinagem

No caso da Usinagem, quase todo o material usado é proveniente de seu estoque, controlado pelo Almoxarifado. Apenas no caso da peça “Chapa de Engate Interna para SP3 e SP5”, em que há um processamento prévio no maçarico da Caldeiraria antes do envio à Usinagem. Essa mesma peça é enviada após seu processamento para a Estamparia.

As Quadros 23 a 26 mostram o cálculo do cronograma da Usinagem.

Quadro 23 - Cálculo do cronograma da Serra.

E1 - Serra

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Tubo Red. DIN 2440 1" (33,4 X 2,65)	Usinagem	Serra	0	4	5	4	13	Centro de Usinagem
Barra Red. Lam. 1.1/8" SAE 1045 6M	Usinagem	Serra	0	4	5	4	13	Torno CNC
Barra Red. Lam. 1" SAE 1045 6M	Usinagem	Serra	0	4	5	2	11	Torno CNC
3	Usinagem	Serra	13	4	5	4	26	Centro de Usinagem
Barra Red. Lam. 1.5/8" SAE 1045	Usinagem	Serra	26	4	5	6	41	Ponta de Eixo 1.5/8" X 190 (30207/67048)
Barra Q. 1" SAE 1045	Usinagem	Serra	11	4	5	6	26	Furadeira
Barra Red. Tref. 5/8" SAE 1010/20	Usinagem	Serra	13	4	5	5	27	Furadeira

Quadro 24 – Cálculo do cronograma do Torno CNC.

Fonte: Próprio autor.

E1 - Torno CNC

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Cubo da Roda - SP	Usinagem	Torno CNC	0	4	10	34	48	Furadeira
Calota do Cubo 5 Furos / 6 FUROS Pequena	Usinagem	Torno CNC	47	4	10	18	79	Calota do Cubo 5 Furos
Serra	Usinagem	Torno CNC	0	1	10	0,28	11,28	Pino de 1.1/8" X 115MM
Serra	Usinagem	Torno CNC	48	1	10	0,14	59,14	Pino de 1" X 105 MM
Maçarico	Usinagem	Torno CNC	14	5	10	18	47	Furadeira

Fonte: Próprio autor.

Quadro 25 – Cálculo do cronograma do Centro de Usinagem.

E1 - Centro de Usinagem

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Serra	Usinagem	Centro de Usinagem	17,34	1	5	0,34	23,68	Tubo do Pé de Apoio
Serra	Usinagem	Centro de Usinagem	11	1	5	0,34	17,34	Suporte do Pé de Apoio do SP

Fonte: Próprio autor.

Quadro 26 - Cálculo do cronograma da Furadeira.

E1 - Furadeira

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Torno CNC	Usinagem	Furadeira	48	1	5	12	66	Cubo da Roda - SP - Completo
Serra	Usinagem	Furadeira	26	1	5	8	40	Suporte do Limpador da Roda do SP
Serra	Usinagem	Furadeira	27	1	5	10	43	Pino de 5/8" X 107 MM
Maçarico - Torno CNC	Usinagem	Furadeira	47	1	5	8	61	Chapa de Engate Interna para SP3 e SP5

Fonte: Próprio autor.

7.3 Etapas da Caldeiraria

A Caldeiraria é abastecida pela Usinagem, Estamparia, Almoxarifado e Montagem. No caso da Montagem, esse abastecimento é feito, na maior parte das vezes, pelo retorno de peças previamente processadas pela Caldeiraria. Os únicos casos em que há processamento de matéria-prima na Caldeiraria são nos casos dos cortes utilizando o maçarico, como previamente citados.

As figuras 27 a 34 representam o cálculo do cronograma da Caldeiraria.

Quadro 27 – Cálculo do cronograma do Maçarico.

E1- Maçarico

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Chapa Grossa 5/8" (16,0MM) SAE A36	Caldeiraria	Maçarico	14	3	5	6	28	Prensa Excêntrica
Chapa Grossa 5/8" (16,0MM) SAE A36	Caldeiraria	Maçarico	0	3	5	6	14	Torno CNC

Quadro 28 – Cálculo do cronograma da Montagem 1 – 1.

Fonte: Próprio autor.

E2 - Montagem 1

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Tubo do Pé de Apoio	Caldeiraria	Montagem 1	23,68	7	3	1	34,68	Solda 1
Base do Pé de Apoio				7	3			
Cantoneira 3" X 3/8" X 100	Caldeiraria	Montagem 1	36	7	3	3	49	Subconjunto do Suporte Direito da Roda do SP
Paraf. Sext. 5/8" X 2"				5	3			
Chapa do Suporte da Roda do SP	Caldeiraria	Montagem 1	49	7	3	3	62	Subconjunto do Suporte Esquerdo da Roda do SP
Cantoneira de 3" X 3/8" X 100				7	3			
Chapa do Suporte da Roda SP				7	3			
Paraf. Sext. 5/8" X 2"				3	3			
Ponta de Eixo 1.5/8" X 190 (30207/67048)	Caldeiraria	Montagem 1	62	5	3	2	74	Solda 1
Suporte do Limpador da Roda do SP				5	3			
Triângulo Reforço 2.1/2" X 3/8" X 35				7	3			
Chapa da Regulagem da Roda do SP				7	3			
Ponta de Eixo 1.5/8" X 190 (30207/67048)	Caldeiraria	Montagem 1	74	5	3	2	86	Solda 1
Suporte do Limpador da Roda do SP				5	3			
Triângulo Reforço 2.1/2" X 3/8" X 35				7	3			
Chapa da Regulagem da Roda do SP				7	3			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 29 - Cálculo do cronograma da Solda 1 – 1.

E2 - Solda 1

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Montagem 1	Caldeiraria	Solda 1	34,68	1 1	5 5	1	41,68	Pé de Apoio de 760
Montagem 1	Caldeiraria	Solda 1	62	1 1 1	5 5 5	2	70	Suporte da Roda Esq. SP
Montagem 1	Caldeiraria	Solda 1	86	1 1 1 1	5 5 5 5	2	94	Suporte da Roda Dir. SP

Fonte: Próprio autor.

Quadro 30 – Cálculo do cronograma da Montagem 1 – 2.

E3 - Montagem 1

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Suporte do Pé de Apoio do SP	Caldeiraria	Montagem 1	86	5	3	30	126	Solda 2
Subconjunto do Suporte Direito da Roda do SP				1	3			
Logotipo Piccin C/ Plaqueta de Alum.				5	3			
Subconjunto do Suporte Esquerdo da Roda do SP				1	3			
Cantoneira de 4" X 3/8" X 895				7	3			
Cantoneira de 4" X 3/8" X 1700				7	3			
Triângulo Reforço 1/2" X 100 X 100				7	3			
Chassi para SP3 e SP5				7	3			
Torre para SP				7	3			
Escora Esquerda da Torre do SP				7	3			
Escora Direita da Torre do SP				7	3			
Reforço Reto 3" X 5/8" X 90				7	3			
Travessa BC 3 X 5/8" X 430				7	3			
Chapa Lateral do SP5				7	3			
Cubo da Roda - SP - Completo	Caldeiraria	Montagem 1	126	7	3	10	146	Solda 1
Chapa da Roda do SP				7	3			
Tampa da Roda do SP - Completa				7	3			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 31 - Cálculo do cronograma da Solda 1 – 2.

E3 - Solda 1

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Montagem 1	Caldeiraria	Solda 1	146	1	5	10	162	Roda do SP

Quadro 32 - Cálculo do cronograma da Solda 2 -1.

Fonte: Próprio autor.

E3 - Solda 2

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Montagem 1	Caldeiraria	Solda 2	126	1	5	120	252	Quadro do SP5

Quadro 33 - Cálculo do cronograma da Montagem 1 – 3.

Fonte: Próprio autor.

E5 - Montagem 1

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Pé de Apoio de 760	Caldeiraria	Montagem 1	252	1	3	40	300	Solda 2
Pino de 1.1/8" X 115MM Completo				5	3			
Pino de 1" X 105MM Completo				5	3			
Quadro do SP5				1	3			
Conjunto da Roda Esquerda do RP				5	3			
Conjunto da Roda Direita do RP				5	3			
Porca Sext. Leve 5/8" UNC Zb				3	3			
Pino Trava C/ Argola 7/16" X 2"				3	3			
Pino Trava C/ Argola 1/4" X 2"				3	3			
Contrapino 5/16" X 2" ZB				3	3			
Arruela de Pressão 5/8" Pesada Ind. Zincada				3	3			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 34 - Cálculo do cronograma da Solda 2 – 2.

E5 - Solda 2

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Montagem 1	Caldeiraria	Solda 2	300	1	5	60	366	Quadro do SP5 Completo
				1	5			
				1	5			
				1	5			
				1	5			
				1	5			
				1	5			
				1	5			
				1	5			
				1	5			

Fonte: Próprio autor.

7.4 Etapas da Montagem

Todos os setores citados acima, bem como o setor de Pintura, são responsáveis por abastecer a Montagem. Porém, a Montagem só faz envio de peças à Caldeiraria.

Esse setor conta com cinco funcionários responsáveis pelos seus processos, sendo isso considerado no cálculo dos tempos. Cada funcionário é responsável por uma montagem, sendo o tempo total considerado, o tempo necessário para esse funcionário realizar o processo completo. Apesar de esses funcionários trabalharem em paralelo, o processo não permite que dois ou mais deles trabalhem na mesma montagem. Portanto, mesmo havendo ociosidade de algum funcionário, esse não pode ir à outra célula ajudar na montagem e reduzir o tempo do processo.

As Figuras 35 a 39 mostram o cálculo do cronograma da Montagem.

Quadro 35 – Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 1.

E1 - Montagem 2

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Rebite RX AL 3,2 X 8	Montagem	Montagem 2	0	6	2	1	9	Logotipo Piccin C/ Plaqueta de Alum.
Placa de Identificação Piccin				6	2			
Plaqueta de Identificação 102 X 41MM				6	2			
Paraf. Arado 1/2" X 1.3/4" WW PO C/ PORCA	Montagem	Montagem 2	9	6	2	5	22	Haste do SP com Picão
Bico do Subsolador				6	2			
Haste do Subsolador				6	2			
Arruela de Pressão 1/2" Pesada Ind. Zincada				6	2			

Quadro 36 – Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 2.

Fonte: Próprio autor.

E2 - Montagem 2

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Pino de 1.1/8" X 115MM	Montagem	Montagem 2	22	6	2	0,5	30,5	Pino de 1.1/8" X 115MM Completo
Pino Elástico 12 X 70				6	2			
Pino de 1" X 105 MM	Montagem	Montagem 2	59,14	6	2	0,25	67,39	Pino de 1" X 105MM Completo
Pino Elástico 8 X 60				6	2			
Pino de 5/8" X 107 MM	Montagem	Montagem 2	43	6	2	50	101	Conj. Suporte da Haste do SP
Porca Sext. Auto Trav. 1.1/8" UNC				6	2			
Porca Sext. Pesada 7/8" UNC 9 Fios ZB CH 1,7/16				6	2			
Paraf. Sext. 7/8" X 4,1/2" UNC RP PO				6	2			
Práf. Sext. 1.1/8" X 5" UNC RP PO G5				6	2			
Suporte da Haste do Subsolador				6	2			
Fixador do Suporte da Haste - SP				6	2			
Contrapino 5/32" X 1" ZB				6	2			
Arruela de Pressão 1.1/8" Pesada Ind. Zincada				6	2			
Aruela de Pressão 7/8" Pesada Ind. Zincada				6	2			
Paraf. Arado 1/2" X 1.3/4" WW PO C/ Porca				6	2			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 37 – Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 3.

E3 - Montagem 2

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Haste do SP com Picão	Montagem	Montagem 2	101	1	2	5	109	Haste do SP Completa
Conj. Suporte da Haste do SP				1	2			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 38 - Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 5.

E9 - Montagem 2

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Quadro do SP5 Completo	Montagem	Montagem 2	467	2	2	5	476	SP 5
Haste do SP Completa				2	2			
Adesivo SP 90MM X 550MM				6	2			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 39 – Cálculo do cronograma da Montagem 2 – 4.

E4 - Montagem 2

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Roda do SP	Montagem	Montagem 2	162	5	2	15	185	Conjunto da Roda Esquerda do RP
Suporte da Roda Esq. SP				5	2			
Limpadeira da Roda do SP				8	2			
Calota do Cubo 5 Furos				6	2			
Rolamento Cônico 67048/010				6	2			
Rolamento Cônico 30207				6	2			
Retentor Arca 5014BAG (REF. SABÓ 01602 BAG)				6	2			
Porca Sext. Castelo 7/16" UNC PO CH 3/4"				6	2			
Porca Sext. Castelo 7/8" UNF 14 Fios				6	2			
Paraf. Sext. 7/16" X 1.3/4" UNC RI PO				6	2			
Contrapino 5/32" X 1.1/4" ZB				6	2			
Arruela Lisa 7/8"				6	2			
Arruela Lisa 1/2"				6	2			
Roda do SP	Montagem	Montagem 2	162	5	2	15	185	Conjunto da Roda Direita do RP
Suporte da Roda Dir. SP				5	2			
Limpadeira da Roda do SP				8	2			
Calota do Cubo 5 Furos				6	2			
Rolamento Cônico 67048/010				6	2			
Rolamento Cônico 30207				6	2			
Retentor Arca 5014BAG (REF. SABÓ 01602 BAG)				6	2			
Porca Sext. Castelo 7/16" UNC PO CH 3/4"				6	2			
Porca Sext. Castelo 7/8" UNF 14 Fios				6	2			
Paraf. Sext. 7/16" X 1.3/4" UNC RI PO				6	2			
Contrapino 5/32" X 1.1/4" ZB				6	2			
Arruela Lisa 7/8"				6	2			
Arruela Lisa 1/2"				6	2			

Fonte: Próprio autor.

7.5 Etapas da Raspagem

A Raspagem é dividida em apenas uma etapa, sendo que todas as peças provenientes dessa etapa são fornecidas pela Caldeiraria. Todo o seu envio de peças se destina à Pintura. Apesar de serem três células de raspagem, porém apenas uma será necessária, não se pode dividir o trabalho dessa célula pelas três, portanto, cada célula é responsável pelo processo completo de raspagem.

A figura 40 mostra o cálculo o cronograma da Raspagem.

Figura 40 – Cálculo do cronograma da Raspagem.

E6 - Raspagem

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Quadro do SP5 Completo	Raspagem	Raspagem	366	3	2	20	391	Quadro do SP5 Completo

Fonte: Próprio autor.

7.6 Etapas da Pintura

Os processos no setor de Pintura são divididos em, “pintura” e “secagem”, sendo que o primeiro processo ocorre nas células e o segundo no pátio externo. A Pintura recebe peças tanto da Raspagem quanto da Montagem, e depois de processadas, faz o se envio para a Montagem.

As figuras 41 a 44 representam o cálculo do cronograma da pintura.

Figura 41 – Cálculo do cronograma da Pintura – 1.

E4 - Pintura

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Haste do SP Completa	Pintura	Pintura	109	2	1	50	162	Haste do SP Completa

Figura 42 – Cálculo do cronograma da Secagem – 1.

Fonte: Próprio autor.

E5 - Secagem

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Haste do SP Completa	Pintura	Secagem	162	2	1	150	315	Haste do SP Completa

Figura 43 – Cálculo do cronograma da Pintura – 2.

Fonte: Próprio autor.

E7 - Pintura

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Quadro do SP5 Completo	Pintura	Pintura	391	2	1	30	424	Quadro do SP5 Completo

Figura 44 – Cálculo do cronograma da Secagem – 2.

Fonte: Próprio autor.

E8 - Secagem

Peça inicial	Setor	Procedimento	Início	Ttrans	Tset	Tt	Término	Peças Final
Quadro do SP5 Completo	Pintura	Secagem	424	2	1	40	467	Quadro do SP5 Completo

Fonte: Próprio autor.

O cálculo do cronograma feito nesse tópico foi feito seguindo a seguinte ordem de prioridades:

- 1) Quanto antes for a etapa em que o produto final de um processo será utilizado, maior será sua prioridade;
- 2) É dada prioridade a produtos em que há mais de um processamento para sua confecção, quanto maior o número de processamentos, maior a prioridade;
- 3) Outros produtos serão encaixados de acordo de deixar o mais nivelado possível os tempos de cada máquina.
- 4) Não é necessário o uso de todas as máquinas ou células disponíveis, portanto caso uma célula possa produzir todos os equipamentos sem ocasionar nenhum tipo de atraso, isso é preferível do que dividir esses procedimentos em várias células.
- 5) Procedimentos poderão ser alocados antes de qualquer uma dessas prioridades, caso haja tempo livre do cronograma dessa máquina, em que não ocasione nem um tipo de atraso dos processos com as prioridades acima.

7. Cronograma da produção

Nesse tópico, será apresentado o cronograma da produção, calculado no anteriormente, e feito as devidas observações considerando os dados apresentados. O cronograma foi feito por tempo de máquina ou processo, sendo que os números inteiros crescentes no topo representam o tempo em minutos. A figuras 13 a 22 representam o cronograma completo da fabricação do SP 5.

Cada cor que é representada no cronograma se refere ao setor aonde será enviada a peça. Portanto, se estiver representado por uma cor verde o procedimento do Plasma, então, após o procedimento no plasma, a peça será enviada para a Caldeiraria.

Nesse cronograma podemos perceber que o produto final será terminado no período 476. Portanto levará no total 476 minutos para a fabricação desse produto inteiramente, ou seja, aproximadamente 8 horas. Portanto em turno de produção é possível a confecção de uma máquina SP 5.

Pode ser notado também, que muitas máquinas não têm necessidade de uso, sendo possível a fabricação sem utilização delas, levando a nenhuma perda de tempo de fabricação.

Outra informação importante que pode ser notada é que a célula de montagem da Caldeiraria é o gargalo da produção, sendo que os maiores atrasos vêm dessa. A montagem automática também apresenta muito tempo de processamento, porém não é o gargalo sendo que esse tempo é inerente ao processo e não à quantidade de máquinas disponíveis.

Figura 16 - Cronograma SP 5 – 167 a 214.

Máquinas	Setor	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214
Maçarico	Caldeiraria																																																
Plasma	Estamparia																																																
Prensa de Corte	Estamparia																																																
Prensa Excêntrica 1	Estamparia																																																
Prensa Excêntrica 2	Estamparia																																																
Prensa Excêntrica 3	Estamparia																																																
Prensa Excêntrica 4	Estamparia																																																
Prensa Excêntrica 5	Estamparia																																																
Prensa Hidráulica 1	Estamparia																																																
Prensa Hidráulica 2	Estamparia																																																
Prensa Hidráulica 3	Estamparia																																																
Serra 1	Usinagem																																																
Serra 2	Usinagem																																																
Serra 3	Usinagem																																																
Centro de Usinagem	Usinagem																																																
Torno CNC 1	Usinagem																																																
Torno CNC 2	Usinagem																																																
Furadeira 1	Usinagem																																																
Furadeira 2	Usinagem																																																
Furadeira 3	Usinagem																																																
Furadeira 4	Usinagem																																																
Furadeira 5	Usinagem																																																
Montagem 1	Caldeiraria																																																
Solda 1 - 1	Caldeiraria																																																
Solda 1 - 2	Caldeiraria																																																
Solda 2 - 1	Caldeiraria																																																
Solda 2 - 2	Caldeiraria																																																
Montagem 2 - 1	Montagem																																																
Montagem 2 - 2	Montagem																																																
Montagem 2 - 3	Montagem																																																
Montagem 2 - 4	Montagem																																																
Montagem 2 - 5	Montagem																																																
Raspagem 1	Raspagem																																																
Raspagem 2	Raspagem																																																
Raspagem 3	Raspagem																																																
Pintura 1	Pintura																																																
Pintura 2	Pintura																																																
Pintura 3	Pintura																																																
Secagem	Pintura																																																

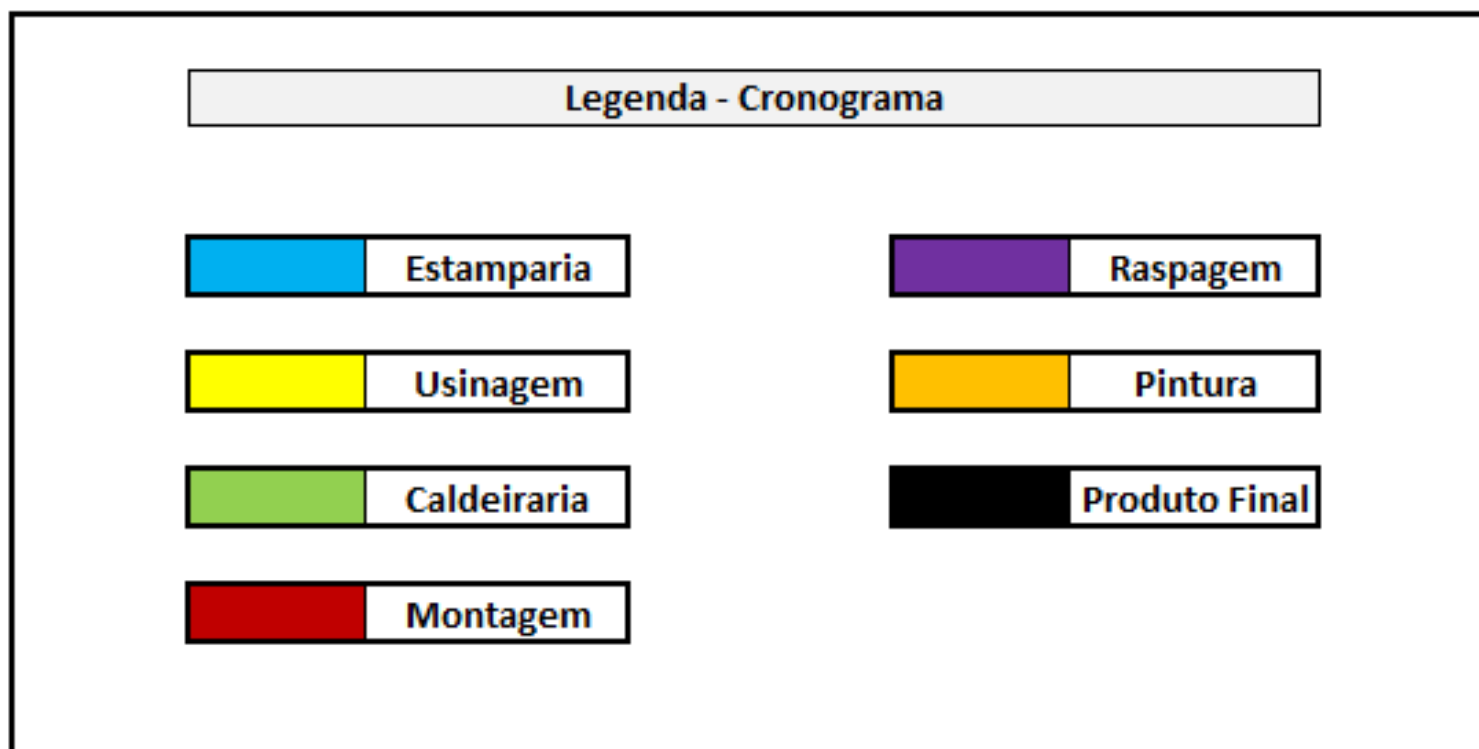
Fonte: Próprio autor.

Figura 22 - Cronograma SP 5 – 455 a 480.

Máquinas	Setor	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480
Maçarico	Caldeiraria																										
Plasma	Estamparia																										
Prensa de Corte	Estamparia																										
Prensa Excêntrica 1	Estamparia																										
Prensa Excêntrica 2	Estamparia																										
Prensa Excêntrica 3	Estamparia																										
Prensa Excêntrica 4	Estamparia																										
Prensa Excêntrica 5	Estamparia																										
Prensa Hidráulica 1	Estamparia																										
Prensa Hidráulica 2	Estamparia																										
Prensa Hidráulica 3	Estamparia																										
Serra 1	Usinagem																										
Serra 2	Usinagem																										
Serra 3	Usinagem																										
Centro de Usinagem	Usinagem																										
Torno CNC 1	Usinagem																										
Torno CNC 2	Usinagem																										
Furadeira 1	Usinagem																										
Furadeira 2	Usinagem																										
Furadeira 3	Usinagem																										
Furadeira 4	Usinagem																										
Furadeira 5	Usinagem																										
Montagem 1	Caldeiraria																										
Solda 1 - 1	Caldeiraria																										
Solda 1 - 2	Caldeiraria																										
Solda 2 - 1	Caldeiraria																										
Solda 2 - 2	Caldeiraria																										
Montagem 2 - 1	Montagem																										
Montagem 2 - 2	Montagem																										
Montagem 2 - 3	Montagem																										
Montagem 2 - 4	Montagem																										
Montagem 2 - 5	Montagem																										
Raspagem 1	Raspagem																										
Raspagem 2	Raspagem																										
Raspagem 3	Raspagem																										
Pintura 1	Pintura																										
Pintura 2	Pintura																										
Pintura 3	Pintura																										
Secagem	Pintura																										

Fonte: Próprio autor.

“Legenda do Cronograma – Figuras 55 a 64”



8. Sugestões de melhorias

Com as informações juntadas em todo esse trabalho, pode ser apresentadas algumas sugestões de melhorias no processo de fabricação do SP 5. Cada uma das sugestões partindo das seguintes condições:

- 1) Se não for de interesse da empresa fazer nenhuma mudança no layout e nem nas quantidades de máquinas e células de manufatura.
- 2) Se houver interesse da empresa em mudar apenas o *layout*.
- 3) Se houver interesse da empresa em mudar o número de células.
- 4) Se a empresa for aberta a todas as mudanças citadas.

No primeiro caso, a principal mudança seria na retirada de máquinas e células de trabalho, em que seu uso, não está trazendo uma melhoria e redução do tempo dos processos de fabricação do SP 5. Pela análise feita do cronograma, poderiam ser eliminados os seguintes equipamentos:

- Uma célula de solda manual da Caldeiraria;
- Uma célula de solda automática da Caldeiraria;
- Três funcionários do setor de Montagem;
- Duas células de Raspagem;
- Duas células de Pintura.

Essa redução de máquinas e funcionários, ou a relocação dessas máquinas extras, desvinculando elas do uso para a produção do SP 5, traria redução de custos, e melhorias de processos de outros produtos.

Poderia também ser feito um estudo de melhoria de processo do procedimento de solda automática, visando a redução de seu tempo, sendo que esse é um dos processos mais longos apresentados na empresa.

No segundo caso, em que a empresa tem interesse em um de *layout*, poderia ser sugerida, em primeiro lugar, a mudança da localização do maçarico, localizando-o, no setor de Usinagem ou de Estamparia. Isso reduziria os tempos de movimentação para ambos os setores.

Outra mudança que poderia ser feita, era localizar, a célula de montagem da Caldeiraria, e as células de soldagem, próximas à montagem. Isso teria

um efeito benéfico, principalmente na redução do tempo de processo da montagem da Caldeiraria, pois há o trânsito de “ida e volta” de várias peças entre essa célula e o setor de Montagem.

Essas mudanças iriam diminuir tanto o tempo de transporte, quanto os custos desse, trazendo grande redução de desperdícios na empresa. Todas as mudanças citadas na condição 1 também poderiam ser aplicadas nesse caso, sem nenhum tipo de prejuízo.

No terceiro caso, em que a empresa tem interesse na mudança do número de células, poderia ser sugerida, a ampliação de pelo menos mais duas células de montagem na Caldeiraria. Isso faria com que fosse necessário o uso da outra célula de solda manual, porém o tempo de processamento iria reduzir-se bastante.

Junto com essas mudanças, poderiam ser aplicadas todas aquelas citadas no primeiro caso, apenas excluindo o caso de redução de uma célula de solda manual.

No quarto caso, em que não há restrição da empresa sobre alterações, poderiam ser aplicadas todas as mudanças já citadas nos tópicos anteriores, levando em consideração a restrição apresentada sobre a redução da célula de solda manual feita na condição 3.

Uma outra solução que poderia ser implantada seria o estudo de implementação de um controle *kanban* do estoque da Caldeiraria. Esse processo já está em estudo pra ser implantado na empresa, e se baseia nas seguintes etapas:

- Organização e codificação das caixas em que as peças são estocadas;
- Separação dessas caixas de acordo com a família de produto que pertence e verificando o seu giro de peças, alocando as famílias com pelas de maiores giro mais próximas das células em que serão utilizadas;
- Cálculo do lote mínimo, levando em consideração a demanda de peças, o lote e o *lead time* de entrega.
- A partir do cálculo do lote mínimo, apresentar indicadores *kanban*, de fácil entendimento (devido à mão-de-obra pouco qualificada), para o controle do estoque.

Nesse último caso, foi pensada a utilização de chapas coloridas (verde, amarelo e vermelho), que seriam colocadas dentro da caixa quando

enviadas ao estoque. Ao abrir a caixa o operador retiraria o chapa verde e colocaria num suporte do lado da caixa.

De acordo com a utilização, o operador pegaria todas as peças chegando na chapa amarela. Ao chegar nessa chapa, o operador faz o mesmo procedimento colocando-a no mesmo suporte que o anterior. A chapa amarela ficaria de fácil visualização a todos, indicando que se deve atentar à produção dessa peça.

Com a utilização de mais peças, o operador chegaria a um ponto em que não há mais peças acima da chapa vermelha. Sendo assim, ele retira a chapa vermelha e coloca no suporte, como feito nos outros casos. Todas as peças abaixo da chapa vermelha indicaria o estoque mínimo calculado na etapa anterior.

Portanto, quando a chapa vermelha estiver à mostra, indica que a produção daquele item está atrasada, e que se deve dar prioridade em sua confecção para que não haja falta de material.

Esses procedimentos fariam trariam uma maior confiabilidade no estoque da Caldeiraria e diminuiria em muito o tempo de produção de todos os produtos, principalmente do SP 5, unidas com todas as sugestões de mudança citados acima.

9. Considerações finais

O sistema de coordenação de ordens de produção atual da empresa é adequado ao tipo de sistema de produção e *mix* de produtos fabricados.

O problema central do processo de coordenação de ordens de produção é o delineamento dos diferentes roteiros de fabricação dos componentes dos produtos acabados das diferentes famílias de produção, devendo ser estendido para os demais produtos o mapeamento realizado nesse trabalho para apenas um item, o que deve permitir avaliar com maior precisão as restrições na manufatura de modo sistêmico a partir do envolvimento na análise de todas as famílias de produtos possíveis de serem fabricadas.

Apesar de ter sido feito apenas uma vez o procedimento do trabalho, seria mais proveitoso uma aplicação cíclica desses procedimentos. Isso poderia ser feito seguindo as seguintes etapas:

- 1) Recolhimento dos dados necessários para o estudo;
- 2) Seguir os procedimentos indicados utilizando os dados da primeira etapa;
- 3) Analisar os resultados do trabalho;
- 4) Propor melhorias de acordo com o interesse de cada empresa;
- 5) Escolher e aplicar as melhorias propostas;
- 6) Retornar para a primeira etapa.

Aplicando essa metodologia em ciclo, seria sempre possível verificar os resultados das melhorias propostas, benéficas ou não, e continuar sempre a melhoria dos processos, um pouco a cada ciclo.

A partir desse estudo será possível identificar pontualmente os setores em que o *layout* pode ser ajustado e conseqüentemente o fluxo de produção.

O ajuste do *layout* e conseqüentemente do fluxo de produção permite parametrizar com maior precisão os sistemas de coordenação de ordens de produção MRP e PBC, sendo possível em alguns casos específicos de componentes o uso do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban*, como citados na proposta de melhoria, a fim de diminuir o estoque em processo e a possibilidade de inferências no processo de atendimento à demanda quanto aos prazos e quantidades de produtos acabados a serem fornecidos pela empresa.

Dentre os itens relacionados que devem ser reavaliados e adequados na manufatura da empresa estudada o maior problema é a adequação da qualificação da mão de obra. Esse processo representa o maior desafio em função da necessidade de se avaliar a condição da qualificação da mão de obra de modo a diagnosticar os casos em que cabe investimento em treinamento e conseqüentemente qualificação e os casos que requerem substituição em função de não atender a necessidade do processo de fabricação.

Finalizando, pode ser concluído, que não é necessária a aplicação de um sistema "puro", para melhorar a produção. Pois, na maioria das vezes, a realidade de cada empresa se difere daquela em que os sistemas foram criados, sendo mais proveitoso para ela, utilizar-se de alguns aspectos positivos de cada sistema e fazer alterações e melhorias considerando as suas necessidades.

10. Bibliografia

ABDUL-NOUR, G.; LAMBERT, S.; DROLET, J. Adaptation of JIT Philosophy and Kanban Technique to a Small-Sized Manufacturing Firm; A Project Management Approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 35, n. 3-4, p. 419-422, 1998.

ANSARI, A.; MODARRESS, B. Wireless Kanban. **Production and Inventory Management Journal**, v 36, n 1, p 60-64, 1995.

ARGENTA, C. B.; OLIVEIRA, L. R. **Análise do Sistema Kanban para Gerencia da Produção com Auxílio de Elementos de Tecnologia de Informação**. In: XXI ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador: 2001.

BENDERS, J.; RIEZEBOS, J. Period batch control: classic, no outdated. **Production Planning & Control**, v. 13, n. 6, p. 497-506, 2002.

BURBIDGE, J. L. **The Introduction of Group Technology**. London: Heinemann, 1975.

BURBIDGE, J. L. The use of Period Batch Control (PBC) in the implosive industries. **Production Planning and Control**, v. 5, n. 1, p. 97-102, 1994.

BUZACOTT, J. A. Queuing Models of *Kanban* and MRP Controlled Production Systems. **Engineering Cost and Production Economics**, v.17, p. 3-20, 1989.

CHANG, T. M.; YIH, Y. Determining the Number of *Kanbans* and Lot Sizes in a Generic *Kanban* System: A Simulated Annealing Approach. **International Journal of Production Research**, v. 32, n. 8, p. 1991-2004, 1994b.

CHAOUIYA, C.; LIBEROPOULOS, G.; DALLERY, Y. Extended *Kanban* Control System for Production Coordination of Assembly Manufacturing Systems. **IIE Transactions**, v. 32, n. 10, p. 999-1012, 2000.

CHAUDHURY, A.; WHINSTON, A. B. Towards An Adaptive Kanban System. **International Journal of Production Research**, v. 28, n. 3, p. 437- 458, 1990.

DALLERY, Y.; LIBEROPOULOS, G. Extended Kanban Control System: Combining Kanban and Base Stock. **IIE Transactions**, v. 32, n. 4, p. 369-386, 2000.

FERNANDES, F. C. F; GODINHO FILHO, M. Sistemas de coordenação de ordens: revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v.14, n.2, 2007.

FERNANDES, F. C. F.; Godinho FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2010.

FUJIMOTO, T. **The Evolution of a Manufacturing System at Toyota**. New York: Oxford University Press, 1999.

GAURY, E. G. A.; KLEIJNEN, J. P. C.; PIERREVAL, H. A Methodology to Customize Pull Control Systems. **Journal of the Operational Research Society**, v 52, n 7, p 789-799, 2001.

GRAVEL, M.; PRICE, W. L. Using The *Kanban*. In: a Job Shop Environment. **International Journal of Production Research**, v 26, n 6, p 1105-1118, 1988.

GUPTA, S. M.; AL-TURKI, Y. A. Y. An Algorithm to Dynamically Adjust the Number of Kanbans. In: Stochastic Processing Times and Variable Demand Environment. **Production Planning and Control**, v. 8, n. 2, p 133-141, 1997.

HENDRICK, T. E. 'Fake Pull' in a Kanban Environment: Acceptable Trade-Off Or Violation Of Principle? **Production and Inventory Management Journal**, v. 29, n. 2, p. 6-9, 1988.

HUANG, C. C.; KUSIAK, A. Manufacturing Control With a Push-Pull Approach. **International Journal of Production Research**, v. 36, n. 1, p. 251-275, 1998.

IZUMI, M.; TAKAHASHI, K. Concurrent Ordering in JIT Production System. **In: PROCEEDINGS OF THE 2 AND CHINA-JAPAN INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL MANAGEMENT**, 1993, Beijing. p. 51-56.

KIM, T. M. Just-in-Time Manufacturing System: A Periodic Pull System. **International Journal of Production Research**, v.23, n. 3, p. 553-562, 1985.

LAGE JUNIOR, M. ; GODINHO FILHO, M. . Variations of kanban system: literature review and classification. **International Journal of Production Economics**, v. 125, p. 13-21, 2010.

LANDRY, S.; DUGUAY, C. R.; CHAUSSÉ, S.; THEMENS, J. Integrating MRP, Kanban, and Bar-Coding Systems to Achieve JIT Procurement. **Production and Inventory Management Journal**, v. 38, n. 1, p. 8-12, 1997.

MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F. A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems. **Production Planning & Control**, v. 11, n. 5, p.481-496, 2000.

MATTA, A.; DALLERY, Y.; DI MASCOLO, M. Analysis of Assembly Systems Controlled With Kanbans. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 166, n. 2, 2005.

MOHANTY, R. P.; KUMAR, S.; TIWARI, M.K. Expert Enhanced Coloured Fuzzy Petri Net models of Traditional, Flexible and Reconfigurable Kanban Systems. **Production Planning and Control**, v. 14, n. 5, p. 459-477, 2003.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

NAGENDRA, P. B.; DAS, S. K. MRP/sfx: A Kanban-Oriented Shop Floor Extension to MRP. **Production Planning and Control**, v 10, n 3, p 207-218, 1999.

OTENTI, S. A Modified Kanban System in a Semiconductor Manufacturing Environment. **IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference**. 1991.

REES, L. P.; PHILIPOOM, P. R.; TAYLOR III, B. W.; HUANG, P. Y. Dynamically Adjusting The Number of Kanbans in a Just-in-Time Production System Using Estimated Values of Lead time. **IIE Transactions**, v. 19, n.2, 1987.

SEIDMANN, A. Regenerative Pull (Kanban) Production Control Policies. **European Journal of Operational Research**, v. 35, n. 3, p. 401-413, 1988.

Silva, F. M. da; Fernandes, F. C. F. Proposta de um sistema de controle da produção para fabricantes de calçados que operam sob encomenda. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 3, p. 523-538, 2008.

SO, K. C.; PINAULT, S. C. Allocating Buffer Storages in a Pull System. **International Journal of Production Research**, v.26, n. 12, p 1959-1980, 1988.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N.; OHASHI, K. Order Release in JIT Production Systems: A Simulation Study. **Simulation**, v. 66, n. 2, p 75-87, 1996.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N. Reacting JIT Ordering Systems to the Unstable Changes in Demand. **International Journal of Production Research**, v. 37, n. 10, p. 2293-2313, 1999.

TAKAHASHI, K. Comparing Reactive Kanban Systems. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. 18, p. 4317-4337, 2003.

TAKEDA, K.; TSUGE, Y.; MATSUYAMA, H. Decentralized Scheduling Algorithm to Improve the Rate of Production Without Increase of Stocks of Intermediates. **Computers and Chemical Engineering**, v. 24, p. 1619-1624, 2000.

TARDIF, V.; MAASEIDVAAG, L. An Adaptive Approach to Controlling Kanban Systems. **European Journal of Operational Research**, v. 132, n. 2, p. 411-424, 2001.

TUBINO, D. F.; DANNI, T. S. Ajuste dinâmico do número de kanbans de um sistema produtivo Just-in-Time através da simulação. In: ENCONTRO NACIONAL

DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17 ENEGEP, 1997, Gramado, RS. **Anais...** Gramado, RS, 1997.

TUBINO, D. F.; LEMOS, A. C. D. Aplicação de uma metodologia de ajuste do sistema kanban em um caso real utilizando a simulação computacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19 ENEGEP, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1999.

VERNYI, B.; VINAS, T. Easing Into E-Kanban. **Industry Week**, v. 254, n. 12, p. 32, dec. 2005.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D.C. **Manufacturing Planning & Control Systems**. New York: McGraw-Hill, 1997.

WHITE, R. E.; PRYBUTOK, V. The Relationship Between JIT practices and Type of Production System. **Omega, The International Journal of Management Science**, v. 29, n. 2, p. 113-124, 2001.

ZIPKIN, P. A. *Kanban-Like Production Control System: Analysis of Simple Models*. **Technical Report, Research Working Paper** n. 89-1, Graduate School of Business, Columbia University, New York, 1989.

BARBASTEFANO, Rafael Garcia Barbastefano - **Fatores Críticos na Implementação de Sistemas MRP IIs**. Rio de Janeiro, 1996.

CARRAVILLA, Maria Antónia - **MRP & CRP**. In PCP 1999/2000. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1997.

MESQUITA, Marco Aurélio de Mesquita - **Enterprise Resources Planning – ERP**, 2000.

LOCKE, Dick - **Global Supply Management: A Guide to International Purchasing**. Chicago, IL: Irwin, 1996.

APÊNDICE A

Quadro A1 – Família de Produtos.

Família	Produtos	
Adubadores	Adubador Cultivador para Plantio Direto	
	(ACPD)	
Cultivadores	Cultivador Adubador com Cobertura	
	(CAC)	
	Cultivador de Enxadas Piccin	
	(CEP)	
Distribuidores	Distribuidor de Calcário e Adubo Orgânico	
	MASTER D 5500/7500/12000 MASTER DH 5500/7500/12000 MASTER DH1 5500/7500/12000 MASTER D ARROZEIRA 5500/7500 MASTER DH1 ARROZEIRA 5500/7500	MASTER L 2500/5500 MASTER LH1 2500/5500 MASTER L ARROZEIRA 2500/5500 MASTER LH1 ARROZEIRA 2500/5500
	MASTE L CAFEEIRA 2500 MASTER 2500/5500/7500 MASTER H1 2500/5500/7500	MASTER ARROZEIRA 2500/5500/7500 MASTER H1 ARROZEIRA 2500/5500/7500 MASTER CAFEEIRA 2500
	Grade Aradora Controle Remoto	
	GACR 230 de 12 a 44 DISCOS	GACR – L 230 de 10 a 36 DISCOS
	Grade Aradora Piccin Controle Remoto	
Grades Aradoras Controle Remoto	GAPCR 250 de 12 a 44 DISCOS	
	Grade Aradora Intermediária Controle Remoto	
	GAICR 270 de 12 a 44 DISCOS GAICR-L 270 de 16 a 24 DISCOS	GAPICR 290 de 12 a 40 DISCOS
	Grade Aradora Intermediária Controle Remoto Especial	
	GAICRE 270 de 36 a 44 DISCOS	
	Grade com Controle Remoto Pesada	
	GCRP 340 de 10 a 24 DISCOS	
	Grade com Controle Remoto Pesada Especial	
	GCRPE 340 de 24 a 34 DISCOS	
	Grade Super Pesada Controle Remoto	
	GSPCR 400 de 10 a 18 DISCOS GSPCR 400 de 20 a 30 DISCOS	GSPCR 440 de 10 a 18 DISCOS GSPCR 440 de 20 a 28 DISCOS
Grades Aradoras de Arrasto (Com Pneus)	Grade Aradora Piccin	
	GAP 230 de 10 a 16 DISCOS GAP 230 de 18 a 44 DISCOS GAPR 230 de 10 a 16 DISCOS GAPR 230 de 18 a 44 DISCOS	GAP 250 de 10 a 16 DISCOS GAP 250 de 18 a 40 DISCOS GAPR 250 de 10 a 16 DISCOS
	GAPR 250 de 18 a 40 DISCOS GAPP 230 de 10 a 14 DISCOS GAPP 230 de 16 a 44 DISCOS GAPPR 230 de 10 a 14 DISCOS GAPPR 230 de 16 a 44 DISCOS GAPP 250 de 10 a 14 DISCOS GAPP 250 de 16 a 40 DISCOS GAPPR 250 de 10 a 14 DISCOS GAPPR 250 de 16 a 40 DISCOS GAPI 270 de 10 a 14 DISCOS ANTIGA GAPI 270 de 16 a 28 DISCOS ANTIGA GAPI 270 de 30 a 40 DISCOS ANTIGA GAPIR 270 de 10 a 14 DISCOS ANTIGA GAPIR 270 de 16 a 28 DISCOS ANTIGA GAPIR 270 de 30 a 40 DISCOS ANTIGA GAPIP 270 de 10 a 14 DISCOS NOVO GAPIP 270 de 16 a 40 DISCOS NOVO GAPIPR 270 de 10 a 14 DISCOS NOVO GAPIPR 270 de 16 a 40 DISCOS NOVO GAPIP 290 de 10 a 14 DISCOS GAPIP 290 de 16 a 26 DISCOS GAPIP 290 de 28 a 40 DISCOS GAPIPR 290 de 10 a 14 DISCOS GAPIPR 290 de 16 a 26 DISCOS GAPIPR 290 de 28 a 40 DISCOS	GAPI 290 de 28 a 40 DISCOS GAPIR 290 de 10 a 14 DISCOS GAPIR 290 de 16 a 26 DISCOS GAPIR 290 de 28 a 40 DISCOS GAPIP 270 de 10 a 14 DISCOS ANTIGA GAPIP 270 de 16 a 28 DISCOS ANTIGA GAPIP 270 de 30 a 40 DISCOS ANTIGA GAPIPR 270 de 10 a 14 DISCOS ANTIGA GAPIPR 270 de 16 a 28 DISCOS ANTIGA GAPIPR 270 de 30 a 40 DISCOS ANTIGA GAPIP 270 de 10 a 14 DISCOS NOVO GAPIP 270 de 16 a 40 DISCOS NOVO GAPIPR 270 de 10 a 14 DISCOS NOVO GAPIPR 270 de 16 a 40 DISCOS NOVO GAPIP 290 de 10 a 14 DISCOS GAPIP 290 de 16 a 26 DISCOS GAPIP 290 de 28 a 40 DISCOS GAPIPR 290 de 10 a 14 DISCOS GAPIPR 290 de 16 a 26 DISCOS GAPIPR 290 de 28 a 40 DISCOS
	Grade Pesada de Arrasto	
	GPA 340 de 10 a 24 DISCOS	GPAR 340 de 10 a 24 DISCOS

Família	Produtos	
Grades Capinadeiras	Arado Capinado Controle Remoto	
	(ACCR 18 a 36 DISCOS MODELO ANTIGO)	
	Grade Hidráulica P/ Café (Agrale)	
	GAHC de 14 a 16 Discos GAHCA de 14 a 16 Discos	GAHC de 16 a 26 Discos
	Grade Hidráulica P/ Pomar	
	(GAHP de 16 a 24 Discos)	
	Grade para Pomar Controle Remoto	
	(GPCR de 25 a 37 Discos)	
Grades Niveladoras Fixas	Grade Hidráulica	
	GH de 16 a 32 DISCOS	
	Grade Niveladora e Destorroadora	
	GND 20 a 28 DISCOS	GND 32 a 60 DISCOS
	Grade Niveladora e Destorroadora Leve	
	GNDL de 20 a 32 DISCOS 185MM GNDL de 36 a 44 DISCOS 185MM	GNDL de 20 a 32 DISCOS 175MM GNDL de 36 a 44 DISCOS 175MM
	Grade Niveladora e Destorroadora	
	GNDM de 32 a 60 DISCOS	
	Grade Niveladora Piccin Controle Remoto	
	GNPCR de 28 a 56 DISCOS 185MM	GNPCR de 28 a 64 DISCOS 195MM
	Grade Niveladora Piccin Controle Remoto Especial	
	GNPCRE de 36 a 52 DISCOS 210MM	GNPCRE de 56 a 60 DISCOS 210MM
Grades Niveladoras Flutuantes (Com Pneus)	Grade Niveladora Flutuante	
	GANFD de 28 a 40 DISCOS GANFD de 36 a 80 DISCOS	GANFRD de 36 a 80 DISCOS GANFPD de 36 a 80 DISCOS
	GANFPRD de 36 a 80 DISCOS GANFE de 28 a 40 DISCOS GANFE de 36 a 80 DISCOS GANFRE de 36 a 80 DISCOS GANFPE de 36 a 80 DISCOS	GANFPRE de 36 a 80 DISCOS GANFRD de 88 a 120 DISCOS GANFPRD de 88 a 120 DISCOS GANFRE de 88 a 120 DISCOS GANFPRE de 88 a 120 DISCOS
	Guincho Agrícola	
	(GAHG) GAHG-RO 1200/2000	GAHG-RO BR 1200/2000
	Guincho Traseira	
	(GT-800)	
	Roçadeira Piccin	
Roçadeiras	RP 1300/1500/1700	RPCO 1300/1500/1700.
	Subsolador Piccin SP	
Subsoladores	Subsolador Piccin Controle Remoto	
	SPCR ANTIGO SPCR-500 ANTIGO	SPCR NOVO SPCR-500 NOVO
	Subsolador Piccin com Desarme Automático	
	SPDA ANTIGO	SPDA NOVO
Diversos	Arrumador e esparramador de café	
	(AEC)	
	Arrancador de Grama	
	(AG)	
	Caçamba Carregadeira	
	(CC220 e CCD220)	
	Plaina Traseira Piccin	
	(PTP e PTPL)	
	Batedor de Covas	
	(ROTOMIX)	
	Sulcador Médio de 1 Linha	
	(SM 1)	
	Sulcador Médio de 2 Linhas	
	(SM 2)	

Fonte: Empresa Objeto do Estudo.