



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A eliminação de desperdícios em uma fábrica de painéis elétricos: um
estudo de caso**

PLANO DE TRABALHO PARA TCC
POR

CARLOS ROBERTO CORRÊA MAIA

RECIFE, JANEIRO / 2009

CARLOS ROBERTO CORRÊA MAIA

A ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA FÁBRICA DE PAINÉIS ELÉTRICOS: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como exigência para conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco.

Orientadora: Gisele Cristina Sena da Silva

**RECIFE
2009**

M217e

Maia, Carlos Roberto Corrêa.

A eliminação de desperdícios em uma fábrica de painéis elétricos: um estudo de caso / Carlos Roberto Corrêa Maia – Recife: O Autor, 2009.

iv, 40 folhas, il ; figs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia da Produção, 2009.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia da Produção. 2. Sete Perdas. 3. Sistema Toyota de Produção. 4. Layout. 5. Redução. 6. Lucratividade. 7. Produtividade. I. Título

UFPE

658.5

CDD (22. ed.)

BCTG/2009-241

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que ele tem feito em minha vida, a meus pais, Roberto e Dulce, pelo carinho e por tudo que eles fizeram e fazem até hoje por mim. A meu pai pelo sangue engenheiro que corre em minhas veias, Aos meus irmãos, Gustavo e Marcelo, pelo o apoio e por me ajudarem a seguir a minha estrada. Sem vocês cinco esse sonho não poderia está se realizando.

A meus padrinhos avós (*in memoriam*), meus avós, meus tios e primos pela família que tenho.

A Flavia por me apoiar, principalmente nos momentos mais difíceis, durante esses anos. Meu exemplo de dedicação e apoio para conclusão do curso.

Aos Professores da Universidade e em especial a Professora Gisele, minha orientadora, pelo esforço e pela atenção dada para concluir meu TCC

A todos meus amigos e colegas da faculdade por fazerem parte do meu dia-a-dia.

A AREVA KOBLITZ por ter me recebido e me dado a oportunidade de integrar a esse time de pessoas que amam o que fazem.

RESUMO

Nos dias de hoje organizações em todo mundo têm buscado desenvolver práticas gerenciais que auxiliem as mesmas a reduzir custos e serem eficientes a longo prazo. Sabe-se que um arranjo físico mal planejado pode acarretar uma série de problemas e, principalmente, altos custos de produção e desperdícios de forma geral. Um estudo adequado de *layout* pode gerar soluções que tragam benefícios a produção, funcionários e lucratividade a empresa. Quando bem aplicado e organizado alcança ótimos resultados, pois elimina o desperdício e facilita o fluxo de produção. Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa metalúrgica, onde foram utilizadas algumas ferramentas da Produção Enxuta, especificamente o estudo de Arranjo Físico, para solucionar problemas identificados pelos gestores e a redução das perdas. O estudo foi realizado e embasado na literatura e em soluções e ferramentas simples e com baixo custo de implantação. O resultado obtido foi satisfatório visto que a fábrica está com uma aparência mais apresentável, o fluxo do processo está mais distinguível. Apesar da resistência dos colaboradores na fase de implantação, hoje os mesmos encontram-se satisfeitos com as mudanças e os mais importantes resultados foram a redução das perdas e a redução do *Lead-time*.

Palavras-chave: Sete perdas, Sistema Toyota de Produção, *Layout*, Redução, Lucratividade, Produtividade

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Elementos do Sistema de Produção	5
Figura 2. 2 - Os pilares de sustentação do STP	8
Figura 3. 1 - Fluxograma da produção de painéis	20
Figura 3. 2 - Chapa de montagem sendo montada no próprio painel	24
Figura 3. 3 - Berço de comando e força sendo montada no próprio painel com auxílio de escada...	25
Figura 3. 4 - Relação entre as práticas e ferramentas lean citadas e os tipos de desperdício	26
Figura 3. 5 - Área de chapa de montagem	27
Figura 3. 6 - Área de fiação de chapas	28
Figura 3. 7 - Processo de colocação de equipamento e passagem de cabos, setor de fiação de chapas	28
Figura 3. 8 - Processo de colocação de equipamento e passagem de cabos, setor de fiação de chapas	29
Figura 3. 9 - Cavalete ajustável.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICATIVA	2
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.4. MÉTODO	3
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO E PRODUÇÃO EM MASSA	5
2.2. O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)	7
2.3. OS PILARES DE SUSTENTAÇÃO DO STP: <i>JUST IN TIME</i> E <i>JIDOKA</i>	8
2.4. O PRINCÍPIO DO NÃO CUSTO E AS SETE PERDAS	11
2.5. <i>LAYOUT</i>	13
2.6. ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS	15
2.7. RESUMO DO CAPÍTULO	18
3. CASO PRÁTICO DE REDUÇÃO DE PERDAS – FÁBRICA DE PAINÉIS	19
3.1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA	19
3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO	19
3.3. SITUAÇÃO INICIAL	22
3.4. ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL E IDENTIFICAÇÃO DAS SETE PERDAS	23
3.5. MUDANÇAS E RESULTADOS FINAIS.....	26
3.6. DIFICULDADES ENCONTRADAS NO PROCESSO E NO ESTUDO	33
3.7. RESUMO DO CAPÍTULO	31
4. CONCLUSÃO.....	32
4.1. LIMITAÇÕES DO TRABALHO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordados os principais aspectos deste trabalho, através de uma rápida introdução do assunto e da importância do tema em que se baseia esta monografia. Também são apresentados os objetivos gerais e específicos, a justificativa do trabalho e a estrutura da monografia.

1.1. Problemática

São notórios os efeitos do mercado competitivo sobre os ambientes de produção. Todas as empresas têm buscado crescimento em diversas áreas, e não se pode pensar em crescimento sem eliminar os desperdícios. Dessa forma, é necessário identificar e minimizar sempre que possível toda forma de desperdício.

Um arranjo físico mal planejado pode acarretar uma série de problemas tais como desperdícios, insatisfação, excesso de movimentação, fadiga, alto *lead time*, lesões por esforço repetitivo, etc. Dessa forma um estudo adequado pode gerar uma solução de *Layout* que traga benefícios à produção, aos funcionários e lucratividade à empresa.

Para reduzir os custos é necessário mudar alguma estratégias de gestão. A Produção Enxuta ou o Sistema Toyota de Produção é um método utilizado por muitas empresas, as quais almejam reduzir os custos e desperdícios. Segundo Liker (2005), este método foi desenvolvido por Shingo para Toyota Motor Company na década de 50 no Japão, quando esta empresa passava por um período de crise e precisava desenvolver novos meios de produção que reduzisse os custos para garantir a sua permanência no mercado global. A manufatura enxuta, quando bem aplicada, alcança ótimos resultados, pois elimina o desperdício, facilita o fluxo de produção, aprimora a qualidade de seus produtos, atendendo às expectativas dos clientes, proporcionando bens de qualidade no tempo ideal a preço competitivo, reduz os custos de produção, além de ser financeiramente viável.

Ferramentas que fazem parte do Sistema Toyota de Produção, como *Kanban*, *Just in time*, *Kaizen*, Estudo de *Layout*, são práticas gerenciais que fazem parte do dia a dia de organizações que desejam aperfeiçoar os seus processos e reduzir desperdícios, pois a única maneira de aumentar os lucros é através da redução dos custos, que, conseqüentemente, só é possível através da eliminação das perdas.

A Manufatura Enxuta parte do princípio de que existem sete tipos de perdas dentro da empresa, que devem ser atacadas e eliminadas (Womack & Jones, 1996; Ohno, 1997; Shingo, 1996) e que as causas fundamentais das perdas se encontram em dois eixos centrais: na falta de uma visão sistêmica por parte da gerência em relação à necessidade do treinamento e formação de pessoas; e na falta de uma análise detalhada dos processos que geram as perdas. Desta forma, para solucionar os problemas no processo produtivo da empresa estudada, faz-se necessário identificar os sete desperdícios destacados pela filosofia da produção enxuta e tentar minimizá-las.

Este trabalho vem com o intuito de apresentar como foi o processo de identificação destes desperdícios e quais as soluções encontradas para minimização e/ou eliminação dos mesmos.

1.2. Justificativa

Com a dinâmica do mercado e a alta competitividade devido à globalização, é extremamente necessária a melhoria do processo para se adequar ao mercado atual. Uma melhoria no processo além de reduzir os gastos com despesas desnecessárias dará a empresa um melhor controle e rastreabilidade de toda a produção.

A otimização do processo produtivo coloca a empresa em um novo patamar de competitividade, visto que há uma redução dos custos, um melhor aproveitamento dos recursos e do espaço físico, uma redução do *lead time* e, conseqüentemente, o aumento dos lucros. Já que quem determina os preços dos produtos é o mercado e torna-se extremamente necessário a redução das perdas e uma redução dos custos e um aumento dos lucros

1.3. Objetivos

Serão apresentados a seguir, o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

- Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar a implantação de um novo *layout* e de um novo método de trabalho em uma fábrica de painéis, com foco na redução de perdas e na melhoria contínua do processo.

- Objetivos específicos

São objetivos específicos desse trabalho:

- Realizar uma breve fundamentação teórica sobre os assuntos que dão base ao trabalho;
- Analisar a situação anterior as mudanças e expor as falhas existentes no processo;
- Apresentar as ferramentas na implantação das melhorias e os resultados conseguidos com o estudo, tudo isso a um baixo custo;
- Exibir as dificuldades encontradas na realização do estudo, assim como sugestões para trabalhos futuros.

1.4. Método

Neste trabalho será realizada primeiramente uma pesquisa bibliográfica para fornecer um embasamento teórico a respeito do assunto. Este tipo de pesquisa é baseado em materiais já publicados, como livros, publicações em periódicos e artigos científicos. Serão detalhados a seguir alguns conceitos e ferramentas utilizadas.

Depois, será apresentado um estudo de caso que mostra a aplicação prática e detalhada da identificação das sete perdas do processo produtivo e as soluções e ferramentas utilizadas para redução de desperdícios em uma empresa metalúrgica.

1.5. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro será abordado a introdução, a justificativa e o objetivo geral e específicos.

No segundo capítulo é apresentada a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento desta monografia e do caso prático. Nela são abordados os assuntos mais importantes para a compreensão do trabalho. São apresentados os conceitos de sistema de produção, produção em massa e Sistema Toyota de produção, assim como suas filosofias e ferramentas. Ainda neste capítulo são abordado os conceitos de *layout* e de tempos e movimentos.

O terceiro capítulo é o estudo de caso, onde se inicia com a descrição da empresa e da situação inicial. E após uma análise são implantadas algumas ferramentas do STP e a melhoria do *layout* com o objetivo de reduzir todas as perdas.

O quarto capítulo apresenta a conclusão do trabalho, onde estão às considerações finais sobre o assunto tratado, as dificuldades encontradas e sugestões para futuros trabalhos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo trata da fundamentação teórica deste trabalho. Inicialmente serão dadas as definições mais abrangentes como sistemas produtivos e, em seguida, serão abordados conceitos mais específicos como as sete perdas, *layout*, tempos e movimentos e algumas ferramentas utilizadas no caso prático.

2.1. Sistemas de produção e produção em massa

Segundo Moreira (1993), um sistema de produção é o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens ou serviços.

Distinguem-se na figura 2.1 alguns elementos fundamentais. São eles: insumos, influências e restrições, subsistema de controle, processo de conversão e *outputs* (produtos e/ou serviços). Abaixo será explicado cada elemento segundo a ótica de Moreira (2002).

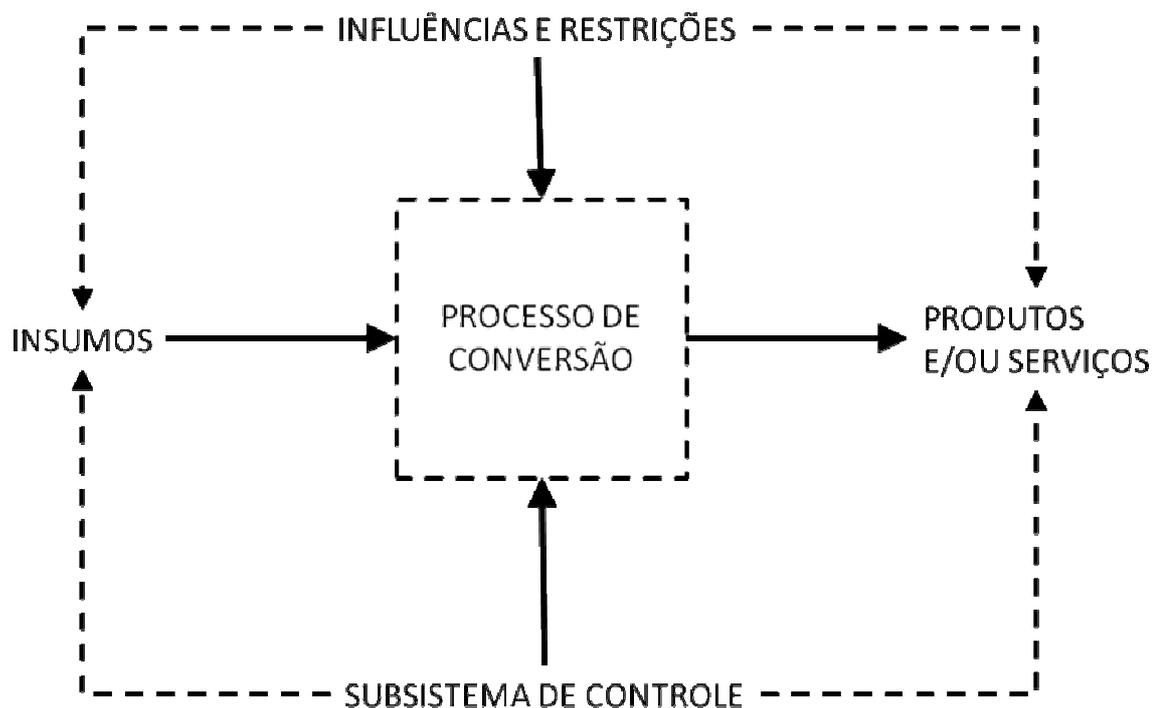


Figura 2. 1 - Elementos do Sistema de Produção (Fonte: Moreira, 2002, p.9)

As entradas são os insumos de todo o processo, ou seja, matéria prima, energia, mão de obra, conhecimento técnico do processo. Os *outputs* são as saídas, ou seja, bens e/ou serviços prontos para ser consumidos. O processo de conversão é exatamente a transformação das entradas em *outputs*.

No sistema de produção há um elemento, sistema de controle, que visa assegurar que todas as programações sejam cumpridas, que os padrões sejam estabelecidos, que os recursos estejam sendo utilizados de forma e que a qualidade desejada seja obtida. Um sistema de produção nunca trabalha sozinho, ele sempre sofre influência do ambiente interno e externo.

A evolução dos sistemas de produção se dá ano a ano e, os principais motivos desta evolução são: melhoramento tecnológico, necessidade de uso eficiente dos recursos, competitividade, aumento da demanda, entre outros fatores. É de suma importância neste trabalho descrever um pouco dessa evolução e serão abordados dois dos principais sistemas: Produção em massa (Ford) e da Produção Puxada (Sistema Toyota de Produção).

No início do século XX, Henry Ford, descobriu a maneira de acabar com os problemas presentes na produção artesanal. Com novas técnicas de produção Ford reduziu os custos e aumentou a qualidade dos produtos.

As principais mudanças na produção de Ford se deram graças à padronização, onde o mesmo sistema de medidas seria usado em todas as peças durante todo o processo de fabricação (intercambiabilidade de peças), e à criação de estação de trabalho, no qual o montador ficava em um mesmo local o dia todo e as peças chegavam ao mesmo. Em 1913, após Ford conseguir a intercambiabilidade das peças foi criada a linha de montagem de fluxo contínuo, no qual o carro era movimentado ao trabalhador estacionário que realizava a montagem da peça sem nenhuma movimentação (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

De uma forma geral, os sistemas de fluxo em linha são também caracterizados por uma alta eficiência e acentuada inflexibilidade. Essa eficiência é derivada de uma substituição maciça de trabalho humano por máquinas, bem como à padronização do trabalho restante em tarefas altamente repetitivas (MOREIRA, 1993).

Na produção artesanal, os operários eram especialistas, e participavam da produção do início ao fim, da fundição das peças até a montagem delas no carro. Ford aperfeiçoou o processo de uma maneira que o funcionário exercia uma única função, apertar parafusos e porcas ou colocar uma roda ou motor no carro.

No próximo tópico iremos abordar o Sistema Toyota de Produção ou a Produção Enxuta.

2.2. O Sistema Toyota de Produção (STP)

A Toyota é denominada a mais japonesa das companhias automobilísticas do Japão e hoje a maior empresa automobilística do mundo que produz veículos com maior eficiência e qualidade. A primeira instalação da Toyota se deu na ilha de Nagoya e parte da sua mão de obra era composta por antigos agricultores da região, onde era ironicamente conhecido em Tóquio como “bando de caipiras” (WOMACK, JONES, ROOS, 1992).

A história da família Toyoda começou com o êxito no ramo de máquinas têxtil, no fim do século XIX, desenvolveram teares superiores aos já existentes no mercado. No final dos anos 30, após a visita de Kiichiro Toyoda a fábrica da Ford em Detroit e com o apoio do governo a família, Toyoda resolveu ingressar na produção de veículos automotores, principalmente caminhões militares. Mal havia produzido alguns protótipos e a produção teve de ser encerrada com o estouro da guerra. Com o término da II guerra mundial a Toyoda retornou a fabricação de carros e caminhões, porém agora em larga escala. Mas a Toyoda teve que enfrentar alguns problemas na produção em larga escala no Japão, pois:

- O mercado japonês era pequeno e demandava uma grande variedade de tipos de veículos;
- A força de trabalho no Japão necessitava de condições mais dignas de emprego;
- A economia nacional ficou arrasada depois da guerra, impossibilitando a compra de tecnologia no exterior;
- A exportação era muito remota.

Em 1973, com a crise do petróleo (aumento vertiginoso do preço do barril), milhares de empresas sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos, enquanto a Toyota Motor Co., era uma das poucas a escapar praticamente ilesa. “Este “fenômeno” despertou a curiosidade de organizações no mundo inteiro” (GHINATO, 2000).

O sistema de produção adotado pela Toyota é conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP), e o que é hoje conhecido por Sistema de Produção Enxuta (em inglês *Lean Production System*). O termo enxuta (do inglês, *lean*) foi usado no final dos anos 80 pelos pesquisadores do *International Motor Vehicle Program* (IMVP) para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança (GHINATO, 1996).

Para John Krafcik, pesquisador do IMVP, é “enxuta” a produção por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (GHINATO, 2000).

A essência do STP é a produção em pequenos lotes, facilitando, assim, a enxergar pequenos problemas durante o processo produtivo. A figura 2.2 representa as ferramentas que fundamentam a Produção Enxuta. No próximo tópico será descrito cada uma das ferramentas que compõe o STP.

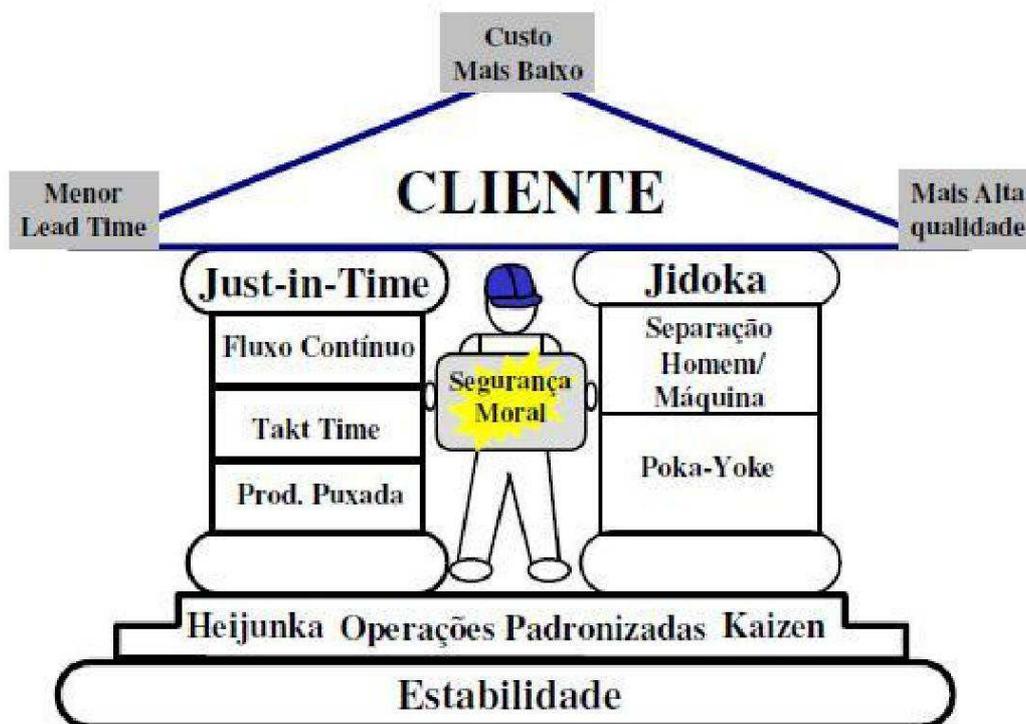


Figura 2. 2 - Os pilares de sustentação do STP (Fonte: Ghinato, 2000, p.6)

2.3. Os Pilares de Sustentação do STP: *Just in time* e *Jidoka*

Segundo Ohno (1997), o *Just in time* (JIT) refere-se ao suprimento em cada processo com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. Trata-se de uma técnica de gestão que tem o objetivo de proporcionar a melhoria contínua no processo produtivo, identificando, localizando e eliminando perdas.

O *Just in time* 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 necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço da flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia-chave do JIT é a simplificação (VOSS, 1987).

De acordo com Ghinato (2000), o JIT depende de três fatores relacionados entre si: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada.

O Fluxo contínuo é a necessidade de reduzir o *Lead time* de produção – tempo gasto pra transformação dos insumos em produto final – e para sua implantação é de extrema necessidade a reorganização do *layout* fabril. Converter os *layouts* tradicionais em montagens de células de manufaturas com a eliminação dos estoques entre processo, para que ocorra a eliminação total dos estoques, é de extrema necessidade o balanceamento das operações e a distribuição da carga de trabalho de cada operador.

O balanceamento das operações está diretamente ligado ao conceito de *takt time*. O *takt time* está definido como o tempo gasto para produzir um componente ou produto completo, baseado na demanda do cliente. O *takt time* é dado pela seguinte fórmula:

$$\textit{Takt time} = \text{Tempo total disponível} / \text{demanda do cliente}$$

O conceito de produção puxada é muito próximo do conceito de *Just in time*, produzir somente o que a demanda necessita, evitando estoque no final do processo (super produção).

Uma das ferramentas utilizadas no STP para ajudar a produção puxada é o *Kanban* que tem como objetivo controlar e balancear visualmente a produção, eliminar perdas e sinalizar ao processo antecessor (fornecedor) o que, quanto e quando produzir.

O segundo pilar (*Jidoka* ou Autonomia) é a capacidade que é dada ao operador ou a máquina de parar o processo sempre que for detectada uma anomalia. Conforme expressa Ghinato (2000), a idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para

identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas de linha.

Ainda seguindo o raciocínio de Ghinato (2000), um dos requisitos fundamentais para a implantação do *jidoka* é a separação entre o homem e a máquina. A detecção do problema pode ser uma função da máquina, enquanto a solução ou correção do problema é uma função única e exclusiva do homem. Com isso, o homem se torna capaz de operar mais de uma máquina simultaneamente.

Outro componente do pilar *jidoka* são os dispositivos *poka-yoke*, que são dispositivos capazes de detectar a causa-raiz dos defeitos em regime de inspeção 100% associados à inspeção na fonte que impede a execução irregular de uma atividade (SHINGO, 1996).

Todo sistema Toyota de produção encontra-se apoiado em uma base de sustentação que é descrita abaixo, conforme a figura 2.2.

Como citado por Ohno (1997), *heijunka* é o nivelamento da quantidade e dos tipos de produto a serem produzidos para atender a demanda a curto, médio e longo prazo, garantindo assim um fluxo contínuo.

Operação padronizada começou a ser usado com Ford, porém foi melhorado com a Toyota e é definida como a identificação e padronização dos trabalhos que agregam valor e a eliminação de qualquer tipo de elemento que não agregue valor, perdas.

Segundo Ohno (1997), *Kaizen* é a melhoria incremental e contínua de uma atividade, focada na eliminação de perdas (*muda*), de forma a agregar mais valor ao produto/serviço com um mínimo de investimento. Uma ferramenta muito importante no monitoramento contínuo dos processos é o ciclo de Deming (ciclo PDCA), Este processo desenvolve-se a partir da padronização da melhor solução e subseqüente melhoria deste padrão, garantindo que os pequenos e incrementais ganhos sejam incorporados às práticas operacionais.

A “estabilidade” dos processos é a base de todo o Sistema Toyota de Produção. Somente processos capazes e estáveis podem ser padronizados de forma a garantir a produção de itens livres de defeitos (resultante do pilar *Jidoka*), na quantidade e momento certo (resultantes do pilar JIT) (GHINATO, 2000).

2.4. O princípio do não custo e as sete perdas

Os produtores enxutos almejam abertamente a perfeição: custos sempre declinantes, ausência de itens defeituosos, mínimos estoques e uma miríade de novos produtos (WOMACK et al, 1992).

A consideração inicial do STP é que sempre quem dita o preço do produto é o mercado, o foco do sistema é na redução dos custos para maximizar cada vez mais o lucro, para que isso ocorra é sempre necessário a perseguição frenética por toda e qualquer perda.

$$\text{Lucro} = \text{preço de mercado} - \text{custo}$$

O objetivo da filosofia JIT é reduzir os estoques, de modo que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados por meio de esforços concentrados e priorizados. (CORRÊA; GIANESI, 2001).

As perdas na filosofia Toyota são atividades que devem ser imediatamente eliminadas, pois são desnecessárias, geram custos e que não agregam nenhum valor ao produto. As perdas no sistema produtivo poderiam ser classificadas em sete grandes grupos, de acordo com a filosofia Toyota, Ghinato (2000) abordou as perdas da seguinte maneira:

1) Perda por superprodução

Produzir mais do que é necessário para o próximo processo na produção é a maior das fontes de desperdícios, de acordo com Ghinato (2000), pois ela mascara todas as outras perdas no processo. Esta perda é totalmente contrária a filosofia JIT "produzir a quantidade certa, no momento certo..."

As perdas por superprodução são divididas em duas: superprodução por quantidade e superprodução por antecipação. Perda por superprodução por quantidade é a perda por produzir em excesso, além do volume programado ou requerido, sobrando peças/produtos.

Perda por superprodução por antecipação é quando as peças/produtos fabricadas naquele momento ficaram estocadas aguardando o momento de ser consumida. Esta perda é a mais danosa e a mais perseguida do STP.

2) Perda por espera

Este desperdício refere-se ao tempo em que nenhum processamento, transporte e/ou inspeção é executada. Divide-se em três: Perda por espera no processo, perda por espera do lote, perda por espera do operador.

Perda por espera no processo é dada quando um lote aguarda o termino das atividades que estão sendo feitas em outro lote, ou seja, é a espera de um lote para que uma máquina, operador e/ou dispositivo estejam disponíveis.

Perda por espera do lote é a espera que as peças de um lote sofrem até que todas as peças do mesmo lote sejam processada em uma dada etapa do processo.

Perda por espera do operador é a ociosidade que ocorre quando o operador é forçado a permanecer ao lado da máquina, monitorando/acompanhando o processo do início ao fim.

3) Perda por transporte

O transporte é uma atividade que não agrega valor, e com isso, esta atividade é considerada como perda e deve ser minimizado ou eliminado.

Um estudo no arranjo físico é a maneira mais eficiente para a redução ou eliminação total dessa perda. Um *layout* perfeito é aquele que dispense a movimentação de material, caso a eliminação total seja impossível é de extrema necessidade a implantação de meios que acelerem ou mantenham o transporte constante e eficiente, como em casos que são utilizados esteiras rolantes, talhas, pontes rolantes, etc.

4) Perda no processo

São etapas do processo que podem ser retiradas e que não alteraria as características básicas do produto/serviço, assim como, situações causadas por falta de manutenção de máquinas, ineficiência das máquinas ou uma má utilização de matéria prima.

5) Perda por estoque

É a perda sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. Muitas companhias não têm interesse em acabar com os estoques, pois eles geram “vantagens” caso alguma interferência ocorra no processo, dando tempo para resolvê-las.

Segundo a filosofia JIT, o estoque é um mal necessário, a diminuição gradativa do estoque entre processo e o estoque de matéria prima é fundamental para identificar outros problemas no sistema, escondidos pelo estoque.

6) Perda por movimentação

São as perdas relacionadas a movimentação desnecessária do operador na execução de uma operação. Para uma eliminação eficiente dessa perda é necessário um estudo de tempos e movimentos, ou a substituição de algumas atividades manuais por atividades mecânicas, porém a implantação de atividades automatizada só deve ser feita após um estudo de tempos e movimentos, pois há probabilidade de automatizar o desperdício.

7) Perda por produtos defeituosos

São as perdas mais visíveis em um processo de fabricação e consiste na fabricação de bens com especificações diferentes dos padrões de qualidade e não satisfazendo as especificações de uso ou dos clientes. No STP a eliminação das perdas por produtos defeituosos é sempre feita na fonte geradora do defeito.

Estes tipos de produtos significam desperdício de material, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação e inspeção de materiais defeituosos.

No próximo tópico iremos abordar sobre *layout* e os tipos de *layout*.

2.5. Layout

Novas tecnologias e investimentos em processo estão cada vez mais permitindo uma produção mais limpa e enfatizando cada vez mais uma reeducação e uma preservação ambiental. Um estudo de *layout* (arranjo físico) visa harmonizar e integrar mão de obra direta, mão de obra indireta, matéria prima, estoques, administração, máquinas, enfim, todos os itens que possibilita uma atividade industrial, ou seja, decidir onde colocar as máquinas, as instalações, os equipamentos e as pessoas necessárias no processo.

Ao se elaborar, portanto, o arranjo físico deve-se procurar a disposição que melhor conjugue os equipamentos com os homens e com as fases do processo ou serviços, de forma a permitir o máximo rendimento dos fatores de produção, através da menor distância e no menor tempo possível.

O *Plant layout* é um estudo sistemático que procura uma “combinação ótima” das instalações industriais que concorrem para a produção, dentro de um espaço disponível (OLIVÉRIO, 1985).

Não é somente uma disposição racional das máquinas, mas também, o estudo das condições humanas de trabalho (ergonomia, iluminação, ventilação, etc.), de corredores eficientes, de como evitar controles desnecessários, de armários e bancadas ao lado das máquinas, de qual meio de transporte vai ser utilizado para movimentação da peça, agrupar a produção eficiente com a segurança dos trabalhadores e das instalações, assim como criar rotas de fugas e planos emergências em caso de extrema necessidade.

Um *Layout* bem definido além de melhorar as condições de trabalho dos operadores obtém resultados surpreendentes na redução de custos de operação e no aumento da produtividade e da eficiência.

Segundo Moreira (2002), Existe três motivos que tornam importantes as decisões sobre arranjo físico:

- Elas afetam a capacidade fabril e a produtividade do processo – Um arranjo físico bem estruturado consegue aumentar a produção, utilizando os mesmos recursos e a mesma quantidade de mão de obra, isso ocorre devido uma melhor utilização dos recursos (máquinas, materiais e pessoas);
- Um melhoramento no *layout* pode implicar num gasto de dinheiro, ele deve ser feito sempre de uma forma racional e priorizar sempre medidas simples e que atendam a necessidade;
- Algumas mudanças são irreversíveis, evitar mudanças radicais e de elevado custo.

Com isso acredita-se, que um estudo de *layout* só é válido para novas instalações e que depois de estabelecido jamais será mudado. Porém, o estudo de *layout* deve ser feito continuamente, sempre que detectados problemas como: ineficiência da operação, taxas altas de acidente, detecção de desperdícios, aumento de demanda, aquisição de novas e modernas máquinas entre outros fatores.

Moreira (2002), também destacou que existem três tipos puros de *layout*, a partir desse pode também existir tipos híbridos. Os tipos de *layout* são basicamente separados por: custos de equipamentos, manuseio de materiais, estoque de materiais no processo, etc.

- Arranjo físico por produto – corresponde ao sistema de produção contínua e é utilizado quando tem a necessidade de uma seqüência linear de operações para fabricar os produtos. A fábrica é dividida em centros e cada um é especializado em parte do produto. Os produtos seguem um alto grau de padronização, o fluxo do material no processo é bastante previsível, possibilitando a melhoria em sistema de manuseio e transporte, o sistema é facilmente ajustado a qualquer taxa de produção, os inventários são elevados, devido à presença de máquinas altamente especializada.
- Arranjo físico por processo – corresponde ao sistema com fluxo de produção intermitente, neste sistema o produto move de um centro ao outro dependendo da necessidade. Neste sistema as máquinas são agrupadas em departamentos, funcionais e o produto vai a esse departamento quando e se for necessário. As principais características são: flexibilidade de produção, cada produto passa pelos centros de trabalho somente se necessário, a taxa de produção é relativamente baixa, os equipamentos utilizados são mais baratos e facilmente ajustadas a necessidade do produto.
- Arranjo físico de posição fixa – corresponde ao sistema de produção em projeto, é um sistema onde o produto tende a ficar fixado e são aglutinados próximo ao mesmo as pessoas, ferramentas, máquinas e materiais necessários. A principal característica é a baixa produção e a exclusividade de cada produto.

De acordo com Lopes (1998), o *layout* do setor produtivo é responsável por grande parte dos desperdícios identificados pela filosofia da Produção Enxuta. Os tipos de desperdícios diretamente relacionados à disposição dos meios de produção são o transporte, a movimentação nas operações e os estoques.

As principais vantagens de um *layout* bem estudado são: a redução dos transportes de materiais; redução da movimentação dos operários, com um bom estudo de tempos e movimentos; redução de materiais entre processo e do inventário; redução do *lead time*; uso eficiente de máquinas e mão de obra.

2.6. Estudo de tempos e movimentos

É uma prática muito comum nas organizações a análise dos métodos de trabalho e está diretamente ou indiretamente ligada a melhoria da produtividade. Tem-se demonstrado que uma análise criteriosa pode aumentar em muito a produtividade, sem a introdução de nenhum

equipamento, apenas com a análise racional (MOREIRA, 2002). Ao passo que o estudo dos tempos originou-se com o intuito de determinar os tempos padrões das operações. No início não havia um estudo dos tempos e dos movimentos em conjunto, pois os dois elementos foram estudados de forma isolada. Após algum tempo, o estudo começou a ser feito em conjunto destes, se complementando (BARNES, 1977).

Um estudo de tempos e movimentos engloba detalhes específicos, tais como o arranjo das ferramentas e utensílios no local de trabalho, os movimentos do operador ao realizar seu trabalho assim como o tempo gasto nesta tarefa.

O estudo dos movimentos, introduzido por Frank Gilbreth (um dos seguidores do trabalho de Frederick Taylor), visa o estudo dos movimentos do corpo humano durante uma operação. Os objetivos básicos desse estudo são: eliminar os movimentos desnecessários (perdas) e determinar a melhor seqüência de movimentos com o intuito de atingir uma maior produtividade do operário (MOREIRA, 2002).

Segundo Barnes (1977), as maiores contribuições de Gilbreth para o estudo dos movimentos foi o registro dos movimentos utilizando uma máquina fotográfica e em seguida a introdução da máquina de filmar no seu trabalho. Este fato viabilizou o estudo de micro movimentos.

Segundo Slack *et al.* (1996) a abordagem do estudo de tempos e movimentos envolve a seguinte sistemática:

- Selecionar o trabalho a ser estudado;
- Registrar todos os fatores relevantes do método atual;
- Examinar seqüencialmente e criticamente todos os fatores;
- Desenvolver o método mais prático, efetivo e econômico;
- Instalar o novo método;
- Checar periodicamente se o novo método não se encontra obsoleto.

Moreira (2002) destacou certas técnicas e princípios de racionalização que têm sido usados em estudos de movimentos. São eles:

- 1) Princípios de Economia dos Movimentos – estão contidos em uma listagem abaixo proposta pelo famoso especialista Ralph Barnes (BARNES, 1980 *apud* MOREIRA, 2002, p. 293-294):

- a) Uso do Corpo Humano:

1. Ambas as mãos devem começar e terminar os movimentos ao mesmo tempo.
 2. Ambas as mãos não devem ficar ociosas ao mesmo tempo, exceto em períodos de descanso.
 3. Os movimentos dos braços devem ser feitos em direções simétricas e opostas ao mesmo tempo.
 4. Deixe para as mãos e o corpo os movimentos mais simples com os quais seja possível fazer o trabalho.
 5. Use a cinética se for possível para ajudar a operador, mas reduza-a a um mínimo se ela exigir esforço muscular (sic).
 6. Use movimentos contínuos e suaves das mãos de preferência a movimentos em linha reta, que envolvem mudanças bruscas de direção (sic).
 7. Lembre que movimentos balísticos são mais rápidos, mais fáceis e mais precisos do que movimentos controlados.
 8. Arranje o trabalho de forma a permitir o uso do ritmo natural tanto quanto possível (sic).
 9. Conserve as fixações dos olhos tão próximas e tão poucas vezes quanto possível.
- b) Organização do Local de Trabalho
10. Conserve todas as ferramentas em um local fixo e definido.
 11. Conserve ferramentas, materiais e controles próximos ao local de uso.
 12. Use alimentação de material por gravidade próxima ao ponto de uso
 13. Use entregas por queda sempre que possível
 14. Localize os materiais e as ferramentas de forma a permitir a melhor seqüência de movimentos.
 15. Providencie boa iluminação, aquecimento e ventilação.
 16. Arranje a altura da bancada de trabalho e do assento de maneira a que levantar e sentar seja feito facilmente (sic).
 17. Providencie um assento que permita boa postura para o operador.
- c) Desenho de Ferramentas, Dispositivos e Equipamento (sic)

18. Libere as mãos de todo o trabalho que possa ser feito com vantagem por algum acessório comandado pelo pé.
 19. Combine duas ou mais ferramentas sempre que possível
 20. Preposicione ferramentas e materiais para reduzir os movimentos de busca, encontro e seleção tanto quanto possível.
 21. Distribua a carga em cada dedo de acordo com a capacidade inerente aos dedos.
 22. Localize alavancas, barras e volantes manuais de forma que o operador possa manipulá-los com mudanças mínimas na posição do corpo e com a máxima vantagem mecânica.
- 2) Análise de Operações Usando *Therbligs* – O termo *therbligs* é um anagrama do nome Gilbreth. Os *therbligs* são os micros movimentos, ou seja, os movimentos elementares, muito pequenos e breves que fazem parte uma operação. A análise das operações deve ser decomposta nesses micros movimentos e em seguida utilizando um auxílio gráfico, chamado de diagrama *Simo* (*Simultaneous Motion*), ou seja, movimentos das duas mãos. Após a análise do diagrama *Simo* é feita a busca por melhorias através da eliminação, combinação ou rearranjo dos 17 movimentos – Procurar, Selecionar, Agarrar, Transportar vazio, Transportar carregado, Segurar, Aliviar carga, Posicionar, Preposicionar, Inspeccionar, Montar, Desmontar, Usar, Atraso inevitável, Atraso evitável, Planejar e Descansar (MOREIRA, 2002).

2.7. Resumo do capítulo

Neste capítulo foram abordadas os principais conceitos e definições que fundamentaram este trabalho.

Foram apresentadas a definição de sistemas de produção, Produção em Massa e a Produção Enxuta e algumas das principais características, além das sete perdas, que é o foco do estudo de caso.

O capítulo também abordou sobre *layout*, tipos de *layout* e as conseqüências de um arranjo físico mal estruturado. Este foi encerrado com um estudo de tempos e movimentos.

No próximo capítulo será apresentado o estudo de caso realizado numa fábrica de painéis.

3. CASO PRÁTICO DE REDUÇÃO DE PERDAS – FÁBRICA DE PAINÉIS ELÉTRICOS

Este capítulo apresenta um estudo de caso em uma empresa de médio porte. Primeiramente será realizada uma descrição geral da empresa estudada e do seu processo de fabricação onde a metodologia foi aplicada. Em seguida vai ser abordada a situação anterior às mudanças, as principais mudanças, e a situação atual, após as mudanças.

3.1. Descrição da empresa

O estudo de caso aconteceu na unidade fabril da AREVA KOBLITZ, localizada na cidade de Recife, Pernambuco. A AREVA KOBLITZ é líder em integração de sistemas para geração e co-geração de energia a partir de fontes renováveis no Brasil. O principal negócio da empresa é o fornecimento de serviços para a construção de centrais termoeletricas e hidrelétricas.

Fundada em 1975 pelo Engenheiro Luiz Otávio Koblitz, a empresa sempre adotou as mais avançadas tecnologias e processos nos sistemas elétricos e termodinâmicos. Suas atividades estão alinhadas com as preocupações ambientais, permitindo o desenvolvimento sustentável e a preservação, para beneficiar as gerações futuras.

Em janeiro de 2008, a empresa uniu-se à divisão brasileira de Bioenergias do grupo AREVA, especialista mundial em energia que oferece soluções para contribuir para a geração de energia livre de CO₂ e para o transporte de eletricidade. Soluções que são limpas, mais seguras e mais econômicas.

Essa aquisição está de acordo com a estratégia de desenvolvimento comercial da AREVA no mercado de energia livre de CO₂. A AREVA KOBLITZ se beneficiará da rede internacional do grupo para expandir suas atividades fora de seu mercado doméstico.

3.2. Descrição do processo de fabricação

O local onde o estudo de caso foi desenvolvido foi na linha de fabricação de painéis da AREVA KOBLITZ. Esta linha é responsável pela produção dos seguintes painéis:

- Quadros de controle
- Quadros de sincronização
- Distribuidoras de baixa voltagem
- Distribuidoras para geradores de baixa voltagem
- Painéis de proteção

- Painéis de controle
- Centro de controle de motores de baixa voltagem
- Distribuidoras de média voltagem
- Distribuidoras para geradores de média voltagem
- Centro de controle de motores de média voltagem

Porém em nível de estudo vamos exemplificar o CCMBT (centro de controle de motores de baixa voltagem) e o PKS-30(centro de controle de motores de media voltagem), além de serem os dois principais painéis produzidos pela AREVA KOBLITZ, eles possuem a estrutura que originam as demais.

A linha de produção de painel é composta por seis grandes áreas, na qual seguem o projeto mecânico e o projeto elétrico para a confecção do painel. Cada painel é único e específico para a necessidade do cliente.

O processo de manufatura dos painéis segue o fluxograma abaixo.

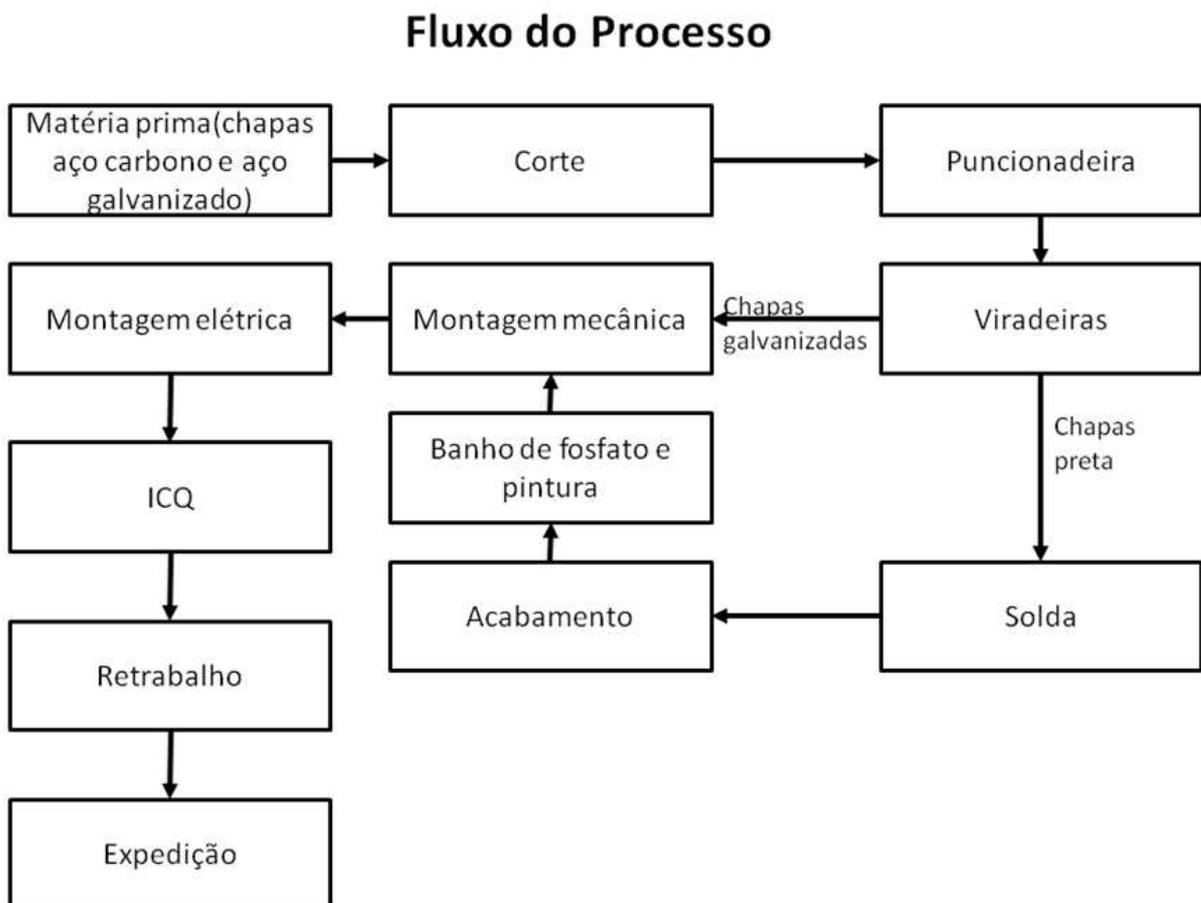


Figura 3. 1 - Fluxograma da produção de painéis (Fonte: O autor)

O processo inicia quando o PCP (planejamento e controle da produção) envia para o DPI (departamento de produção industrial) a pasta de projeto mecânico. Após receber o projeto é feita a ferramentação (transformação do projeto em uma programação da puncionadeira para executar cortes e furos conforme projeto). Após elaboração do plano de corte da puncionadeira inicia-se o processo da montagem mecânica.

A primeira etapa do processo é o corte de chapas, que podem ser chapas de aço carbono (preta) ou chapas zincadas (chapas com um tratamento de superfície a base de zinco). As chapas são recebidas pelos fornecedores em fardos, que são posicionados em um carro sobre trilho utilizando uma ponte rolante, de acordo com a necessidade do projeto. As chapas de tamanho inicial de 2500 mm x 1200 mm são cortadas em tamanhos menores, conforme o plano de ferramentação, em uma guilhotina e são arrumadas em um palete.

Os paletes são enviados para puncionadeira TruPunch 1000 da TRUMPF, máquina de suma importância no processo. Esta máquina quem realiza os cortes, as furações, os rasgos e venezianas com alta precisão.

Na etapa seguinte, viração, composta por duas viradeiras hidráulicas, as chapas começam a ganhar formas tridimensionais. A primeira realiza as dobras no sentido do comprimento e a segunda é feita o fechamento (dobras no sentido da largura), sempre que necessário. Após a viração as chapas são separadas em zincadas e pretas.

As peças pretas viradas seguem para o setor de solda, onde são ponteadas, esquadrejadas e soldadas com solda do tipo MIG para formar peças dos painéis. Nesta etapa também são colocados os reforços e porta borracha de isolamento nas portas. Os excessos de solda devem ser retirados por uma lixadeira elétrica na etapa do acabamento.

As peças em aço carbono são levadas a etapa de tratamento de superfície, fosfatização e pintura. O processo de fosfatização tem como objetivo remover todas as impurezas das chapas (óleo, gordura, sujeira e oxidação), proteger e dar mais resistência à corrosão, visto que estas chapas estarão sempre na parte externa do painel. As peças passam por oito banhos de solução aquosa: uma solução desengraxante, uma ácida, uma básica, água, passivador, refinador de camada e fosfato de zinco.

Após a secagem das peças, estas estarão prontas para receber a pintura. As peças são penduradas em um trilho e recebem uma carga elétrica oposta à da tinta a pó químico, fazendo com que o pó se fixe na peça. Após tal procedimento, a peça é levada à uma estufa. Quando a estufa aquece, o pó derrete e a tinta é fixada.

Após a pintura, as peças são agregadas com as peças zincadas e nas células de montagem mecânica as peças são unidas uma a uma, utilizando porcas, arruelas, parafusos e rebites de forma a formar um “cubículo” ou “coluna” por célula. Nessa etapa é possível ver uma estrutura física completa.

O painel é transportado para as células de montagem elétrica e lá inicia a etapa mais lenta do processo. Etapa onde são fixados todos os equipamentos eletro-eletrônicos, feito a passagem de cabos de força e comando, ligação dos mesmos aos equipamentos e/ou barramento. Nesta etapa existe um setor responsável pela confecção dos barramentos de acordo com o projeto mecânico.

Em seguida é realizado o pré teste e o painel irá ao ICQ, setor onde é feito a análise de todos os painéis. Nele é checado se a estrutura mecânica está de acordo com o projeto, assim como pintura, estruturas internas e a localização dos componentes e também é testada a parte elétrica, checado se toda a fiação está ligada conforme o projeto elétrico. Ao fim, é feita a energização do painel e testado o funcionamento.

Caso seja detectada alguma não conformidade, o departamento de produção industrial é acionado e são feito todos os ajustes necessários. Ao término, os painéis são embalados com papelão, plástico tipo film e engradado de madeira e então identificados com placas que destacam o cliente e destino, o tipo de painel e a ordem de produção.

Em seguida será feita a descrição da situação inicial da fábrica e, posteriormente, será realizada a análise dessa situação. Serão descritas todas as perdas eminente no processo, as ações feitas com o intuito de acabar ou reduzir as perdas ali existentes e, por fim, os ganhos obtidos com as implantações. Este estudo iniciou-se em outubro de 2008 até julho de 2009, entretanto, alguns estudos específicos ainda estão sendo realizados, pois um processo de melhoria nunca acaba.

3.3. Situação inicial

O estudo de redução das perdas foi feito em todas as áreas, porém o principal foco foi na montagem elétrica, visto que o alto *lead time* do processo se dá pelo tempo gasto na montagem elétrica (ex. um CCMBT antes das mudanças possuía um *lead time* de 93 dias e um PKS-30 possuía 82 dias de *lead time*). A princípio, após a montagem mecânica iniciava a montagem elétrica dos painéis, em um *layout* de posição fixa, onde o cubículo recebia todos os componentes eletromecânicos, componentes eletrônicos, os cabos de força e de comando, assim como o(s) encarregado(s) responsável(eis) pela montagem do painel. O *layout* é aparentemente adequado, pois um painel do tipo PKS-30 pesa sem os componentes aproximadamente 1200 kg, já o CCMBT

aproximadamente 300 kg e com os componentes o mesmo pode chegar a 2000 kg e 1000 kg, respectivamente, tornando difícil a movimentação do mesmo pela fábrica.

O processo de montagem elétrica era iniciado após a montagem completa da estrutura física na montagem mecânica. Com uma ponte rolante, o painel era movimentado até a área demarcada para a montagem elétrica, onde era iniciada a instalações dos componentes eletrônicos e das fiações necessárias para interligá-los.

Após o posicionamento do painel no setor, é designado o responsável pela montagem e será entregue para o mesmo o projeto elétrico com todas as especificações e a lista de materiais necessários no cubículo. Com o número do projeto elétrico o encarregado da montagem faz a retirada no almoxarifado de todos os componentes, assim como as bobinas de cabos utilizados, essa retirada demora aproximadamente 3 horas, devido a muitas falhas no sistema, e muitas vezes são feitas de forma parcial.

Com o projeto em mãos são feitas as marcações, as furações e a fixação das calhas de passagem de cabos, dos equipamentos e dos trilhos nas chapas e nos berços, iniciando passagem de todos os cabos de comando e força ligando os equipamentos, portas, barras e periféricos.

A seguir serão descritas as etapas e metodologia utilizada no processo de mudança, os resultados e conclusões.

3.4. Análise da situação inicial e identificação das sete perdas

O estudo iniciou com a análise da operação e entrevistas com os encarregados principais, os supervisores e gestores da área, onde foram questionados quais eram as maiores interferências e dificuldades do processo.

Os principais problemas identificados por eles foram:

- A dificuldade de colocação dos cabos e dos equipamentos no CCMBT e no PKS-30. Nos CCMBTs devido às dimensões da chapa de montagem (figura 3.2), na figura encontra-se na cor laranja, o montador colocava equipamento e cabos em alturas superiores a 1,8m e também em alturas inferiores a 50 cm do solo, e no PKS-30 a altura em que se encontra o “berço” de comando, parte superior do cubículo localizado a 1,80m do solo, onde a montagem deve ser feita em cima de uma escada (figura 3.3), parte interna e de cor alaranjada;
- Incoerências no projeto elétrico;
- Elevado tempo de espera por equipamentos no almoxarifado;

- Excesso de movimentação dos funcionários durante a montagem elétrica, na solicitação de ferramentas de montagem (furadeira, serra copo, prensa cabos, etc.) na aquisição de equipamentos que compõem o painel junto ao almoxarifado.

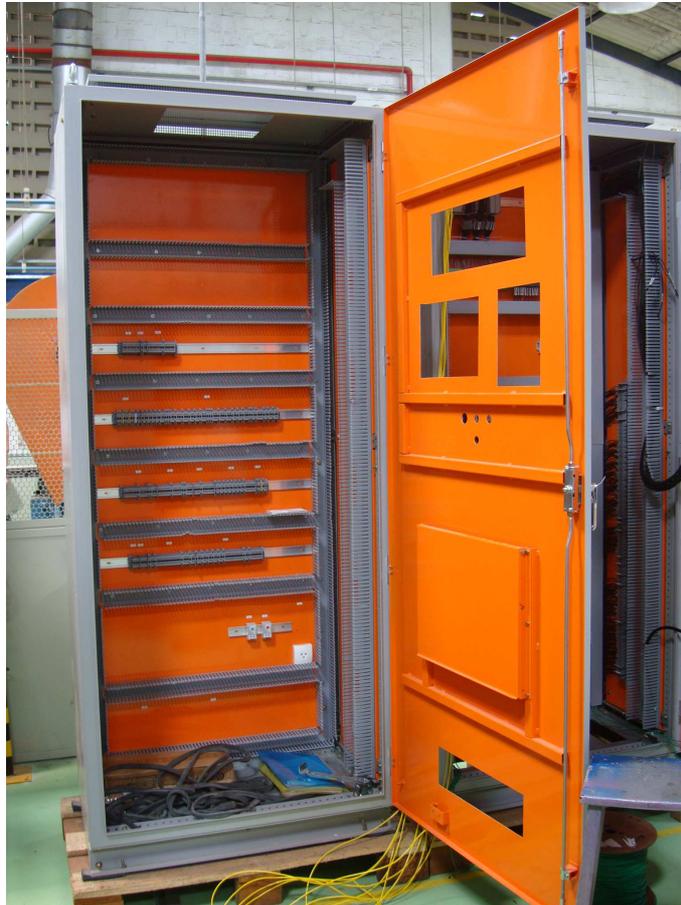


Figura 3. 2 - Chapa de montagem sendo montada no próprio painel (Fonte: Autor)

O segundo passo e o mais importante foi um estudo de tempos e movimentos, onde cada operação foi cronometrada, fotografada, filmada, analisada e registrada todas as interferências e perdas ali existentes, assim como os tempos perdidos com essas atividades desnecessárias.

O estudo de tempo e movimentos foi útil para a definição do melhor método produtivo, criação de novos postos de trabalho e dos tempos padrões das atividades, pois só existia definido o tempo total médio que o painel leva para passar por todo o processo. O padrão foi necessário para o cálculo de ganhos após cada melhoria realizada.

As principais mudanças estudadas se deram nas chapas de montagens dos CCMBTs, parte interna do painel, e nos “berços” dos PKS-30, no qual ficam os equipamentos de controle e comando.



Figura 3.3 - Berço de comando e força sendo montada no próprio painel com auxílio de escada (Fonte: Autor)

As mudanças foram focadas na redução das principais perdas existentes no processo e na melhoria do método. As principais perdas encontradas no processo foram:

- Perdas por super produção e estoque – Esta perda é resultante do desnivelamento da produção. As etapas que antecedem a montagem elétrica possuem um ritmo de produção bem mais elevado, formando assim um gargalo de cubículos com estrutura física pronta, porém com atraso na montagem elétrica.
- Perda por espera – Por ineficiência no sistema do almoxarifado, muitas vezes o operador é obrigado a esperar muito tempo por materiais elétricos para a montagem, painéis prontos muitas vezes ficam estocados a espera de equipamentos, mão de obra ou definição de projeto.
- Perda por movimentação – Excesso de movimentação dos encarregados na requisição de material que compõe o painel no almoxarifado e de algumas ferramentas (aspiradores, serra copo, tico-tico e outros). Há também excesso de movimentação das mãos e corpo na montagem das chapas dentro do painel e na posição vertical e da

montagem dos berços utilizando uma escada, visualizado na figura 3.2 e 3.3 nas páginas 25 e 26.

- Perda por produtos defeituosos – Esta perda ocorre principalmente por incoerência de projeto. Estão relacionadas com excesso e falta de furações, rasgos e incompatibilidade do projeto com as formas e dimensões dos equipamentos. Além de erros ocorridos nas etapas anteriores que só aparecem na montagem mecânica e/ou elétrica, quando o painel é montado.

Toda a mudança foi baseada na filosofia japonesa e em suas principais ferramentas: Fluxo contínuo, *Kanban*, produção puxada, operações padronizadas e *Kaizen*. Apesar da produção ser por encomenda e cada projeto ser único, a produção é do tipo empurrado.

Os estudos foram feitos embasados na figura 3.4, que mostra a relação entre as práticas e ferramentas *lean* e os tipos de desperdício (MENEGON; NAZARENO; RENTES, 2003).

Pratica/Desperdício	Superprodução	Espera	Transporte excessivo	Processos inadequados	Inventário desnecessário	Movimentação desnecessária	Produtos defeituosos
Arranjo físico celular	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM
Kanban	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
Produção Puxada	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
Produção Nivelada	SIM	TALVEZ	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO

Figura 3. 4 - Relação entre as práticas e ferramentas lean citadas e os tipos de desperdício (Fonte: Menegon; Nazareno; Rentes, 2003)

A seguir iremos apresentar todos os resultados e ganhos obtidos após as mudanças no chão de fábrica e no método de trabalho.

3.5. Mudanças e Resultados finais

Após a análise de todos os dados coletados (entrevistas e com o estudo de tempo e movimentos e detecção das perdas) foi feito um estudo de viabilidade de implantação junto à gerência, supervisores e o autor, visto que a empresa buscava soluções eficientes e de baixo custo de implantação e manutenção.

A primeira mudança realizada foi a montagem externa das chapas de montagem dos CCMBTs e dos berços do PKS-30, para que isso aconteça foi criado duas áreas: área de chapa de montagem (figura 3.5) e área de fiação de chapa (figura 3.6). A primeira é responsável pelos cortes de trilhos e de calhas de passagens de cabos e pela fixação dos mesmos nas chapas e berços, de acordo com o projeto mecânico, o segundo setor está dividido em células e cada uma é responsável pela colocação dos equipamentos nos trilhos e/ou na chapa e pela passagem de toda a fiação pelos equipamentos.



Figura 3.5 - Área de chapa de montagem (Fonte: Autor)

O setor de montagem de chapas possui toda a estrutura necessária para a montagem das chapas: furadeiras, serra copo, aspirador, rebidadeiras, guilhotina específica para corte de calha e de trilho e outras ferramentas necessárias no setor. As chapas e berços são montados sobre cavaletes e por montadores treinados para exercer tal tarefa. No final do processo as chapas são levadas para o próximo setor e são dispostas sobre cavaletes (figura 3.7 e 3.8).

No setor de fiação de chapas são colocados todos os equipamentos e passado os cabos de fiação e comando. Ao término do processo, as chapas de montagem e/ou berços são levadas até o painel e fixadas utilizando uma paleteira ou a ponte rolante.



Figura 3. 6 - Área de fiação de chapas (Fonte: Autor)



Figura 3. 7 - Processo de colocação de equipamento e passagem de cabos, setor de fiação de chapas (Fonte: Autor)



Figura 3. 8 - Processo de colocação de equipamento e passagem de cabos, setor de fiação de chapas (Fonte: Autor)

Devido à sazonalidade do processo, algumas épocas o número de CCMBT é superior ao de PKS e em outras há o contrário, foi necessário a criação de um posto de trabalho ajustável. Desta forma foi desenvolvido um cavalete adaptável a montagens na horizontal e na vertical (figura 3.9).



Figura 3. 9 - Cavalete ajustável (Fonte: Autor)

Após essas mudanças iniciais, foi detectado que seria necessária a utilização de algumas ferramentas do Sistema Toyota de Produção para reduzir outras perdas. Houve a necessidade da

implantação do *Just in time*, que foi obtido com o sequenciamento do processo e a mudança do fluxo, onde a chapa de montagem depois de confeccionada na serralharia segue para um *Kanban* de chapa no setor de montagem das chapas e o restante do painel segue normalmente por todo o processo, ver novamente a figura 3.1 na página 21.

A mudança do fluxo, a padronização das tarefas e o novo sequenciamento fizeram com que o final da fixação de chapas fosse ao mesmo tempo ou próximo do término da montagem física do painel. Após a fixação da chapa dentro do CCMBT ou do berço na parte superior do PKS, será apenas necessário conectar os cabos aos equipamentos da porta, ao barramento e pequenos ajustes para iniciar o pré-teste e o teste final.

Para melhorar o processo de fixação das chapas no CCMBT foram necessárias algumas adaptações no painel e na chapa: redução das dimensões da chapa, para que as mesmas possam entrar facilmente no painel, e a criação de novas travessas de fixação.

A mudança de *layout* de posição fixa para misto e a implantação de ferramentas do STP foram necessárias para reduzir os desperdícios de super produção, estoque, espera e movimentação.

No início das mudanças não houve uma aceitação dos encarregados responsáveis pela área, visto que toda mudança gera um impacto, pois muitos acham que a empresa quer aumentar a quantidade de trabalho. Porém, a equipe responsável pelas mudanças sentiu a necessidade de ministrar diversos treinamentos embasados na filosofia Toyota, sete perdas, troca rápida de ferramentas e nos novos métodos de montagem pré-estabelecidos pelo autor, gerência e supervisores. O intuito desse treinamento era demonstrar uma forma eficiente de trabalho e aumentar a aceitação dos encarregados.

Após a adaptação aos novos métodos foi criada a semana *Kaizen*, onde foram mostrados novamente os conceitos do STP e as sete perdas e a importância pela busca contínua e eliminação de toda e qualquer perda. Com esse treinamento, os encarregados passaram a ter autonomia de procurar as perdas e discutir soluções junto aos supervisores e a gerentes.

Depois da fase de adaptação as mudanças foram feitas novas medições do tempo e houve uma incrível redução do tempo de *Lead time*. O CCMBT possuía um *lead time* de 93 dias e um PKS-30 possuía 82 dias, com todas as implantações os tempos médios de *lead time* passaram a ser 55 dias e 35 dias respectivamente.

3.6. Resumo do capítulo

Neste capítulo foi abordada a parte prática do trabalho. Primeiramente foi descrita a empresa, seus produtos principais e seu processo de fabricação. O estudo que durou aproximadamente nove meses focou todo o processo de fabricação, porém o foco principal foi na montagem elétrica, etapa com maior *lead time*.

Durante o estagio inicial do estudo foram levantados todos os dados e interferências existentes e, após reunião com a gerência e supervisores, foi decidido um plano de mudança e o foco na área de montagem de chapa.

Neste plano ficou decidido que a primeira mudança seria a mudança do *layout* de montagem, onde haveria a mudança da montagem das chapas de dentro do painel e passaria a ser em duas áreas específica: montagem de chapas e fiação de chapas.

Porém à medida que o processo era adaptado houve a necessidade de implantação de algumas ferramentas do STP: *kanban*, *just in time* e de um novo seqüenciamento da produção. Um intenso treinamento foi necessário para mudar a mentalidade dos encarregados e também para incentivá-los e habilitá-los para as novas mudanças.

Todas essas mudanças foram feitas com o intuito de reduzir as perdas e o custo e conseqüentemente melhorar o lucro.

4. CONCLUSÃO

Para se manter competitiva no mercado as empresas têm que ser mais eficientes. A busca pela melhoria contínua e pela perseguição às perdas é necessária para a redução dos custos e do aumento do lucro.

Perdas são atividades que devem ser imediatamente eliminadas, pois são desnecessárias, geram custos e não agregam nenhum valor ao produto. Com a completa eliminação ou redução dessas perdas, as empresas podem obter uma redução nos seus custos e conseqüentemente um aumento de lucratividade, uma vez que os preços são determinados pelo mercado.

A implantação de ferramentas do sistema Toyota de produção e a mudança de *layout* são princípios básicos para a melhoria de todo e qualquer sistema. O objetivo mais importante do Sistema Toyota é aumentar a eficiência da produção através da eliminação dos desperdícios.

No estudo de caso, a adoção de ferramentas que compõem do STP, como *kanban*, *Just in time*, mudança de *layout*, auxiliou na redução do *lead time* médio, aproximadamente 50% em relação ao *lead time* do início do estudo. O estudo de tempos e movimentos foi necessário para um entendimento e um aprofundamento de todas as etapas, falhas e divergências contidas no processo.

Os maiores ganhos da empresa podem ser visivelmente detectados: o sistema flui de uma forma simples, os setores estão mais organizados, aumentou a satisfação dos funcionários, aumentou a velocidade das soluções dos erros de projeto, melhorou o controle da produção e melhorou o gerenciamento do processo.

Com as melhorias implantadas, os funcionários possuem maior autonomia para tomar decisões e estão treinados para interferir no processo e buscar soluções viáveis para problemas detectados. Assim como discutir novas idéias junto aos coordenadores da produção. A introdução de novas ferramentas em uma unidade produtiva não é simples, requer grande esforço, dedicação e envolvimento de todos. O apoio dado pela gerência e pela diretoria foi fundamental, pois muitas das mudanças só tem aceitação em uma fábrica quando elas são vistas pelos encarregados como decisões gerenciais, ou seja, quando o caminho vem de cima para baixo.

Apesar da grande redução de *lead time* este estudo deve ser repetido várias vezes até que se atinja um tempo ótimo e uma perfeita fluidez de toda a produção.

O trabalho realizado pelo autor foi de suma importância para por em prática de algumas fundamentações teóricas vista na época acadêmica. Assim como, adquirir conhecimentos

específicos das sete perdas de processo, *layout*, tempos e movimentos e de ferramentas e filosofias utilizadas pelas fábricas japonesas, referência mundial de produção eficiente.

4.1. Dificuldades encontradas no processo e no estudo

Em todas as etapas do estudo de caso houveram diversas tomadas de decisões estratégicas, com o objetivo de minimizar algumas dificuldades encontradas no processo, que poderia arruinar todo o trabalho. Abaixo segue algumas dificuldades do processo e as principais tomadas de decisões:

- Número elevado de tipos de painel e elevado tempo de *lead time* de cada item – foram escolhidos dois tipos que possuem características semelhantes aos demais, o CCMBT representa todos os painéis de baixa tensão e o PKS os painéis de alta tensão.
- Ineficiência no suprimento de equipamentos e materiais necessários para a montagem dos cubículos – O processo de medição foi feito por amostragem e antes de escolher uma ordem de produção foi feito um *check list* dos equipamentos e foram cronometrados apenas painéis com todos os equipamentos, pois não interessava no estudo a interferência do almoxarifado ineficiente.

O estudo de redução de perdas e melhoria do método foi realizado apenas no primeiro turno, excluindo do estudo o segundo turno, noturno. Porém, alguns funcionários do turno da noite foram para o turno da manhã e alguns da manhã foram relocados para o turno da noite para mostrar aos demais os novos métodos de elaboração de tarefas

4.2. Recomendações para trabalhos futuros

Como recomendações de trabalhos futuros nesta empresa ficam as sugestões abaixo:

- Repetição do estudo no turno da noite
- Adotar uma política de perseguição pelas perdas e implantação das ferramentas
- Estudo de melhorias no sistema de suprimento da empresa
- Uma maior integração de projeto com a montagem, visto que muitos problemas de montagem são resultados de projetos mal elaborados ou com divergências

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977 (Tradução da 6ª edição americana).

CHIAVENATO, I. **Administração de produção: uma abordagem introdutória**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas S.A, 2001.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira/Thomson Learning, 2002.

GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. Disponível em: <http://www.leanway.com.br/fundamentos/Elementos_Fundamentais_STP.pdf>. Acessado em 11 de ago. de 2009.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MENEGON, D.; NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F.(2003) **Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta**.In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Ouro Preto-Mg, out. 2005. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0103_0754.pdf>. Acesso em 28 out. 2009

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thonson Learnig, 2002

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

OLIVÉRIO, J. L. **Projeto de Fábrica Produtos Processos e Instalações Industriais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda, 1985.

SANCHES, C. S. **A evolução da prática ambiental em empresas industriais**. Dissertação de Mestrado. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru-SP, Nov. 2005. Disponível em <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=camara_rpb_a%20globalizacao.pdf> Acesso em 15 set. 2009

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

TRUMPF MACHINE. Disponível em <<http://www.trumpf-machines.com>>. Acesso em 8 nov. 2009

VOSS, C. A. ***Just in time Manufacture***. Londres: IFS Publications, 1987.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.