

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SIMONE GEITENES

**PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO
PARA AVALIAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS NO PROCESSO
PRODUTIVO E MELHORIAS NO *LAYOUT* EM UMA INDÚSTRIA DE
VIDROS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2013

SIMONE GEITENES

**PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO
PARA AVALIAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS NO PROCESSO
PRODUTIVO E MELHORIAS NO *LAYOUT* EM UMA INDÚSTRIA DE
VIDROS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dr^a. Vania Lionço

MEDIANEIRA
2013

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO PARA
AVALIAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS NO PROCESSO PRODUTIVO E MELHORIAS
NO *LAYOUT* EM UMA INDÚSTRIA DE VIDROS.

Por

SIMONE GEITENES

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às h do dia de de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho.....

Prof. Dr^a. Vania Lionço
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Orientadora)

Prof. Msc. Neron Alípio Cortes Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Banca)

Prof. Msc. Edson Hermenegildo Pereira Júnior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Banca)

Aos meus pais Guiomar e Margarete pelo apoio e incentivo ao estudo; ao meu noivo Alisson pela compreensão e carinho e aos meus irmãos Roberto e Silmara pela amizade e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a *Deus* pela vida e por ter tornado tudo isso possível.

Aos meus pais *Guiomar* e *Margarete*, meus maiores exemplos, que mesmo perante tantas dificuldades sempre incentivaram meus estudos e lutaram pela minha formação. Obrigada pelo amor, confiança, dedicação e principalmente pelos valores transmitidos a mim.

A minha orientadora, *Prof^a Vania Lionço* pela dedicação, apoio e companheirismo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores *Neron* e *Edson*, membros da banca, pelas contribuições valiosas dadas a este trabalho.

Aos meus irmãos *Roberto* e *Silmara* que mesmo distantes sempre me incentivaram e ajudaram no que fosse possível.

Ao meu querido noivo *Alisson* pelo amor, cumplicidade, apoio e pela compreensão pelas vezes que tive que me afastar para me dedicar aos estudos.

Ao meu cunhado, *Eng^o Régis Ogawa* pela contribuição com seus conhecimentos e experiências profissionais que foram de grande importância para este trabalho.

As minhas amigas *Letícia*, *Suelem*, *Caroline*, *Francieli*, *Kao* e *Angela* pela parceria tanto pessoal quanto acadêmica ao longo de todos esses anos.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção da UTFPR Medianeira pela competência e conhecimento transmitido.

A empresa estudada neste trabalho que abriu as portas para que eu pudesse realizar minha pesquisa.

Ao gerente de produção *Jovino*, ao gerente de recursos humanos *Pedro* e a supervisora comercial *Cristiane* pelas informações fornecidas que foram muito importantes para enriquecer este trabalho.

A todas as pessoas aqui não mencionadas que participaram da minha vida nos últimos cinco anos e que de certa forma me ajudaram a concluir este trabalho. Muito Obrigada a todos!

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”

Henry Ford

RESUMO

GEITENES, Simone. **Princípios da produção enxuta: um estudo de caso para avaliação dos desperdícios no processo produtivo e melhorias no *layout* em uma indústria de vidros.** 2013. 72 p. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

A produção enxuta é um sistema de produção bem conhecido nas grandes organizações, porém pouco utilizado nas pequenas e médias empresas o que pode ser explicado devido ao desconhecimento do sistema por parte dos gerentes e pela dificuldade de implantação de algumas melhorias sugeridas a partir da avaliação dos processos. No entanto, a utilização dos conceitos de produção enxuta para avaliar os processos produtivos surge como uma forma de encontrar desperdícios e identificar oportunidades de melhoria que geralmente são de difícil visualização. Este trabalho teve como objetivo avaliar o processo produtivo de uma indústria de beneficiamento e têmpera de vidros localizada na região oeste do Paraná com base nos princípios da produção enxuta. A partir da avaliação do processo produtivo e análise do *layout* atual foi possível propor um novo *layout* para reduzir os desperdícios de transporte e estoque entre os processos identificados durante a avaliação dos processos. O *layout* proposto foi elaborado a partir de uma adaptação da metodologia SLP (Planejamento Sistemático de *Layout*) e consistiu na aproximação dos equipamentos menos utilizados que se encontravam distantes bem como a aproximação dos equipamentos mais utilizados de acordo com a ordem dos processos para facilitar a sequência da produção.

Palavras-chave: Produção enxuta. Indústria de Vidros. Desperdícios. *Layout*.

ABSTRACT

GEITENES, Simone. **Lean production principles: a case study for evaluation of production process wastes and improvements in the layout in a glass industry.** 2013. 72 p. Monograph (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

Lean production is a production system well known in large organizations, but little used in small and medium enterprises which can be explained by the lack of the system by managers and by the difficulty of implementing some suggested improvements from the process evaluation. However, the use of the concepts of lean manufacturing to assess production processes emerges as a way to find waste and identify opportunities for improvement that are usually difficult to visualize. This study aimed to evaluate the production process of a processing industry and tempering glass located in western Paraná based on the principles of lean production. From the assessment of the productive process and the current layout analysis has been possible to propose a new layout to reduce waste transportation and inventory between processes identified during the assessment process. The proposed layout was drawn from an adaptation of the methodology consisted in bringing SLP (Systematic Layout Planning) and equipment that were used less distant as well as the approach of the most used equipment in accordance with the order of the processes to facilitate the production sequence.

Key- words: Lean production. Glass Industry. Wastes. Layout.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo tradicional e JIT entre estágios.....	25
Figura 2 – A estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	26
Figura 3 – O sistema de procedimentos SLP.....	38
Figura 4 – Exemplo de diagrama de relações: carta de inter-ligações preferenciais.....	39
Figura 5 – Estoque de matéria-prima (chapas de vidro plano).....	48
Figura 6 – Mesa de corte automatizada e acima ponte rolante para carregamento e descarregamento de chapas de vidro.....	48
Figura 7 – Operador realizando a etiquetagem das peças cortadas.....	49
Figura 8 – Restos de vidros resultantes do processo de corte.....	49
Figura 9 – Lapidadora de vidros.....	50
Figura 10 – Vidro incolor sendo lapidado.....	50
Figura 11 – Lapidação no centro de usinagem.....	51
Figura 12 – Operador realizando a programação dos furos na furadeira.....	51
Figura 13 – Lavadora de vidros.....	52
Figura 14 – Operador realizando a retirada das etiquetas na entrada do forno.....	53
Figura 15 - Forno de têmpera horizontal.....	53
Figura 16 - Vidro recebendo o choque térmico com ar ambiente.....	54
Figura 17 - Cavaletes para transporte dos vidros durante o processo.....	54
Figura 18 - Mapa de processos de beneficiamento e têmpera de vidros da linha engenharia.....	62
Figura 19 - Matriz de inter-relações entre os processos.....	63
Gráfico 1 - Índices mensais de “quebras internas” da produção no ano de 2011.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção diária média em relação ao ano de 2011.....	46
Tabela 2 - Capacidade produtiva referente aos processos de fabricação de vidro temperado.	59

LISTA DE SIGLAS

ABRAVIDRO	Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos
JIT	<i>Just in time</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
MPT	Manutenção Produtiva Total
TQC	<i>Total quality control</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
SLP	Planejamento Sistemático de <i>layout</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVO GERAL	15
1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 A INDÚSTRIA VIDREIRA NO BRASIL.....	16
2.2 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	17
2.2.1 Da Produção em Massa para a Produção Enxuta	18
2.2.2 A Produção em Massa	19
2.2.3 O Surgimento da Produção Enxuta	19
2.3 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	21
2.4 TÉCNICAS APLICADAS À PRODUÇÃO ENXUTA.....	24
2.4.1 <i>Just in time</i> e <i>Jidoka</i>	24
2.4.2 Nivelamento da Produção (<i>heijunka</i>)	27
2.4.3 Controle Visual	27
2.4.4 Troca Rápida de Ferramentas (<i>setup</i>).....	28
2.4.5 Manutenção Produtiva Total.....	28
2.4.6 Sistema Poka Yoke	29
2.4.7 Melhoria Contínua (<i>kaizen</i>)	30
2.4.8 Controle da Qualidade Total (TQC) e Zero Defeitos	31
2.5 ARRANJO FÍSICO DE INSTALAÇÕES	31
2.6 TIPOS DE ARRANJO FÍSICO.....	33
2.6.1 Arranjo Físico por Processo	33
2.6.2 Arranjo Físico por Produto.....	34
2.6.3 Arranjo Físico Posicional	35
2.6.4 Arranjo Físico Celular	36
2.7 PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE LAYOUT (SLP)	36
2.8 MAPEAMENTO DE PROCESSOS	40
3. METODOLOGIA	42
3.1 TIPO E NATUREZA DA PESQUISA	42
3.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	42
3.3 FORMA DE ABORDAGEM DA PESQUISA	43
3.4 MÉTODOS DE PROCEDIMENTO DA PESQUISA	43
3.5 PROCEDIMENTOS UTILIZADOS PARA COLETA DE DADOS	43
4. ESTUDO DE CASO	44
4.1 A EMPRESA EM ESTUDO	44
4.2 PROCESSO PRODUTIVO ESTUDADO	46
4.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
5.1 AVALIAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA	59
5.2 APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DO SISTEMA SLP NO SETOR DE VIDRO TEMPERADO.....	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

A engenharia de produção faz parte do ramo da engenharia que gerencia os recursos materiais, financeiros, tecnológicos, humanos e ambientais com o propósito de aumentar a lucratividade de uma empresa. Com a união de conhecimentos de engenharia, administração e economia, a engenharia de produção busca a racionalização do trabalho, aperfeiçoamento de técnicas de produção, melhorias na gestão das atividades financeiras, logísticas e comerciais de uma organização.

As empresas procuram continuamente uma produção mais competitiva, o que significa melhor qualidade nos produtos oferecidos bem como custos que permitam oferecer os menores preços possíveis. Para se tornarem mais competitivas as empresas buscam constantemente a melhoria de seus processos redefinindo seu sistema de produção. A crescente competitividade industrial demanda organização e racionalização dos processos produtivos respeitando as características das organizações e sua capacidade produtiva. Neste sentido, a engenharia de produção fornece meios para inovar a produção com modelos de gestão que buscam melhorias contínuas, qualidade, redução de custos, sistemas de informação vinculados ao chão de fábrica, requalificação da mão de obra entre outros fatores.

Acompanhando a recente facilidade de acesso ao crédito e crescimento de renda no Brasil, a indústria da construção civil teve um considerável incremento e, com ela também houve um incremento na demanda das indústrias que fornecem materiais correlatos, tais como madeiras, cerâmicas, etc. O apelo ambiental também induz os consumidores a procurar materiais com alta durabilidade e baixo impacto ambiental.

Com isso, as indústrias processadoras de vidros temperados tem desempenhado um importante papel neste ramo, buscando constantemente a melhoria em seus processos produtivos para atender à demanda do mercado com produtos de elevada qualidade e baixo custo. Diante destas observações e o acelerado desenvolvimento da tecnologia há grande necessidade da gestão de processos adequada à produção almejando que os recursos transformados em relação aos recursos de transformação obtenham os resultados esperados.

Para contribuir com sugestões de melhoria nos processos e produção de uma indústria, este estudo tem por objetivo a avaliação do processo produtivo de uma indústria de beneficiamento de vidro temperado situada na região oeste do Paraná com base nos conceitos de produção enxuta e como consequência desta avaliação sugerir um novo *layout*.

Apresenta-se, então a sequência deste Trabalho de Conclusão de Curso, iniciando o capítulo 1 com a justificativa, objetivo geral e objetivos específicos, o capítulo 2 com a revisão de literatura sobre o Sistema Toyota de Produção e suas principais ferramentas, Arranjo Físico de Instalações e sistema SLP, o capítulo 3 descreve a metodologia utilizada no trabalho, o capítulo 4 é formado pelo estudo de caso e o capítulo 5 encerra o presente estudo com os resultados obtidos e considerações finais.

1.1 JUSTIFICATIVA

A decisão da escolha do tema para a execução deste trabalho deve-se ao fato de que as empresas de beneficiamento e têmpera de vidros buscam o desenvolvimento de novas tecnologias para os seus processos com a aquisição de equipamentos de alto valor financeiro para melhorar constantemente a qualidade de seus produtos e garantir a competitividade no mercado. Porém, muitas vezes, acabam deixando de lado as melhorias no que diz respeito à gestão dos processos resultando em desperdícios no sistema produtivo como um todo. Escolheu-se esta empresa de beneficiamento de vidros, pois se trata de uma organização que está em constante busca de novas tecnologias inovando em seus processos e produtos para conquistar cada vez mais novos clientes e se destacar como uma empresa no ramo da construção civil.

Academicamente a abordagem dos assuntos de produção enxuta e arranjo físico representam um aporte teórico às disciplinas de Projeto de Fábrica e Arranjo Físico e Planejamento e Controle da Produção. A busca pela integração das relações entre Universidade e empresa para a realização de pesquisas proporciona a troca e difusão de conhecimento entre alunos e profissionais e contribui de forma significativa para a formação acadêmica do aluno.

1.2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo avaliar o processo produtivo de uma indústria de beneficiamento e têmpera de vidros com base nos princípios da produção enxuta.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

A partir do objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever o processo produtivo de beneficiamento e têmpera de vidros;
- b) Avaliar o desempenho do processo através dos princípios de produção enxuta;
- c) Proceder estudo do *layout* atual do processo de têmpera de vidros;
- d) Elencar possíveis alterações no processo e *layout* industrial;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A INDÚSTRIA VIDREIRA NO BRASIL

A dificuldade para se enquadrar adequadamente os corpos vítreos dentro de um dos três estados de agregação da matéria, fez com que se pensasse em integrá-los em um quarto estado de agregação: o *estado vítreo*, porém esta sugestão nunca chegou a ter uma aceitação generalizada (AKERMAN, 2000). O vidro pode ser definido como o produto amorfo resultante da fusão e posterior solidificação de uma mistura de materiais inorgânicos tendo como principais matérias-primas sílica, barrilha, calcário e alumina (ROSA e BARROSO, 2007).

O vidro é um material frágil, porém não fraco, tem grande resistência à ruptura, podendo mesmo ser utilizado em pisos, é duro e rígido, porém não tenaz não sendo apropriado para aplicações sujeitas a impactos (AKERMAN, 2000).

Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de vidros Planos (ABRAVIDRO, 2013) as primeiras técnicas utilizadas em vidro eram extremamente primitivas e com o passar do tempo os vidraceiros foram descobrindo novas possibilidades em sua fabricação desencadeando a constantes inovações desde o vidro oco (soprado) até os vidros planos, usados principalmente para vitrais de igrejas e catedrais.

As primeiras grandes empresas vidreiras no país começaram a surgir no início da década de 1950, como a Sebastião Pais de Almeida, que controlou cerca de 60% da distribuição nacional; os anos 1950 marcaram a grande demanda de vidro na indústria moveleira e na construção civil (ABRAVIDRO, 2013.).

O primeiro grande impulso no Brasil foi nos anos 1980 quando começou a funcionar o primeiro forno *float*. Posteriormente, iniciou-se a produção de vidros refletivos produzidos nas linhas *coating* e a popularização do vidro temperado, com a chegada dos fornos horizontais (ABRAVIDRO, 2011).

Com o sucesso das obras dos anos de 1980, a indústria vidreira continuou a se desenvolver. Enquanto na década de 1990 surgiram novas opções de cores e metalização, os anos 2000 ficaram marcados pela produção de vidros com índices mais altos de seletividade, os conhecidos vidros de controle solar (ABRAVIDRO, 2011).

O Brasil está incluído entre os principais produtores mundiais de vidro e é atualmente o maior fabricante da América Latina possuindo uma capacidade instalada anual de cerca de 3,1 milhões de toneladas, em 2006, tendo uma produção estimada em 2,6 milhões de toneladas e faturamento de R\$ 3,9 bilhões (ROSA e BARROSO, 2007).

A indústria vidreira continua desenvolvendo novos vidros que agregam ainda mais à construção civil como as fachadas estruturais, amplamente utilizadas no Brasil, em que as ferragens não são aparentes. Além disso, a indústria acredita em um futuro muito promissor em que vidros mais modernos ganharão espaço no mercado. Outro exemplo importante são os chamados vidros inteligentes, este tipo de vidro reage à temperatura ambiente, pois reflete radiação infravermelha no verão e funciona como bloqueador térmico no inverno, mantendo o calor no interior do ambiente (ABRAVIDRO, 2011).

Segundo Pestana (2011), presidente da ABRAVIDRO, a alteração no modelo econômico que o Brasil vem passando tem grande influência no setor vidreiro nacional devido ao aumento do consumo do produto e a atração de grandes investimentos. Porém, o autor deixa bem claro que nessa fase de consolidação do segmento, a indústria vidreira passa por processos e ajustes que geram grandes desequilíbrios na cadeia, por exemplo, a constante movimentação de preços da matéria-prima, seja ela nacional ou importada.

Portanto, a empresa que pretende garantir sobrevivência de suas operações naturalmente acaba concentrando esforços no preço e os fatores que realmente agregam valor ao negócio, como o desenvolvimento de produtos, a eficiência nos processos e os novos serviços a serem oferecidos, infelizmente, acabam em segundo plano (PESTANA, 2011).

2.2 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

As atividades de produção são a base de um sistema econômico, pois são responsáveis pela transformação de recursos, sejam eles de capital, materiais ou humanos, em bens e serviços com valor agregado. Segundo Monks (1987) a administração da produção é a atividade pela qual os recursos, fluindo dentro de um

sistema definido, são reunidos e transformados de uma forma controlada, a fim de agregar valor, de acordo com os objetivos empresariais. Dessa forma, a partir de uma determinada demanda, o trabalho deve ser programado e controlado para produzir os bens e serviços que foram solicitados.

Embora a produção de bens e serviços tenha se desenvolvido ao longo do tempo e recebido contribuição de diversos povos e países, foi com o advento da Revolução Industrial que este conhecimento passa a ser consolidado, difundido e sistematizado. No alvorecer do século XX a produção manufatureira ingressava em uma nova era em que as empresas já não eram pequenas e com técnicas produtivas artesanais e sim grandes empresas com o domínio em uma única estrutura organizacional das diferentes fases da produção, indo desde a aquisição de matérias-primas até a venda do produto final trazendo novas formas de competição e mudanças econômicas (SANTOS, 2003).

Para fins deste estudo, destacam-se duas formas de organização de produção industrial que provocaram mudanças significativas no ambiente fabril: a produção em massa e a produção enxuta.

2.2.1 Da Produção em Massa para a Produção Enxuta

A seguir serão abordados os aspectos mais importantes para a queda da produção em massa bem como a origem e desenvolvimento do chamado Sistema Toyota de Produção. Salienta-se que as expressões Sistema Toyota de Produção (STP), Produção Enxuta e *Lean Manufacturing* são termos utilizados por diferentes autores, porém referem-se ao mesmo sistema de organização do processo produtivo. Adotar-se-á, para fins do presente trabalho, o termo produção enxuta definido por Womack, Jones e Roos (2004).

2.2.2 A Produção em Massa

Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan, da General Motors, e Henry Ford conduziram a fabricação mundial de séculos de produção artesanal para a era da produção em massa. A produção artesanal possuía desvantagens que levaram a sua queda, pois os custos de produção eram elevados e não diminuían com o volume, o que significava que apenas os muito ricos conseguiam adquirir carros, além disso, como cada carro produzido era, na verdade, um protótipo, o sistema era incapaz de garantir a qualidade do produto (WOMACK; JONES e ROOS, 2004).

Henry Ford trouxe para o ambiente industrial, os princípios da administração científica, insistindo na divisão do trabalho, escolha do trabalhador certo para o trabalho e baseando-se no princípio da intercambialidade das peças produzidas automatizadamente em enormes quantidades; também acrescentando a ideia de padronização dos produtos e de fazer os produtos moverem-se enquanto os montadores permaneciam parados nas estações de trabalho (CORRÊA e CORRÊA, 2009).

2.2.3 O Surgimento da Produção Enxuta

A produção enxuta surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Após ser devastado pela guerra o Japão não possuía recursos para fazer os investimentos necessários ao reerguimento das indústrias seguindo os preceitos da produção em massa que caracterizava o sistema de produção seguido na época (BEKESAS, 2012). O desafio da indústria japonesa era como cortar custos e, ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros (WOMACK, JONES e ROOS, 2004).

Com o objetivo de melhoria da indústria japonesa, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota japonesa foram pioneiros no conceito do Sistema Toyota de Produção que é conhecido hoje como Produção Enxuta ou "*Lean Manufacturing*". Ohno recebeu a tarefa de desenvolver uma filosofia que aumentasse a produtividade na Toyota e baseou-se em algumas ideias do Ocidente, particularmente no livro de

Henry Ford “Hoje e amanhã”, visto que, a Ford possuía uma linha de montagem móvel com materiais fluindo continuamente o que veio formar a base para o Sistema Toyota de Produção (BEKESAS, 2012).

Ohno (1997) define a produção enxuta como “A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.”

Segundo Womack, Jones e Roos (2004) a melhor maneira de descrever a produção enxuta é contrastá-la com a produção artesanal e a produção em massa. Desta maneira tem-se:

a) o produtor artesanal lança mão de trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples, mas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor deseja: um item de cada vez;

b) o produtor em massa utiliza profissionais especializados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores semi ou não qualificados, utilizando máquina de alto valor e especializadas em uma única tarefa;

c) o produtor enxuto combina as vantagens das produções artesanais e em massa, evitando os altos custos dessa primeira e a rigidez desta última. Assim, emprega equipes de trabalhadores multiqualificados, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, produzindo imensos volumes de produtos de ampla variedade.

Com o surgimento dos conceitos da produção enxuta, os EUA perceberam que o conceito tradicional de produção em massa teria que ser adaptado para as novas ideias defendidas por Ohno de modo que pudessem participar de um mercado altamente competitivo (BEKESAS, 2012).

Um estudo realizado pelo Instituto *Massachusetts* de Tecnologia que é descrito no livro “A máquina que mudou o mundo” (WOMACK, JONES e ROSS, 2004), ressalta o grande sucesso da Toyota frente às indústrias automobilísticas norte americanas e mostra a produção enxuta como a arma secreta japonesa tornando a produção em massa obsoleta e mudando a visão mundial de como produzir.

2.3 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

A produção enxuta parte do princípio de buscar e eliminar todas as perdas existentes no processo produtivo que são completamente desnecessárias e geram custo, dando maior ênfase nas atividades que agregam valor ao cliente. Ohno (1997) aponta dois princípios básicos para o STP: o princípio do não-custo e a lógica das perdas. O princípio do não custo surgiu logo após a primeira crise do petróleo em 1973 em que a demanda passou a ser marcada pela exigência de produtos cada vez mais diferenciados, de qualidade superior, prazos de entrega cada vez mais reduzidos e preços compatíveis, sendo que a sobrevivência dos fabricantes de bens de consumo não poderia mais ser sustentada pelo “princípio de custo” que era praticado antes da crise, expresso pela fórmula (GHINATO, 1996):

$$\text{PREÇO} = \text{CUSTO} + \text{LUCRO}$$

Esta lógica afirmava que o preço imposto no mercado era resultado de um custo somado a uma margem de lucro pretendida. Com o endurecimento das condições de mercado, o poder de escolha dos consumidores passa a determinar o preço de venda, sendo assim, a lucratividade é definida como a diferença entre o preço de venda e o custo de fabricação (GHINATO, 1996):

$$\text{PREÇO} - \text{CUSTO} = \text{LUCRO}$$

A expressão demonstra que a única maneira de aumentar o lucro é através da redução dos custos.

Para Shingo (1996) a perda é qualquer atividade que não contribui para as operações, tais como espera, acumulação de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagem de materiais de mão em mão, etc.

Para melhor identificação e redução dos desperdícios, Ohno (1997) e Shingo (1996) consideram sete tipos de perdas. São elas:

- 1) Perda por superprodução: é a perda referente à produção além do volume programado (produção em grande quantidade) ou produzir antes do momento necessário quando os produtos ficam estocados aguardando para serem

consumidos ou processados em outras etapas. De todas as perdas, a perda por superprodução é a mais danosa, visto que, tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada (GHINATO, 1996).

2) Perda por espera: é o tempo em que nenhum processo, transporte ou inspeção é realizado. Podem ser de três tipos: no processo, quando um lote inteiro de itens permanece esperando enquanto o lote precedente é processado, transportado ou inspecionado; do lote, quando o lote inteiro fica aguardando a parte que está sendo processada para continuar as outras etapas do processo; do operador, devido à ociosidade do mesmo quanto tem que permanecer junto a máquina para acompanhar e/ou monitorar o processamento do início ao fim.

3) Perda por transporte: são caracterizadas por transportes desnecessários que não agregam valor ao produto final e que podem ser reduzidos através de alterações de *layout* que minimizem as distâncias percorridas pelo material.

4) Perda por processamento: são partes do processo que podem ser eliminadas sem ser prejudicial ao produto ou serviço final. As situações em que as condições de processamento não possuem uma eficiência adequada devido a problemas de ajuste de máquinas ou manutenção também estão inclusas neste tipo de perdas.

5) Perda por movimentação: referem-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores durante a execução de operações. Neste caso, pode ser obtido melhorias através do estudo de tempos e movimentos ou em alguns casos realizar a mecanização do processo em que as atividades manuais realizadas pelo operador passam a ser realizadas pelas máquinas.

6) Perda por produtos defeituosos: a perda por fabricação de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos que possuem características fora dos padrões de qualidade especificados e não satisfaçam as condições de uso. No STP a eliminação de perdas por produtos defeituosos depende da aplicação de métodos de controle na fonte, ou seja, na causa raiz do defeito.

7) Perda por estoque: é caracterizada por estoques de matéria-prima, material em processamento ou de produto acabado. Ocorre devido à falta de sincronia entre o prazo de entrega do pedido e o período de produção. A produção enxuta utiliza a estratégia de eliminar os estoques intermediários para identificar outros problemas no processo escondidos por trás dos estoques.

A partir dos desperdícios encontrados verificam-se quais são as melhores ferramentas a serem utilizadas para eliminar tal desperdício.

Desperdícios	Ferramentas
1. Superprodução	Mapeamento do fluxo de valor; 5 S; Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i> / produção sincronizada.
2. Espera	Mapeamento do fluxo de valor; Manutenção produtiva total (TPM); Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores; Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i> /produção sincronizada; <i>Just in time</i> .
3. Transporte	Mapeamento do fluxo de valor; Tecnologia de grupo; Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote; Manutenção produtiva total (TPM); Alteração de <i>layout</i> .
4. Processamento	Mapeamento do fluxo de valor; 5 S.
5. Movimentação	Mapeamento do fluxo de valor; 5 S; Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/ redução do tamanho do lote.
6. Produtos defeituosos	Mapeamento do fluxo de valor; Ferramentas de controle da qualidade; Zero defeito; Ferramentas <i>poka-yoke</i> .
7. Estoque	Mapeamento do fluxo de valor; Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/ redução do tamanho do lote.

Quadro 1 – Aplicação das ferramentas do pensamento enxuto nos desperdícios.

Fonte: adaptado de Salgado et al. (2009)

Segundo o *Lean Institute Brasil* (2013) a mentalidade enxuta (*lean thinking*) possui cinco princípios. São eles:

1) Valor: a definição de valor é o ponto de partida para a mentalidade enxuta. Não é a empresa, mas sim o cliente quem define o que é valor. A necessidade de algo gera valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade e procurar satisfazê-la cobrando um preço específico para manter a empresa no negócio e com isso obter lucros por meio de melhorias contínuas no processo e nos produtos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

2) Fluxo de valor: significa separar a cadeia produtiva e os processos em três tipos, aqueles que geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e por fim, os que não agregam valor e devem ser eliminados.

3) Fluxo contínuo: é uma tarefa difícil do processo, pois exige mudança na mentalidade das pessoas que devem deixar de lado a ideia de que produção por departamentos seja a melhor alternativa, deve-se dar “fluidez” aos processos. O efeito da criação de fluxos contínuos pode ser notado na redução dos tempos de fabricação dos produtos, de processamento de pedidos e redução dos estoques.

4) Produção puxada: é a inversão do fluxo produtivo. As empresas não empurram mais seus produtos para os clientes (gerando grandes estoques), elas passam a puxar o fluxo de valor, reduzindo estoques e valorizando produtos.

5) Perfeição: é o quinto e último passo para a Mentalidade Enxuta e deve ser o objetivo constante de todos os envolvidos no fluxo de valor. Deve-se buscar a melhoria contínua (*kaizen*) em direção a um estado ideal. Todos os envolvidos no fluxo de valor (fornecedores, fabricantes, distribuidores, revendedores) devem ter conhecimento do processo como um todo para dialogar e buscar a melhor forma de gerar valor.

2.4 TÉCNICAS APLICADAS A PRODUÇÃO ENXUTA

2.4.1 *Just in time* e *Jidoka*

Para Ghinato (1996) interpretar o STP como sendo essencialmente o JIT, demonstra um entendimento limitado de sua verdadeira abrangência e potencialidade. Ohno (1997) afirma que o STP tem base na completa eliminação das perdas, tendo o JIT e a Autonomiação (*jidoka*) como seus dois pilares de sustentação.

O JIT surgiu no Japão, em meados da década de 1970 na Toyota e tem como objetivos operacionais fundamentais a qualidade e a flexibilidade, colocando duas metas de gestão acima de qualquer outra: a melhoria contínua e o ataque incessante aos desperdícios; a perseguição desses objetivos dá-se, principalmente, através de um mecanismo de redução dos estoques, os quais tendem a camuflar os problemas do processo produtivo (CORRÊA e CORRÊA, 2009). O JIT, em seu aspecto mais básico, seria produzir os bens e serviços apenas quando forem

necessários. Slack, Chambers e Johnston (2008) definem o JIT de uma forma mais completa.

O *just in time* (JIT) é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado por meio da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia - chave do JIT é a simplificação (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2008, p. 482).

O sistema JIT apresenta diversas diferenças de abordagem em relação aos sistemas tradicionais que buscam a eficiência protegendo cada parte da produção de possíveis distúrbios (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2008; CORRÊA e CORRÊA e CORRÊA, 2009). A principal diferença do JIT para a abordagem tradicional de produção é a característica de “puxar” a produção ao longo do processo, de acordo com a demanda, ou seja, o material somente é processado em uma operação se é requerido pela operação subsequente do processo, que, quando necessita, envia um sinal à operação fornecedora para que esta dispare a produção e a abasteça (CORRÊA e CORRÊA, 2009).

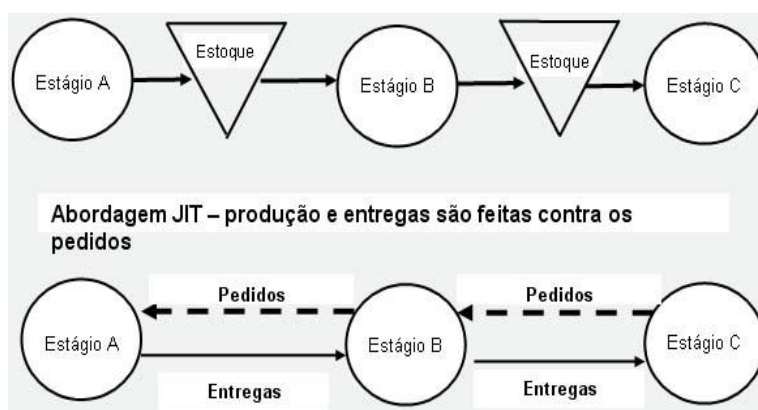


Figura 1 – Fluxo tradicional e JIT entre estágios
Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2008, p. 483)

O que se pode dizer é que o JIT é uma técnica de gestão que aparece como um dos elementos do STP, sendo na verdade, um dos pilares de sustentação e é somente um “meio” de alcançar o verdadeiro objetivo do STP que é o de aumentar os lucros através da completa eliminação das perdas (GHINATO, 1996).

A palavra *jidoka* significa automação com toque humano (OLIVEIRA, 2008). A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer

anormalidade no processamento e fluxo de produção (GHINATO, 1996). São dispositivos instalados nas máquinas que irão impedir a produção de produtos com defeitos como, por exemplo, os dispositivos de parada automática, dispositivos de segurança e dispositivos a prova de erros permitindo que a máquina trabalhe sem a supervisão direta do operador, que passa a supervisionar a produção de diversos equipamentos ao mesmo tempo (OLIVEIRA, 2008).

Ghinato (1996, p. 85) afirma que “a automação consiste em facultar ao operador ou a máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade”. O autor ainda ressalta que “o conceito de automação tem muito mais identidade com a ideia de autonomia do que com automação”, visto que, na maioria das vezes as máquinas ditas “automatizadas” não tem a capacidade de detectar anormalidades e corrigi-las, portanto é necessário que um operador acompanhe o processamento para desempenhar estas funções (GHINATO, 1996).

A figura 2 apresenta a estrutura do STP com base nos pilares de sustentação.

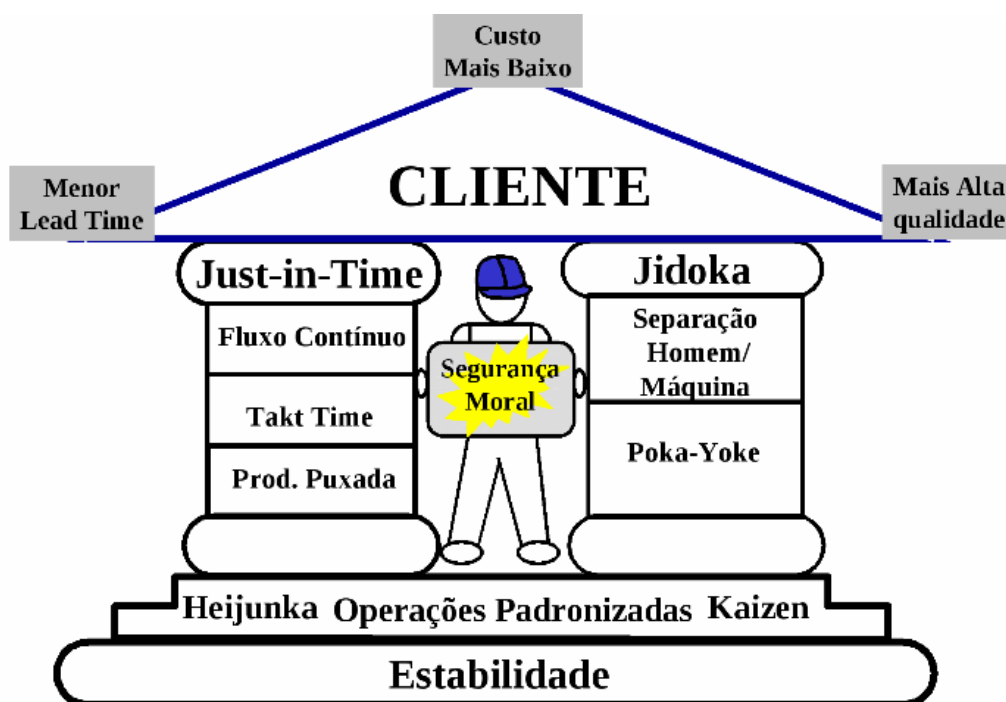


Figura 2 – A estrutura do Sistema Toyota de Produção
Fonte: Ghinato (2000)

2.4.2 Nivelamento da Produção (*heijunka*)

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2008, p. 496) “*heijunka* é a palavra japonesa para o nivelamento do planejamento da produção, de modo que o *mix* e o volume sejam constantes ao longo do tempo”. Para Kosaca (2013) o objetivo é balancear e manter estáveis os recursos da produção; mão de obra e equipamentos e uniformizar ao máximo o tipo e quantidade do dia a dia da produção e evitar desperdícios principalmente de estoque.

Se for necessária a produção de um determinado *mix* de produtos em um determinado período, o tamanho do lote seria calculado para cada produto e os lotes produzidos em determinada sequência (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2008).

2.4.3 Controle Visual

A teoria da Gestão Visual é realmente simples, ou seja, envolve o uso de pistas visuais para solicitar alguma ação lógica (BEKESAS, 2012). Por exemplo, o fato de abrir a geladeira e verificar que não possui mais leite, remete ao fato de ter que ir ao supermercado para comprar. Oliveira (2008) define o controle visual como “sistemas de informação visuais criados para manter baixa ou prevenir a superprodução” citando como exemplo quadros sinalizadores de parada das linhas de produção, colocados em locais visíveis, quando as operações estão normais, a luz verde está ligada; quando um operário deseja ajustar alguma coisa na linha e solicita ajuda, ele acende uma luz amarela.

Uma grande variedade de informações pode ser exibida, podem ser medidos fatores no processo de produção como a confiabilidade do equipamento, a mobilidade dos funcionários, o número de pequenas melhorias, *lead times* de produção, e assim por diante (BEKESAS, 2012).

2.4.4 Troca Rápida de Ferramentas (*setup*)

O tempo de *setup* é definido por Slack, Chambers e Johnston (2008, p. 491) como “o tempo decorrido na troca do processo do final da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote”. Quando se trabalha com pequenos lotes ou mesmo sob encomenda, o tempo para troca de produto na linha deve ser curto, para não comprometer a disponibilidade das máquinas para produção (OLIVEIRA, 2008).

Uma abordagem comum para reduzir os tempos de *setup* é converter o trabalho que é executado enquanto a máquina está parada (*setup* interno), para ser executado enquanto a máquina está operando (*setup* externo) por meio de três métodos principais (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2008):

- a) Ferramentas pré-montadas de forma que uma unidade completa seja fixada à máquina, em vez de ter que montar vários componentes enquanto a máquina está parada.
- b) Montar diferentes ferramentas num dispositivo-padrão permitindo que o *setup* interno seja uma operação de montagem simples e padronizada.
- c) Fazer com que a carga e descarga de novas ferramentas sejam fáceis com a utilização de dispositivos inteligentes de movimentação de materiais, como esteiras de roletes e mesas de superfície de espera.

2.4.5 Manutenção Produtiva Total

Para Slack, Chambers e Johnston (2008) são três as abordagens básicas para a manutenção: manutenção corretiva que significa deixar as instalações operarem até que quebrem; manutenção preventiva que visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção; e a manutenção preditiva que visa realizar manutenção somente quando as instalações precisarem dela.

A manutenção produtiva total (MPT) surgiu no Japão no início dos anos 1970, como uma alternativa a tradicional manutenção corretiva (GHINATO, 1996). Segundo Slack, Chambers e Johnston (2008) a MPT visa eliminar a variabilidade em

processos de produção que é causada pelo efeito de quebras não planejadas, sendo alcançada por meio do envolvimento de todos os funcionários na busca de aprimoramentos na manutenção. Ghinato (1996) define a MPT como “uma abordagem de parceria entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a produção e a manutenção, para a melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência da operação, garantia da capacidade e segurança”.

A MPT visa estabelecer boa prática de manutenção por meio de cinco metas (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2008):

a) *Melhorar a eficácia dos equipamentos.* De acordo com a análise das perdas que ocorrem na produção, examinam-se como as instalações estão contribuindo para a eficácia dos processos. Estas perdas podem ser resultados de tempo parado, velocidade e defeitos.

b) *Realizar manutenção autônoma.* Permitir que o pessoal que trabalhe com os equipamentos seja responsável por algumas tarefas de manutenção e o pessoal de manutenção seja responsável por procurar melhorias para desempenho da manutenção.

c) *Planejar a manutenção.* Realizar uma abordagem elaborada para todas as atividades de manutenção, incluindo o nível de manutenção preventiva necessária e os padrões para manutenção preditiva.

d) *Treinar todo o pessoal em habilidades relevantes de manutenção.* Tanto o pessoal de manutenção quanto o de operação devem ter habilidades para desempenhar seus papéis com forte ênfase no treinamento adequado e contínuo.

e) *Conseguir gerir os equipamentos logo no início.* Meta direcionada de forma a evitar totalmente a manutenção por meio de “prevenção de manutenção”.

2.4.6 Sistema Poka Yoke

Os gerentes de operações produtivas, preocupados com a melhoria da confiabilidade de suas operações, bens e serviços, tentam buscar estratégias que visam minimizar a probabilidade de falhas (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2008). Em 1961 quando Shingo lançou a ideia de incorporar uma lista de verificação às operações sujeitas a falhas humanas acabou dando origem a um sistema à prova

de falhas que passou a se chamar *poka-yoke*, o qual pode ser definido como um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade (GHINATO, 1996).

Para Slack, Chambers e Johnston (2008) a ideia dos *poka-yokes* está baseada no princípio de que os erros humanos são inevitáveis até certo grau sendo importante a prevenção para que não se tornem defeitos e os define como “dispositivos ou sistemas simples (preferencialmente baratos) que são incorporados em um processo para prevenir erros de falta de atenção dos operadores, que provocam defeitos”. Estes dispositivos são, em sua grande maioria, utilizados para garantir um processamento livre de falhas, mas podem ser acoplados às operações de transporte, inspeção e até estocagem (GHINATO, 1996).

2.4.7 Melhoria Contínua (*kaizen*)

Segundo Corrêa e Corrêa (2009) a palavra japonesa *kaizen* significa melhoramento contínuo e continuado, envolvendo todos na organização, de gestores a trabalhadores de linha de frente. Normalmente são atividades realizadas por grupos de funcionários da organização que atuam no sentido de eliminar os desperdícios ou problemas de produção identificados nos processos (OLIVEIRA, 2008). As atividades de *kaizen* podem ser conduzidas numa variedade de maneiras e com uma variedade de objetivos, mas seu aspecto essencial é que são orientadas para as equipes de trabalho que vão para as áreas de produção e através de intenso envolvimento pessoal buscam identificar melhores formas de trabalho e implementam melhoramentos de forma contínua em aspectos como: processos, fluxos de trabalho, arranjo físico, método e divisão do trabalho, equipamentos e instalações, entre outros (CORRÊA e CORRÊA, 2009; OLIVEIRA, 2008).

Outra ferramenta de melhoria contínua muito eficaz é o 5S que se refere às palavras japonesas "*seiri, seiton, seison, seiketsu e shitsuke*", que livremente traduzidas significam, utilizar, arrumar, limpar, padronizar e disciplinar (BEKESAS, 2012). Sujeiras e itens desnecessários são eliminados e todas as ferramentas e componentes têm um local para armazenamento identificado e organizado (OLIVEIRA, 2008).

2.4.8 Controle da Qualidade Total (TQC) e Zero Defeitos

Segundo Ghinato (1996) os princípios do Controle Total da Qualidade foram estabelecidos pelo engenheiro Armand Feigenbaum a partir da publicação de um artigo intitulado *Total quality control* no ano de 1956. Corrêa e Corrêa (2009) define o TQC da seguinte maneira.

O Controle Total da Qualidade é um sistema efetivo para integrar os esforços dos vários grupos dentro de uma organização, no desenvolvimento da qualidade, na manutenção da qualidade e no melhoramento da qualidade, de maneira que habilite *marketing*, engenharia, produção e serviço com os melhores níveis econômicos que permitam a completa satisfação do cliente (CORRÊA e CORRÊA, 2009, p. 122).

Portanto, TQC é entendida como uma filosofia de como abordar a administração da qualidade e se preocupa com os seguintes assuntos (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2008):

- a) Atendimento das necessidades e expectativas dos consumidores;
- b) Inclusão de todas as partes e pessoas da organização;
- c) Exame de todos os custos relacionados com a qualidade;
- d) Desenvolvimento de sistemas que apoiem qualidade e melhoria;
- e) Desenvolvimento de um processo de melhoria contínua.

Para Ghinato (1996) o controle da qualidade zero defeitos não é um programa, mas um método científico capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e controle das causas e tem como pontos fundamentais a utilização de inspeção na fonte com caráter preventivo sendo aplicada na origem e não sobre os resultados; utilização de inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem; redução do tempo entre a detecção do erro e a aplicação da ação corretiva; aplicação de dispositivos anti-falhas (*poka-yokes*).

2.5 ARRANJO FÍSICO DE INSTALAÇÕES

O arranjo físico de uma operação é o modo segundo o qual se encontram dispostos fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro da instalação de uma

operação (CORRÊA e CORRÊA, 2009). Planejar o arranjo físico de uma instalação significa tomar decisões sobre a forma de como serão dispostos os centros de trabalho nessa instalação que podem ser: um departamento, uma sala, grupo de pessoas, máquinas, equipamentos, bancadas, estações de trabalho, etc. (MOREIRA, 2008). Também determina a maneira segundo a qual os recursos transformados – materiais, informações e clientes – fluem pela operação (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

Durante o planejamento do arranjo físico sempre irá existir uma preocupação básica: tornar mais fácil e suave o movimento do trabalho por meio do sistema, quer esse movimento se refira ao fluxo de pessoas ou de materiais (MOREIRA, 2008). Um bom projeto de arranjo físico pode visar tanto eliminar atividades que não agreguem valor, como enfatizar atividades que agreguem como (CORRÊA e CORRÊA, 2009):

- a) minimizar os custos de manuseio e de movimentação interna de materiais;
- b) utilizar de forma eficiente o espaço físico disponível bem como a mão de obra, evitando que esta se movimente desnecessariamente;
- c) facilitar a comunicação entre as pessoas envolvidas na operação;
- d) facilitar a entrada, saída e movimentação dos fluxos de pessoas e de materiais.

As decisões em relação ao arranjo físico são de grande importância para uma empresa. Neste sentido Moreira (2008) cita três motivos que tornam importante estas decisões:

- a) afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações: mudando de forma adequada o arranjo físico ocorre a racionalização no fluxo de pessoas e/ou materiais que pode, muitas vezes, aumentar a produção usando os mesmos recursos de antes;
- b) dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias, as mudanças no arranjo físico podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro;
- c) as mudanças podem representar elevados custos e/ou dificuldades técnicas para futuras reversões e podem ainda causar interrupções indesejáveis no trabalho.

O autor ainda ressalta que olhando para estes motivos à primeira vista poderia parecer que uma vez estabelecido o arranjo físico é quase imutável e se aplica prioritariamente a novas instalações. Porém isso não é verdade, pois diversos fatores podem conduzir a alguma mudança em instalações já existentes: a ineficiência de operações, taxas altas de acidente, mudanças no produto ou serviço, necessidade de expor mais convenientemente produtos ou serviços ao cliente, mudanças no volume de produção ou fluxo de clientes, e assim por diante.

O arranjo físico é um conceito que está relacionado de muitas formas com o tipo de processo que a empresa realiza sendo a característica de volume-variedade da operação que dita este tipo de processo. Em casos em que mais do que um tipo de processo é possível, a importância relativa dos objetivos de desempenho da operação pode influenciar na decisão (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

2.6 TIPOS DE ARRANJO FÍSICO

Há basicamente três tipos básicos de arranjo físico que têm características bastante específicas e são considerados arranjos clássicos: por processo, por produto e posicional (MOREIRA, 2008; CORRÊA e CORRÊA, 2009). Corrêa e Corrêa (2009) afirmam que há também outros tipos de arranjo físico, ditos híbridos, que procuram de certa forma, aliar características de dois ou mais arranjos básicos. O mais usual deles é o arranjo celular.

2.6.1 Arranjo Físico por Processo

Também chamado de arranjo funcional (CORRÊA e CORRÊA, 2009; SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009), corresponde ao sistema de produção de fluxo intermitente (produção por lotes ou encomenda), o qual os materiais ou pessoas movem-se de um centro a outro de acordo com a necessidade (MOREIRA, 2008). A lógica deste tipo de arranjo é a de agrupar recursos com função ou processo similar (CORRÊA e CORRÊA, 2009). O motivo disso pode ser a

conveniência para a operação em mantê-los juntos, ou que dessa forma a utilização dos recursos transformadores seja beneficiada (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

As possibilidades de este tipo de arranjo físico lidar com diferentes roteiros para os fluxos são enormes fazendo deste arranjo um tipo bastante flexível, por outro lado, quando os fluxos começam a ficar intensos, faz com que os fluxos se cruzem, acarretando piora na eficiência e aumento no tempo de atravessamento dos fluxos (CORRÊA e CORRÊA, 2009). São características fundamentais do arranjo físico por processo: a adaptação à produção de uma linha variada de produtos ou a prestação de diversos serviços, formação de uma rede de fluxos devido à passagem de cada produto pelos centros de trabalho necessários, taxas de produção relativamente baixas comparadas com aquelas obtidas com o arranjo físico por produto (MOREIRA, 2008).

2.6.2 Arranjo Físico por Produto

Corresponde ao sistema de produção contínua (linhas de montagem e indústrias de processo) (MOREIRA, 2008). Chama-se “por produto” porque a lógica usada para arranjar a posição relativa dos recursos é a sequência de etapas do processo de agregação de valor (CORRÊA e CORRÊA, 2009). Cada centro de trabalho se torna responsável por uma parte especializada do produto ou serviço e o fluxo de pessoas e materiais é balanceado por meio de vários centros de forma a se obter uma determinada taxa de produção (MOREIRA, 2008).

O fluxo de produtos, informações ou clientes é muito claro e previsível neste tipo de arranjo físico, o que faz dele um arranjo relativamente fácil de controlar (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009). O arranjo físico por produto é mais adequado a operações que processam grandes volumes de fluxo que percorrem uma sequência similar (CORRÊA e CORRÊA, 2009). Dentre as características fundamentais deste tipo de arranjo destacam-se (MOREIRA, 2008):

a) é bastante adequado a produtos com alto grau de padronização, com pouca ou nenhuma diversificação, produzidos em grandes quantidades e de forma contínua;

b) o fluxo de materiais pelo sistema é totalmente previsível, abrindo possibilidades para o manuseio e transporte automáticos de material.

c) o sistema pode se ajustar a diversas taxas de produção, embora trabalhar com produções baixas não seja indicado, pois os investimentos em capital são altos, devido a presença de equipamentos altamente especializados;

d) altos custos fixos e comparativamente baixos custos unitários de mão de obra e materiais.

	Arranjo Físico por processo	Arranjo Físico por produto
Lógica	Recursos agrupados por função	Recursos arranjados sequencialmente
Tipo de processo	Por tarefa Por lote ou batelada	Linha (manual ou automática) Fluxo contínuo
Fluxo processado	Intermitente, variável	Contínuo
Volumes por produto	Baixos	Altos
Variedade de produtos	Alta	Baixa
Decisão de Arranjo Físico	Localização dos recursos	Balanceamento de linhas
Estoque em processo	Alto	Baixo
Sincronização entre etapas	Difícil	Fácil
Identificação de gargalos	Mais difícil	Mais fácil
Distâncias percorridas	Longas	Curtas
% de tempo agregando valor	Baixa	Alta
Espaço requerido	Grande	Pequeno

Quadro 2 – Comparação entre arranjos físicos por processo e por produto
Fonte: adaptado de Corrêa e Corrêa (2009)

2.6.3 Arranjo Físico Posicional

Corresponde ao sistema de produção em projetos (MOREIRA, 2008). Neste tipo de arranjo em vez de materiais, informações ou clientes fluírem por uma operação, quem sofre o processamento fica estacionário, enquanto equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se na medida do necessário (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

A marca principal do arranjo posicional é a baixa produção, o que se pretende é trabalhar apenas uma unidade do produto, com características únicas e baixo grau de padronização (MOREIRA, 2008). É o que acontece, por exemplo, na construção civil em geral, fabricação de aviões de grande porte, ferrovias, navios, etc.

2.6.4 Arranjo Físico Celular

Para Slack, Chambers e Johnston (2009) o arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação (ou célula) na qual todos os recursos transformadores necessários ao seu processamento se encontram. Este tipo de arranjo tenta aumentar as eficiências do geralmente ineficiente arranjo físico funcional, tentando, entretanto, não perder muito de sua desejável flexibilidade (CORRÊA e CORRÊA, 2009).

Para Corrêa e Corrêa (2009) um arranjo físico celular é desenvolvido em etapas:

- a) identificar famílias de itens produzidos que tenham, agregadamente, volume suficiente e similar conjunto de recursos para serem processados;
- b) identificar e agrupar recursos (máquinas, pessoas) de forma a processar as famílias de itens identificadas, definindo células;
- c) para cada célula, arranjar os recursos, usando os princípios gerais do arranjo por produto, estabelecendo uma pequena operação dentro da operação;
- d) localizar máquinas grandes ou que não possam ser divididas para fazerem parte de células específicas para próximo das células.

2.7 PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE LAYOUT (SLP)

O sistema SLP (*Systematic Layout Planning*) é uma metodologia de sistematização de projetos de arranjo físico desenvolvido por Muther (1978) que é constituído de quatro fases (MUTHER, 1978):

a) **Localização:** determina a localização para a qual será feito o planejamento das instalações o que não implica necessariamente em uma nova localização. Na maioria das vezes, precisa-se determinar se o novo *layout* ou o rearranjo será instalado na área atualmente em utilização, em uma área utilizada

para armazenagem, mas que poderia ser liberada ou se será adquirido um novo prédio.

b) Arranjo físico geral: estabelece a posição relativa entre as diversas áreas. Nesta fase realiza-se uma configuração geral e grosseira da área e também as inter-relações através do trabalho conjunto dos modelos de fluxo e das áreas.

c) Arranjo físico detalhado: envolve a localização de cada máquina e equipamento. No planejamento detalhado é estabelecida a localização de cada uma das características físicas específicas da área.

d) Implantação: nesta última fase, planeja-se cada passo da implantação, tratando-se da apropriação de capital e fazendo-se a movimentação das máquinas, equipamentos e recursos, a fim de que sejam instalados conforme o planejado.

O SLP permite que julgamentos subjetivos formem a base para o arranjo físico, pois o analista de arranjo físico baseia-se em mais de um critério estabelecendo para cada par de departamentos o grau de conveniência em ficarem próximos ou distantes (MOREIRA, 2008).

A Figura 3 demonstra o modelo de procedimentos do SLP:

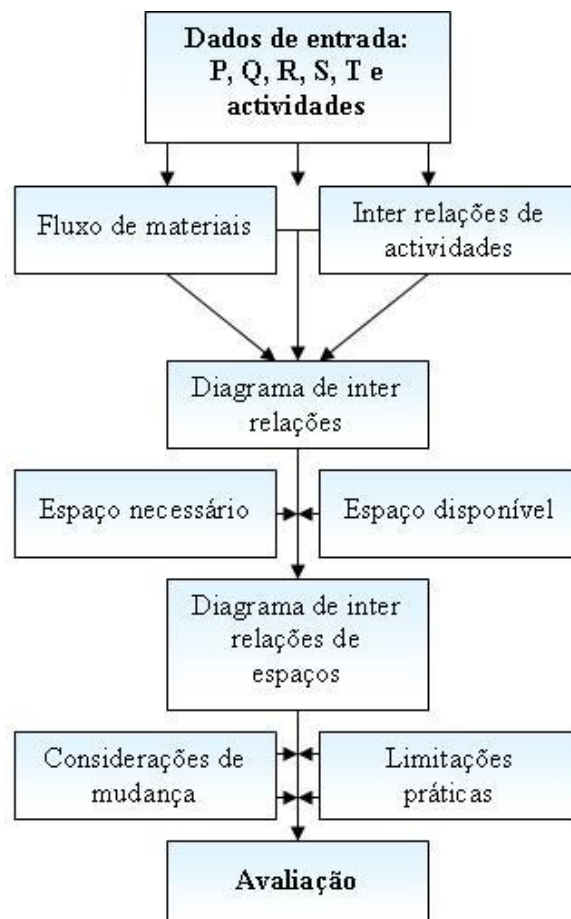


Figura 3 – O sistema de procedimentos SLP

Fonte: adaptado de Muther (1978)

Para Muther (1978) todo arranjo se baseia em três conceitos fundamentais: inter-relações que apresenta o grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades; espaço no que diz respeito à quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados e o ajuste que é o arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

Muther e Wheeler (2000) elaboraram o SLP simplificado que é um método mais simples e aplicável a qualquer tipo de espaço. O SLP simplificado é constituído por um conjunto de seis passos a serem seguidos na confecção do *layout* de uma área:

a) Inter-relações de Atividades: o primeiro passo é criar o diagrama das relações, ou seja, relacionar cada atividade, área, função ou características importantes das instalações envolvidas no *layout* considerado, com todas as outras atividades, através de um grau de proximidade desejado (MUTHER e WHEELER, 2000). Os autores afirmam que o diagrama de relações é um mecanismo simples e eficaz no auxílio à organização das decisões de forma conveniente. Os graus de proximidade são descritos no Quadro 3.

Classificação da proximidade	Proximidade
A	Absolutamente necessário
E	Muito importante
I	Importante
O	Pouco importante
U	Desprezível
X	Indesejável

Quadro 3 – Classificação dos graus de proximidade

Fonte: adaptado de Moreira (2008)

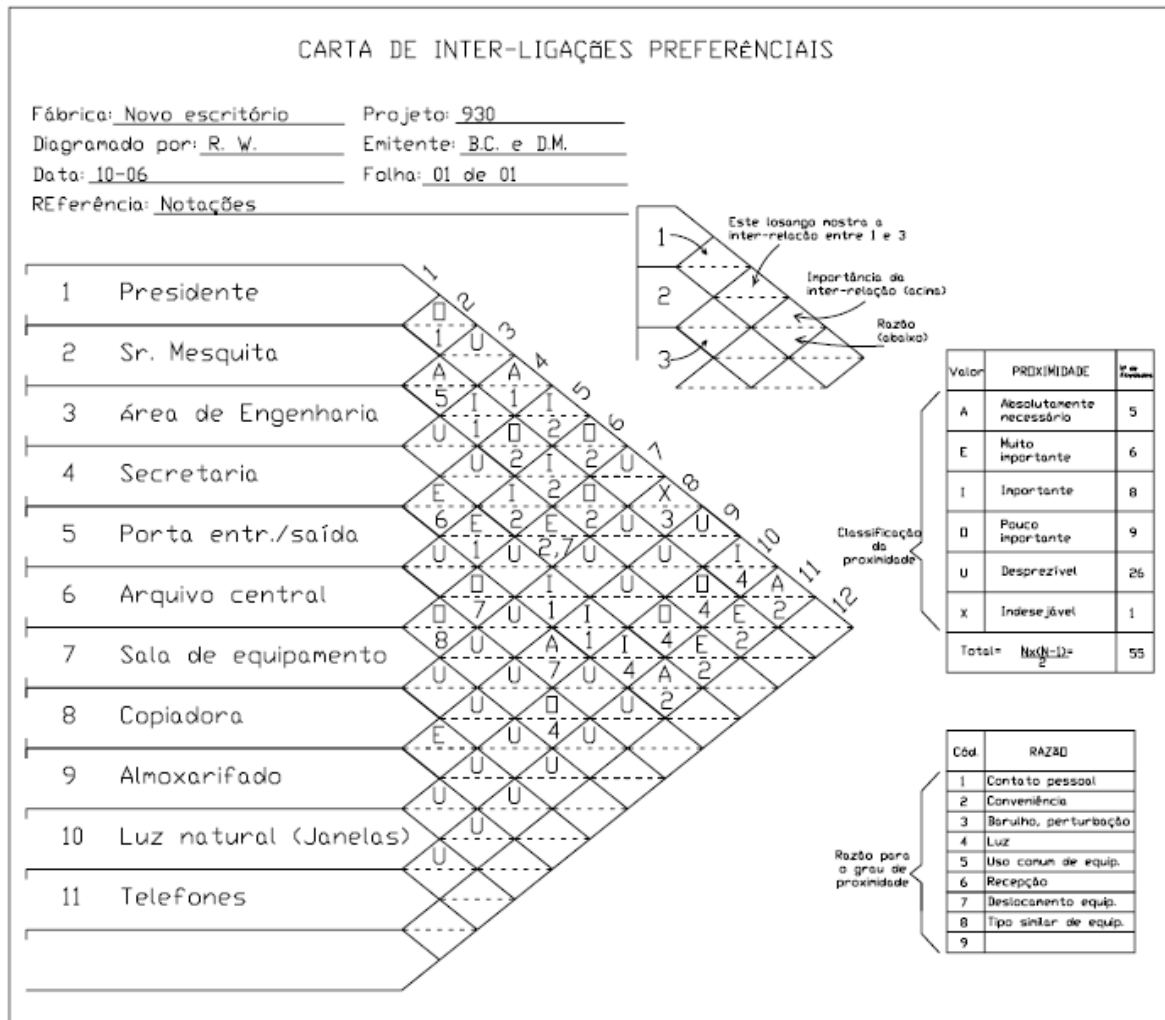


Figura 4 – Exemplo de diagrama de relações: carta de inter-ligações preferenciais.
 Fonte: Costa (2004).

a) Determinação dos espaços: neste passo determinam-se os espaços necessários para a realização das atividades e também são determinadas as necessidades específicas de característica estrutural ou física para cada atividade (MUTHER e WHEELER, 2000). Antes de determinar os requisitos de espaço é necessária a identificação das máquinas e equipamentos envolvidos nos processos que pode ser realizada por meio da verificação dos registros da empresa (COSTA, 2004).

b) Diagrama de Fluxo: nesta etapa é realizada a relação das atividades através de um diagrama com o objetivo de transformar as informações sobre a sequência de atividades e proximidades relativas em um esboço de localização (MUTHER e WHEELER, 2000). O diagrama de fluxo permite encontrar um arranjo

físico onde as distâncias entre as atividades sejam as mais próximas possíveis umas das outras (COSTA, 2004).

c) Diagrama de inter-relações entre os espaços: neste passo é desenhado o esboço dos espaços necessários para cada atividade. São elaboradas as várias alternativas do arranjo físico permitindo a avaliação de cada uma delas para a seleção da melhor alternativa (COSTA, 2004).

d) Avaliar os arranjos: são estabelecidos os fatores que afetam a escolha da melhor alternativa (COSTA, 2004).

e) Seleção das alternativas: determina-se qual das alternativas candidatas será a escolhida (COSTA, 2004).











2.8 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

As unidades produtivas são diferentes entre si, seja na quantidade e valor dos equipamentos, nos processos produtivos, no volume e variedade de fluxo processado, nos recursos dominantes, capacidade produtiva entre outros fatores que tornam interessante a visita e o estudo nestas unidades (CORRÊA e CORRÊA, 2009). Os processos evoluem ao longo do tempo, ou seja, quando são criados visam um determinado resultado específico, de acordo com a demanda do cliente, sendo bem claros e simples e ao passar do tempo sofrem adaptações e variações induzidas pelas pessoas que neles trabalham se tornando cada vez mais complexos (VILLELA, 2000).

Mapeamento de processo envolve a descrição de processos em termos de como as atividades relacionam-se umas com as outras dentro do processo (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009). Sempre que analisar um processo, a equipe de projeto deve partir da perspectiva do cliente, de forma a atender suas necessidades e preferências, ou seja, o processo inicia e termina no cliente. Neste sentido, cada etapa do processo deve agregar valor para o cliente, caso contrário será considerado desperdício, gasto, excesso ou perda; o que representa redução de competitividade e justifica uma abordagem de mudança (VILLELA, 2000).

Os símbolos de mapeamento de processo são usados para classificar os diferentes tipos de atividades, mesmo não existindo um conjunto universal de

símbolos, existem alguns que são comumente utilizados, estes derivam a maioria dos primórdios da administração científica, ou, mais recentemente, do gráfico de fluxo de sistemas de informação (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009). Os símbolos mais utilizados para mapeamento de processos são apresentados no Quadro 4.

Símbolos de Mapeamento de Processos derivado da Administração Científica	Símbolos de Mapeamento de Processos derivados da Análise de Sistemas
 Operação (uma atividade que diretamente agrega valor)	 Início ou final do processo
 Inspeção (checagem de algum tipo)	 Atividade
 Transporte (movimentação de algo)	 <i>Input</i> ou <i>output</i> de um processo
 Atraso (espera, por exemplo, de materiais)	 Direção do fluxo
 Estoque (estoque deliberado)	 Decisão (exercitando o poder discricionário)

Quadro 4 – Alguns símbolos de mapeamento de processos comuns
 Fonte: adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009)

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO E NATUREZA DA PESQUISA

Segundo Marconi e Lakatos (2008) a classificação dos tipos de pesquisa variam de acordo com o enfoque dado pelo autor, obedecendo a interesses, condições, campos, metodologia, situações, objetivos, objetos de estudo entre outros. Existem diversas formas de classificar as pesquisas sendo as formas clássicas de classificação de acordo com a sua natureza, com base nos seus objetivos, quanto à forma de abordar o problema e quanto aos procedimentos técnicos utilizados.

Quanto à natureza Silva e Menezes (2005) classificam as pesquisas em dois tipos: a pesquisa básica que objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista envolvendo verdades e interesses universais e a pesquisa aplicada que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos envolvendo verdades e interesses locais. Em relação à natureza esta pesquisa se classifica como pesquisa aplicada, pois busca uma resposta para o problema dos desperdícios na indústria de vidros.

3.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Quanto aos objetivos a presente pesquisa classifica-se como exploratória. Segundo Gil (2002) a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, geralmente assumindo as formas de pesquisa bibliográfica e estudos de caso.

3.3 FORMA DE ABORDAGEM DA PESQUISA

Do ponto de vista da forma de abordagem, esta pesquisa é classificada como qualitativa. Segundo Silva e Menezes (2005) este tipo de pesquisa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, ou seja, que não pode ser traduzido em números. Requer a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados e o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados.

3.4 MÉTODOS DE PROCEDIMENTO DA PESQUISA

De acordo com os procedimentos técnicos esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso que segundo Gil (2002) busca compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores.

3.5 PROCEDIMENTOS UTILIZADOS PARA COLETA DE DADOS

Para os procedimentos deste trabalho tem-se como atividades o levantamento de informações sobre os produtos, processos, equipamentos e *layout* atual através de entrevistas informais com funcionários da empresa; análise dos processos produtivos e sugestões de melhoria com base nos princípios de produção enxuta a partir de visitas da pesquisadora à empresa e observações dos processos, bem como a elaboração de um novo *layout* de acordo com uma adaptação da metodologia SLP com o auxílio do *software* AutoCAD® 2009.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 A EMPRESA EM ESTUDO

Fundada no ano de 1995, possuía apenas alguns maquinários que eram operados por 11 funcionários em uma área de aproximadamente 500 m² com localização na área industrial da cidade de Medianeira no oeste do estado do Paraná. Em 1997, a empresa concentrou seus investimentos na busca de novas técnicas e tecnologias que ofereciam qualidade em seus produtos e serviços, através de máquinas computadorizadas de última geração do setor vidreiro.

Devido ao seu avanço tecnológico, as dependências da empresa foram aumentadas para uma área de 10000 m², na qual se encontram construídos 3000 m², equipados com um centro de usinagem para a produção de vidros bisotados e incisões no vidro e também um forno horizontal para a produção de vidros temperados. Em 2008, devido às necessidades de suprir um mercado cada vez mais exigente, a empresa direcionou seus esforços para o aperfeiçoamento de seus produtos e processos, ampliando sua linha de produção e inovando com uma nova linha de vidros laminados e os últimos lançamentos na linha de *floats* e vidros impressos, em parceria com as indústrias Cebrace, Guardian do Brasil e União Brasileira de Vidros.

Os principais clientes são vidraçarias localizadas nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, tendo destaque as vidraçarias da região oeste do Paraná, onde a empresa está inserida. A empresa também vende para indústrias moveleiras da região e demais empresas que utilizem os produtos para decorações em geral. É referência na região no setor vidreiro devido aos seus produtos possuírem selos de qualidade certificados pelo INMETRO. Atualmente, a empresa ainda prima pela qualidade de seus produtos e processos e está em fase de implantação da ISO 9001 que é uma dentre as normas da série de sistemas de gestão da qualidade.

No momento, a empresa conta com aproximadamente 180 funcionários e possui em seu catálogo diversos produtos que estão distribuídos em três linhas: Engenharia, Especiais e Decorativa.

A linha Engenharia é composta pelos vidros *floats*, refletivos e impressos. Estes vidros podem ou não ser temperados dependendo da necessidade do cliente. Os vidros *floats*, também chamados vidros comuns quando são temperados tem grande utilização em portas e janelas. Os vidros refletivos comercializados pela empresa são vidros de alto desempenho que atendem as necessidades de controle termoacústico. Os vidros temperados são submetidos a temperaturas extremas e resfriamento instantâneo, processo que lhe confere resistência a choques mecânicos e térmicos, aumentando sua segurança e resistência para cerca de cinco vezes maior que os vidros comuns. São utilizados, principalmente em portas, janelas e box para banheiro, entre outras utilizações. Os vidros impressos surgem a partir do processo de impressão de formas e desenhos em uma das faces do vidro. É amplamente utilizado em objetos de decoração, portas e janelas.

Todos os vidros citados estão disponíveis nas cores azul (espessura de 0,8 a 10 mm), verde (espessura de 0,4 a 10 mm), bronze (espessura de 0,4 a 10 mm), fumê (espessura de 0,3 a 10 mm), incolor (espessura de 0,3 a 19 mm).

A linha Especiais é composta pelos vidros *Ebony Diamond Guard*, *Satin Deco* e espelhos. O *Ebony Diamond Guard* é um cristal naturalmente negro que faz dele uma solução criativa para revestir paredes, móveis e objetos em projetos residenciais, comerciais e industriais. O *Satin Deco* é um vidro com uma textura suave e uniforme de fácil limpeza e os espelhos que são recomendados em projetos de interiores.

A linha Decorativa é composta pelos vidros bisotados e laminados que passam por tratamentos especiais das bordas e lapidação para conferir ao vidro maior segurança. Podem passar também pelo processo de incisão para a impressão de desenhos dando um aspecto exclusivo em cada peça.

Os produtos apresentam demanda relativamente previsível e as maiores flutuações ocorrem no final do ano, entre os meses de novembro a janeiro, onde a procura se torna maior e a dificuldade em atender os clientes dentro dos prazos estabelecidos também aumenta. A Tabela 1 apresenta a produção diária média em relação aos meses do ano de 2011 sendo possível verificar que os meses com maior demanda são novembro e dezembro. A empresa explica como fato do aumento das vendas as festas de fim de ano em que as pessoas procuram trocar portas, janelas e box para banheiro.

Tabela 1 - Produção diária média em relação ao ano de 2011.

Mês	Produção Diária média (m²/dia)
Janeiro	1893,12
Fevereiro	1486,67
Março	1406,79
Abril	1630,95
Mai	1411,61
Junho	1840,09
Julho	1781,71
Agosto	1922,68
Setembro	1905,75
Outubro	1890,39
Novembro	2271,61
Dezembro	2364,77

Fonte: a empresa (2013)

Devido à constante busca da empresa pela melhoria de seus produtos e processos, a implantação de ferramentas enxutas pode trazer a tona os desperdícios que, muitas vezes, ficam camuflados dentro do processo produtivo e são de difícil visualização.

4.2 PROCESSO PRODUTIVO ESTUDADO

O processo de beneficiamento e têmpera de vidro se inicia com o pedido do cliente entregue ao departamento de vendas especificando todos os detalhes do projeto. São eles: produto (porta, janela, box para banheiro, tampo de mesa, vidro

fixo, etc.), tipo da peça (móvel ou fixa) bem como a sua quantidade e local para furação para as fechaduras, fechos e trincos, e também as especificações do vidro (espessura, cor, tamanho do corte e desenhos se necessário). Depois de conferido e aprovado pelo departamento de vendas, o projeto segue para a área de planejamento e controle da produção que lança o pedido no sistema e repassa para a área de controle de corte onde dois funcionários relacionam o tamanho das peças a serem produzidas com o tamanho das chapas de vidro plano disponíveis no estoque de matéria-prima por meio de um *software* ligado à máquina de corte, que aprova a produção somente se a combinação das peças resultarem em até 4% de perdas na chapa de vidro plano. Caso contrário, é necessária a formulação de outras combinações de peças até que este índice de perdas seja atendido.

Quando a combinação de peças é aprovada, a máquina de corte (Figura 6) imprime as etiquetas com as especificações do produto, nome do cliente, número do pedido, data de entrada no processo e a previsão de entrega ao cliente que a empresa estipula em cinco dias úteis depois de aprovado o pedido pela área de vendas. As ordens de produção são programadas de acordo com a carteira de pedidos e são feitas por lotes, denominados lotes de produção e repassados aos processos com todos os detalhes das peças. Cada lote é formado pelos pedidos enviados pelos clientes durante o *lead time* do processo de corte, ou seja, a cada término do lote na etapa de corte, é repassado um novo lote de produção para o corte. As ordens podem sofrer alterações com a entrada de novos pedidos que necessitem urgência como no caso de vidros frontais de lojas, bancos ou outros estabelecimentos que não podem permanecer abertos.

A chapa de vidro plano é então retirada do estoque de matéria-prima (Figura 5) por meio de uma ponte rolante e levada até a mesa de corte, onde a máquina de corte (Figura 6) faz os cortes programados e os operadores destacam as peças e as colocam em cavaletes de acordo com as datas previstas para entrega. Desta forma, os próximos processos são realizados de acordo com as datas, evitando-se assim que peças pedidas posteriormente sejam processadas antes das outras. Caso uma peça que foi pedida posteriormente seja cortada para aproveitamento da chapa, esta é separada nos cavaletes de acordo com a sua data prevista de entrega e aguarda o processamento das peças pedidas anteriormente para então poder ser processada.



Figura 5 – Estoque de matéria-prima (chapas de vidro plano)
Fonte: a autora (2013).

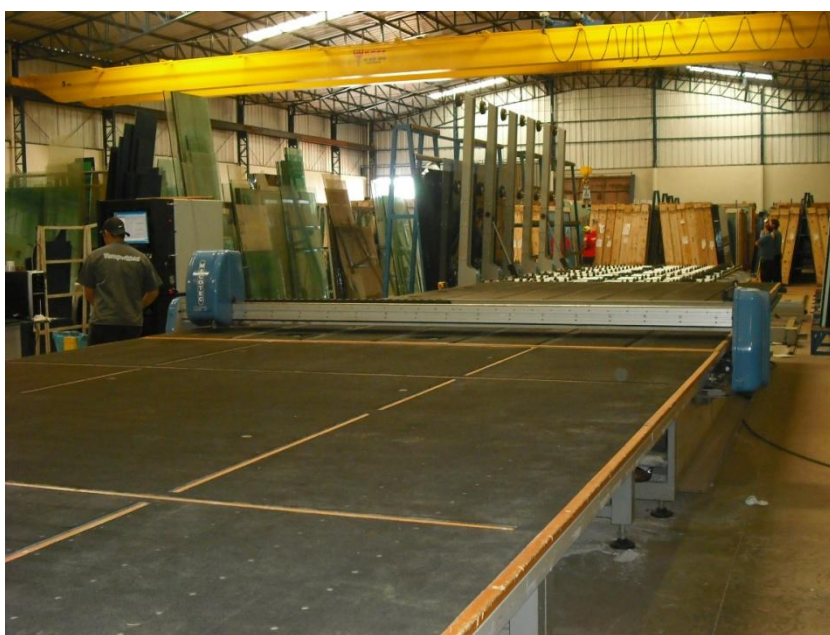


Figura 6 – Mesa de corte automatizada e acima ponte rolante para carregamento e descarregamento de chapas de vidro
Fonte: a autora (2013).



Figura 7 – Operador realizando a etiquetagem das peças cortadas
Fonte: a autora (2013)



Figura 8 – Restos de vidros resultantes do processo de corte
Fonte: a autora (2013)

As peças são então destinadas à lapidação que é o processo feito nas bordas do vidro para retirar as partes cortantes e também para dar um toque de beleza ao produto. Este processo é realizado por uma máquina lapidadora (Figura 9) que possui um rebolo diamantado, esta máquina gira o vidro automaticamente para que sejam lapidadas as quatro partes. Caso as peças sejam para a linha decorativa,

estas seguem para o centro de usinagem que é o espaço destinado a trabalhar os vidros com desenhos e bisotês.



Figura 9 – Lapidadora de vidros
Fonte: a autora (2013).



Figura 10 – Vidro incolor sendo lapidado
Fonte: a autora (2013).



Figura 11 – Lapidação no centro de usinagem
Fonte: a autora (2013).

Depois do processo de lapidação as peças seguem para o setor de marcação e furação, onde são feitas as marcações das fechaduras, fechos e trincos e são realizadas as furações também por uma máquina automática. Caso necessitem furações especiais, estas são feitas manualmente.



Figura 12 – Operador realizando a programação dos furos na furadeira
Fonte: a autora (2013).

Todas as etapas anteriores são chamadas de etapas de beneficiamento do vidro. Após a realização destas etapas, as peças seguem para a lavação que é o processo de limpeza dos resíduos originados do beneficiamento. A lavação é realizada por lavadoras automáticas que utilizam água para a limpeza das peças. Esta etapa é muito importante, pois qualquer resíduo que ficar aderido na peça pode prejudicar o processo de têmpera. Todos os ajustes e cortes necessários devem ser feitos antes da têmpera, pois depois do temperamento é impossível fazer cortes no vidro.

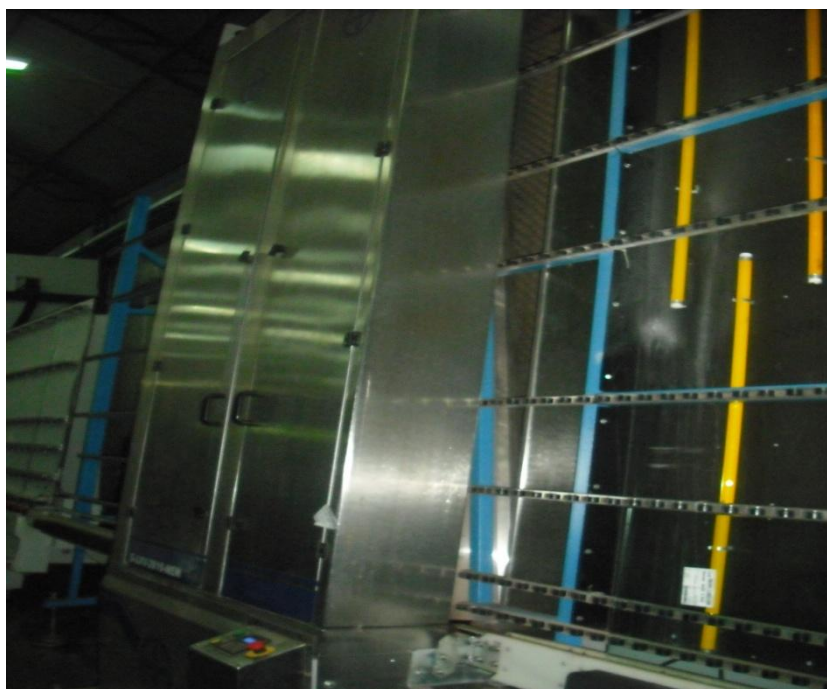


Figura 13 – Lavadora de vidros
Fonte: a autora (2013).

O último processo é a têmpera do vidro que é realizada por um forno horizontal (Figura 15) onde as peças são dispostas sobre uma esteira que as levam para o interior do forno. Este processo é realizado em duas fases. A primeira chamada de pré-forno, realiza o aquecimento inicial das peças a 450 °C. A segunda é o forno propriamente dito, em que o tempo necessário para o temperamento é de trinta segundos por milímetro de espessura da peça a 700 °C de temperatura, portanto só devem ser colocadas peças com mesma espessura em um mesmo processo de têmpera. Depois do tempo necessário decorrido, as chapas passam pelo processo de choque térmico com ar ambiente durante quarenta segundos, que é o processo que confere de fato, a resistência ao vidro. A necessidade do controle de temperatura é muito importante no processo de têmpera, pois se a peça deixar o

forno com temperatura abaixo de 620°C tem grande probabilidade de quebrar durante o choque térmico.

Depois de resfriadas, os operadores do forno retiram as peças e colam as etiquetas que tiveram de ser retiradas para o aquecimento e as levam para o setor de expedição para serem entregues aos clientes.



Figura 14 – Operador realizando a retirada das etiquetas na entrada do forno.
Fonte: a autora (2013).



Figura 15 - Forno de têmpera horizontal.
Fonte: a autora (2013).



Figura 16 - Vidro recebendo o choque térmico com ar ambiente
Fonte: a autora (2013)



Figura 17 - Cavaletes para transporte dos vidros durante o processo
Fonte: a autora (2013)

A empresa conta com um sistema de controle das peças. Apenas com o número do pedido é possível saber em que parte do processo a peça se encontra e assim, caso o cliente desejar saber, a empresa pode fornecer a previsão de entrega.

Os diferentes tipos de máquinas e equipamentos utilizados ao longo do processo produtivo são compostos por: máquinas de corte de vidro laminado e temperado, máquinas de lapidação automáticas e manuais, máquinas de furação automáticas e manuais, máquinas de lavagem, mesas de marcação, máquinas de usinagem CNC e forno de têmpera. A empresa utiliza um sistema de manutenção preventiva realizada nos sábados, quando não realiza nenhum processo produtivo para assegurar o funcionamento e durabilidade de seus equipamentos. No entanto, mesmo com a realização de manutenção preventiva, algumas vezes, ocorrem certos problemas de funcionamento, por esse motivo a empresa também conta com uma equipe de manutenção corretiva para realizar os reparos.

No que diz respeito à mão de obra, os funcionários do chão de fábrica são distribuídos entre os três turnos de operação com 26 funcionários durante o dia e aproximadamente 12 funcionários durante a noite, visto que a realização dos processos deste turno depende das necessidades da empresa, geralmente funcionando os processos de lapidação, têmpera e algumas vezes a furação.

O *lead time* do processo de beneficiamento e têmpera dos vidros da empresa varia entre os diversos modelos de produtos e depende das especificações definidas e exigidas pelo cliente. Portanto definir exatamente um *lead time* é uma tarefa difícil visto que a empresa trabalha com sistema *make to order*, ou seja, apenas com o pedido firme realizado pelo cliente.

4.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

A primeira etapa para propor melhorias consiste em analisar a situação atual da empresa. Ao realizar a avaliação do processo produtivo puderam-se perceber alguns desperdícios citados por Shingo (1996).

Verificou-se que há excesso de transporte por parte dos operadores no que diz respeito à leva de peças de um processo a outro para serem processadas. Segundo Shingo (1996) o transporte ou movimentação dos materiais é um custo que não agrega valor ao produto. O autor ainda ressalta que a maioria das pessoas tenta melhorar o transporte utilizando empilhadeiras, correias transportadoras, calhas de transporte e outros, o que na verdade melhora apenas o trabalho de transporte

sendo que melhorias reais de transporte consistem na eliminação da função de transporte tanto quanto possível. Shingo (1996) afirma que a meta para eliminar este desperdício consiste em aumentar a eficiência da produção, o que é conseguido com o aprimoramento do *layout* dos processos.

Outro fator que não agrega valor ao produto observado na empresa foi a estocagem entre processos (esperas de processo) no que se refere ao acúmulo de peças entre processos esperando para serem processadas. Para Shingo (1996) o estoque entre processos é criado de duas maneiras: esperas de processo que resultam de taxas de defeitos superestimadas, provocando excesso de produção; e as esperas de processo relacionadas ao sequenciamento da produção que ocorrem quando a produção se antecipa à programação, ou seja, quando uma grande quantidade de produtos são produzidos antecipadamente, provocando esperas adicionais entre os processos.

Os estoques entre processos observados no chão de fábrica devem-se principalmente ao desbalanceamento das capacidades de processamento das máquinas. Por exemplo, a máquina de corte realiza a operação de corte mais rapidamente que a lapidadora realiza o processo de lapidação, originando espera das peças entre os dois processos. O mesmo também ocorre entre o processo de lavagem e têmpera. Como o forno de têmpera exige tempos diferentes para espessuras diferentes de vidro, é necessário o acúmulo de peças de espessuras iguais para que sejam temperadas juntas. Devido a essa obrigação das peças serem separadas antes da têmpera ocorrem perdas de tempo por parte dos operadores para a seleção e também podem ocorrer falhas como a troca de peças, por exemplo.

Para Shingo (1996) existem duas maneiras de eliminar as esperas de processo: o balanceamento da quantidade e a sincronização. O balanceamento da quantidade significa que quantidades iguais são produzidas em cada processo o que envolve equilibrar as quantidades de produção e as capacidades de processamento. Há três maneiras de balancear a quantidade (SHINGO, 1996):

- 1) Padronizar (balancear) processos em uma linha de produção, a partir da capacidade de processamento mais alta;
- 2) Padronizar processos a partir de capacidade de processamento mais baixa;
- 3) Equilibrar quantidades de produção no nível necessário para que satisfaçam as exigências determinadas pelos pedidos.

No caso da empresa estudada, como trabalha sob encomenda, a quantidade a ser produzida é determinada unicamente pelo número de pedidos. Faz-se necessário a verificação entre o número de pedidos e a capacidade dos processos. Neste caso, se os processos de mais baixa capacidade podem produzir a quantidade requerida, a operação de processos de maior capacidade pode ser mantida no mesmo nível do processo de baixa capacidade, através da diminuição da velocidade de processamento. Caso a capacidade de processamento mais baixa é insuficiente para produzir a quantidade necessária, ela deve ser melhorada.

O segundo passo é a sincronização do fluxo entre operações. A sincronização deve ser realizada apenas depois de a produção ser balanceada sendo apenas uma questão de sequenciamento eficiente de produção.

Em relação à perda por produtos defeituosos, foram identificados alguns fatores importantes que devem ser levados em consideração. Muitas vezes ocorrem erros por parte dos operadores na etiquetagem das peças. Durando os processos, as etiquetas das peças devem ser retiradas diversas vezes para que passem pelos processos e depois de serem processadas são novamente etiquetadas. O que acontece, muitas vezes, é o fato dos operadores colarem as etiquetas erradas, o que dificulta encontrá-las posteriormente ou até mesmo a entrega de produtos ao cliente fora das especificações solicitadas. Este problema gera a necessidade de retrabalho das peças entregues erradas, ou seja, a peça deve ser produzida novamente. Quando a peça que foi trocada for encontrada esta vai para um local de armazenagem de peças que são vendidas posteriormente por um preço bem mais baixo, gerando perdas para a empresa.

O Gráfico 1 apresenta o que a empresa chama de “quebras internas” que se refere às perdas por trocas de etiquetas e conseqüentemente o extravio das peças dentro do processo, da quebra de peças devido ao manuseio incorreto por parte dos operadores e também dos vidros que restam do processo de corte e são destinados à reciclagem.

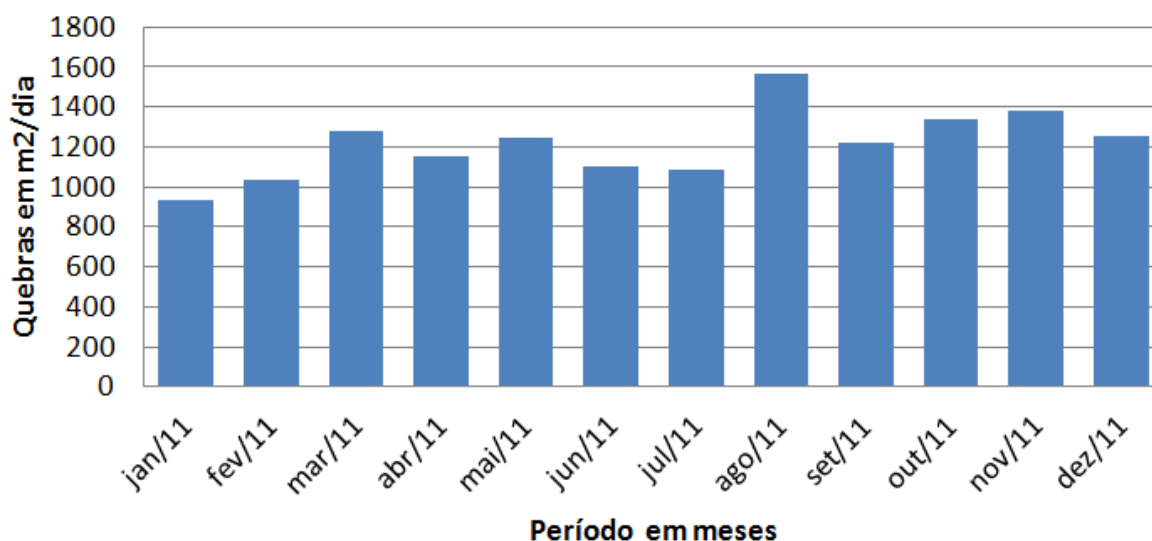


Gráfico 1 - Índices mensais de “quebras internas” da produção no ano de 2011
 Fonte: a empresa (2013)

Outro fator importante que deve ser levado em consideração para quantificar as “quebras internas” é o fato de que algumas vezes as peças “estouram” dentro do forno devido à limpeza incorreta durante o processo de lavagem ou devido à baixa qualidade do vidro.

Em relação ao estoque, a empresa não forneceu dados quantitativos referentes ao seu estoque de matéria-prima, mas de acordo com o gerente de produção a empresa possui estoque de chapas de vidros planos para cerca de um ano de produção, o que de acordo com os princípios da produção enxuta seria considerado um desperdício, porém o gerente afirma também que o proprietário da empresa mantém um estoque relativamente alto como estratégia competitiva. O que acontece algumas vezes é a falta dos vidros mais pedidos no mercado como o vidro fumê, por exemplo. Geralmente as outras empresas não conseguem suprir a demanda devido à falta desses vidros e a empresa consegue obter vantagens competitivas. Outro fator que diz respeito ao estoque de matéria-prima são os fornecedores. Devido ao fato da maior parte da matéria-prima da empresa ser importada dos países México, China e Arábia Saudita, os pedidos têm de ser em maiores quantidades para aproveitar os preços mais baixos e redução no custo de frete. A empresa também possui fornecedores nacionais que fazem contratos de quantidades mínimas de compra assim como a frequência dos pedidos que geralmente é mensal.

Não foram identificadas perdas por superprodução devido ao fato de que a empresa em estudo trabalha sob encomenda, ou seja, só irá produzir depois da venda do produto. Assim, todas as peças produzidas já têm clientes definidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AVALIAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA

De acordo com as observações realizadas no chão de fábrica da empresa em relação aos desperdícios do processo produtivo e as sugestões de melhoria citados por Shingo (1996) verificou-se a possibilidade da aplicação das mesmas. No que diz respeito às perdas por espera analisou-se a possibilidade da padronização das quantidades a serem produzidas. Para isso coletaram-se os dados referentes à capacidade produtiva das máquinas para a produção de vidro temperado, fornecidos por um dos gerentes de produção da empresa.

Tabela 2 - Capacidade produtiva referente aos processos de fabricação de vidro temperado.

Processo	Capacidade
Mesa de corte	210 m ² /h
Lapidadora de vidro temperado	138 m ² /h
Furadeira automatizada	40 peças/hora*
Lavadora	135 m ² /h
Forno de têmpera para vidros 8 mm	76,5 m ² /h
Forno de têmpera para vidros 12 mm	63,75 m ² /h

*Para a furadeira automatizada a capacidade é medida em peças/hora, pois a máquina processa apenas uma peça de cada vez sendo o tempo de produção de cada peça 90 segundos.

Fonte: a empresa (2013)

Para o forno analisaram-se apenas os vidros com espessura de 8 e 12 mm, visto que a empresa possui apenas estas espessuras quantificadas, no entanto o processo de têmpera varia entre 6 a 12 minutos dependendo da espessura.

A partir dos dados da Tabela 2 verifica-se que a mesa de corte possui capacidade de produção superior a lapidadora o que justifica o estoque de peças entre os dois processos. O mesmo ocorre com a lavadora que possui capacidade produtiva superior ao forno. Estes estoques entre os processos, de acordo com Shingo (1996) poderiam ser eliminados com a padronização das quantidades a partir do ajuste da máquina de maior capacidade a de menor capacidade ou vice-versa. Porém existem certos fatores que devem ser levados em consideração, por exemplo, se a capacidade produtiva da mesa de corte fosse ajustada com a da lapidadora, ocorreria ociosidade dos operadores da mesa de corte até que um novo lote fosse dar entrada ao processo. Outro fator de maior importância seria o fato de que a lapidadora trabalha no turno da noite, pois sua capacidade de produção não atende a demanda diária, neste caso de ajuste de capacidades a mesa de corte também teria que trabalhar no turno da noite gerando mais gastos com funcionários, energia elétrica e depreciação da máquina.

Analisando ao contrário, também não seria possível aumentar a capacidade da lapidadora para ajustar a da máquina de corte visto que a lapidadora só lapida uma peça de cada vez com duração de 90 segundos cada peça não sendo possível a redução do tempo pelo fato de interferir na qualidade final do produto. No caso do ajuste de capacidades entre a lavadora e o forno também não é possível devido ao tempo necessário da peça dentro do forno que se for reduzido afeta diretamente na qualidade do produto final.

No que diz respeito às perdas por produtos defeituosos, isto é, as peças que são extraviadas e que são dadas como perdidas, sugere-se que juntamente com os programas de controle de qualidade nos quais a empresa vem trabalhando para que se verifique a possibilidade da implantação do controle de qualidade zero defeitos. A inspeção na fonte, ponto fundamental desse método, prima pela inspeção de caráter preventivo. No caso da empresa em estudo, sugere-se que seja realizada a inspeção dos produtos após cada processo para que as etiquetas não sejam coladas erradas. Isso pode ser realizado com um dos funcionários de cada processo realizando a medição das peças para ver se estão de acordo com as medidas descritas nas etiquetas.

Em relação às perdas por transporte e movimentação dos materiais Shingo (1996) afirma que estas perdas podem ser eliminadas através do aprimoramento do *layout* dos processos. Portanto neste trabalho sugere-se o modelo de um novo

layout elaborado com base em uma adaptação da metodologia do planejamento sistemático de *layout* descrito por Muther (1978).

O arranjo físico da empresa em estudo possui características de um arranjo físico por processo, pois os recursos são agrupados com função e processo similar e os materiais movem-se de um centro a outro de acordo com a necessidade (MOREIRA, 2008; CORRÊA e CORRÊA, 2009).

5.2 Aplicação dos conceitos do sistema SLP no setor de vidro temperado

Os passos a seguir estão relacionados com os três conceitos apresentados por Muther (1978) e foram aplicados apenas no setor de vidro temperado, visto que, este setor representa o maior volume de vendas da empresa em estudo. Também pelo fato de que o rearranjo do *layout* da planta fabril por completo, com a aplicação de todos os passos metodológicos do SLP, é um processo demorado e que necessita de um estudo mais aprofundado dos processos.

A sequência inicia-se pela fase de análise com a coleta dos dados de entrada, fluxo de materiais e as inter-relações de atividades que são representadas pelo diagrama de inter-relações. Em seguida, tem-se a fase de pesquisa que verifica a quantidade, tipo e forma dos itens a serem posicionados levando em consideração as limitações práticas de mudança e espaço e a apresentação do *layout* atual. Por fim, tem-se a fase de seleção que apresenta a sugestão de um novo *layout*.

Antes de iniciar o rearranjo do *layout* faz-se necessário o conhecimento do fluxo dos processos dentro da empresa. Para isso realizou-se o mapeamento dos processos de beneficiamento e tempera dos vidros da linha engenharia (portas, janelas, box para banheiro e vidros fixos em geral) que são os produtos mais vendidos pela empresa e que são objetivo de estudo neste trabalho.

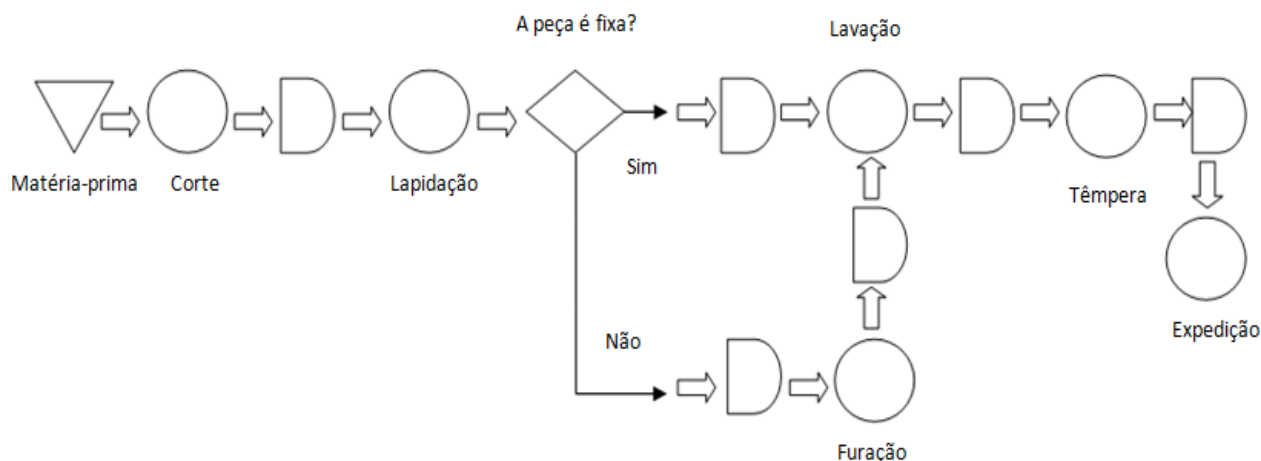


Figura 18 - Mapa de processos de beneficiamento e têmpera de vidros da linha engenharia
 Fonte: a autora (2013)

Para iniciar o estudo de arranjo físico as atividades foram relacionadas de acordo com o primeiro conceito da metodologia SLP através de uma matriz de inter-relação das atividades e de acordo com os graus de importância citados por Moreira (2008).

A: Absolutamente necessário

E: Muito importante

I: Importante

O: Pouco importante

U: Desprezível

X: Indesejável

A matriz foi elaborada a partir de observação do processo produtivo pela autora, verificando quais etapas do processo têm a necessidade de estarem mais próximas. A matriz é apresentada na Figura 19.

Matriz de Inter-relações	1. Escritório	2. Depósito de MP	3. Corte	4. Lapidagem	5. Marcação/ Furação	6. Lavação	7. Forno/ Têmpera	8. Expedição
1. Escritório								
2. Depósito de MP	U							
3. Corte	U	A						
4. Lapidagem	U	U	I					
5. Marcação/ Furação	U	U	O	I				
6. Lavação	U	U	X	I	I			
7. Forno/ Têmpera	X	U	X	I	O	I		
8. Expedição	O	O	X	A	U	U	A	

Figura 19 - Matriz de inter-relações entre os processos
Fonte: a autora (2013)

Na fase de pesquisa levantou-se o *layout* atual da empresa que apresenta a quantidade e disposição das máquinas utilizadas no beneficiamento e têmpera dos vidros da linha engenharia. As máquinas e equipamentos são apresentados no apêndice A. Para a elaboração tanto do *layout* atual quanto o proposto utilizou-se como ferramenta de desenho o *software* AutoCAD® 2009. O *layout* atual é apresentado no apêndice B.

A partir da análise do *layout* atual e com base nas entrevistas aos funcionários da empresa algumas informações importantes devem ser consideradas para a apresentação de um novo *layout*.

Alguns equipamentos presentes na área do processo produtivo como as mesas de marcação e as máquinas de furação e lapidação manual são utilizados apenas em projetos com furos e detalhes específicos sendo diferentes dos que são geralmente realizados. Também são utilizados quando a máquina de furação e/ou de lapidação automatizadas sofrem danos ou falhas e não podem ser utilizadas. Neste caso, as mesas de marcação, furação e lapidação manual são utilizadas até que o problema nos equipamentos automatizados seja resolvido.

O forno de têmpera horizontal e a lapidadora automatizada são equipamentos de grandes dimensões, ambos com aproximadamente 40 metros de comprimento o que torna difícil a mudança de localização destes equipamentos

dentro do barracão. Além da necessidade de espaço, a mudança do local destes equipamentos despenderia gastos financeiros com assistência técnica e haveria a necessidade de parada da produção resultando em perdas de produtividade e conseqüentemente prejuízos financeiros.

O *layout* proposto foi elaborado levando em consideração as restrições de área do barracão e a utilização dos equipamentos descritos anteriormente. O *layout* proposto é apresentado no apêndice C.

As alterações propostas baseiam-se na aproximação das máquinas de lapidação e furação manuais que se encontravam distantes no *layout* anterior. Isso facilitaria a execução das tarefas quando as máquinas automatizadas tivessem de ser reparadas e diminuiriam o transporte das peças e a movimentação dos operadores entre estes processos.

Outra alteração proposta seria a aproximação das máquinas de furação automatizadas e das máquinas de lavagem da lapidadora, pois estes são processos subsequentes à lapidação. Também se observou o fato de que uma das máquinas de lavagem encontrava-se distante da máquina de furação causando movimentos e transportes desnecessários.

6) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho permitiu levantar os principais desperdícios presentes no processo de beneficiamento e têmpera de vidros de uma empresa localizada na região oeste do Paraná. O levantamento dos desperdícios foi realizado através de observação e acompanhamento do processo produtivo pela autora e utilizaram-se como base teórica os conceitos da produção enxuta e os sete desperdícios citados por Shingo (1996). Os principais desperdícios encontrados foram estoques entre os processos e transporte desnecessário de peças de um processo para outro. Como sugestão para redução destes desperdícios sugeriu-se o rearranjo do *layout* atual apresentando-se a proposição de um novo *layout* a partir de uma adaptação da metodologia SLP.

A alteração de *layouts* existentes é uma tarefa desafiadora, pois em muitos casos existem restrições financeiras e físicas bem como limitações práticas que devem ser levadas em consideração para a elaboração e aplicação de um novo *layout*. No caso do presente estudo, algumas dificuldades foram encontradas para a elaboração do *layout* proposto devido às dimensões das máquinas, sequência do processo produtivo e o tamanho do barracão, visto que a área construída deste foi aumentando ao longo do tempo em resposta ao crescimento da demanda no setor de vidros não sendo possível um planejamento adequado antes da realização das construções.

A melhor disposição dos equipamentos dentro de uma planta fabril surge como uma condição para a melhoria dos processos como um todo bem como a diminuição do transporte de materiais e diminuição de movimentação desnecessária dos operadores. A avaliação do processo produtivo tomando-se como base os princípios da produção enxuta permitiu identificar desperdícios que ficavam camuflados dentro dos processos e eram de difícil visualização, assim como sugerir melhorias que possam ser implantadas futuramente e que venham a reduzir tais desperdícios.

Como aprendizado acadêmico, pode-se afirmar que a utilização dos conceitos da produção enxuta para sugerir melhorias nas empresas auxilia no conhecimento das atribuições do Engenheiro de Produção no que diz respeito à

avaliação e ao aperfeiçoamento dos sistemas de produção de bens e serviços e seus processos envolvendo a gestão dos recursos necessários para sua obtenção.

Devido ao tempo disponível para a realização desta pesquisa que não permitiu estudos mais profundos em relação ao processo produtivo, sugere-se para trabalhos futuros a realização de um estudo de tempos e movimentos dos trabalhadores da empresa. Sugere-se também, uma análise dos deslocamentos realizados pelos mesmos ao longo do processo produtivo a fim de apresentar respostas mais completas quanto aos desperdícios de movimentação e transporte descritos no presente estudo.

Sugere-se também a análise da viabilidade econômica da implantação do *layout* proposto neste estudo bem como um estudo acerca da redução de tempo de movimentação e distâncias percorridas que venham a ser conseguidas com a implantação do novo *layout*.

REFERÊNCIAS

ABRAVIDRO, Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de vidros Planos. **O vidro e suas técnicas**. Disponível em: <http://www.andiv.com.br/fiquepordentro_tecnicas.asp>. Acesso em: 13 fev. 2013.

ABRAVIDRO. Vidro: cada vez mais presente na arquitetura. **O vidro plano**, Rio de Janeiro: outubro. 2011. Ano 54, Nº 466.

AKERMAN, Mauro. **Natureza, estrutura e propriedades do vidro**. Centro Técnico de Elaboração do Vidro (CETEV), 2000. Disponível em: <http://www.dimensaodigital.com.br/ufpr/cf361/vidro_SaintGobain.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2013.

BEKESAS, Luiz C. **Simulação como ferramenta para aplicação do MFV**. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.uninove.br/PDFs/Mestrados/Eng/Resumos_dissertacoes_2012/Dissertacao_Luiz_Claudio_Bekesas.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2013.

CORRÊA, Henrique L. CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

COSTA, Adriano. J. **Otimização do layout de produção de um processo de pintura de ônibus**. 123f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5277/000468053.pdf?...1>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente *just in time***. Caxias do Sul: Educus, 1996. 200 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GRESSLER, Lori A. **Introdução a pesquisa: projetos e relatórios**. São Paulo: Loyola, 2003. 295 p.

KOSACA, Gilberto. **Heijunka – Pré-requisito mais importante para fazer a produção JIT.** *Lean Institute Brasil*. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/colunas/13/Gilberto-Kosaka.aspx?id=28&c=13>>. Acesso em: 31/01/2013.

LEAN INSTITUTE BRASIL. Os 5 princípios do *lean thinking* (mentalidade enxuta). Disponível em: <<http://www.lean.org.br/colunas/13/gilberto-kosaka.aspx?id=28&c=13>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

MARCONI, Marina A. LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica.** 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.

MARCONI, Marina A. LAKATOS, Eva M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2008. 277 p.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações.** 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MONKS, Joseph G. **Administração da produção.** São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

MUTHER, Richard. **Planejamento do layout: sistema SLP.** São Paulo: Edgard Blucher, 1978.

MUTHER, Richard.; WHEELER, John. **Planejamento sistemático e simplificado de layout.** São Paulo: IMAM, 2000.

OHNO, Taiichi; trad. SCHUMACHER, C. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Clênio S. de. **Aplicação de técnicas de simulação em projetos de manufatura enxuta.** Revista Estudos Tecnológicos em Engenharia Online, São Leopoldo, Vol. 4, nº 3: 204-217, set/dez. 2008. Disponível em: <<http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs/97.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

PESTANA, Alexandre. O tempo é agora. **O vidro plano.** , Rio de Janeiro, ano 54, nº 466, outubro, 2011.

ROSA, Sergio. E S da. COSENZA, José P. BARROSO, Deise V. **Considerações sobre a indústria do vidro no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, p. 101-138, set. 2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2605.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2013.

SALGADO, Eduardo G. et al . **Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos**. Gestão da Produção, São Carlos, v. 16, n. 3, Set. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 fev. 2013.

SANTOS, Carlos A. dos. **Produção enxuta: uma proposta de método para Introdução em uma empresa multinacional Instalada no Brasil**. 2003. 238 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. Disponível em: <http://www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao_008.PDF>. Acesso em: 12 fev. 2013.

SILVA, Edna L da. MENEZES, Estera M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª ed. atualizada e revisada. Florianópolis: 2005. 138 p.

SLACK, Nigel. CHAMBERS, Stuart. JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SLACK, Nigel. CHAMBERS, Stuart. JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SHINGO, Shigeo; trad. SCHAAN, E. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

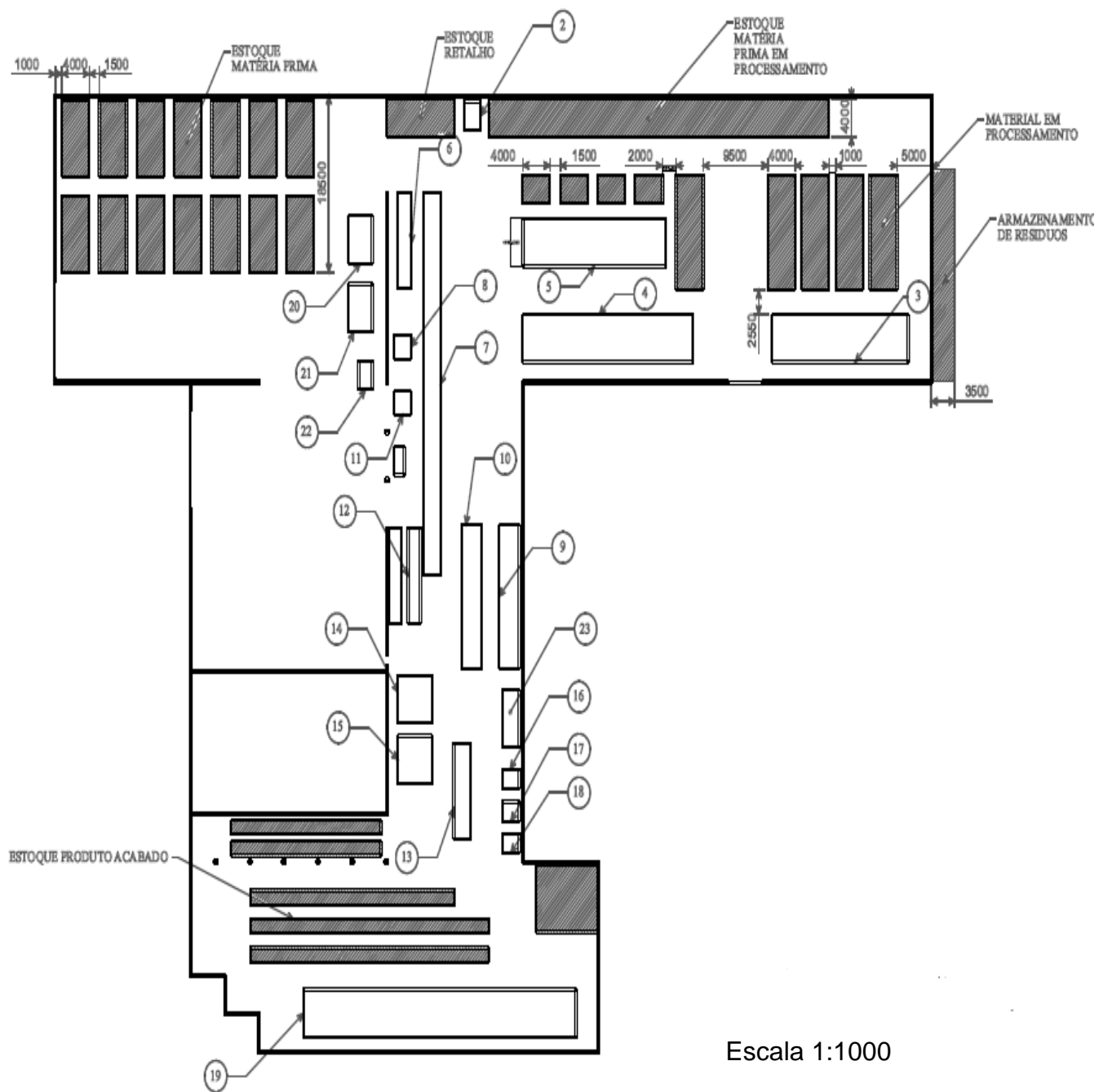
VILLELA, Cristiane. S. S. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. 2000. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/78638/171890.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

WOMACK, James P. JONES, Daniel T. ROOS, Daniel; trad. KORYTOWSKI, I. **A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

APÊNDICE A – Descrição das máquinas e equipamentos

1. Layout	Máquina/Equipamento
2	Máquina de corte de vidro temperado
3	Máquina de corte de vidro laminado
4	Máquina de corte de vidro temperado
5	Máquina de corte de vidro temperado
6	Máquina de lapidação e lavagem de espelho
7	Máquina de lapidação
8	Máquina canto moeda
9	Máquina de furação
10	Máquina de furação
11	Máquina canto moeda
12	Máquina de lapidação manual
13	Máquina de lavagem
14	Mesa de marcação
15	Mesa de marcação
16	Máquina de furação manual
17	Máquina de furação manual
18	Máquina de furação manual
19	Forno de têmpera
20	Máquina de usinagem CNC
21	Máquina de usinagem CNC
22	Máquina de lapidação manual
23	Máquina de lavagem

Fonte: a empresa (2013)

APÊNDICE B – *Layout atual da empresa em estudo*

APÊNDICE C – *Layout* proposto para a empresa em estudo

