



Gustavo Gerlach

**PROPOSTA DE MELHORIA DE *LAYOUT* VISANDO
A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO
EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE**

Horizontina

2013

Gustavo Gerlach

**PROPOSTA DE MELHORIA DE *LAYOUT* VISANDO
A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO
EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Vilmar Bueno Silva, Mestre.

Horizontina

2013

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Proposta de melhoria de *layout* visando a otimização do processo produtivo
em uma empresa de pequeno porte”**

Elaborada por:

Gustavo Gerlach

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

**Aprovado em: 29/11/2013
Pela Comissão Examinadora**

**Mestre. Vilmar Bueno Silva
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador**

**Especialista. Valmir Vilson Beck
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Doutor. Fabiano Cassol
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2013**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que esteve sempre ao meu lado me dando todo o suporte necessário para que eu alcançasse essa conquista.

AGRADECIMENTO.

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de estar aqui hoje.

Agradeço ao meu pai, minha mãe e minha irmã, por todo o incentivo e suporte em todos os momentos da minha trajetória.

Agradeço à empresa Mar-Rio, em especial aos proprietários Mario e Marcos pela confiança depositada em mim desde o início da minha trajetória profissional e pela oportunidade de desenvolver este trabalho na empresa.

Agradeço também aos professores, pelos ensinamentos e experiências compartilhados, e aos meus amigos e colegas que fizeram parte desta caminhada.

“Estar decidido, acima de qualquer coisa, é o segredo do êxito”.

Henry Ford

RESUMO

O cenário atual de alta competitividade faz com que as empresas busquem processos cada vez mais otimizados, com o mínimo possível de perdas e o máximo em qualidade e produtividade. O *layout* industrial desempenha papel importante neste contexto, tendo em vista que a disposição física de máquinas, equipamentos, áreas de circulação, áreas de estoque e pessoas influencia diretamente na eficiência de uma operação. Em meio a esta necessidade de constante aperfeiçoamento, surgiu a produção enxuta, que já provou ser um método eficiente para que as empresas aprimorem seu desempenho. O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de uma proposta de melhoria de *layout* na qual foram adotados conceitos e ferramentas provenientes da produção enxuta. A proposta surgiu após a análise da situação atual, passando pelo uso das ferramentas até chegar num estado considerado ideal. O desenvolvimento da pesquisa se deu através do método de pesquisa-ação, onde foram utilizados métodos de análise para o diagnóstico da situação atual e, posteriormente, para a formulação da proposta de melhoria. Na análise dos resultados são apresentadas as análises realizadas e, posteriormente, os ganhos que podem ser obtidos com a implantação do *layout* proposto. Ao final, com base nos resultados apresentados, conclui-se que o *layout* industrial é um fator de fundamental importância para o bom desempenho de um processo produtivo.

Palavras-chave: *Layout* Industrial. Produção Enxuta. Otimização de Processo.

ABSTRACT

The current scenario of high competition makes companies look increasingly optimized processes, with the least possible losses and the ultimate in quality and productivity. Industrial layout plays an important role in this context, given that the physical layout of machinery, equipment, circulation areas, storage areas and people directly influences the efficiency of an operation. In the midst of this need for constant improvement, lean production emerged, which has proven to be an efficient method for companies to improve their performance. This study aims to develop a proposal for improvement of layout which adopted concepts and tools from the lean production. The proposal came after the analysis of the current situation, passing through the use of some tools in order to reach an ideal state. The development of this research was carried out by the method of action research where analysis tools were used to diagnose the current situation and, thereafter, for the formulation of the proposed improvement. In the analysis of results are presented analyzes and subsequently gains that can be obtained with the implementation of the proposed layout. At the end, based on the results presented, it is concluded that the industrial layout is a factor of fundamental importance to the performance of a production process.

Keywords: *Industrial Layout. Lean Production. Process Optimization.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A estrutura do STP	17
Figura 2: Símbolos utilizados no MFV.....	22
Figura 3: Os tipos de <i>layout</i>	25
Figura 4: A decisão de <i>layout</i>	30
Figura 5: Diagrama de relacionamentos	32
Figura 6: Diagrama de precedência para a Tabela 1	33
Figura 7: Exemplo de dimensionamento para centro de trabalho	35
Figura 8: Sequência de operações	38
Figura 9: <i>Layout</i> atual da empresa.....	38
Figura 10: Fluxo da família de itens com maior volume de produção no <i>layout</i> atual.....	39
Figura 11: Mapa do fluxo de valor atual.....	40
Figura 12: Diagrama de relacionamentos	43
Figura 13: Mapa do fluxo de valor futuro.....	44
Figura 14: Divisão setorial no <i>layout</i> proposto.....	45
Figura 15: Posicionamento das máquinas no <i>layout</i> proposto	45
Figura 16: Fluxo da família de itens com maior volume de produção no novo <i>layout</i>	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO	14
2.2	PRODUÇÃO ENXUTA	15
2.2.1	<i>JUST-IN-TIME</i>	17
2.2.2	<i>JIDOKA</i>	18
2.2.3	<i>KANBAN</i>	18
2.2.4	<i>HEIJUNKA</i>	19
2.2.5	MELHORIA DO PROCESSO	20
2.2.5.1	MELHORIA DO TRANSPORTE	20
2.2.6	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	20
2.3	TIPOS DE PROCESSO	22
2.4	LAYOUT INDUSTRIAL	23
2.4.1	TIPOS DE LAYOUT	24
2.4.1.1	LAYOUT POSICIONAL	25
2.4.1.2	LAYOUT POR PROCESSO	26
2.4.1.3	LAYOUT CELULAR	27
2.4.1.4	LAYOUT POR PRODUTO	27
2.4.1.5	LAYOUTS MISTOS	28
2.4.2	FATORES RELEVANTES NA ELABORAÇÃO DO LAYOUT	28
2.4.3	SELEÇÃO DO LAYOUT	29
2.4.4	PROJETO DO TRABALHO	30
2.4.5	DIAGRAMA DE RELACIONAMENTOS	31
2.4.6	DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA	32
2.4.7	BALANCEAMENTO DA ALOCAÇÃO DE TEMPO DE TRABALHO	34
2.4.8	DIMENSIONAMENTO DO CENTRO DE TRABALHO	34
3	METODOLOGIA	36
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	36
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
4.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	37
4.2	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL	38
4.2.1	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR ATUAL	40
4.2.2	IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS	41
4.3	ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE NOVO LAYOUT PARA MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO	41
4.3.1	DEFINIÇÃO DO TIPO DE LAYOUT	42
4.3.2	DIAGRAMA DE RELACIONAMENTOS	42

4.3.3 MAPA DO FLUXO DE VALOR FUTURO	43
4.3.4 ELABORAÇÃO DO <i>LAYOUT</i>	44
4.4 SÍNTESE DOS BENEFÍCIOS OBTIDOS COM O <i>LAYOUT</i> PROPOSTO.....	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
APÊNDICE A – LISTA DE MÁQUINAS	51

1 INTRODUÇÃO

O *layout* industrial, como se sabe, tem influência direta na eficiência dos processos de uma organização. Na empresa estudada, o fluxo produtivo é confuso e, por vezes, inadequado. Não há espaços e corredores demarcados, prejudicando o fluxo e o controle visual, além de que o espaço disponível pode ser mais bem aproveitado. Com o propósito de otimizar o processo produtivo da empresa através da reorganização do *layout*, formula-se a seguinte questão: como deve ser o *layout* de uma fábrica de móveis metálicos para instalações comerciais – uma empresa de pequeno porte com sistema de produção em lotes?

O presente trabalho apresenta uma análise realizada dentro de uma empresa de pequeno porte do setor metalúrgico, tratando de aspectos relacionados ao *layout* industrial.

A ideia de mudança de *layout* foi proposta pelos gestores da organização, tendo em vista a recente ampliação de espaço físico pelo qual a empresa passou e a necessidade de otimização do processo produtivo. Para isto, além da análise do posicionamento das máquinas, foi feito um diagnóstico dos processos da empresa no que diz respeito a fluxo e identificação das perdas com base nos conceitos de produção enxuta. Para estas análises, é válido citar que o autor utilizou-se do conhecimento e experiência adquiridos ao longo de três anos de trabalho na organização.

Neste contexto, não foi realizada uma análise profunda no que diz respeito ao sistema de produção. O foco da pesquisa concentrou-se na disposição das máquinas e os fluxos de pessoas, materiais e produtos dentro da planta industrial.

O presente trabalho se justifica por abordar uma temática de considerável importância para a realidade das organizações. Um bom planejamento do *layout* industrial, levando em conta alguns princípios da produção enxuta, pode trazer resultados expressivos para uma empresa em termos de redução de movimentação, eliminação de gargalos, melhoria da qualidade e acuracidade de estoque, entre outros. Estes ganhos serão buscados na empresa em que será realizado este trabalho. Além dos benefícios anteriormente mencionados, Shingo (1996) lista outras vantagens trazidas por um *layout* adequado:

- Eliminação de horas-homem de transporte;

- *Feedback* de informação referente à qualidade mais rápido, para ajudar a reduzir os defeitos;
- Redução de horas-homem ao diminuir esperas de lote ou de processo;
- Redução do ciclo de produção.

A realização deste trabalho é importante também por abordar um campo de estudo fundamental para a Engenharia de Produção, afinal, o *layout* industrial influencia diretamente nos resultados da operação, sendo imprescindível um bom planejamento e execução para que a empresa mantenha a competitividade. Na empresa em estudo, identificou-se a oportunidade de melhoria do processo produtivo através da otimização do *layout*, uma melhoria que se torna viável pela facilidade em realizar as mudanças necessárias e pelos ganhos que podem ser obtidos. A experiência do autor dentro da empresa, além da afinidade com o tema, também justificam a realização do presente trabalho.

Desta forma, é estabelecido como objetivo principal deste trabalho definir um *layout* eficaz para uma empresa de pequeno porte, utilizando os princípios da produção enxuta.

Também para o presente trabalho final de curso, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar na literatura pertinente os conceitos de produção enxuta e *layout* industrial;
- Identificar o *layout* existente;
- Realizar o mapeamento do fluxo de valor atual e futuro;
- Definir o *layout* apropriado para a empresa pesquisada.

Com base nestes objetivos, é reforçado o ponto de que o trabalho se limita a uma análise da disposição física dos recursos, identificando oportunidades de melhoria para, assim, chegar a uma proposta final, apresentando os ganhos que podem ser obtidos se implementadas as mudanças.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão da literatura estão apresentados os conceitos e definições que deram o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Luzzi (2004) sustenta que, na sociedade atual, não há mais espaço para indústrias que não estejam alinhadas com as necessidades de seus clientes. Acabou a época em que era possível vender tudo o que fosse produzido. Isto vem ao encontro de Ohno (1997), que cita que os produtos, para serem vendidos, devem satisfazer os desejos de cada consumidor, cada um dos quais com opiniões diferentes.

Moreira (2002) define sistema de produção como o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens ou serviços. O autor classifica os sistemas de produção em três grandes categorias:

- Sistemas de produção contínua;
- Sistemas de produção por lotes (fluxo intermitente);
- Sistemas de produção de grandes projetos sem repetição.

Em contrapartida, Tubino (2006) classifica os sistemas de produção em quatro tipos, associados ao grau de padronização dos produtos e ao volume de produção. O autor traz uma comparação resumida das principais características da classificação dos sistemas de produção, como pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Características dos sistemas de produção

	Contínuo	Repetitivo em massa	Repetitivo em lotes	Projeto
Volume de produção	Alto	Alto	Médio	Baixo
Variedade de produtos	Pequena	Média	Grande	Pequena
Flexibilidade	Baixa	Média	Alta	Alta
Qualificação da MOD	Baixa	Média	Alta	Alta
Layout	Por produto	Por produto	Por processo	Por processo
Capacidade ociosa	Baixa	Baixa	Média	Alta
Lead times	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Fluxo de informações	Baixo	Médio	Alto	Alto
Produtos	Contínuos	Em lotes	Em lotes	Unitário

Fonte: Adaptado de Tubino, 2006.

Tubino (2006) ainda comenta que, nos processos repetitivos em massa, a produção em massa emprega, convencionalmente, mão de obra pouco qualificada e pouco multifuncional. Entretanto, com a implantação de sistemas baseados em produção enxuta, este quadro vem se modificando, devolvendo ao colaborador funções de gerenciamento do processo que lhes foram retiradas com a especialização decorrente da Revolução Industrial, como a garantia da qualidade e a programação da produção.

2.2 PRODUÇÃO ENXUTA

A produção enxuta, surgida no Japão com o nome de Sistema Toyota de Produção (STP), nasceu na década de 50, após a 2ª Guerra Mundial, mas só começou a chamar a atenção do mundo a partir de 1973. De acordo com Ohno (1997), a crise de petróleo da época, seguida de recessão, afetou governos, organizações e sociedades do mundo inteiro. Porém, enquanto muitas empresas enfrentavam problemas, a Toyota Motor Company manteve lucros maiores do que os de outras empresas nos anos subsequentes. A diferença cada vez maior entre ela e as demais empresas fez com que as pessoas se perguntassem sobre o que estaria acontecendo na Toyota.

Ohno (1997), idealizador do sistema, afirma que seu objetivo era conceber um sistema capaz de produzir uma grande variedade de modelos de automóveis em pequenas quantidades, além de alcançar os índices de produtividade observados

nos Estados Unidos – berço do sistema de produção em massa, amplamente utilizado pela indústria automobilística da época.

A base do STP, de acordo com Ohno (1997) é a eliminação de todo e qualquer desperdício, o que pode aumentar amplamente a eficiência e, conseqüentemente, reduzir os custos de fabricação. Entende-se por desperdício todos os elementos de produção que não agregam valor ao produto, sendo classificados dentro de sete categorias, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Os sete tipos de desperdícios encontrados em uma fábrica

Desperdício	Descrição
Superprodução	Produção maior do que o necessário, gerando perdas devido ao excesso de pessoas, estoque e transporte.
Espera	Trabalhadores com baixa carga de trabalho, devido a fatores como desbalanceamento de operações, falta de peças, ou que vigiam uma máquina que trabalha de forma automática.
Transporte	Movimentação de estoques de matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados por distâncias longas.
Processamento	Execução de atividades que não agregam valor ao produto, ou produção de itens defeituosos.
Estoque	Excesso de matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados, causando risco de avarias, dificuldades de manuseio, excesso de espaço físico ocupado.
Movimentação	Movimentação realizada pelo trabalhador que poderia ser evitada, como transportar peças ou procurar ferramentas.
Produção de itens defeituosos	Fabricação de itens que não atendem às especificações mínimas de qualidade, gerando custos com retrabalho ou descarte.

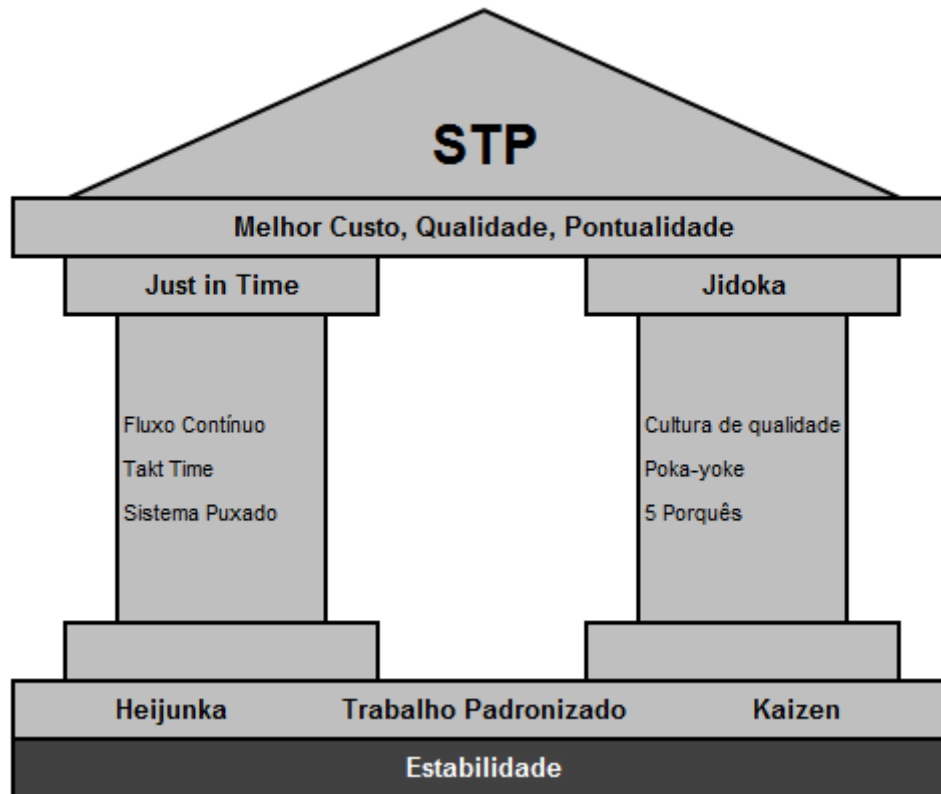
Fonte: Adaptado de Ohno, 1997.

Para Ghinato (2000), há diferentes formas de representar a estrutura do STP. A Figura 1 apresenta o STP com seus dois pilares – just-in-time e jidoka – e outros componentes essenciais do sistema. De acordo com este modelo, o objetivo do sistema é atender da melhor maneira as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor lead time possível. Tudo isso enquanto assegura um ambiente de trabalho onde segurança e moral dos trabalhadores constitua-se em preocupação fundamental da gerência.

Quanto aos aspectos organizacionais, Womack, Jones e Roos (1992) afirmam que a organização enxuta possui duas características organizacionais

fundamentais: transfere o máximo de responsabilidades para os trabalhadores que realmente agregam valor ao produto, e possui um sistema de detecção de defeitos que rapidamente relaciona cada problema a sua derradeira causa.

Figura 1 – A estrutura do STP



Fonte: Adaptado de LIB, 2003.

2.2.1 Just-in-time

Segundo Ohno (1997), o just-in-time trata de prover os componentes utilizados em cada posto de montagem apenas no momento em que, de fato, serão utilizados, e na quantidade necessária. Utiliza-se o método kanban como meio de indicar as necessidades e controlar a quantidade produzida em cada processo. Evitam-se, desta forma, a formação de estoques e a fabricação de uma quantidade grande de produtos defeituosos, uma vez que, ao identificar um estado anormal, muitos componentes estarão sendo feitos e a situação não é facilmente corrigida.

Rocha (1995) define just-in-time como uma técnica de abastecimento ou desabastecimento da produção no tempo certo, no lugar certo e exatamente na

quantidade certa, fazendo com que a empresa produza somente o necessário ao atendimento da demanda, com qualidade assegurada.

A dificuldade em implantar o just-in-time, conforme Rocha (1995) está na tarefa de encontrar o momento certo de realizar determinada tarefa de forma que o tempo seja justo e que a tarefa seja feita no momento certo. A técnica kanban, um instrumento administrativo de controle, vem para amenizar esta dificuldade.

2.2.2 Jidoka

Jidoka consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade (GHINATO, 2000).

Ohno (1997) afirma que qualquer trabalhador pode paralisar a produção ao identificar uma anormalidade, de forma que a situação seja conhecida pelos supervisores, possibilitando a implantação de melhorias.

A ideia central do jidoka, de acordo com Ghinato (2000) é evitar a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador para a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto gera um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e consequentemente reduzindo as paradas da linha.

2.2.3 Kanban

Monden (1984) resume o sistema kanban como um sistema de informação que controla de forma harmoniosa as quantidades de produção em todos os processos. A menos que os diversos pré-requisitos deste sistema sejam implantados perfeitamente (projeto dos processos, padronização das operações, balanceamento da produção etc.), será difícil obter o just-in-time, mesmo com a introdução do sistema kanban.

Rocha (1995) afirma que a técnica kanban é dirigida à melhoria dos métodos de produção através do uso de cartões, e tem como objetivo controlar a

movimentação de material ou a operação desse material (produção), realizando o controle dos estoques intermediários.

Usualmente, o *Kanban* é um cartão colocado num envelope retangular de vinil. São usados dois tipos principais de cartão: *Kanban* de Requisição e *Kanban* de Ordem de Produção. Um *Kanban* de Requisição detalha a quantidade que o processo subsequente deve retirar, enquanto que um *Kanban* de Ordem de Produção determina a quantidade que o processo precedente deve produzir. Estes cartões circulam dentro da fábrica da Toyota, entre a Toyota e as fábricas do grupo e dentro das fábricas das empresas cooperativas. Desta maneira, os *Kanbans* podem fornecer informações na retirada e produzir quantidades a fim de obter a produção “*Just-in-Time*” (MONDEN, 1984, p. 3).

O sistema kanban, segundo Rocha (1995), permite controlar a situação da produção através da visualização dos cartões. No momento em que há deslocamento de peças, o cartão avisa que o estoque anterior deve ser resposto. O cartão de produção tem as informações a respeito de o que deve ser produzido e em que local os materiais estão alocados. O autor lista ainda alguns benefícios que o sistema kanban pode trazer:

- Produzir apenas quando necessário;
- Controlar visualmente a produção;
- Evitar excesso ou falta na produção;
- Reduzir os estoques.

2.2.4 Heijunka

Ghinato (2000) define heijunka como a criação de uma programação nivelada através do sequenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para corresponder à demanda no longo prazo. Dito de outra maneira, heijunka é o nivelamento das quantidades e tipos de produtos.

A programação da produção através do heijunka, de acordo com Ghinato (2000), permite a combinação de diferentes itens com a finalidade de garantir um fluxo contínuo de produção, nivelando também a demanda dos recursos de produção e assim gerando um melhor aproveitamento de pessoas e equipamentos. Da forma como é utilizado na Toyota, o heijunka permite a produção em pequenos lotes e a minimização dos inventários.

2.2.5 Melhoria do processo

Shingo (1996) menciona que os processos podem ser melhorados de duas formas: a primeira consiste em melhorar o produto em si através da Engenharia do Valor. A segunda consiste em melhorar os métodos de fabricação do ponto de vista da Engenharia de Produção, que trata de procurar formas de otimizar a fabricação de determinado produto.

2.2.5.1 Melhoria do transporte

Shingo (1996) argumenta que a movimentação dos materiais é um custo que não agrega valor ao produto. Muitos tentam melhorar o transporte utilizando empilhadeiras, calhas de transporte, entre outros. Mas isso melhora apenas o trabalho de transporte. Melhorias reais de transporte eliminam a função do transporte tanto quanto possível, com o objetivo de aumentar a eficiência da produção. Isto se consegue com o aprimoramento do *layout* dos processos.

2.2.6 Mapeamento do fluxo de valor

Duggan (2002) define mapeamento do fluxo de valor (MFV) como um método de visualização que permite mapear o fluxo de valor de determinada peça desde a fase de matéria-prima até o cliente. O MFV pressupõe entender o fluxo a partir da visão do cliente, e é executado da seguinte maneira:

- Selecionar uma família de produtos;
- Criar um mapa de estado atual;
- Criar um mapa de estado futuro, utilizando técnicas de produção enxuta;
- Criar um plano de implementação para o estado futuro;
- Implementar o estado futuro através de ações estruturadas de melhoria contínua.

Para Rother e Shook (2003), um fluxo de valor é toda ação, que agrega valor ou não, necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto. Considerar a perspectiva do fluxo de valor significa levar em conta o

quadro mais amplo, e não apenas os processos individuais. Melhorar o todo, e não apenas otimizar as partes.

Rother e Shook (2003) afirmam que mapear o fluxo de valor é essencial porque:

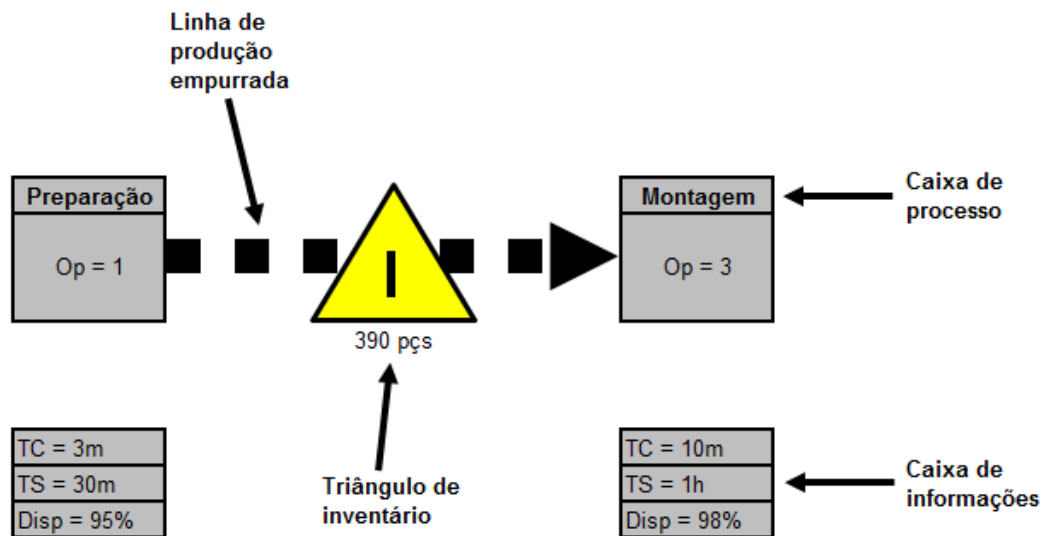
- Ajudar a enxergar o fluxo, e não apenas os processos individuais;
- Ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor;
- Agrega conceitos e técnicas enxutas para implementação em conjunto;
- Constitui a base de um plano de implementação;
- Apresenta a relação entre fluxo de informação e fluxo de material.

O MFV, de acordo com Duggan (2002), é criado no chão de fábrica. Ao observar o processo do chão de fábrica, podem ser identificados os pontos de início e fim de cada operação, e os locais onde o fluxo para e há formação de estoque intermediário. Então, os dados de cada processo são registrados em uma caixa de dados, que normalmente contém as seguintes informações:

- Tempo de ciclo;
- Tempo de setup;
- Disponibilidade;
- Número de operadores.

Todos os pontos de inventário, com as devidas quantidades, devem ser registrados em um triângulo, não importando o local dentro da operação. Também é necessário informar com uma seta se o material flui de um processo para outro de forma empurrada ou puxada. O fluxo de informações dentro do processo também é documentado, através de setas de informação (DUGGAN, 2002). A Figura 2 ilustra alguns dos símbolos utilizados no MFV.

Figura 2 – Símbolos utilizados no MFV



Fonte: Adaptado de Duggan, 2002.

Depois de obtidas as informações acerca do processo, é medido o lead time da operação e, em separado, é feita a soma do tempo em que houve efetivamente processamento. Ao final, obtém-se a comparação do lead time total, ou seja, o tempo que o produto leva para ficar pronto, com o tempo em que, de fato, foi agregado valor ao produto (DUGGAN, 2002).

2.3 TIPOS DE PROCESSO

Conforme Slack *et al.* (1996), dentro de uma operação produtiva os processos podem ser classificados da seguinte forma: projetos, *jobbing*, lote ou batelada, massa e contínuo.

Um processo por projeto trabalha com produtos que podem ser considerados exclusivos, bastante customizados. O período de tempo para realizar o projeto ou serviço é relativamente longo. Assim, baixo volume e alta variedade são características deste tipo de processo. As atividades envolvidas na execução do produto dependem do produto encomendado, portanto não são padronizadas e podem ser modificadas durante a produção. Geralmente, todos os recursos da empresa são direcionados para um projeto por vez, cujo processo é realizado tipicamente por encomenda (SLACK *et al.*, 1996).

O processo de *jobbing*, segundo Slack *et al.* (1996), trabalha com variedade muito alta e baixos volumes, onde cada produto deve compartilhar os recursos da

operação com diversos outros. Neste tipo de processo, são produzidos mais itens e usualmente menores do que nos processos por projeto, porém, o grau de repetição é baixo em ambos.

No processo por lote ou batelada a operação é repetida, produzindo uma determinada quantidade de produtos iguais, até satisfazer o tamanho do lote desejado. O tamanho do lote varia desde algumas unidades até toneladas de produto por unidade de tempo. O processo em lotes pode ser baseado em uma gama mais ampla de níveis de volume e variedade do que outros tipos de processo (SLACK *et al.*, 1996).

Slack *et al.* (1996) define processos de massa como os que produzem bens em alto volume e variedade relativamente estreita. É, entretanto, essencialmente uma operação em massa porque as diferentes variantes de seu produto não afetam o processo básico de produção.

Processos contínuos trabalham com volumes ainda maiores e têm variedade ainda mais baixa que a produção em massa. Em geral, operam por períodos de tempo ainda mais longos. Por vezes, chegam a ser literalmente contínuos no sentido de que os produtos são indivisíveis e produzidos em fluxos ininterruptos (SLACK *et al.*, 1996).

2.4 LAYOUT INDUSTRIAL

Rocha (1995) define *layout* como a disposição física de máquinas, postos de trabalho, equipamentos, pessoas, áreas de circulação, entre outros fatores que ocupam espaço na fábrica, distribuindo-os de forma a maximizar a funcionalidade do processo produtivo e otimizar o ambiente de trabalho.

Para Slack *et al.* (1996), o *layout* de uma operação produtiva leva em conta a localização física dos recursos de transformação. Definir o *layout* é decidir o local onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoas. O *layout* é uma das características mais evidentes de uma operação produtiva, porque determina a sua forma e aparência, além de determinar a maneira segundo a qual os recursos transformados – materiais, informação e clientes – fluem através da operação.

Os mesmos autores enfatizam que um *layout* errado pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes

formando-se ao longo da operação, inconveniências para os clientes, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e custos elevados.

Shingo (1996), por sua vez, destaca que as melhorias no *layout* trazem os seguintes benefícios:

- Eliminação de horas-homem de transporte;
- Feedback de informação referente à qualidade mais rápido, para ajudar a reduzir os defeitos;
- Redução de horas-homem ao diminuir ou eliminar esperas de lote ou de processo;
- Redução do ciclo de produção.

Cabe citar o trabalho de Rocha (1995), que também lista algumas vantagens que a melhoria de *layout* pode trazer:

- Utilizar racionalmente o espaço disponível;
- Reduzir ao mínimo as movimentações de materiais, produtos e pessoas;
- Possibilitar supervisão e obtenção da qualidade.

Shingo (1996, p. 136) faz algumas considerações em relação às melhorias de *layout*:

A melhoria do *layout* passa por várias etapas. Primeiramente, as máquinas devem estar dispostas em correspondência com o fluxo de processamento do produto. Organizar a fábrica em seções de acordo com o tipo de máquina (por exemplo, seção das prensas ou seção dos tornos) é uma medida que somente aumenta o transporte.

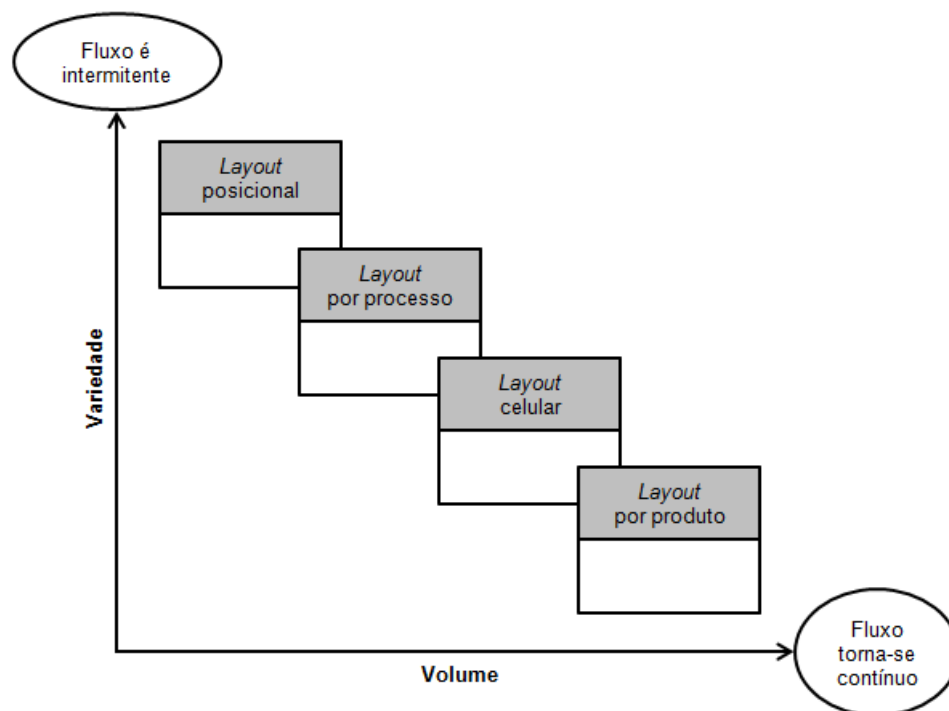
2.4.1 Tipos de *layout*

Slack *et al.* (1996) comenta que o tipo de *layout* é a forma geral do arranjo de recursos produtivos na operação. Na prática, a maioria dos *layouts* deriva de apenas quatro tipos básicos de *layout*. São eles:

- *Layout* posicional;
- *Layout* por processo;
- *Layout* celular;
- *Layout* por produto.

Com base nesta classificação, é possível identificar o efeito de volume e variedade. À medida que o volume aumenta, cresce a importância de gerenciar bem os fluxos. Quando a variedade é reduzida, aumenta-se a viabilidade de um *layout* baseado num fluxo evidente e regular. Slack *et al.* (1996) explica este processo na Figura 3.

Figura 3 – Os tipos de *layout*



Fonte: Adaptado de Slack *et al.*, 1996.

2.4.1.1 *Layout* posicional

No *layout* posicional, Slack *et al.* (1996) aponta que, em vez de materiais, informações ou clientes fluírem através de uma operação, quem sofre o processamento fica estacionário, enquanto maquinário, equipamentos, instalações e pessoas movem-se na medida do necessário. O motivo disto pode ser que ou o produto ou o sujeito do serviço sejam muito grandes para ser movidos de forma satisfatória, ou podem ser ou estar em uma condição em que a movimentação não é viável ou possível.

A principal característica do *layout* posicional, segundo Moreira (2002) é a baixa produção. Frequentemente, se trabalha com apenas uma unidade do produto,

com características únicas e baixo grau de padronização. Dificilmente um produto será rigorosamente igual ao outro.

2.4.1.2 Layout por processo

Slack *et al.* (1996) afirma que o *layout* por processo é assim chamado porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação dominam a decisão sobre o *layout*. Neste tipo de *layout*, processos similares são localizados juntos um do outro. O motivo pode ser que seja conveniente para a operação mantê-los juntos, ou que dessa forma a utilização dos recursos transformadores seja beneficiada.

Moreira (2002) cita como principais características do *layout* por processo:

- Adaptação à produção de uma linha variada de produtos;
- Cada produto passa pelos centros de trabalho necessários, formando uma rede de fluxos;
- Taxas de produção baixas, se comparadas às obtidas nos *layouts* por produto;
- Equipamentos flexíveis, que se adaptam a produtos de características diferentes;
- Em relação ao *layout* por produto, os custos fixos são menores, mas os custos unitários de matéria-prima e mão de obra são maiores.

Dentre as principais vantagens do *layout* por processo, Moreira (2002) cita a flexibilidade, custos fixos menores e, no caso de falhas no sistema, as consequências não são tão graves quanto no *layout* por produto. Como desvantagens, o autor cita a tendência de elevados estoques intermediários, dificuldade no planejamento e controle da produção e volumes relativamente modestos de produção a custos unitários maiores que no *layout* por produto.

Desta forma, quando produtos, informações ou clientes fluírem através da operação, eles percorrerão um roteiro de processo a processo, de acordo com suas necessidades. Diferentes produtos ou clientes terão diferentes necessidades e, portanto, percorrerão diferentes roteiros dentro da operação. Por este motivo, o padrão de fluxo na operação será bastante complexo (SLACK *et al.*, 1996).

2.4.1.3 *Layout* celular

Em um *layout* celular, os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação, na qual todos os recursos transformadores necessários a atender a suas necessidades imediatas de processamento se encontram. A célula em si pode ser organizada segundo o *layout* por processo ou por produto (SLACK *et al.*, 1996).

Depois de serem processados na célula, os recursos transformados podem prosseguir para outra célula. De fato, o arranjo físico celular é uma tentativa de trazer alguma ordem para a complexidade de fluxo que caracteriza o arranjo físico por processo (SLACK *et al.*, 1996, p. 214).

2.4.1.4 *Layout* por produto

Slack *et al.* (1996) aponta que o *layout* por produto trata de localizar os recursos produtivos transformadores inteiramente segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado. A sequência de atividades dos produtos, informações e clientes coincide com a sequência em que os processos foram arranjados fisicamente. Por este motivo, este tipo de *layout* também é chamado de *layout* em “fluxo” ou em “linha”. O fluxo de produtos, informações ou clientes é muito claro e previsível no *layout* por produto, o que o torna um *layout* relativamente fácil de controlar.

Dentre as características fundamentais dos *layouts* por produto, Moreira (2002) enumera as seguintes:

- Bastante adequado a produtos com alto grau de padronização, grandes quantidades e produzidos de forma contínua;
- Fluxo de materiais através do sistema totalmente previsível, proporcionando a utilização de meios automáticos de manuseio e transporte de material;
- Altos investimentos em capital, devido à presença de equipamentos altamente especializados e projetados para altos volumes;
- Altos custos fixos e comparativamente baixos custos unitários de mão de obra e materiais.

Para complementar, Slack *et al.* (1996) afirma que é a uniformidade dos requisitos dos produtos ou serviços oferecidos que leva a operação a optar pela utilização do *layout* por produto.

2.4.1.5 Layouts mistos

Slack *et al.* (1996) cita que muitas operações utilizam *layouts* mistos, que combinam elementos de alguns ou todos os tipos básicos de *layout* ou, alternativamente, utilizam tipos básicos de *layout* de forma “pura” em diferentes setores da operação.

2.4.2 Fatores relevantes na elaboração do *layout*

Rocha (1995) nota que, ao elaborar um *layout*, é preciso levar em conta uma série de fatores que terão influência na área a ser ocupada e na melhor disposição a ser utilizada. Estes fatores são importantes por estarem diretamente relacionados à definição do tipo de *layout*, área de circulação etc., e por influírem consideravelmente na formação final do *layout*. Os fatores variam de importância entre uma operação e outra, em função do que está sendo fabricado. O autor lista como principais fatores:

- Produto e matéria-prima: dimensões, pesos, quantidades movimentadas, características físico-químicas;
- Máquinas e equipamentos: quantificados em função das suas capacidades, da eficiência e da quantidade a ser fabricada;
- Homem: na movimentação ao realizar tarefas junto às máquinas ou na supervisão, requer espaço compatível com seu bem-estar;
- Transporte interno: tipo de transporte utilizado entre os setores. Tem influência na área reservada à circulação.

Além desses, Rocha (1995) complementa que podem ser mencionados outros fatores, como a área para produtos em processo e acabados, área para serviços e área para o social.

Rocha (1995) afirma ainda que, quem elabora um *layout*, deve seguir os seguintes pontos:

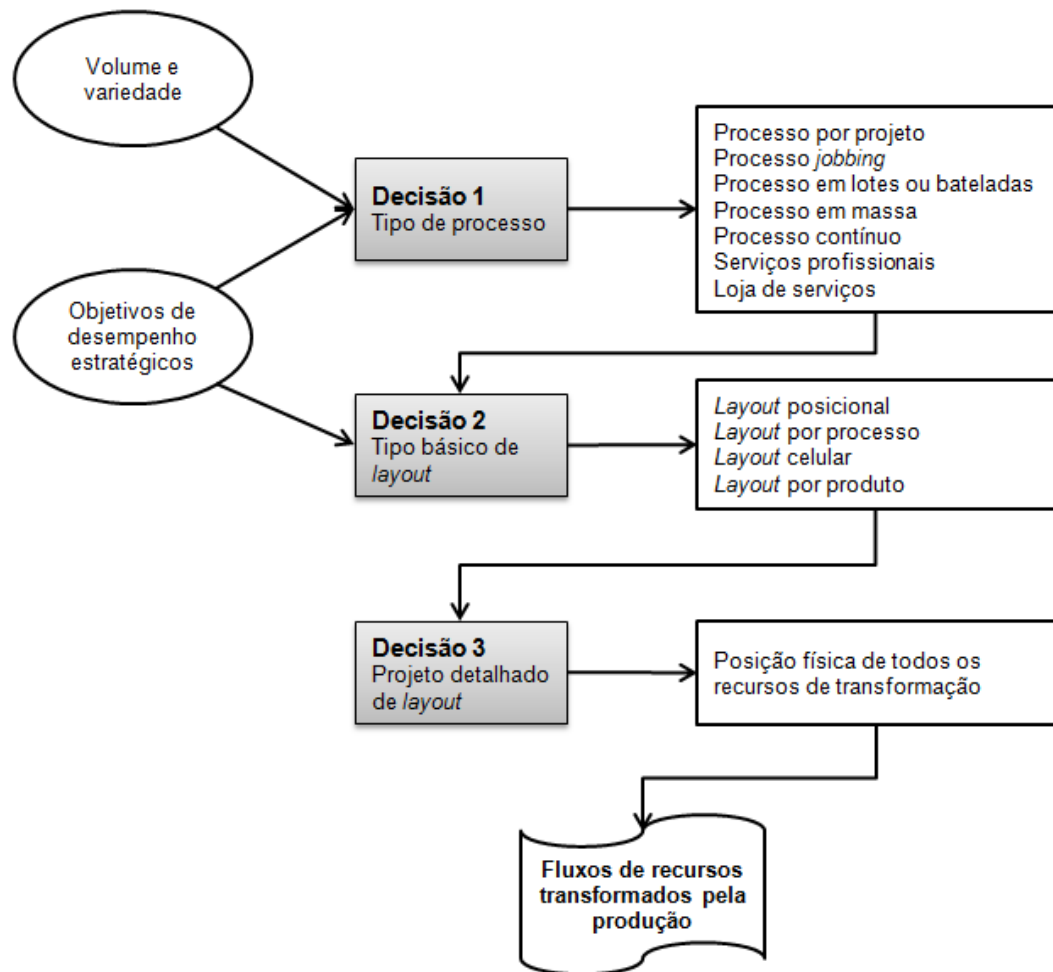
- Deixar espaço suficiente para acesso às máquinas, transporte e serviços de manutenção, controle de qualidade etc.;
- Reservar áreas pensando em possíveis alterações futuras no produto ou no processo;
- Permitir o fluxo progressivo e contínuo;
- Verificar se a edificação tem estrutura correspondente às necessidades do projeto;
- Reservar boas condições de trabalho aos colaboradores.

2.4.3 Seleção do *layout*

Moreira (2002) cita três motivos que tornam importantes as decisões acerca do *layout*:

- Uma mudança adequada de *layout* pode aumentar a produtividade dentro da instalação, sem aumentar o uso de recursos, através da racionalização no fluxo de pessoas e materiais;
- Mudanças de *layout* podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo, entre outros fatores, da área afetada e das alterações físicas realizadas;
- As mudanças de *layout* podem representar elevados custos e/ou dificuldades técnicas para futuras alterações. Além disso, podem causar interrupções indesejáveis da operação.

Slack *et al.* (1996) entende que projetar o *layout* de uma operação produtiva deve ter início com uma análise sobre o que se pretende que o *layout* propicie. A Figura 4 traz os passos para a decisão do *layout*.

Figura 4 – A decisão de *layout*

Fonte: Adaptado de Slack *et al.*, 1996.

2.4.4 Projeto do trabalho

Slack *et al.* (1996, p. 287) traz uma definição para projeto do trabalho:

O projeto do trabalho define a forma pela qual as pessoas agem em relação a seu trabalho. Posiciona suas expectativas de o que lhes é requerido e influencia suas percepções de como contribuem para a organização. Posiciona suas atividades em relação a seus colegas de trabalho e canaliza os fluxos de comunicação entre diferentes partes da operação. De maior importância, porém, auxilia a desenvolver a cultura da organização – seus valores, crenças e pressupostos compartilhados. É por essa razão que o projeto do trabalho é visto por alguns como o aspecto central do projeto de qualquer processo de transformação.

O objetivo do projeto do trabalho, de acordo com Moreira (2002), é criar um ambiente de trabalho produtivo e eficiente, onde cada pessoa saiba o que fazer e como fazer.

Para Moreira (2002), o projeto do trabalho pode ser visto de três diferentes ângulos, complementares entre si. Estes ângulos equivalem a responder às seguintes questões fundamentais:

- Quais os requisitos do projeto do trabalho em relação à satisfação, conforto em bem-estar dos colaboradores;
- Quais são as técnicas disponíveis tanto para documentar um método atual de trabalho, como para propor outros métodos alternativos;
- Como medir o trabalho, ou seja, registrar o tempo necessário para executar determinada atividade, a fim de estabelecer padrões de tempo.

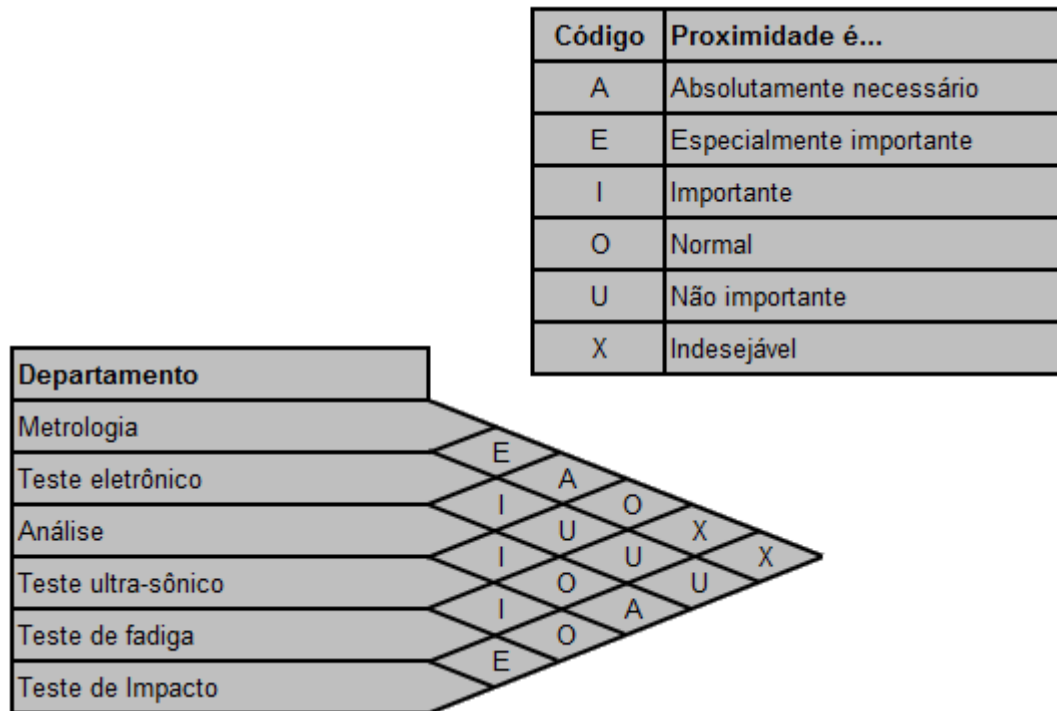
Slack *et al.* (1996) traz os seis passos que devem ser seguidos sistematicamente no estudo do método do trabalho:

- Selecionar o trabalho a ser estudado;
- Registrar todos os fatos relevantes do método presente;
- Analisar criticamente os fatos;
- Desenvolver o método mais prático, econômico e efetivo;
- Implementar o novo método;
- Manter o método através da checagem periódica.

2.4.5 Diagrama de relacionamentos

Slack *et al.* (1996) define o diagrama de relacionamentos como um método qualitativo alternativo de se indicar a importância relativa das relações entre centros. Uma carta de relacionamentos indica o quão desejável é manter pares de centros juntos uns dos outros, pois é importante que alguns setores sejam mantidos juntos, e outros o mais longe possível uns dos outros. A Figura 5 traz uma ilustração para o diagrama de relacionamentos.

Figura 5 – Diagrama de relacionamentos



Fonte: Adaptado de Slack *et al.*, 1996.

2.4.6 Diagrama de precedência

Segundo Cardoso [s.d.], o diagrama de precedência é uma representação gráfica da sequência dos elementos de trabalho, considerando-se as restrições de precedência. Usualmente, os elementos de trabalho são representados por nós, com setas ligando os nós e indicando a ordem de ocorrência dos eventos. As operações que devem ser executadas primeiramente aparecem à esquerda do diagrama, e a sequência do processo progride para a direita. A Tabela 1 mostra parte do processo.

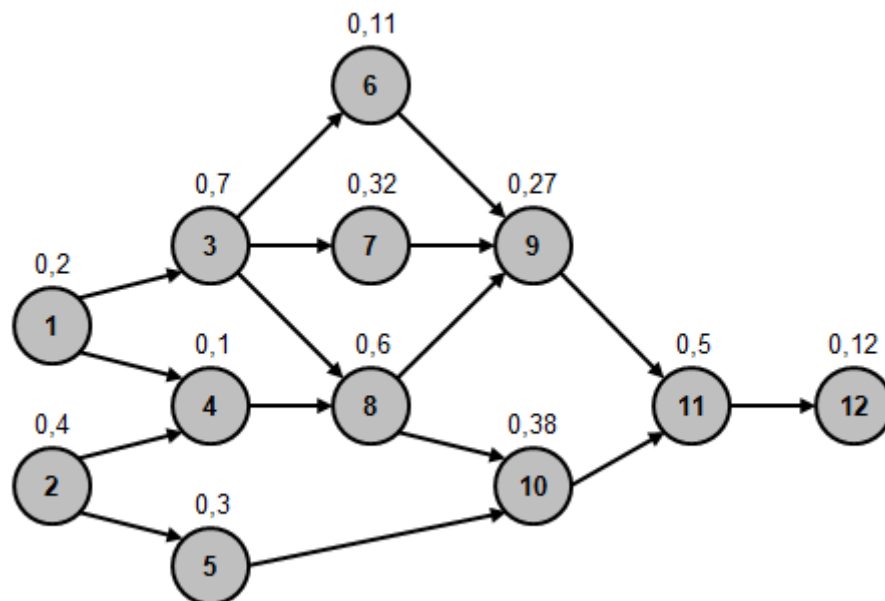
Tabela 1 – Elementos de trabalho para manufatura de um aparelho elétrico

Nº	Descrição do elemento	Tempo (min)	Precedido por
1	Colocar a base no fixador e fixar	0,2	-
2	Montar o plugue no fio de força	0,4	-
3	Montar as braçadeiras na base	0,7	1
4	Enrolar o fio do motor	0,1	1, 2
5	Conectar o fio ao relé	0,3	2
6	Montar a placa na braçadeira	0,11	3
7	Montar a lâmina na braçadeira	0,32	3
8	Montar o motor nas braçadeiras	0,6	3, 4
9	Alinhar braçadeira e conectá-la ao motor	0,27	6, 7, 8
10	Montar o relé na braçadeira do motor	0,38	5, 8
11	Montar a cobertura, inspecionar e testar	0,5	9, 10
12	Colocar na caixa para empacotamento	0,12	11

Fonte: Adaptado de Cardoso [s.d].

Na Figura 6, pode-se ver o diagrama de precedência da Tabela 1.

Figura 6 – Diagrama de precedência para a Tabela 1



Fonte: Adaptado de Cardoso [s.d].

2.4.7 Balanceamento da alocação de tempo de trabalho

Slack *et al.* (1996) comenta que talvez a mais problemática de todas as decisões de projeto de *layout* seja a de garantir uma alocação equânime de trabalho para cada estágio da operação. Este processo é chamado de balanceamento de linha.

2.4.8 Dimensionamento do centro de trabalho

Conforme Peinado e Graeml (2007), o levantamento da necessidade de área física é essencial para a elaboração de um bom *layout*. Devido às particularidades de cada processo, máquinas, forma de trabalho e configuração da planta previamente construída, o cálculo e a divisão das áreas tornam certos níveis de detalhe específicos para cada caso. Problemas de iluminação, saídas de emergência, acesso a bebedouros e banheiros, necessidades de instalações hidráulicas, de exaustão etc. devem ser levados em conta.

Peinado e Graeml (2007) afirmam ainda que apesar dos detalhes específicos de cada caso, alguns conceitos básicos e naturais devem ser seguidos para a elaboração de um bom *layout*. O cálculo das áreas necessárias para cada centro de trabalho costuma ser feito da seguinte forma:

Aresta viva: lado ou dimensão produtiva de um equipamento. Em outras palavras, é o lado que o trabalhador opera a máquina. No caso de uma prensa, a aresta viva é o lado utilizado pelo operador para a colocação de *blanks* e retirada de peças estampadas.

Superfície ou área projetada (Sp): área correspondente à projeção ortogonal do contorno do equipamento em relação ao piso da fábrica, ou simplesmente a área correspondente à máquina ou equipamento “vista de cima”. Em geral, esta superfície corresponde à área física da base do equipamento.

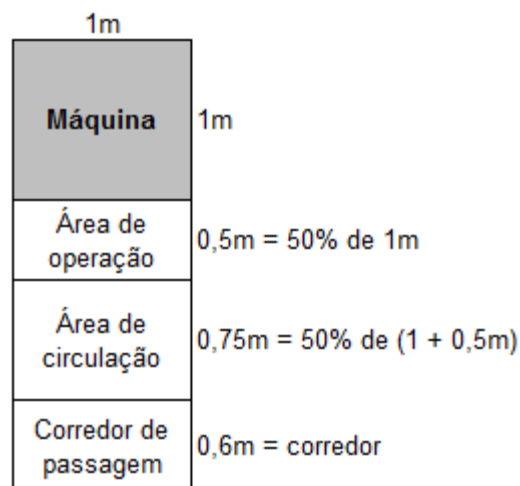
Superfície ou área de operação (So): área estritamente necessária para que o trabalhador possa operar o equipamento de forma segura e eficiente. O cálculo da área de operação varia de acordo com o tipo de máquina, operação, tamanho das peças para processar e tamanho dos estoques utilizados no processo. Geralmente, a superfície de operação é calculada utilizando-se 100% das dimensões de cada

aresta viva da máquina multiplicada pela metade da aresta não viva ou considerando-se uma faixa mínima de 0,5 m, quando o comprimento da aresta não viva for pequeno demais e uma faixa máxima de 2 metros, quando a dimensão da aresta não viva for grande demais.

Superfície ou área de circulação (Sc): além da área de operação, é preciso prever uma outra área para permitir a circulação do fluxo de produtos, pessoas e materiais da operação produtiva. Esta área de circulação geralmente é calculada utilizando-se 50% da soma da área projetada com a área de operação, com um limite máximo de 3 metros.

Corredores de passagem: áreas destinadas à circulação comum de pessoas, materiais e veículos que não fazem parte direta do fluxo de produção. Deve ter largura mínima de 0,6 metro. Porém, como alertado anteriormente, a largura do corredor vai depender de cada necessidade específica, bem como da disponibilidade de espaço. Em alguns casos, a falta de espaço obriga corredores de largura estreita que permitem a passagem de apenas uma pessoa por vez, sendo necessária, inclusive, a colocação de placas de indicativas de sentido do corredor. Este tipo de solução não é recomendado e só deve ser adotado em última instância.

Figura 7 – Exemplo de dimensionamento para centro de trabalho



Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

3 METODOLOGIA

Na metodologia de pesquisa-ação foram relacionadas as principais fases para execução do presente trabalho, com informações relevantes. Também são citadas algumas das técnicas da metodologia utilizada.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A pesquisa foi executada a partir de uma necessidade observada em conjunto pela direção da empresa e autor. Inicialmente, foi realizada a obtenção de dados a partir de medições realizadas na empresa e informações gerenciais. Depois, foi iniciada a revisão da literatura existente sobre o tema, de forma a construir uma base teórica consistente para orientar as ações práticas.

Os dados utilizados na realização desta pesquisa foram obtidos diretamente na empresa pesquisada através de medições realizadas pelo próprio autor, ou em registros existentes. Foram utilizadas ferramentas como trena para medição dos espaços físicos, cronômetro para tomada de tempos e *softwares* como AutoCAD e Microsoft Office Visio para desenho do *layout* e do mapa do fluxo de valor, respectivamente.

Para elaborar a proposta de *layout* apresentada, fez-se a medição do prédio onde a empresa está instalada, bem como as máquinas e equipamentos na disposição física atual. O mapeamento do fluxo de valor foi montado utilizando como base a família de produtos com maior volume de produção, na qual foi analisada uma amostra de 50 peças do item.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

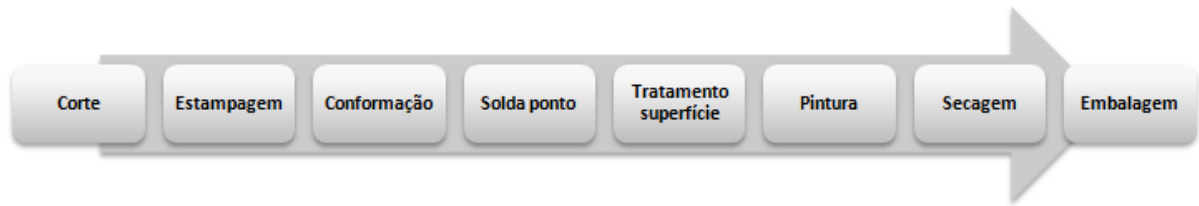
Na apresentação e análise dos resultados realizou-se a aplicação dos conceitos e ferramentas abordados na revisão da literatura para a elaboração da proposta de *layout* para a empresa pesquisada. Primeiramente, é feita a apresentação da empresa, detalhando seus processos, fluxos internos e *layout* atual. É mostrado também o mapeamento do fluxo de valor atual para algumas famílias de produtos como forma de identificar os pontos críticos e perdas no processo ocasionadas pela atual disposição das máquinas. Em seguida, é apresentada a proposta de *layout*, elaborada com base no tipo de processo utilizado pela empresa, juntamente com o mapeamento do fluxo de valor futuro. Ao final, são mostrados alguns dos resultados que podem ser obtidos com a implementação do *layout* proposto.

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Mar-Rio Gôndolas e Expositores iniciou suas atividades no ano de 1995, produzindo soluções para instalações comerciais. Tem sua sede instalada em um pavilhão de aproximadamente 2000m², localizado na cidade de Três de Maio, estado do Rio Grande do Sul, e conta atualmente com cerca de 30 funcionários, além de uma equipe de vendas que atende a empresas de pequeno, médio e grande porte nos mais diversos segmentos: supermercados, farmácias, lojas de eletrodomésticos, materiais de construção, calçados, livrarias, padarias e depósitos, procurando fornecer as melhores soluções em exposição e armazenagem de produtos.

Atualmente, o parque industrial da empresa conta com guilhotina, puncionadeira, prensas hidráulicas, excêntricas e viradeiras, solda MIG, TIG e ponto, sistema de tratamento de superfície de chapas por tanques de imersão, cabines para pintura a pó, entre outros equipamentos. A Figura 8 traz de forma geral a sequência de operações pela qual passa grande parte dos produtos seriados fabricados na empresa.

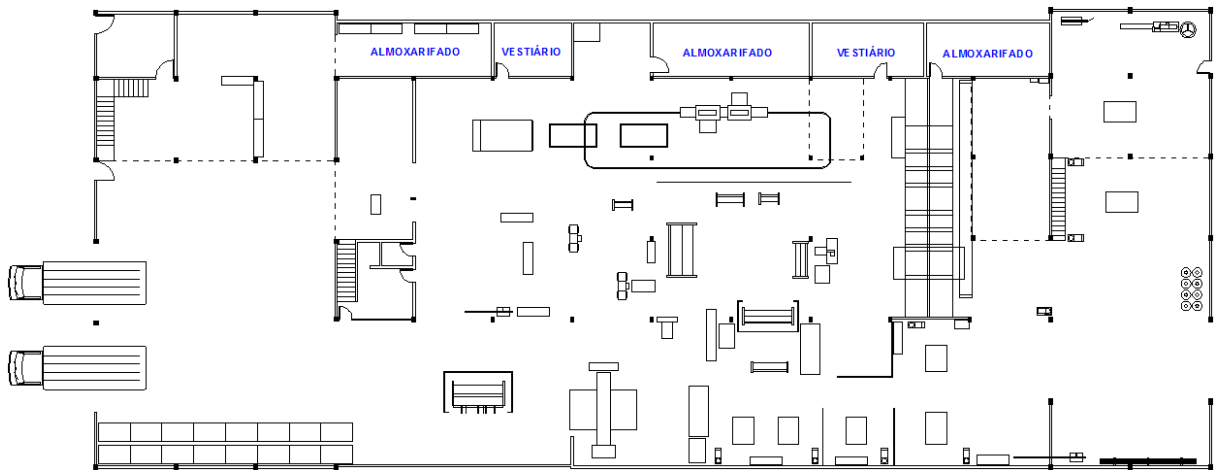
Figura 8 – Sequência de operações



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

4.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

O pavilhão em que a empresa está instalada passou por diversas ampliações e, ao longo dos anos, não foi realizado um estudo adequado de *layout* para favorecer o fluxo de pessoas, matéria-prima e produtos dentro da planta. Não há áreas de trabalho e armazenagem demarcadas, assim como não há também sinalização de corredores para circulação. A Figura 9 mostra o *layout* atual da empresa.

Figura 9 – *Layout* atual da empresa

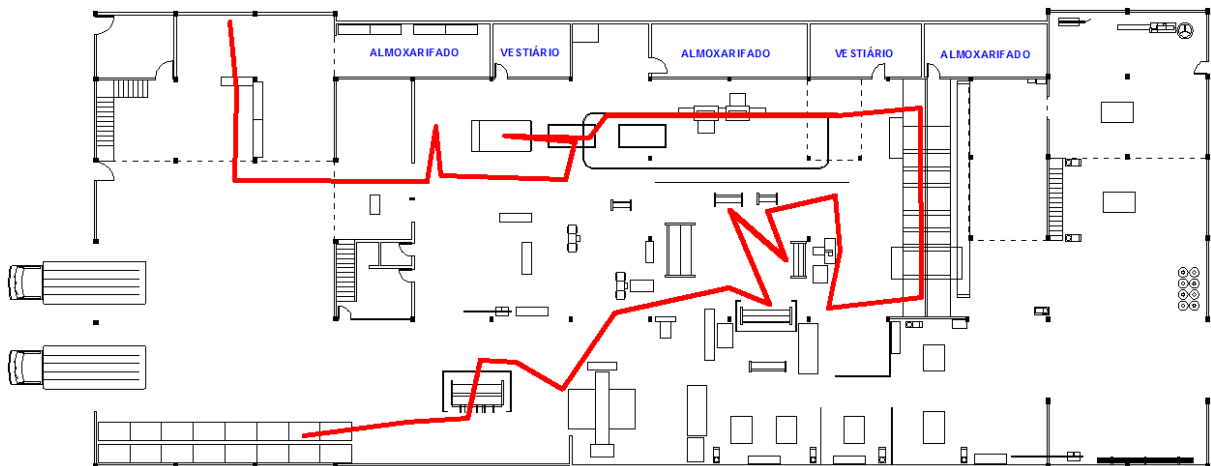
Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

Observando o tipo de processo e a área produtiva, pode-se afirmar que o tipo de processo utilizado pela empresa é em lotes, distribuído através de um *layout* por processo, embora a divisão entre as áreas não seja clara. Recentes ampliações realizadas, que acrescentaram cerca de 800m² ao pavilhão, resultaram numa ocupação sem um planejamento adequado para bom aproveitamento das novas áreas disponíveis. Há áreas sem uso, assim como espaços com excesso de

materiais. Observando a planta pode-se ver que não há delimitações para os centros de trabalho e corredores para circulação, o que torna o fluxo confuso e prejudica o processo, pois muitas vezes o transporte de peças de um local a outro depende da movimentação de outros itens. Não há um padrão determinado para o fluxo das peças dentro do processo, dificultando o controle visual e a organização da fábrica como um todo.

Para um melhor entendimento do fluxo das peças dentro do processo produtivo, uma família de itens foi selecionada para análise. A família de itens selecionada é a que tem maior volume de produção e passa por grande parte dos setores existentes na fábrica. A Figura 10 mostra o fluxo que esta família de produtos percorre dentro do processo produtivo, sendo este representado pela linha vermelha.

Figura 10 – Fluxo da família de itens com maior volume de produção no *layout* atual



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

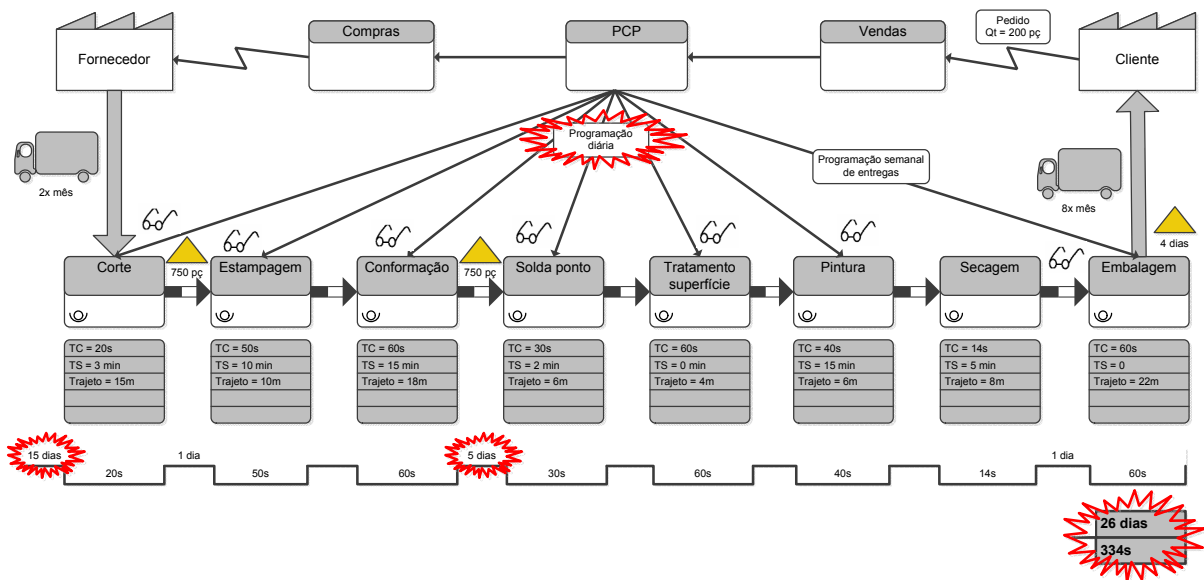
Conforme mostra a Figura 10, a fabricação do lote do item inicia-se na área de estocagem de matéria-prima (parte inferior da figura) para o setor de corte, passando para a estampagem e conformação. Em seguida, os produtos passam pela área de solda para, depois disso, iniciar o tratamento de superfície, pintura e secagem. Por último, os itens são embalados e armazenados. O trajeto percorrido por um lote deste produto totaliza aproximadamente 151 metros.

4.2.1 Mapeamento do fluxo de valor atual

Para um completo entendimento dos processos, com visão ampla do mesmo e assim estruturar a proposta de melhoria de *layout*, executou-se o mapeamento do fluxo de valor para identificar os pontos críticos do processo, localizar gargalos e visualizar os pontos de formação de estoques intermediários.

A Figura 11 mostra o mapa do fluxo de valor atual, o qual foi elaborado levando em consideração a família de itens com maior volume de produção.

Figura 11 – Mapa do fluxo de valor atual



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

Como pode ser visto no mapa do fluxo de valor, após receber o pedido por parte do cliente, o setor de vendas encaminha ao setor de PCP (planejamento e controle da produção), o qual realiza programação diária da produção e repassa a cada setor envolvido de forma não relacionada. Ao passar pelo setor de corte, cria-se um estoque intermediário devido ao tempo de ciclo do setor de estampagem ser maior (50s). Após o setor de conformação, também se cria estoque intermediário antes do setor de solda, pois esta atividade não é realizada de forma contínua, ou seja, não há um operador dedicado de forma integral. Como não há demarcação de áreas, o estoque intermediário formado fica muitas vezes obstruindo outros processos. O trajeto percorrido pelos itens entre um processo e outro também foi medido, por ser fator relevante na elaboração de *layout*.

4.2.2 Identificação das perdas

Como forma de definir os pontos a levar em conta na elaboração da proposta de *layout*, foram identificadas as perdas existentes no processo atual. A base para esta análise são os sete tipos de perdas citados anteriormente na revisão da literatura, provenientes do sistema de produção enxuta. Foram relacionados os tipos de perdas que têm relação direta com o *layout* industrial. Portanto, as perdas de superprodução não foram consideradas por estarem relacionadas a uma decisão de nível gerencial.

Quadro 3 – Perdas identificadas no processo

Desperdício	Descrição
Espera	Em virtude das dificuldades relacionadas a controle visual, transporte de peças de um setor a outro, muitas vezes alguns dos operadores ficam com baixa carga de trabalho, comparados aos demais.
Transporte	Em decorrência da disposição física de máquinas, equipamentos, áreas de circulação e armazenagem, alguns materiais são movimentados mais do que seria necessário com um <i>layout</i> adequado.
Processamento	Acontece devido à movimentação excessiva dos itens, com eventuais avarias que acabam por gerar retrabalho.
Estoque	Ocorre devido à produção de lotes relativamente grandes e sem áreas demarcadas para armazenagem.
Movimentação	Sem a área adequada devidamente dimensionada para seu centro de trabalho, muitas vezes o operador tem de realizar movimentação excessiva.
Produção de itens defeituosos	Sem espaços adequados para o armazenamento de itens em processo, alguns itens deixam de atender às especificações mínimas de qualidade devido à ação do tempo.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

4.3 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE NOVO *LAYOUT* PARA MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO

Uma vez identificadas as oportunidades de melhoria, os desperdícios existentes, bem como um completo entendimento do processo, chegou-se ao consenso, juntamente com a direção da empresa em estudo de que um novo *layout* faz-se necessário para otimizar o processo produtivo. Na proposta de melhoria,

foram utilizadas algumas ferramentas e conceitos abordados na revisão da literatura para a elaboração da proposta. Foram definidas as seguintes atividades:

- Definição do tipo de *layout* a ser adotado;
- Aplicação do diagrama de relacionamentos;
- Definição do mapa do fluxo de valor futuro;
- Elaboração do novo *layout*.

4.3.1 Definição do tipo de *layout*

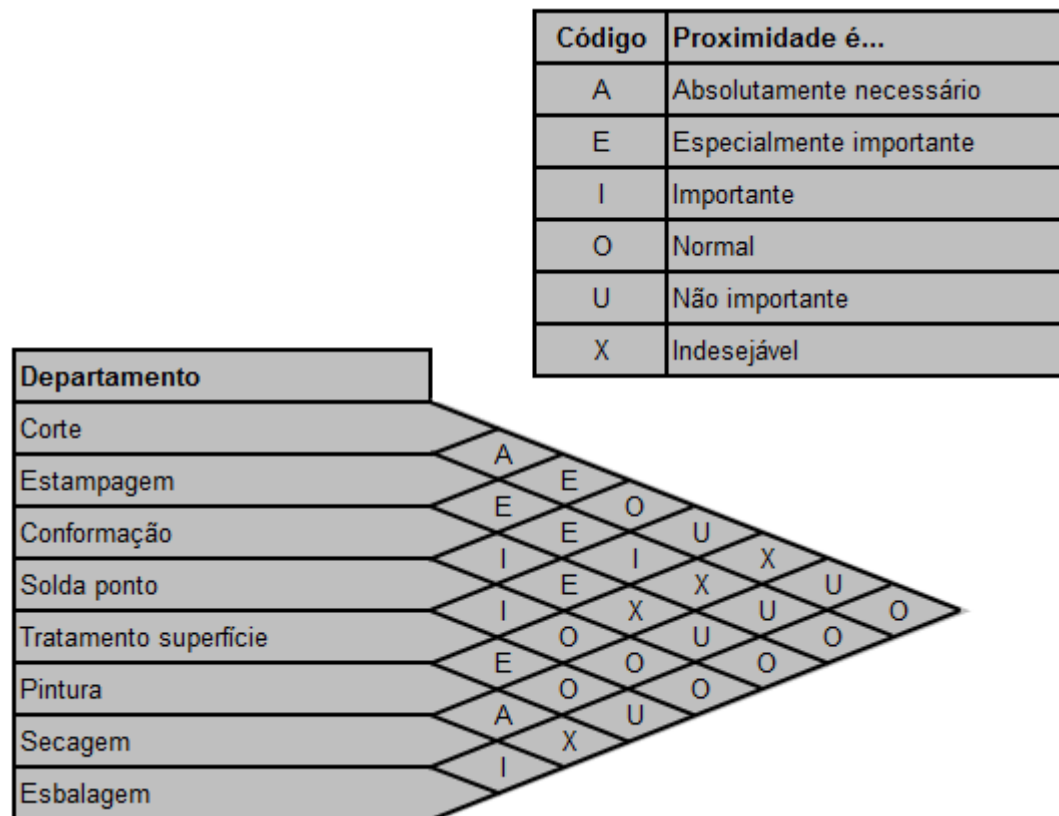
Após analisar as famílias de produtos existentes, os fluxos internos e a situação da área física disponível, o grupo estabeleceu que o tipo de *layout* mais adequado para o processo é o *layout* por processo. Esta decisão se deu devido principalmente aos seguintes fatores:

- Tipo de processo utilizado pela empresa, que é em lotes;
- Volume de produção pode ser considerado médio;
- Variedade de produtos consideravelmente alta em relação ao total de itens produzidos;
- Flexibilidade da instalação para entrada de novos produtos em linha;
- Valor dos itens relativamente baixo, fazendo com que os estoques intermediários formados não tenham grande impacto no faturamento.

4.3.2 Diagrama de relacionamentos

A aplicação do diagrama de relacionamentos se deu para estabelecer relações de proximidade entre as diferentes áreas da empresa. O mesmo pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Diagrama de relacionamentos

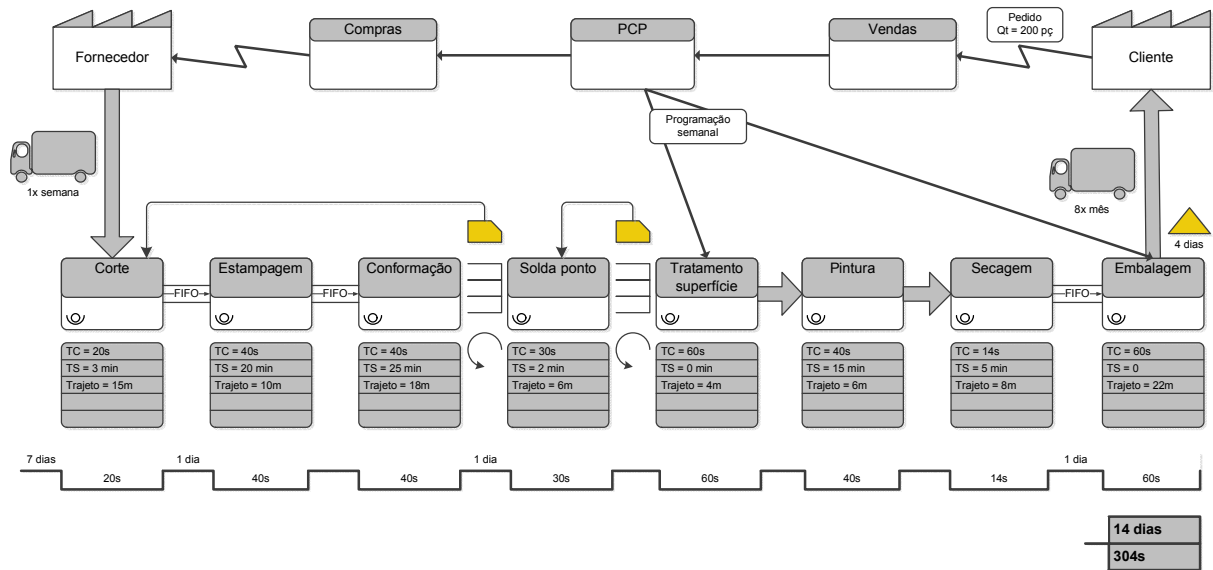


Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

4.3.3 Mapa do fluxo de valor futuro

O mapa do fluxo de valor futuro serviu como base para a definição de questões como a área necessária entre um setor e outro, existência e localização de supermercados, sequência em que os setores devem estar dispostos dentro do processo.

Figura 13 – Mapa do fluxo de valor futuro



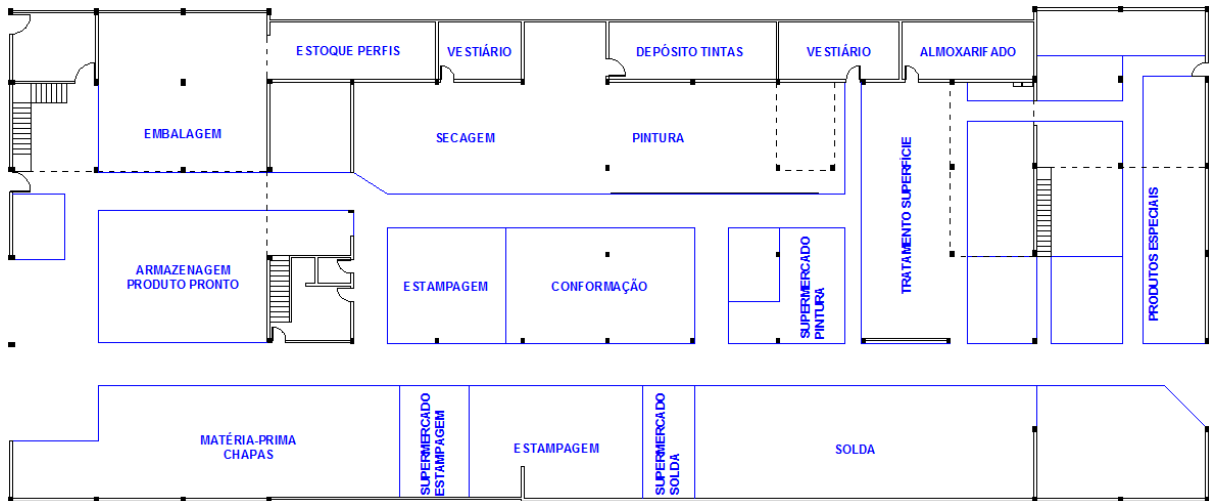
Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

4.3.4 Elaboração do layout

Na elaboração da proposta de *layout*, foram levados em conta fatores como as limitações existentes no prédio, a disposição atual das máquinas e o nível de dificuldade de movimentação de cada equipamento. Como a variedade de produtos é grande, porém similar, procurou-se criar um *layout* no qual o fluxo ocorre de forma facilitada para todas as famílias de produtos. O tipo de *layout* predominante é o de processo, mas também foram utilizados princípios do *layout* celular em alguns locais, aproximando máquinas de setores diferentes a fim de otimizar o fluxo.

Para o dimensionamento das áreas, procurou-se fazer uso dos conceitos e cálculos vistos na revisão da literatura. Os corredores de circulação principais foram dimensionados com largura de no mínimo 2 metros, para facilitar o fluxo de pessoas, peças e também para o caso de futuras aquisições de máquinas. Boa parte de prensas e equipamentos similares existentes ou que eventualmente podem ser adquiridos pela empresa podem ser deslocados através destes corredores sem maiores transtornos. A Figura 14 mostra a divisão setorial do *layout* proposto.

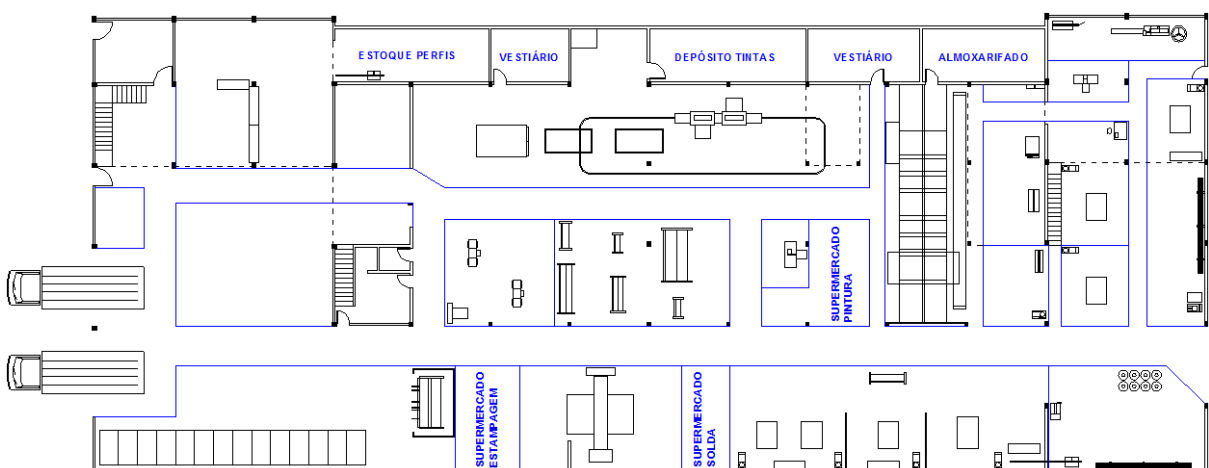
Figura 14 – Divisão setorial no *layout* proposto



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

Como pode ser visto na Figura 14, a proposta de *layout* contempla áreas para os setores de corte, estampagem, conformação, soldagem, tratamento de superfície, pintura, embalagem, além de área para recebimento de matéria-prima, almoxarifado e embarque. Também é necessário um espaço dedicado à fabricação de produtos especiais, não seriados. Estes itens são fabricados conforme a necessidade do cliente. A Figura 15 apresenta o posicionamento de máquinas e equipamentos no *layout* proposto.

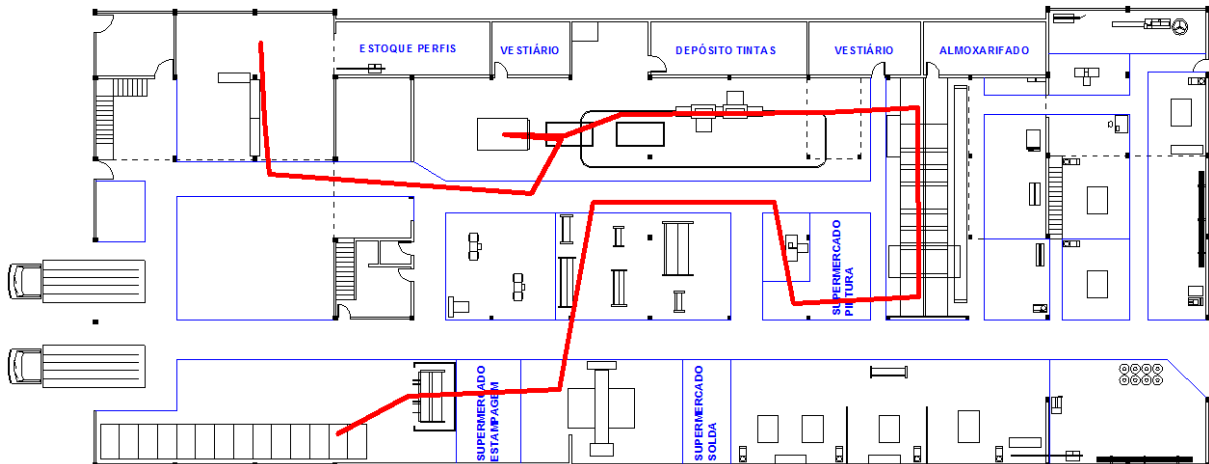
Figura 15 – Posicionamento das máquinas no *layout* proposto



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

O fluxo da família de itens com maior volume de produção foi novamente mapeado no *layout* proposto. O novo fluxo é mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Fluxo da família de itens com maior volume de produção no novo *layout*



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

Observa-se na Figura 16 que o fluxo do item inicia no setor de corte, passando para a estampagem e conformação. Os setores estão próximos e há área suficiente para operação e circulação. Após o setor de conformação, há um supermercado para as peças que chegam para a soldagem, e outro supermercado para a pintura, posicionado antes do setor de tratamento de superfície. Passando pelo tratamento de superfície, pintura e secagem, as peças vão para a embalagem, onde são armazenadas depois disso. No *layout* proposto, o fluxo é facilitado, com espaço suficiente para circulação e circulação de peças, supermercados, e centros de trabalho adequadamente dimensionados.

Os setores de tratamento de superfície, pintura e secagem, por serem processos pelos quais todas as peças passam, estão localizados no centro da planta, o que facilita o fluxo de todas as famílias de itens por estarem próximos tanto das peças seriadas quanto dos produtos especiais, que são fabricados na área localizada à direita na planta. Passando por estes setores, os itens já estão próximos ao setor de embalagem. No *layout* proposto, os produtos passam a percorrer uma distância total de 122 metros.

4.4 SÍNTESE DOS BENEFÍCIOS OBTIDOS COM O *LAYOUT* PROPOSTO

Com a implantação do *layout* proposto, diversas vantagens podem ser obtidas em relação à produção enxuta, com diminuição do *lead time*, eliminação ou minimização de alguns tipos de perdas, diminuição de estoques intermediários,

balanceamento da produção, melhor organização dos centros de trabalho, entre outros. O Quadro 4 traz a síntese das melhorias obtidas em cada um dos setores da empresa.

Quadro 4 – Benefícios obtidos em cada setor com o *layout* proposto

Setor	Resumo dos benefícios obtidos
Corte	Melhor organização do setor e fluxo facilitado para as peças. Maior proximidade com os setores clientes (estampagem e conformação).
Estampagem	Ganhos no fluxo de peças.
Conformação	Com o novo posicionamento das máquinas, há maior agilidade na execução das atividades. O redimensionamento dos centros de trabalho resultou numa área maior para os operadores, e também para circulação de peças.
Solda	A área dedicada ao setor de solda foi aumentada em 30%, o que facilita o trabalho dos soldadores e o transporte dos itens fabricados. A criação de um supermercado para a solda também traz agilidade ao processo e facilita o controle visual.
Tratamento de superfície	O setor de tratamento de superfície não sofreu mudanças significativas de <i>layout</i> . Os principais ganhos obtidos neste setor provêm da criação de um supermercado, o que ameniza o problema da falta de peças decorrente do desbalanceamento entre operações e facilita o controle visual.
Pintura	O <i>layout</i> do setor de pintura não sofreu mudanças significativas. Os ganhos estão relacionados à organização da área, devido à criação de um depósito de tintas, agilizando a armazenagem e localização destes produtos.
Secagem	Neste setor não houve mudanças no <i>layout</i> .
Embalagem	O setor de embalagem obteve ganhos significativos em termos de organização do trabalho, com uma armazenagem mais adequada para os produtos, facilitando a localização e agilizando o processo.
Produtos especiais	No setor de produtos especiais, organizado a partir de um <i>layout</i> misto, observaram-se ganhos de fluxo para a maioria dos itens fabricados. Isto se deve à organização de alguns centros de trabalho na forma de células, agilizando consideravelmente o processo.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da empresa pesquisada.

Em relação ao item tomado como exemplo para demonstrar o fluxo, destaca-se a significativa redução de 46% do *lead time*, de 26 para 14 dias, além da diminuição na ordem de 20% da distância percorrida pelo item dentro do processo, de 151 para 122 metros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual cenário de alta competitividade obriga as empresas a buscarem constantemente meios de otimizar seus processos e eliminar perdas de forma a oferecer produtos cada vez mais confiáveis e inovadores a um preço que o cliente esteja disposto a pagar. Esta crescente necessidade de melhoria faz com que a adequação dos processos ao sistema de produção enxuta seja cada vez mais buscada nas organizações. O *layout* industrial tem papel fundamental em um sistema de produção enxuta, pois tem influência direta na forma como pessoas, materiais e produtos fluem dentro do processo.

A melhoria proposta por este trabalho consistiu na elaboração de um novo *layout* para a empresa pesquisada, de forma a reduzir as perdas e otimizar o processo produtivo. Para isto, foram utilizados conceitos e ferramentas da produção enxuta para assim identificar as oportunidades de melhoria e direcionar as ações a serem tomadas.

O presente trabalho teve como proposta a elaboração de um novo *layout* para a empresa pesquisada, utilizando princípios da produção enxuta. Neste aspecto, destaca-se o cumprimento do objetivo geral da pesquisa, tendo em vista os ganhos obtidos em termos de redução de *lead time* e minimização das perdas no decorrer no processo, conforme apresentado anteriormente.

O primeiro objetivo específico deste trabalho, que foi identificar na literatura pertinente os conceitos de produção enxuta e *layout* industrial foi atingido na revisão da literatura, capítulo 2, na qual foram trazidas definições tendo como foco a eliminação de desperdícios, ferramentas utilizadas para mapeamento, tipos de *layout* existentes e fatores relevantes para a elaboração de um *layout* fabril. O segundo objetivo específico, que consistiu em identificar o *layout* existente foi alcançado no item 4.2, no qual além do mapeamento dos fluxos foi feita uma análise do processo. O terceiro objetivo específico, de realizar o mapeamento do fluxo de valor atual e futuro, foi atingido nos itens 4.2 e 4.3, onde o item 4.2 traz o mapa do fluxo de valor atual obtido a partir da análise do processo, e o item 4.3 traz o mapa do fluxo de valor futuro, representando um estado que deve ser buscado pela empresa e serve como um dos alicerces para a definição do *layout* que será proposto. Finalmente, o último objetivo específico consistiu em definir o *layout* apropriado para a empresa pesquisada e foi atingido no item 4.3. Após o diagnóstico

dos dados obtidos, aplicação das ferramentas de mapeamento, além da análise da realidade da empresa, foi elaborada uma proposta de *layout* tendo por finalidade a otimização do processo produtivo.

Cabe ressaltar que a realização deste trabalho contribuiu de forma significativa com a formação profissional e pessoal do acadêmico, por abordar uma área importante dentro do campo de estudo da Engenharia de Produção, e também devido à possibilidade de empregar o conhecimento teórico adquirido ao longo do curso em uma situação real.

Assim sendo, pode-se afirmar que a proposta de alteração de *layout* trazida por este estudo vem ao encontro da necessidade da organização pesquisada de otimizar seu processo produtivo, com eliminação das perdas para, conseqüentemente, aumentar sua competitividade no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, W. **Engenharia de métodos e produtividade** [s.d.]. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/59320096/34/Diagrama-de-Precedencia>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

DUGGAN, K. J. **Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand** – Nova York: Productivity Press, 2002.

GHINATO, P. Publicado como 2º. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

LIB – LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean** – São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LUZZI, A. A. **Uma abordagem para projetos de layout industrial em sistemas de produção enxuta: um estudo de caso. 2004.** Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção / Ênfase Gerência da Produção – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**; trad. Antonia V. P. Costa, Antonio Freitas, David Livingstone Villar Rodrigues, Eloy Simões de Almeida, Olegário Serra Lisboa, Ramon Pagotto, Ricardo André Gutierrez; supervisão: Reinaldo A. Moura e Akio Umeda – São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, 1984.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações** – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**; trad. Cristina Schumacher – Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEINADO, J.; GRAEML A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços** – Curitiba: UnicenP, 2007.

ROCHA, D. **Fundamentos técnicos da produção** – São Paulo: Makron Books, 1995.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício** – São Paulo: Lean Institute Brazil, 2003.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**; trad. Eduardo Schaan – 2. ed. – Porto Alegre: Artmed, 1996.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção** – São Paulo: Atlas, 1996.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção** – 2. ed. – 7. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**; trad. Ivo Korytowski – Rio de Janeiro: Campus, 1992.

APÊNDICE A – Lista de Máquinas

Nome da Máquina	Ano de Fabricação	Ano de Aquisição
CORTE / ESTAMPAGEM / CONFORMAÇÃO		
Guilhotina	2004	2004
Puncionadeira	2012	2012
Prensa Viradeira 1	1990	1995
Prensa Viradeira 2	1990	1995
Prensa Viradeira 3	1994	1998
Prensa Viradeira 4	1998	2000
Prensa Viradeira 5	2002	2002
Prensa Viradeira 6	2008	2008
Prensa Hidráulica 1	2004	2004
Prensa Hidráulica 2	2009	2009
Prensa Excêntrica	2001	2001
SOLDAGEM		
Solda Ponto	2010	2010
Solda Mig 1	2010	2010
Solda Mig 2	2010	2010
Solda Mig 3	2010	2010
Solda Mig 4	2011	2011
Solda Mig 5	2011	2011
Solda Mig 6	2011	2011
Solda Mig 7	2012	2012
Solda Mig 8	2012	2012
Solda Tig 1	2010	2010
Solda Tig 2	2011	2011
TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA / SECAGEM		
Cabine de Pintura 1	2003	2003
Cabine de Pintura 2	2005	2005
Estufa Tratamento	2009	2009
Estufa Pintura	2003	2003
EMBALAGEM		
Policorte	2009	2009
PRODUTOS ESPECIAIS		
Plasma Manual	2008	2008
Policorte	2007	2007
Calandra	2002	2002
Torno Mecânico	2011	2012
Conformadora de Arame	2012	2012