



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
MESTRADO PROFISSIONAL

**AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E CAPACIDADE DA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CONDICIONADORES DE AR: APLICAÇÃO DO
CONCEITO LEAN MANUFACTURING PARA MUDANÇAS DO LAYOUT E
BALANCEAMENTO**

Starley Bruno da Silva Barbosa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Belém

Fevereiro de 2017

**AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E CAPACIDADE DA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CONDICIONADORES DE AR: APLICAÇÃO DO CONCEITO
LEAN MANUFACTURING PARA MUDANÇAS DO LAYOUT E
BALANCEAMENTO**

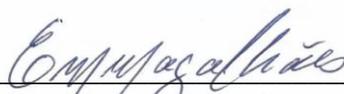
Starley Bruno da Silva Barbosa

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
PÓSGRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO
PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

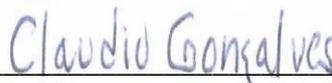
Examinada por:



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA – Orientador)



Prof. Edison Marques Magalhães, D. Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



Prof. Cláudio Gonçalves, Dr.
(DEE/EST/UEA - Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

FEVEREIRO DE 2017

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

Barbosa, Starley Bruno da Silva, 1987-
Aumento de produtividade e capacidade da linha de produção
de condicionadores de ar: aplicação do conceito lean
manufacturing para mudanças do layout e balanceamento /
Starley Bruno da Silva Barbosa – 2017.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade
Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Processos, 2017

1. Balanceamento de linha de montagem. 2. Engenharia de
produção. 3. Produção enxuta. I. Título

CDD 23.ed. 658.533

A Deus pela vida e por este momento. À minha mãe Roselita, minha irmã, namorada e amigos pelo carinho, compreensão, apoio e paciência principalmente por me aturarem nos momentos de estresse durante essa jornada, não foi fácil.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado o dom da vida e permitir que eu esteja vivendo este momento de paz, gratidão, sucesso e com muita felicidade.

À minha família, amigos e familiares, em especial minha mãe Roselita que sempre roga por mim em suas orações.

Ao meu orientador Edilson Marques Magalhães e meu coorientador Jandecy Cabral Leite pelo tempo despendido na orientação para que o meu trabalho atingisse o objetivo.

Obrigado a todos os professores do curso do mestrado em Engenharia de processos ministrado no Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) e a Universidade Federal do Pará (UFPA) que contribuíram para o início de uma nova etapa de minha vida acadêmica.

Sou grato a todos que me ajudaram neste projeto de grande retorno financeiro implementado na empresa Midea Carrier, que hoje está sendo registrado neste trabalho de conclusão de curso, principalmente meus amigos da engenharia, manutenção, produção e logística.

“O significado das coisas não está nas coisas em si, mas sim em nossa atitude com relação a elas.” (Antoine de Saint-Exupéry)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGE/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E CAPACIDADE DA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CONDICIONADORES DE AR: APLICAÇÃO DO CONCEITO
LEAN MANUFACTURING PARA MUDANÇAS DO LAYOUT E
BALANCEAMENTO**

Starley Bruno da Silva Barbosa

Fevereiro/2017

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Área de Concentração: Engenharia de Processos

A filosofia Lean Manufacturing como sistema de gestão vêm contribuindo para as indústrias se tornarem mais competitivas e inovadoras, tornando os processos mais enxutos e aumentando a capacidade de produção. No cotidiano do chão de fábrica faz-se necessária a busca por melhores resultados, especialmente no balanceamento de linhas de montagem, instigando os engenheiros e técnicos de manufatura o desafio de introduzir o conceito no processo. O objetivo do artigo é apresentar uma experiência de aumento de produtividade e capacidade de linhas de produção de condicionadores de ar, de uma empresa multinacional localizada no estado do Amazonas tomada como estudo de caso aplicando conceitos do lean manufacturing, utilizando a ferramenta VSM (value stream map) que nos possibilita mapear o estado atual das linhas de produção, esboçar o load chart do processo e através do plano de ação montado projetar um estado futuro. Como conclusão principal do trabalho verificou-se que esta abordagem possibilitou um aumento no valor agregado das operações, através de um melhor fluxo dos materiais com mudanças de layouts estratégicas e da eliminação de desperdícios, ocasionando o aumento da capacidade da linha obtendo melhores resultados operacionais, além de um retorno grande retorno financeiro para a empresa.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**INCREASE IN PRODUCTIVITY AND CAPACITY OF THE AIR
CONDITIONER PRODUCTION LINE: APPLYING THE LEAN
MANUFACTURING CONCEPT FOR LAYOUT AND BALANCING CHANGES**

Starley Bruno da Silva Barbosa

February/2017

Advisor: Jandecy Cabral Leite

Research Area: Process Engineering

The Lean Manufacturing philosophy as a management system is helping to make industries more competitive and innovative, making processes leaner and increasing production capacity. There is no everyday on the factory floor due to better results, especially in the assembly line balance, instigating the engineers and manufacturing technicians or the challenge of introducing the non-process concept. The objective of this paper is to present an experience of increasing productivity and capacity of air conditioning production lines, from a multinational company located in the state of Amazonas, as a case study applying lean manufacturing concepts using a VSM Map tool). Allows us to map the current state of production lines, sketch the process load graph and through the assembled action plan to design a future state. As a main conclusion of the work, it was verified that this approach allowed for a non-value-added increase in operations, through a better flow of materials with changes in strategic layouts and elimination of wastes, leading to increased capacity for better operational results. A great financial return for a company.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DE ESTUDO.....	3
1.2 - OBJETIVOS.....	3
1.2.1 - Objetivo geral.....	3
1.2.2 - Objetivos específicos.....	4
1.3 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	4
1.4 - DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	4
1.5 - ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS.....	5
CAPÍTULO 2 – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	6
2.1 - OS SETE DESPERDÍCIOS LEAN MANUFACTURING.....	7
2.1.1 - Espera.....	8
2.1.2 - Defeito.....	8
2.1.3 - Transporte.....	8
2.1.4 - Movimentação.....	8
2.1.5 - Estoque.....	8
2.1.6 - Superprodução.....	9
2.1.7 - Superprocessamento.....	9
2.2 - PRINCÍPIOS ENXUTOS.....	9
2.2.1 - Valor.....	10
2.2.2 - Fluxo de valor.....	10
2.2.3 - Fluxo.....	11
2.2.4 - Puxar.....	11
2.2.5 - Perfeição.....	12
2.3 - PRINCIPAIS FERRAMENTAS.....	12
2.3.1 - VSM (value stream map).....	12
2.3.2 - 5S.....	14
2.3.3 - Cronoanálise.....	15
2.4 - PADRONIZAÇÃO.....	16
2.4.1 - Trabalho Padronizado (TP).....	16
2.5 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM).....	17
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO DE CASO.....	22

3.1 - SITUAÇÃO PRESENTE.....	24
CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	28
4.1 - MÉTODO DE ABORDAGEM	28
4.2 – INVESTIMENTO.....	35
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	38
5.1 - CONCLUSÕES.....	38
5.2 - RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
APÊNDICE A - PLANO DE AÇÃO PROJETO PRODUTIVIDADE CYCLONE.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Sete desperdícios presente no Lean Manufacturing.....	7
Figura 2.2	Os cinco princípios básicos do pensamento enxuto.....	10
Figura 2.3	Símbolos utilizados pelo VSM.....	13
Figura 2.4	Exemplo de mapa do fluxo de valor.....	14
Figura 2.5	Metodologia do VSM (Value Stream Mapping).....	18
Figura 2.6	Mapeamento do estado atual.....	18
Figura 2.7	Load chart que representa a cronoanálise das operações do processo.....	19
Figura 2.8	Identificação de oportunidades para projetar o mapa futuro.....	20
Figura 2.9	Mapa futuro e siglas utilizadas para representar o processo.....	21
Figura 3.1	Situação atual das linhas de montagem de condensadora da fábrica de Manaus.....	24
Figura 3.2	Número de turnos das linhas de produção durante o ano.....	25
Figura 3.3	Dados das linhas de montagem das unidades evaporadoras.....	25
Figura 3.4	Mix de produção High Season.....	26
Figura 3.5	Situação presente das linhas de produção.....	27
Figura 4.1	Proposta do novo cenário das linhas após as modificações.....	28
Figura 4.2	Mapeamento do estado atual.....	29
Figura 4.3	Mapeamento da expedição.....	30
Figura 4.4	Load Chart do processo.....	30
Figura 4.5	Plano de ação do projeto de produtividade.....	31
Figura 4.6	Plano de ação do projeto de produtividade.....	31
Figura 4.7	Layout definido da área de abastecimento de materiais de JIT.....	32
Figura 4.8	Etapas do VSM realizado.....	32
Figura 4.9	Layout definido da área de abastecimento de materiais de JIT.....	33
Figura 4.10	Layout definido para suprir o aumento de capacidade da linha.....	34
Figura 4.11	Nº de turnos de produção após o aumento de capacidade das linhas.....	35
Figura 4.12	Investimento do projeto.....	35
Figura 4.13	Cálculo do retorno financeiro do projeto.....	36
Figura 4.14	Outros retornos.....	36

Figura 4.15	Cronograma do projeto.....	37
Figura 4.16	Matriz de riscos.....	37

NOMENCLATURA

ALB	ASSEMBLY LINE BALANCING.
ALI	ASSEMBLY LINE ISSUES
CDU	UNIDADE CONDENSADORA
FCU	UNIDADE EVAPORADORA
JIT	JUST IN TIME
L/T	LEAD TIME
MDA	MÁQUINA DE DOBRAR ALETADO
NVA	VALOR NÃO AGREGADO
T/C	TEMPO DE CICLO
TAV	TEMPO DE VALOR AGREGADO
VA	VALOR AGREGADO
VSM	VALUE STREAM MAP

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O balanceamento de linha é um campo de estudo consolidado que surgiu 41 anos após a construção da primeira linha de montagem movida por meios mecânicos (linha do Ford T criada em 1913 por Henry Ford que muitos autores demarcam como o início da II Revolução Industrial (RI). Provavelmente o mais correto seria considerar: a máquina a vapor como o marco da I RI, a locomotiva / estrada de ferro o marco da II RI e a linha de montagem movida por meios mecânicos o marco da III RI: sem as estradas de ferro o mercado de massa não poderia ter sido criado. GAGNON e GHOSH (1991) dividem os estudos sobre linhas de montagem em dois grupos: ALB (assembly line balancing) e ALI (assembly line issues) e traçam o perfil histórico e as perspectivas futuras de tais pesquisas. Em 1954, HELGESON (1954) *apud* GHOSH e GAGNON (1989) foi o primeiro a definir o problema de balanceamento de linha de montagem (ALB – Assembly Line Balancing) estabelecendo uma nova área de estudos.

O clássico problema ALB foi primeiramente modelado matematicamente por SALVESON (1955). Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos desde aquela época para resolver o problema de balanceamento. Um trabalho que merece atenção pelas considerações práticas que faz é o de BARTHOLDI (1993) que discute o problema de balancear linhas que possuem dois lados, discute como escolher sob o ponto de vista prático um algoritmo de balanceamento (entre os adequados escolher sempre o mais simples), como incorporá-lo num programa computacional e apresenta dados de uma linha de montagem real com 148 tarefas; pelo nosso conhecimento, esse é o maior problema real já publicado em periódicos científicos.

MAROUELI (2008) cita que no sistema tradicional de balanceamento, o conteúdo do trabalho é dividido igualmente entre os operadores, mas este balanceamento contempla o desperdício da espera dentro do processo, distribuindo-o igualmente entre todos os operadores. O tempo de ciclo de cada operador está realmente balanceado, mas cada operador está apenas parcialmente carregado, o que além de tornar mais difícil a eliminação do desperdício, ainda se torna um potencial de superprodução. Esta técnica faz com que cada célula produza como um ponto isolado e então lotes pequenos de inventário começam a se formar entre cada célula.

WAGNER (2013) fala que alguns gerentes podem solucionar este problema colocando áreas de kanban entre os operadores. Estas áreas comportam apenas uma peça por vez e o operador não está autorizado a produzir até que a peça seja levada pelo posto posterior. Esta técnica pode restabelecer o fluxo unitário contínuo, mas ao preço de incorporar permanentemente o desperdício de tempo de espera no processo. Já o método do lean manufacturing redistribui os elementos de trabalho e ocupa todos os operadores, com exceção de um, com tarefas que consumam praticamente todo o intervalo do “takt time” (tempo de ritmo). Esta é a opção enxuta onde a concentração da maior parte do desperdício em um operador, que tem capacidade de substituir qualquer operador que se ausente do posto por alguma necessidade.

LUZZI (2004) mostra que em seu trabalho que a alteração de layout existentes ou o desenvolvimento de novos layouts é uma tarefa desafiadora. Em muitos casos existem restrições financeiras e físicas, assim como limitações práticas as quais devem ser consideradas, por exemplo: alterações no projeto do prédio, terreno, impossibilidade de expansão da fábrica, entre outros.

COSTA (2004) fala em seu trabalho otimização do layout de produção de um processo de pintura, que demonstrou o processo de análise e aplicação do método SLP em um layout de uma empresa produtora de carrocerias de ônibus, mais especificamente no setor de pintura da linha da empresa. Os resultados foram positivos e o conhecimento obtido através do método exposto para a alteração de layout foi assimilado pelas pessoas envolvidas e aumentou ainda mais o interesse da empresa em aplicá-los nos demais setores, visto que a aproximação sistemática produz benefícios consideráveis.

Para BECKER (2013), o trabalho proposta de alteração de layout para uma linha de montagem mostrou que as melhorias implementadas através do Lean Manufacturing reduziram desperdícios excessivos na linha de montagem, como estoques, movimentação e transporte, melhoria do fluxo de produção e aumento da eficiência do sistema. O estudo apresentou resultados positivos mesmo não havendo recursos para investimento no momento os problemas de rotina foram melhor entendidos e ações simples, como definição de uma pessoa responsável pelo 5S da área, impactam positivamente no ambiente de trabalho e no rendimento da produção.

1.1 - IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DE ESTUDO

O estudo é voltado para o aumento de capacidade e produtividade para as linhas de produção de condicionadores de ar bem como sua flexibilidade a produzir um portfólio maior de produtos superando limitações atuais do processo produtivo.

O trabalho proposto tem como objetivo aumentar a eficiência de três linhas de produção de unidades condensadoras (CDU) de descarga vertical (ciclone) de 60 produtos por hora para 90 produtos por hora, resultando no aumento de capacidade produtiva da fábrica para atender a demanda de mercado anual e diminuindo um turno de produção das linhas referidas que serão aproveitados para manutenções preventivas além da redução de custo de mão de obra.

O estudo foi necessário devido a alta demanda de produtos para a fábrica no período de alta temporada levando em consideração o estado atual de capacidade e flexibilidade da empresa naquele momento. Visto isso, necessitou-se utilizar ferramentas da metodologia Lean Manufacturing para encontrar oportunidades, reduzir desperdícios e buscar recursos de forma rápida para que o processo produtivo correspondesse às necessidades do comercial ou seja, atingir seus objetivos e metas, visando melhorar seu desempenho no atual mundo de mercado, que é cada vez mais competitivo.

Portanto, para obter sucesso nas organizações elas necessitam adotar práticas inovadoras, incorporar novos conceitos de qualidade, buscar práticas e procedimentos que consistem em fontes de sucessos, que estabeleça melhoria de seus processos internos e serviços. Por isso foi escolhido utilizar essa metodologia do Lean manufacturing consolidada e conhecida em todo mundo além de ser utilizada como benchmark para várias organizações.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Aumentar a capacidade das linhas de produção CDU-01, CDU-02 e CDU-03, que produzem somente unidades condensadoras de descarga vertical de 7 a 12K Btu, de 60 para 90 produtos por hora.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Eliminar, neste ano, a produção do 3º turno das linhas de produção CDU-01, CDU-02 e CDU-03 disponibilizando tempo para manutenções preventivas;
- Otimização do Run Test;
- Reduzir custos de labor & burden e providenciar capacidade extra para suportar a demanda do market 2013 e a High Season nos próximos anos;
- Flexibilizar as linhas CDU 04 e CDU 05.

1.3 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A fim de aumentar a capacidade de produção das unidades de condensadoras, alinhando a capacidade de produção de unidades de condensadoras e evaporadoras em 1.500,00 caixas por ano, as linhas de montagem CDU-04 serão utilizadas para produzir apenas unidades de condensadoras vertical de 18 a 30K Btu e sua capacidade de produção será aumentada de 60 para 80 produtos por hora e a CDU-05 será utilizada para produzir somente unidades de condensadoras de descarga horizontal de 7 a 30KBtu.

Considerando que as linhas de montagem CDU-04 e CDU-05 terão sua capacidade aumentada de 60 para 80 produtos por hora, o volume previsto para 2014 pode ser produzido em apenas dois turnos de produção na linha de montagem CDU-04 e um turno de produção nas linhas de montagem CDU-05, reduzindo o headcount necessário e custos de labor e burden associados.

A redução de custos de mão de obra associada, considerando uma implementação iniciada em julho de 2013 (CDU-04 e CDU 05, com redução de 84 operadores) e, trará um benefício na absorção de fábrica sobre a USP 410K até 2013.

1.4 - DELIMITAÇÃO DE PESQUISA

Uma linha completa de montagem de unidades condensadora exigirá um investimento de \$ 1147K em investimento capitalizado e \$ 226K em custo de projeto, e trará uma capacidade extra de 232.000 caixas por ano (o prazo para implementação é superior a 6 meses). A adaptação da linha de montagem CDU-05 para produzir unidades de condensação de descarga vertical demandará um investimento de US \$ 167K em

investimento capitalizado e USP 60K em custo de projeto e trará uma capacidade extra de 132.000 caixas de unidades de condensação de descarga vertical por ano.

Considerando as opções acima, a melhor alternativa é aumentar a capacidade de produção das linhas de montagem CDU-04/05 (menor investimento, menor lead time, redução de custo de mão-de-obra e melhor investimento).

1.5 - ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS

O presente capítulo, apresenta inicialmente a introdução sobre o que a pesquisa científica trata, contextualizando a importância de adotar a metodologia do VSM dentro da filosofia Lean manufacturing, a identificação e justificativa da proposta de estudo, a lista de objetivos a alcançar e, o discurso da contribuição e relevância do trabalho para a sociedade e empresas que buscam atender e até superar as expectativas dos mercados.

O capítulo 2 faz uma abordagem geral sobre o Value Stream Mapping-VSM, que é uma ferramenta de diagnóstico bastante aplicada na metodologia Lean manufacturing. Nessa apresentação pretende-se situar o leitor sobre toda a melhoria de processo implementada para desenvolver o trabalho.

No capítulo 3, apresenta-se a revisão da literatura e o mapeamento do estado da atual do processo produtivo antes das melhorias realizadas.

O capítulo 4, expõe o estudo de caso realizado na empresa, através da metodologia VSM.

Por fim, o capítulo 5, apresenta as conclusões e recomendações para as futuras pesquisas.

Ao final desse trabalho encontram-se todas as referências bibliográficas e apêndices.

CAPÍTULO 2

MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Neste capítulo será apresentado um breve resumo do mapeamento do fluxo de valor na indústria em estudo, focando os pontos de estratégia, método de identificar das atividades produtivas e sistema de melhoria contínua. A intenção é revelar a identificação da problemática de produtividade e tomada de decisão em melhorias contínua.

MONDEN (1984) cita em seu trabalho que um conceito de grande valor na Manufatura Enxuta é a melhoria contínua, também conhecida como Kaizen, considerada como um fator de sucesso para os processos de produção dos japoneses. O sistema de produção japonês é baseado no conceito de encorajamento de mudanças e aperfeiçoamentos constantes, nas operações realizadas diariamente. A Produção Enxuta tem como fundamentação em aperfeiçoar processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios. Seus objetivos fundamentais são:

- Otimização e Integração do sistema de manufatura: Dependente de qualquer processo ou atividade que não disponha de acúmulo de valor do produto que está gerando desperdício e que deve ser eliminado. A otimização e integração do sistema de manufatura é um processo contínuo visando na redução da quantidade de tarefas, que serão necessárias para complementar um processo em particular;
- Qualidade: Na manufatura enxuta há uma exigência de produtos com bons acabamentos, ou seja, com garantia de qualidade. Cada funcionário envolvido no processo de produção tem que possuir um perfil profissional em aspectos como responsabilidade, conhecimento, para execução de tarefas proporcionando um segurança no resultado desejado;
- Flexibilidade do processo: É a capacidade da obtenção de materiais com agilidade e definir um processo em curto tempo e com mínimo custo, ou seja, é a capacidade de suportar variações na demanda;
- Produção de acordo com a demanda: a produção é realizada de acordo com os pedidos dos clientes;
- Manter o compromisso com clientes e fornecedores: Manter compromissos é o resultado final fazendo com que as empresas fabricantes individuais se unifica em um processo industrial contínuo. As empresas têm que manter relações com os

clientes e fornecedores de todos os produtos novos produzidos, estabelecerem prazos de entregas, qualidade assegurada de um produto, margens de lucros;

- Redução do custo de produção: Para a Manufatura Enxuta é a eliminação de desperdícios e com redução dos custos em um processo.

CADIOLI e PERLATTO (2009) reforçam que os conceitos propostos acima visam no aumento da produção em uma empresa. As metas mencionadas pela Produção Enxuta voltadas a alguns problemas de produção tendem a atingir zero defeitos; tempo de preparação zero (setup); estoque zero; movimentação zero; quebra zero e lead time zero.

2.1 - OS SETE DESPERDÍCIOS LEAN MANUFACTURING

Este busca eliminar os desperdícios, que são as atividades realizadas em um processo que não agregam valor para o cliente apenas aumenta o custo do produto.

A Figura 2.1 menciona os sete desperdícios expressos por OHNO (1997).



Figura 2.1 – Sete desperdícios presentes no Lean Manufacturing.
Fonte: OHNO (1997).

2.1.1 - Espera

O Tempo de espera pode ser de funcionários aguardando pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior, linhas de produção parada esperando por peças, máquinas paradas esperando troca de matériaprima ou esperando por reparos. A ferramenta Kanban é uma das ferramentas utilizadas para minimizar a perda por espera.

2.1.2 - Defeito

Ocorre por falhas no processo, na operação do processo e matérias-primas, sendo assim, se tem duas opções a peça é descartada ou ela é retrabalhada, o que aumenta o seu custo de produção. A técnica que pode ser utilizada são métodos de controle de qualidade.

2.1.3 - Transporte

Resultam na movimentação de materiais mais que o necessário. As equipes de trabalho e as equipes de suporte devem estar próximas umas das outras. Para que sejam evitados deslocamentos desnecessários, gerando desperdícios de tempo e aumento no custo de transporte.

2.1.4 - Movimentação

E o excesso de movimento usados para realizar uma operação, e geralmente ocasionado por layouts mal elaborados, obstáculos no caminho que fazem com que o operador tenha que se desviar para chegar ao seu destino. Utilizar o estudo de tempos e métodos contribui para a eliminação de movimentos desnecessários, melhorando assim a rotina de operações.

2.1.5 - Estoque

Este desperdício está ligado ao excesso de matérias primas, o que atinge diretamente o capital da empresa fazendo que ela fique alto nível de estoque, ou seja, “dinheiro parado”. Muitas vezes isso ocorre porque os fornecedores não conseguem

entregar no prazo acordado, ou o sistema de estoque da empresa não corresponde com o que realmente se tem armazenado nesta empresa.

2.1.6 - Superprodução

É o maior desperdício das empresas, também considerado como a fonte de todos os outros desperdícios. Como o próprio nome já diz, você produz além do necessário naquele momento, o que acarreta no uso de matérias-primas, mão-de-obra e transporte desnecessário gerando um excesso de estoque, isso ocorre geralmente por falta de coordenação entre demanda e produção, instruções pouco claras dos processos.

2.1.7 - Superprocessamento

São os processamentos que ocorrem dentro da fábrica porem são desnecessários para o bom desempenho da mesma. Máquinas e equipamentos são utilizados de maneira inadequada nas operações. Esforços redundantes não agregam valor ao produto ou serviço.

2.2 - PRINCÍPIOS ENXUTOS

De uma forma geral, o entendimento da mentalidade enxuta, procura atender as necessidades do cliente, entregando produtos na hora que ele solicita, com qualidade e baixos custos, através da eliminação de desperdícios ao longo do fluxo de valor. WOMACK e JONES (2004) classificaram o pensamento enxuto em cinco princípios básicos conforme demonstrado na Figura 2.2.

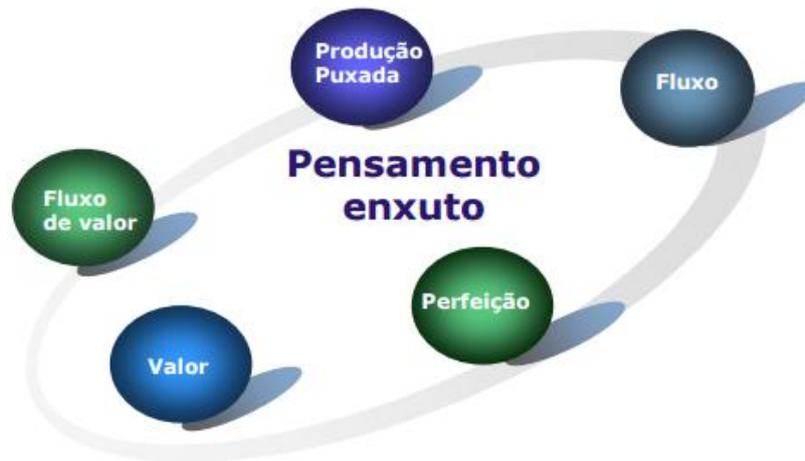


Figura 2.2 – Os cinco princípios básicos do pensamento enxuto.
 Fonte: WOMACK e JONES (2004).

2.2.1 - Valor

A Mentalidade enxuta entende que valor é definido pelo cliente final, é tudo aquilo que o cliente esteja disposto a pagar, ou seja, não é uma determinação interna da empresa e é expresso em termos de um produto específico que atenda as necessidades do cliente em um momento específico (WOMACK e JONES, 2004). Para o cliente, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico, a fim de manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade (WOMACK e JONES, 2004).

2.2.2 - Fluxo de valor

O segundo conceito base para a adoção da Mentalidade enxuta é o Fluxo de valor. Fluxo de valor consiste na análise das atividades, as quais são submetidas os produtos para a concepção do valor. Entretanto, há muita diferença entre o que o cliente deseja (valor) e como se conseguiremos atingi-lo, o fluxo geralmente não é perfeito. Este fluxo é formado tanto por atividades que agregar valor ao produto Fluxo de valor Produção Puxada Fluxo Perfeição Valor Pensamento enxuto 21 quanto por atividades que não agregam valor. O tempo de permanência de um produto em uma planta é frequentemente

desperdiçado por estar parado em estoques, aguardando transferência, já processado ou aguardando inspeção, ou seja, estágios que não agregam valor algum (SUZAKI, 1987). A ferramenta utilizada para tal análise das atividades do processo é o mapeamento do fluxo de valor (MFV), descrita por ROTHER e SHOOK (1999) como sendo uma forma de classificar de forma clara todas as atividades no processo em questão.

2.2.3 - Fluxo

A partir da eliminação de desperdícios e alinhando os processos aos quais estão submetidos os produtos é possível implantar um fluxo contínuo, que é fazer o que o cliente deseja segundo a sequência das atividades devidamente organizadas para que não ocorram interrupções. Produzir dessa maneira reduz significativamente os custos de operações, devido principalmente a dois motivos: o risco de não entregar o que cliente quer no momento exato que ele quer; e o risco de que os processos sejam interrompidos, gerando enormes desperdícios de tempo, que poderia ser utilizado no desenvolvimento de melhorias produção de outros bens (ZAWISLAK *et al.*, 2003).

2.2.4 - Puxar

Puxar a produção é exatamente produzir o que o cliente quer no momento em que ele quer, sem paradas. Para produzir a demanda real, a mentalidade enxuta utiliza-se de métodos para que todos os processos sejam puxados por esta demanda. O conceito de enxergar cada processo da fábrica como “consumidor” de um anterior e “fornecedor” de um posterior serve para este propósito. Assim, produção só começará quando um processo posterior ou o cliente final solicitar (WOMACK e JONES, 1998), sendo que a responsabilidade pela programação diária de produção é transferida para os próprios processos. A forma encontrada para puxar o fluxo produtivo foi o sistema kanban. Esse sistema é ligado ao conceito de supermercados, que seria uma espécie de estoque, onde cada produto possui um cartão, o cartão kanban, com informações referentes ao seu código, descrição, lote econômico, tempo de fabricação, entre outros. Estes cartões funcionam em conjunto com um quadro para controlar o nível de estoque destas peças e programar a produção do processo anterior, podendo ser um kanban de produção, que gera a ordem de produção, ou um kanban de retirada, que autoriza a retirada de um produto (WOMACK e JONES, 1998). Essa ferramenta é utilizada quando não for

possível a implantação de fluxo contínuo entre os processos (HENDERSON e LARCO, 1999), ou para disponibilizar uma entrega imediata, no caso de estar posicionado na expedição. Os supermercados, também, possibilitam trabalhar com as oscilações da demanda. A flexibilidade atingida torna possível atender com maior facilidade o cliente no momento e na quantidade desejada.

2.2.5 - Perfeição

WOMACK e JONES, (2004) definem perfeição como o quinto e último conceito básico. A perfeição deve ser guia das ações de melhoria. É evidente que a perfeição como valor absoluto é uma expressão utópica e inatingível. Na Mentalidade enxuta a perfeição tem caráter dinâmico. A cada estágio atingido, estabelece-se uma nova perfeição.

2.3 - PRINCIPAIS FERRAMENTAS

Algumas ferramentas possuem uma grande fundamentação para obtenção de resultados, que são utilizadas para implementação de um Sistema de Manufatura Enxuta. Estas serão descritas abaixo conforme as pesquisas literárias.

2.3.1 - VSM (value stream map)

O mapeamento de fluxo de valor era um dos grandes conhecimentos de JOHN SHOOK, porém ele não compreendia qual era sua verdadeira utilidade. Ao contrário de SHOOK, MIKE ROTHER durante um longo período pesquisou sobre o princípio dos conceitos e das técnicas enxutas. Rother compreendeu o verdadeiro princípio do método de mapeamento durante seu estudo em relação às práticas da implementação enxuta da Toyota. MIKE ROTHER e JOHN SHOOK (1999) vêm desde então arrumando alternativas para auxiliar as empresas sobre o conceito do fluxo como um todo, com objetivo de implantar o sistema enxuto de produção, ao invés do sistema isolado de melhorias. Segundo MIKE ROTHER e JOHN SHOOK, o conceito de Mapa de Fluxo de Valor pode ser definido como: “É seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formula-se um conjunto de questões-chave e desenha-se um mapa do estado futuro de como o processo deveria fluir.

Fazer isso repetidas vezes é o caminho mais simples para que se possa enxergar o valor e, especialmente, as fontes do desperdício (ROTHER e SHOOK, 1999)”. O mapeamento do fluxo de valor (VMS) é uma metodologia que permite identificar e desenhar fluxos de informação, de processos e materiais, ajudando na identificação dos desperdícios. Segundo GONÇALVES e MIYAKE (2003), “... esta ferramenta visa agregar conceitos e técnicas ao invés de se implantarem alguns processos isolados de melhoria, sem qualquer coordenação entre si...”. Para se obter uma modelagem do fluxo de valor é utilizado um conjunto de símbolos pré-definidos, conforme mostra a Figura 2.3.

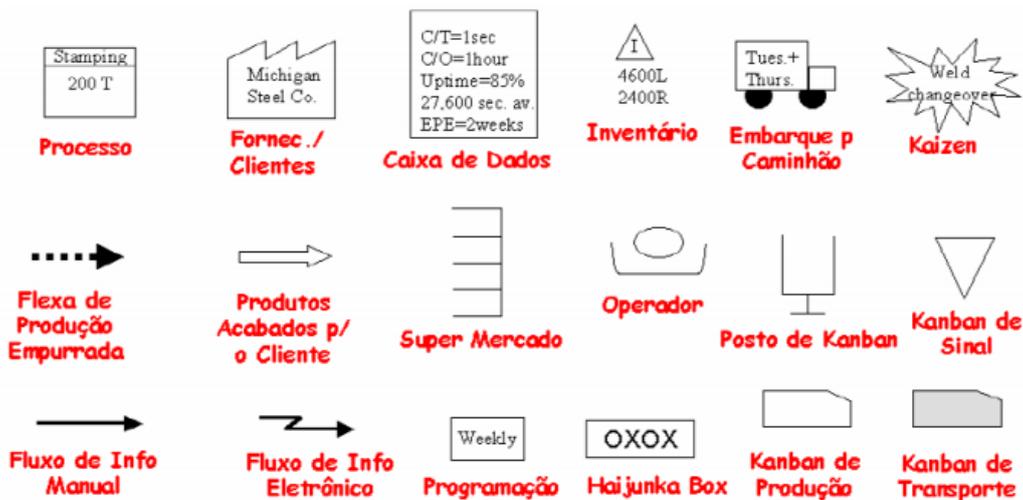


Figura 2.3 – Símbolos utilizados pelo VSM.
Fonte: OHNO (1997).

A Figura 2.4 demonstra um exemplo de um modelo de processo usando a ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor. Nesse processo pode ser observado todo o processo do fluxo de produtos tendo informações desde o fornecedor de peças até o consumo final de acordo com MORAES e SAHB (2004).

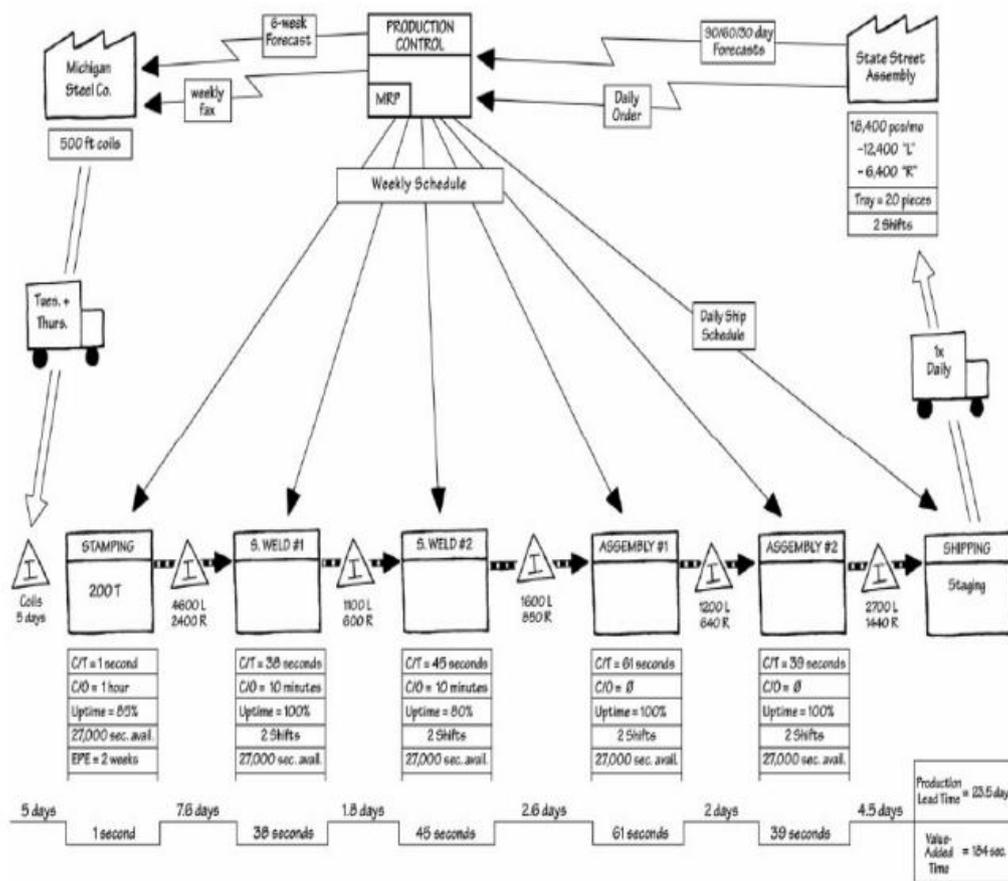


Figura 2.4 – Exemplo de mapa do fluxo de valor.
 Fonte: ROTHER e SHOOK (1999).

A grande utilização do mapeamento do fluxo de valor está voltada a redução da complexidade do sistema produtivo e proporciona um conjunto de diretrizes para análise de possíveis melhorias.

2.3.2 - 5S

FRANÇA (2003) fala que outra ferramenta utilizada na implantação da Manufatura Enxuta é a chamada “5 S”. Essa é uma sigla de origem japonesa, onde se relaciona a cinco palavras com a letra “S” que são:

- Seiri = Senso de utilização: Refere-se a eliminação do que não será necessário para utilização;
- Seiton = Senso de ordenação: Refere-se a organização de um setor. O material deve ser organizado e guardado em local de fácil acesso, deixando um setor mais seguro;

- Seisou = Senso de limpeza: Refere-se a eliminar o lixo e sujeiras, deixando um setor limpo;
- Seiketsu = Senso de saúde: este é voltado aos três S anteriores, estabelecendo a eliminação das desordens, tornar o local de trabalho de fácil manutenção, melhorar as condições de trabalho e cuidar sempre da saúde e higiene pessoal;
- Shitsuke = Senso de autodisciplina: Refere-se em disciplinar a prática dos “S” anteriores, mantendo todas as melhorias feitas. Então deve ser feita inspeções periódicas fornecendo informativos, propor uma cultura de permanecer o local de trabalho sempre limpo e organizado, cumprir rotinas regulares com paciência e persistência.

Seus principais objetivos são os de melhoria da qualidade dos produtos/serviços; melhorias das condições do ambiente de trabalho e da qualidade de vida dos funcionários; redução de gastos e desperdícios; redução e prevenção de acidentes, entre outros conceitos que estão ligados a Manufatura Enxuta.

2.3.3 - Cronoanálise

SOUZA (2012) afirma que a cronoanálise analisa os métodos, ferramentas, instalações e materiais utilizados para realização de um trabalho. Atua com a medição de tempos e realiza uma avaliação, com o objetivo de encontrar uma forma mais confiável e exata do tempo necessário para um funcionário realizar determinado trabalho em um ritmo padrão dentro de um tempo exequível. A cronoanálise pode trazer importantes contribuições visto que através de suas medições e avaliações posteriores pode-se resultar em uma melhor utilização do tempo o que permitirá o alcance da excelência na execução das atividades. Além disso a cronoanálise avalia estudo de layout com o objetivo de redução de caminho percorrido pelo produto, eliminando caminhos desnecessários, avalia o uso de dispositivos para racionalização do tempo e avalia o posto de trabalho e suas características (luminosidade, umidade, temperatura), preocupa-se também com a ergonomia com a finalidade de adequar o funcionário a uma postura que não lhe traga danos. Segundo MARTINS e LAUGENI (2005), as medidas de tempos trazem informações importantes para diversas tarefas relacionadas à produção, tais como elaborar os programas de produção e permitir o planejamento de produção que por sua vez possibilita uma maior eficácia na utilização dos recursos disponíveis, determinação dos custos padrões, levantamento de custos de fabricação e estimativa do custo de um

produto em desenvolvimento, balanceamento de estruturas de produção, análise e capacidade de produção entre outras. O Lean Manufacturing irá fazer uso da Cronoanálise para descobrir onde o processo está desperdiçando tempo ou como reduzir o tempo do processo (cycle time). Obtendo assim o máximo rendimento no setor de produção industrial, com o mínimo de investimento possível.

2.4 - PADRONIZAÇÃO

Com a crescente competitividade, na economia as exigências passaram a ser mais fortes, as empresas tiveram de implementar melhorias nas suas tecnologias de produtos, processos e serviços. A padronização é aplicada para alcançar a redução de custos da produção e do produto final, mantendo ou melhorando sua qualidade. Na maioria das organizações, seja elas pequenas ou médias, grandes partes dos processos não são padronizados. Alguns trabalhadores executam tarefas onde cada um faz de seu modo, ou seja, um executando de maneira diferente do outro. Com isso, tem se a necessidade de se montar um sistema de padronização resolvendo esta questão de diferença de trabalho. Para MOURA (1999), tendo a aplicação da padronização, as empresas podem apresentar uma vantagem competitiva pelo meio da implementação da cultura do “fazer certo na primeira vez”. Conforme as bases citadas, o esclarecimento do conceito de padronização está ligado à uniformização dos produtos ou de processos industriais segundo padrões preestabelecidos.

2.4.1 - Trabalho Padronizado (TP)

O trabalho padronizado pode ser considerado como uma ferramenta obtendo um resultado de melhor aproveitamento de pessoas e máquinas, mantendo um fluxo de produção ligado ao pedido do cliente. De acordo com MONDEN (1998), o TP pode ser constituído de três elementos principais: o takt time, seqüência de trabalho e estoque padrão.

1. Takt time: conforme os conceitos de LIKER (2005) podem ser entendidos como o tempo máximo que uma unidade do produto deve levar para ser produzida.
2. Seqüência de trabalho ou rotina padrão: pode ser considerada como um conjunto de operações realizadas por um operador com uma determinação de seqüências, permitindo repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. A

determinação de uma rotina-padrão de operações evita que cada operador execute aleatoriamente os passos de um determinado processo, reduzindo as flutuações de seus respectivos tempos de ciclo e permitindo que cada rotina seja executada dentro do takt time, de forma a atender a demanda, diz KISHIDA, SILVA E GUERRA (2007).

3. Estoque padrão em processo: é visto como a mínima quantidade de peças em circulação necessária para manter o fluxo constante de produção. Na realidade, o TP pode ser definido como o trabalho do operário com intuito de atender as especificações do produto exigido. Segundo PAIVA (2011) embora o TP envolva esse trabalho ligado ao operário, seu objetivo principal é de aumentar a estabilidade para garantir um tempo de ciclo adequado à demanda do cliente, permitindo que seja possível operar com pequena quantidade de trabalho em um processo.

2.5 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM)

Iniciou-se o trabalho utilizando uma ferramenta de diagnóstico para identificação de todas as ações de uma empresa o Value Stream Mapping-VSM (Mapeamento do fluxo de valor). É uma ferramenta que o ajuda a entender o fluxo de material e informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor, O fluxo de informação diz para cada processo o que e quando fabricar, a partir dele é possível: enxergar o fluxo, identificar fontes de desperdício, Linguagem comum, relação entre fluxo de material e informação, ajuda a enxergar um estado ideal e auxilia no projeto de um novo processo.

A metodologia do VSM consiste em: Mapear o estado atual, analisar o estado atual, mapear o estado futuro, planejar a implementação, realizar o planejado e celebrar o sucesso, conforme mostra a Figura 2.5 abaixo:

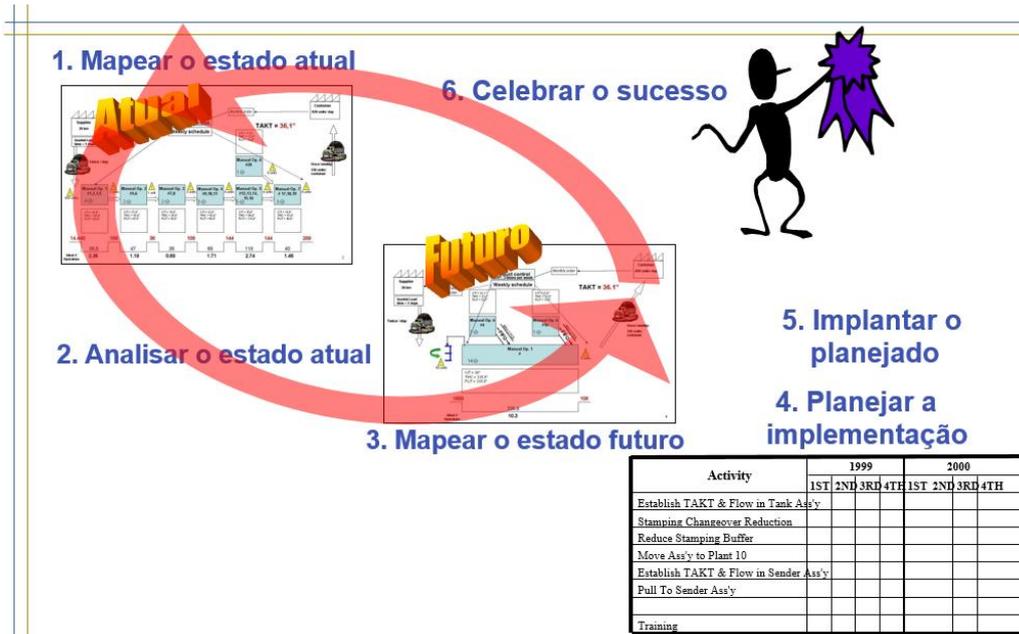


Figura 2.5 – Metodologia do VSM (Value Stream Mapping).

No Mapeamento do estado atual é preciso: Mapear você mesmo o fluxo completo de valor, seguir o fluxo de material e informação, começar com uma rápida caminhada por todo o fluxo, iniciar pela expedição e em seguida nos processos anteriores, não se basear em tempos padrão (usar seu próprio cronômetro), deve-se iniciar sempre pelo cliente, ao fim pode-se observar como deve ficar desenho na figura 2.6.

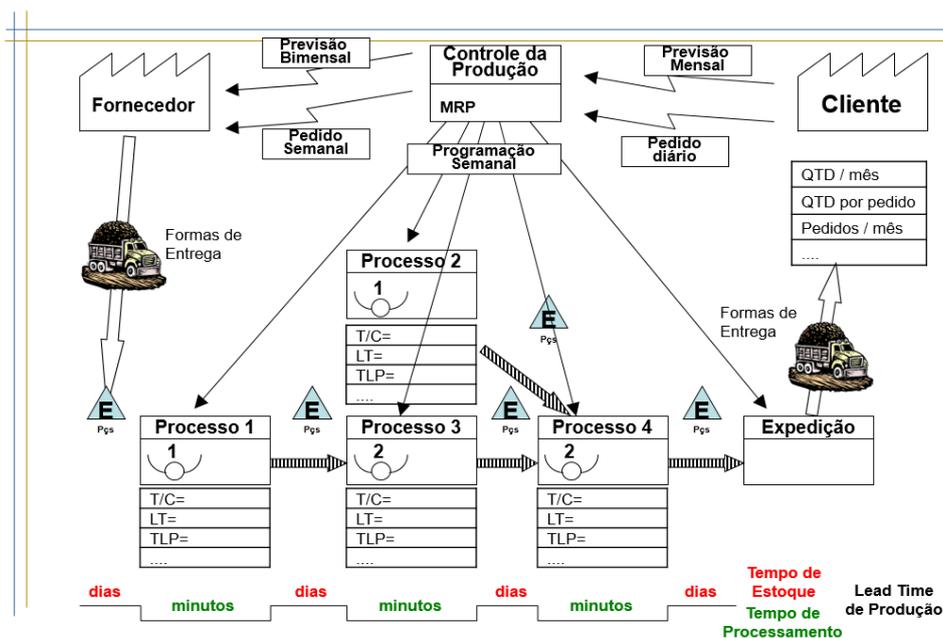


Figura 2.6 – Mapeamento do estado atual.

Faz-se necessário realizar uma cronoanálise, estudo dos tempos de cada operação e cada processo para poder montar um Load Chart que demonstra todas as operações (postos) da linha de produção, nele é mostrado os tempos das atividades que agregam valor (VA time), que não agregam valor (NVA time) e caminhada (Walk) conforme pode ser visto na Figura 2.7 abaixo:

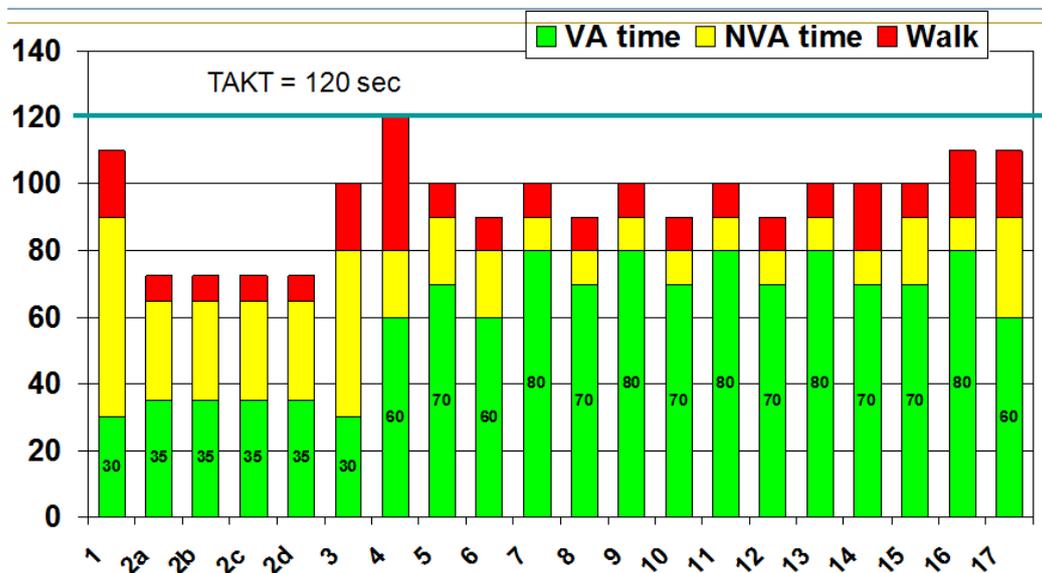


Figura 2.7 – Load chart que representa a cronoanálise das operações do processo.

Na análise do estado atual é preciso focar no fluxo do valor enxuto, os elementos do processo que não agregam valor ao produto ou serviço, existem sete perdas que devem ser eliminadas ou minimizadas: Perdas por superprodução, perdas por transporte, perdas por processamento em si mesmo, perdas devido à produção de produtos defeituosos, perdas por espera, perdas nos estoques, perdas no movimento.

O objetivo da Produção Enxuta é produzir somente o que o próximo processo necessita e quando necessita, tentando ligar todos os processos, desde o consumidor final até a matéria-prima, em um fluxo regular sem retornos que gera o menor lead-time, a mais alta qualidade e o mais baixo custo. Deve-se produzir de acordo com o takt time que é a velocidade em que a produção deve andar para atender à demanda do cliente, a idéia é sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas. Não é fácil produzir de acordo com o takt time, por isso faz-se necessário eliminar os problemas de qualidade, paradas de máquinas não planejadas e falta de materiais.

No mapeamento do estado futuro planeja-se um fluxo de valor enxuto desta forma precisam-se esclarecer as seguintes questões:

1. Qual é o “takt time”?
2. Vamos produzir para estoque ou por pedido?
3. Onde podemos usar o fluxo contínuo?
4. Onde vamos precisar introduzir sistemas puxados?
5. Em que ponto do fluxo de valor programa-se e aciona-se a produção?
6. Como vamos nivelar o mix de produção?
7. Quais melhorias de processo serão necessárias?

A partir disso devem-se identificar as oportunidades no mapa atual, conforme visto na Figura 2.8 abaixo:

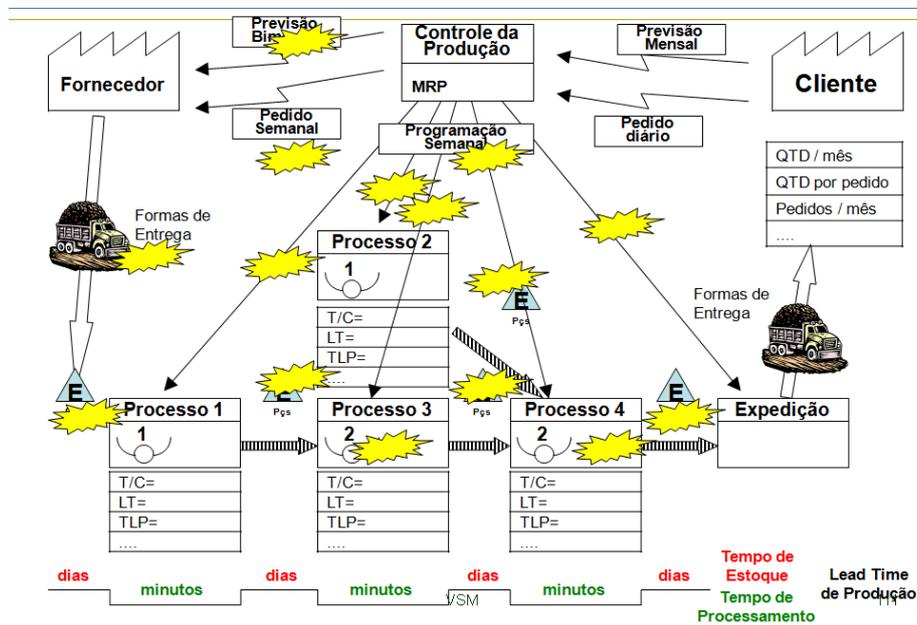


Figura 2.8 – Identificação de oportunidades para projetar o mapa futuro.

Abaixo podemos verificar o significado das siglas que constam no mapa futuro que expressam as palavras chaves do processo.

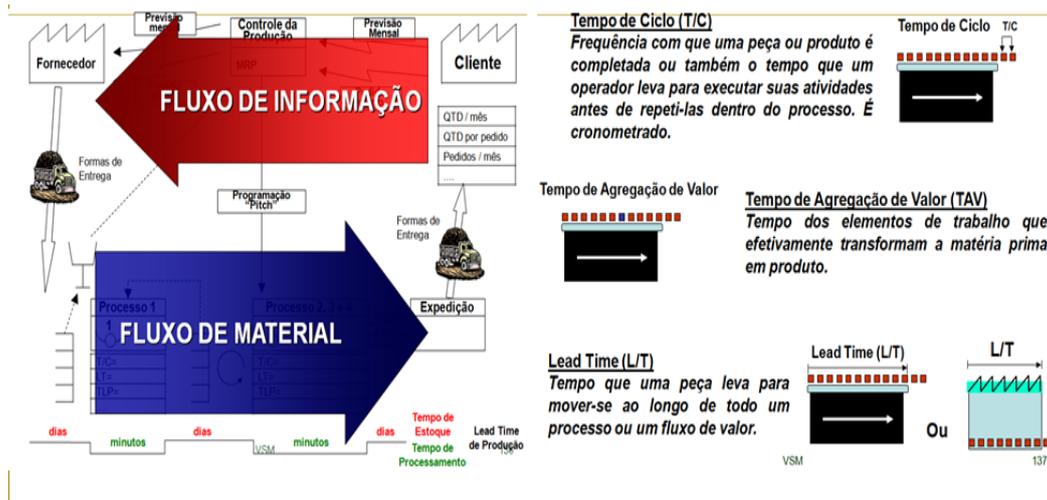


Figura 2.9 – Mapa futuro e siglas utilizadas para representar o processo.

Depois de aplicados todos os passos acima e executadas todas as etapas do VSM planejado, é hora de celebrar o sucesso e valorizar o resultado alcançado fornecendo visibilidade para a empresa para que novos projetos apareçam dentro da organização.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO DE CASO

O “Value Stream Mapping” (VSM) é a metodologia mais importante e normalmente a primeira a ser aplicada na implantação do Sistema de Produção Enxuta (Lean Manufacturing). Segundo BAMBER (2000), ele permite identificar a situação atual e planejar a situação futura de uma organização a partir da identificação, visualização e diagnóstico dos fluxos de valor de materiais e de informações. Através do VSM podemos identificar e diferenciar as atividades que agregam valor, na ótica do cliente, daquelas que devem ser consideradas como desperdício e, portanto, eliminadas. A definição do estado futuro permite à identificação, priorização e planejamento da implantação de ações que levam a significativas reduções de desperdícios e de custos.

HINES (1998) descreve que a metodologia tem como objetivo capacitar e desenvolver as seguintes habilidades nos participantes:

- Domínio nos conceitos de Valor Agregado e como identificar desperdícios nos fluxos de valores das empresas;
- Realizar o mapeamento do fluxo de valor em processos produtivos e de serviços;
- Construir o Mapa de Fluxo de Valor para uma família de produto ou serviço;
- Analisar a cadeia de valor atual e identificar os principais desperdícios e oportunidades de melhoria;
- Construir o Mapa de Fluxo de Valor Futuro e Ideal;
- Desenvolver mapas futuros com a aplicação das ferramentas e princípios Lean;
- Construir um plano de melhoria para alcançar os objetivos desenhados no mapa futuro.
- Como aplicar o kaizen para promover a melhoria contínua;
- Mas como se pode definir o VSM ?

PINTO (2008) define VSM como uma metodologia que permite identificar e desenhar fluxos de informação, de processos e materiais. Considera-se todo o percurso realizado ao longo da cadeia de fornecimento, considerando os fornecedores de matéria-prima até à entrega do produto final ao cliente.

E para que serve esta ferramenta?

Para identificar desperdícios, criar soluções que permitam eliminar esses desperdícios, criar interação entre os conceitos Lean.

Quais são os objetivos do VSM?

Permitir a visualização do fluxo de materiais e informação, auxiliar na identificação e eliminação dos desperdícios e suas principais fontes, permitir a identificação de ações de melhoria na fábrica e no fluxo de valor, estabelecer uma metodologia representativa de avaliação de processos.

Que vantagens apresenta o VSM?

Identifica a interação existente entre processos, permite identificar conceitos Lean aplicáveis facilita a análise de sistemas complexos, facilita a identificação de ações de melhoria prioritárias.

Quais as principais considerações a ter sobre o VSM?

ROTHER e SHOOK (2000) cita que existem três tipos de aplicações do Value Stream Mapping que são as seguintes: VSM de produção: efetua-se o mapeamento do fluxo de valor de toda a cadeia produtiva que vai desde a matéria-prima até à entrega do produto ao cliente; VSM de concepção: efetua-se o mapeamento de fluxo de valor na fase de concepção do produto; VSM administrativo: efetua-se o mapeamento de fluxo de valor desde a encomenda até à entrega ao cliente. Deve-se ainda considerar que na aplicação desta ferramenta são analisados dois estados que é o atual e o futuro. No estado atual analisam-se as condições atuais do fluxo de valor enquanto que no futuro será apresentado o estado que se pretende implementar, considerando as melhorias que foram identificadas e que permitirão a melhoria do fluxo de valor.

Como iniciar a aplicação do VSM ?

Identificar a família de produtos a analisar, construir o mapa do fluxo de valor do estado atual, construir o mapa do fluxo de valor do estado futuro, estabelecer o plano de trabalhos de implementação das melhorias.

Como elaborar o estado atual ?

Princípios a considerar:

O mapeamento do estado atual deve ser elaborado num só dia e por uma equipe multidisciplinar que estuda e implementa melhorias nos processos, tem que se efetuar considerando a observação direta, iniciando-se pelo desenho numa folha A3 ou A4. O mapa deve ser validado por todos os componentes e o resultado obtido deve representar o percurso do produto através do processo.

Por onde começar ?

Selecionando o mapa que se pretende e o produto, desenhar no mapa apenas as atividades identificadas como principais, considerar os pontos de inventário, transporte, dados do cliente e fornecedores, considerar as equipas intervenientes nas atividades, identificar fluxos de informação, incluir no mapa os principais elementos: lead time, tempos de processamento, setup, transportes efetuados, distâncias percorridas e quantidades de inventário entre outros.

ROTHER e HARRIS (2002) afirmam que de modo geral, tudo o que foi citado acima apresenta a descrição do estado atual do processo produtivo utilizado como base para projeção do estudo do aumento de produtividade e flexibilidade.

3.1 - SITUAÇÃO PRESENTE

Na fábrica de Manaus existem cinco linhas de montagem (CDU 01 a CDU 05) de unidades condensadoras de descarga vertical e horizontal de 7000 Btu a 30000 Btu de velocidade fixa e variável usando gás refrigerante R22 e R410. A capacidade nominal de cada unidade condensadora é de 60 produtos por hora. Considerando três turnos de produção a capacidade máxima de produção da fábrica atual é de 1.160.000 boxes por ano e a fabricação de trocadores de calor está restrita a 928.000 unidades por ano, esse volume de aletado supre quatro linhas de produção e a quinta linha que produz unidades condensadoras de descarga horizontal utilizou trocadores de calor importados da China e parte do modelo microcanal de descarga vertical também é importado. A figura 3.1 mostra a situação atual das linhas de montagem de condensadora da fábrica de Manaus.

Assembly Line	Discharge type	Capacity range	Fixed / Inverter	Refrigerant gas	Production capacity (products/hour)	Production capacity (annual, 3 shifts)	Coil Shop	Coil Shop capacity (annual, 3 shifts)
CDU-01	Vertical	7 - 30K Btu	Fixed speed	R-22	60	232.000	Yes	232.000
CDU-02	Vertical	7 - 30K Btu	Fixed speed	R-22	60	232.000	Yes	232.000
CDU-03	Vertical	7 - 30K Btu	Fixed speed	R-22 & R-410a	60	232.000	Yes	232.000
CDU-04	Vertical & Horizontal	7 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	R-22 & R-410a	60	232.000	Yes	232.000
CDU-05	Horizontal	7 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	R-22 & R-410a	60	232.000	No	0
Annual production capacity						1.160.000		928.000

Figura 3.1 – Situação atual das linhas de montagem de condensadora da fábrica de Manaus.

O volume de produção de condensadoras projetados para 2014 é de 1.065.000 unidades que corresponde a 92% da capacidade nominal da fábrica, deste volume 66 % está concentrado no segundo semestre e considerando que o volume de condensadoras de descarga horizontal é 10% do total da demanda. No segundo semestre as linhas CDU-01 a CDU-04 produzirão durante três turnos enquanto a CDU-05 produzirá em um turno, pois não está preparada para produzir condensadoras de descarga vertical. Abaixo pode-se observar como está distribuído os turnos das linhas durante o ano. A figura 3.2 mostra o número de turnos das linhas de produção durante o ano.

Assembly line	Production Shifts											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
CDU-01	2	2	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3
CDU-02	2	2	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3
CDU-03	2	2	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3
CDU-04	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3
CDU-05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 3.2 - Número de turnos das linhas de produção durante o ano.

A fábrica de Manaus também possui quatro linhas evaporadoras FCU-01 a FCU-04 que são capazes de produzir todos os modelos internos de 7.000 Btu a 30.000 Btu de velocidade fixa ou variável. Devido a produção aumentada como resultado do projeto do ano anterior, tem capacidade de produzir entre 60 e 80 produtos por hora de acordo com a capacidade. Considerando a produção de três turnos tem capacidade anual de fazer 1.500.000 unidade evaporadoras. A figura 3.3 mostra dados linhas de montagem das unidade evaporadoras.

Assembly Line	Capacity range	Fixed / Inverter	Production capacity (products/hour)	Production capacity (annual, 3 shifts)
FCU-01	7 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	75	375.000
FCU-02	7 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	75	375.000
FCU-03	7 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	75	375.000
FCU-04	7 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	75	375.000
Annual production capacity				1.500.000

Figura 3.3 - Dados das linhas de montagem das unidades evaporadoras.

Como premissa do projeto foi realizado um estudo sobre a capacidade de produção das prensas que fabricam aletados (trocadores de calor). Na figura 3.4 é possível identificar como está montado o Mix de produção para essa etapa intermediária e extremamente importante para produção dos condicionadores de ar.

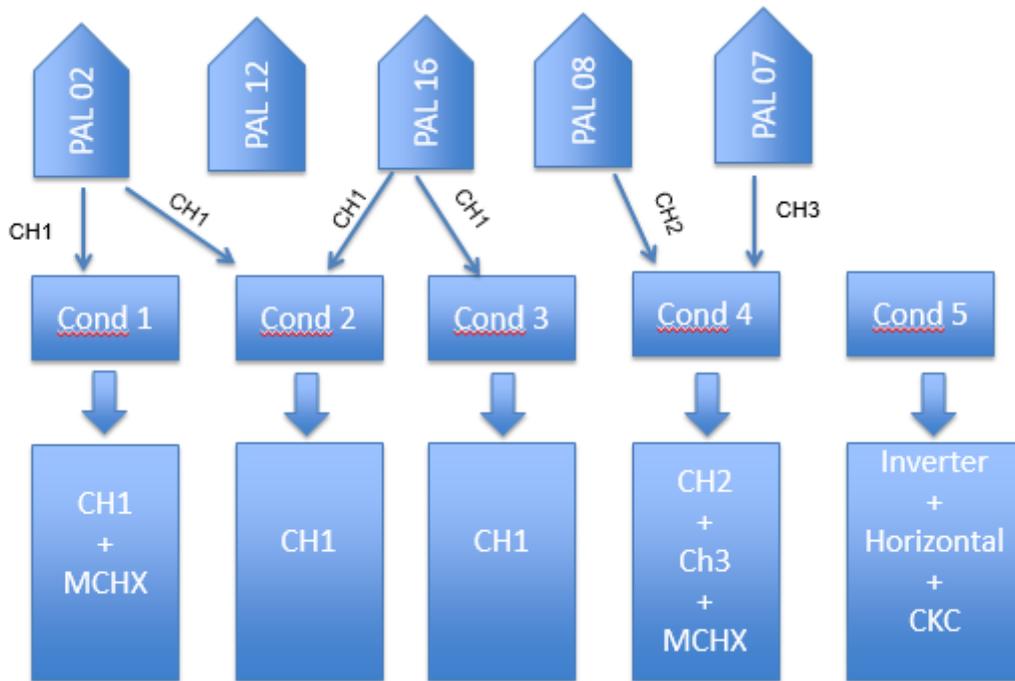


Figura 3.4 – Mix de produção High Season.

Durante o Workshop realizado no início do projeto foi detalhado e a situação atual dos recursos para a produção de condicionadores de ar estão demonstrados na figura 3.5 os pontos destacados na figura são os que ditam o ritmo da produção atual.

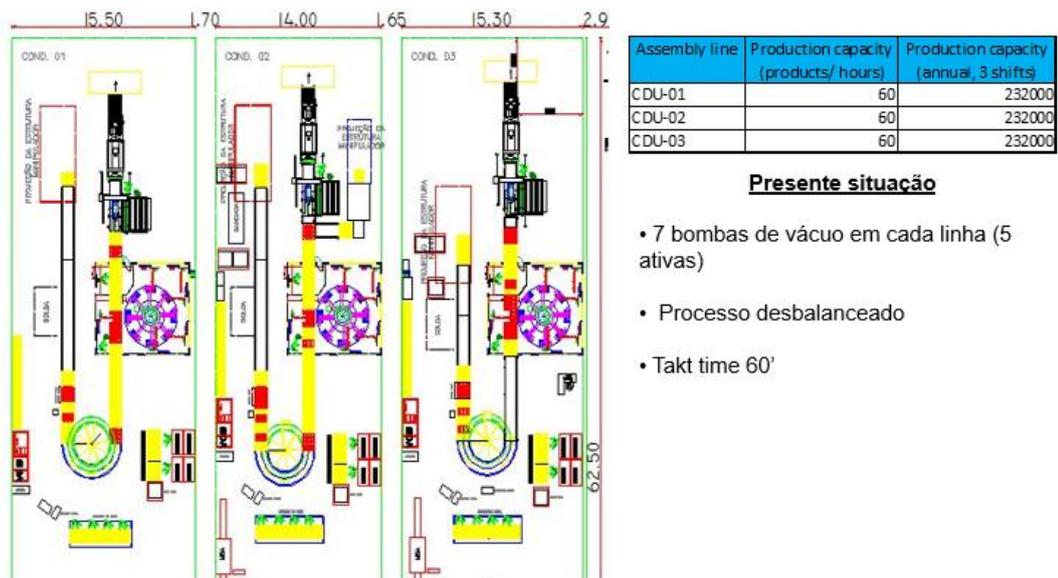


Figura 3.5 – Situação presente das linhas de produção.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Neste capítulo a metodologia utilizada para preparação e realização do estudo de caso, orientado pelo VSM.

4.1 - MÉTODO DE ABORDAGEM

Para aumentar a capacidade de produção das unidades condensadoras e alinhando a capacidade de produção das linhas condensadoras e evaporadoras em 1.500.000 unidades por ano, as linhas de montagem CD1-01 a CDU-03 serão usadas para produzir somente unidades condensadoras de descarga vertical de 7.000 Btu a 12.000 Btu, e a capacidade de produção será aumentada de 60 para 90 produtos por hora. A linha CDU-05 também será preparada para produzir tanto modelo de descarga vertical com de descarga horizontal. Na Figura 4.1 é possível verificar a proposta do novo cenário das linhas após a modificações.

Assembly Line	Discharge type	Capacity range	Fixed / Inverter	Refrigerant gas	Production capacity (products/hour)	Production capacity (annual, 3 shifts)	Coil Shop	Coil Shop capacity (annual, 3 shifts)
CDU-01	Vertical	7 - 12K Btu	Fixed speed	R-22	90	346.000	Yes	232.000
CDU-02	Vertical	7 - 12K Btu	Fixed speed	R-22	90	346.000	Yes	232.000
CDU-03	Vertical	7 - 12K Btu	Fixed speed	R-22 & R-410a	90	346.000	Yes	232.000
CDU-04	Vertical & Horizontal	18 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	R-22 & R-410a	60	232.000	Yes	232.000
CDU-05	Vertical & Horizontal	7 - 30K Btu	Fixed speed & Inverter	R-22 & R-410a	60	232.000	No	0
Annual production capacity						1.502.000		928.000

Figura 4.1 – Proposta do novo cenário das linhas após as modificações.

Nenhuma alteração ou investimento será feito na célula de fabricação de trocadores de calor, que será diretamente afetado pelo projeto. Atualmente produz 928.000 aletados por ano, porém a capacidade excedente será suportada por aletados terceirizados (exportados da China nos modelos microcanal e das unidades Kits condensadoras).

Foi realizado um VSM que mapeou o estado atual das linhas, a expedição dos produtos, o Load Chart das operações do processo e todas as necessidades para guiar o projeto foram consolidadas no plano de ação como pode ser visto na Figura 4.1.

Etapa 01: Na Figura 4.2 está detalhado o mapeamento do estado atual onde estão desenhados todos os processos existentes da cadeia de produção dos condicionadores de ar.

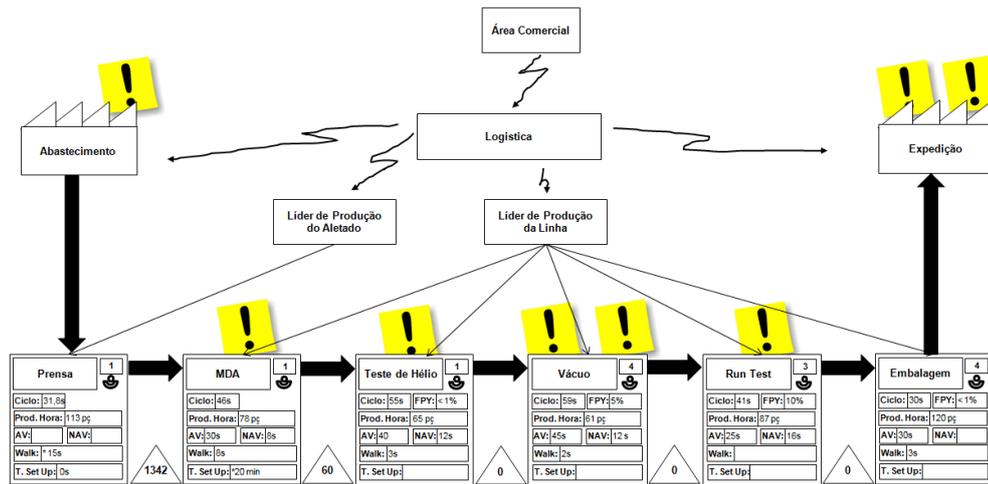


Figura 4.2 – Mapeamento do estado atual.

Etapa 02: Na Figura 4.3 verifica-se o mapa da expedição, um ponto bastante crítico que precisou ser analisado separadamente.

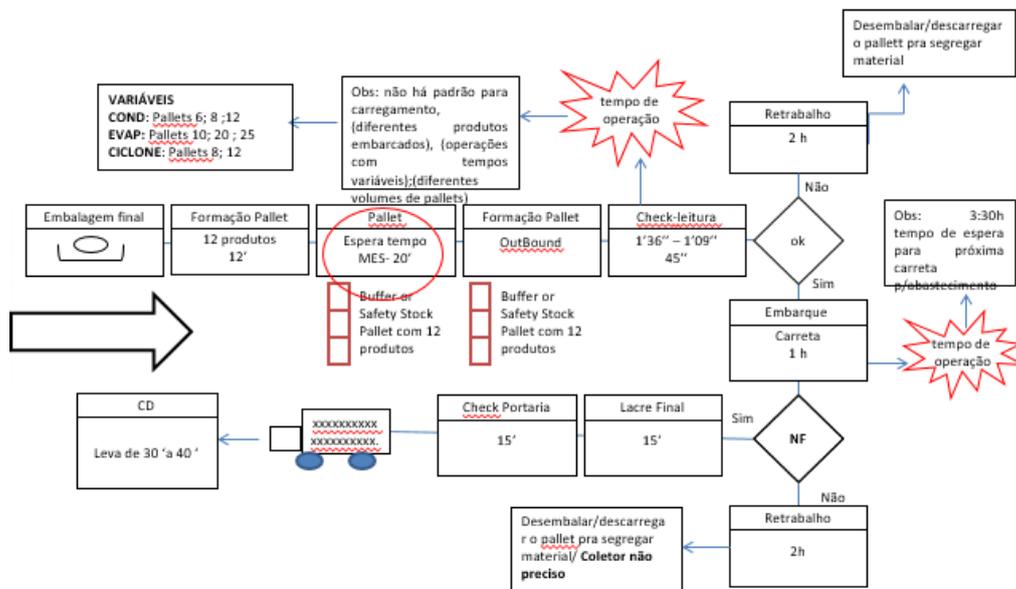


Figura 4.3 – Mapeamento da expedição.

Etapa 03: Na Figura 4.4 está demonstrado o load chart do processo onde é possível verificar os postos de trabalho que necessitam de uma maior intervenção em seu balanceamento.

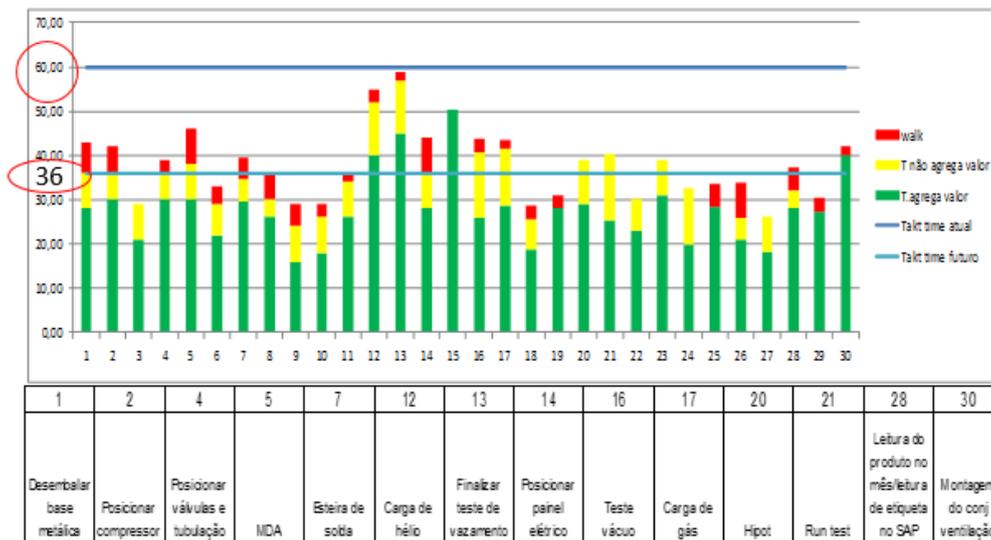


Figura 4.4 – Load Chart do processo.

Etapa 04: Na Figura 4.5 estão detalhadas todas as ações levantadas durante um workshop organizado com o time do projeto, o mesmo é utilizado para acompanhamento semanal da efetividade das ações.

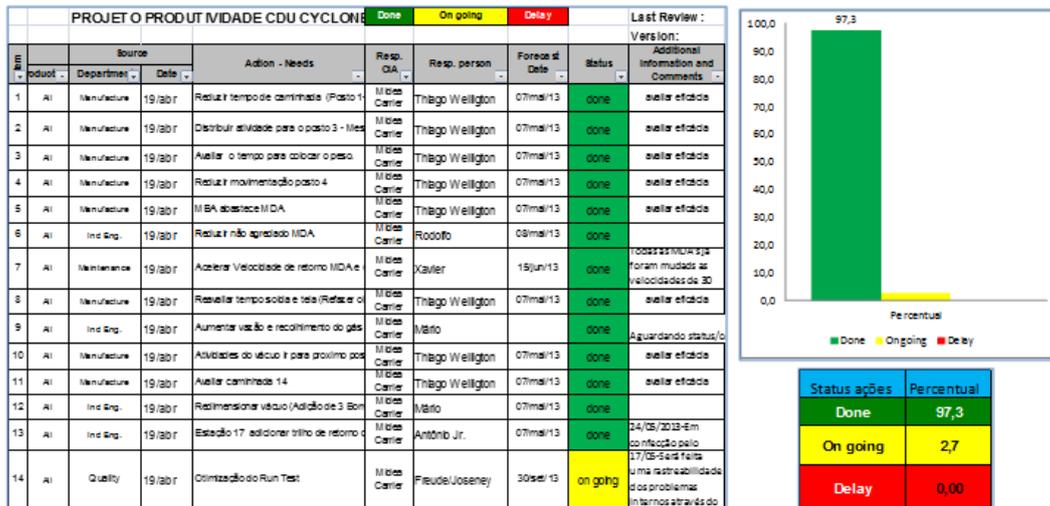


Figura 4.5 – Plano de ação do projeto de produtividade.

A situação proposta para modificações das condições que ditam o ritmo da produção está detalhadas na Figura 4.6.

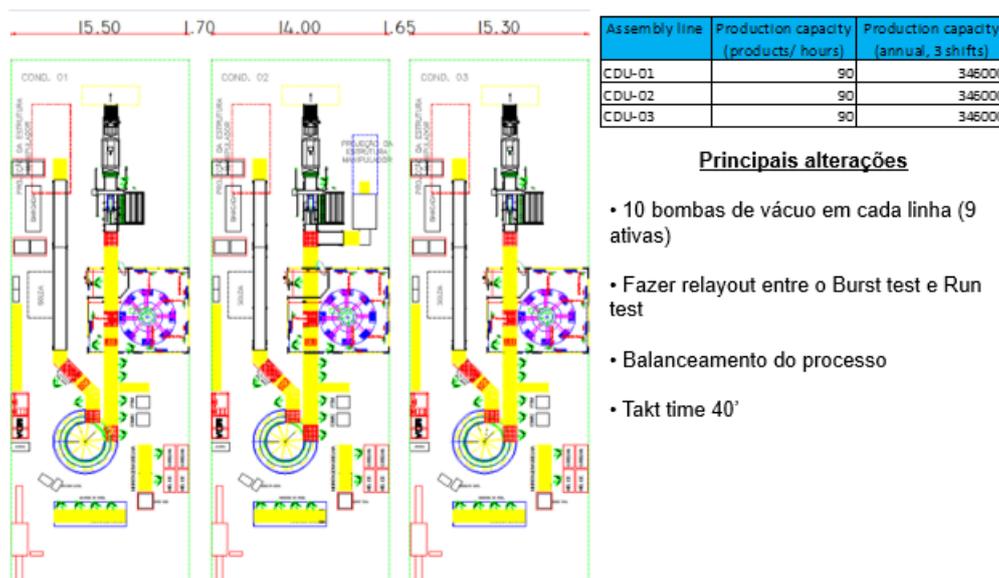


Figura 4.6 – Plano de ação do projeto de produtividade.

Foi preciso realizar também um workshop de abastecimento para determinar onde ficaram distribuídos os materiais que de *Just-in-time (JIT)* que serão usados na fabricação do produto conforme a Figura 4.7 as áreas foram redefinidas e aumentadas de tamanho para suprir a fabricação. A área de JIT precisou ser duplicada.

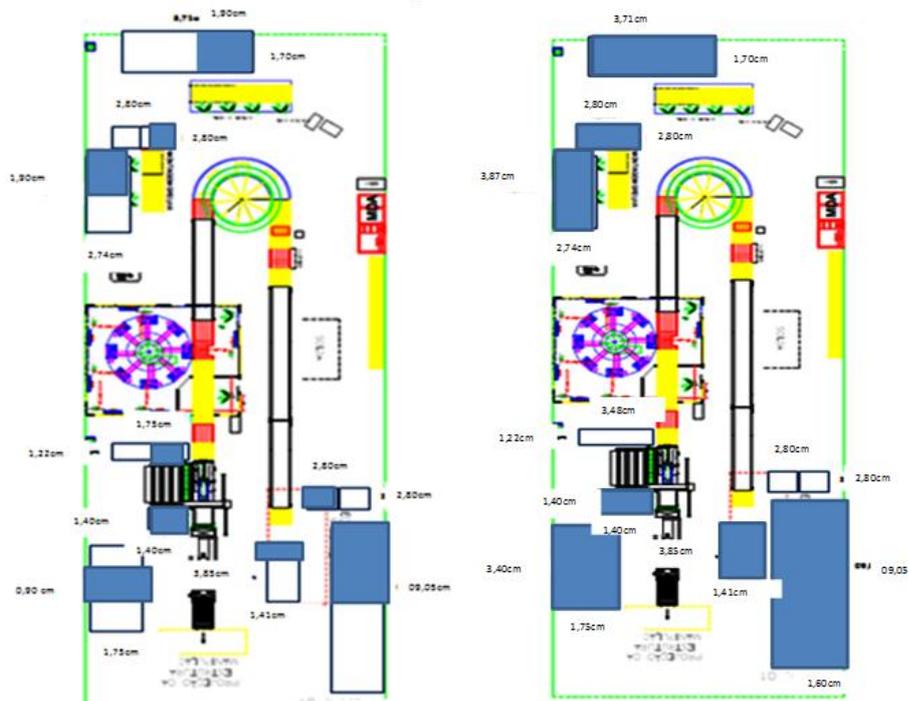
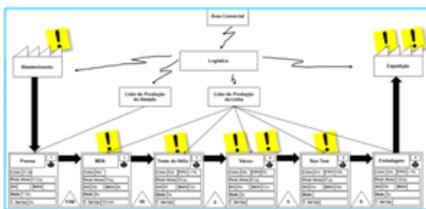
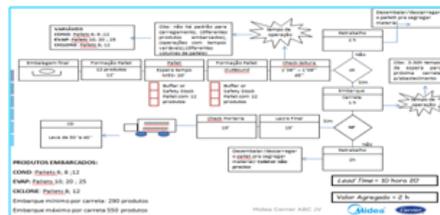


Figura 4.7 - Layout definido da área de abastecimento de materiais de JIT.

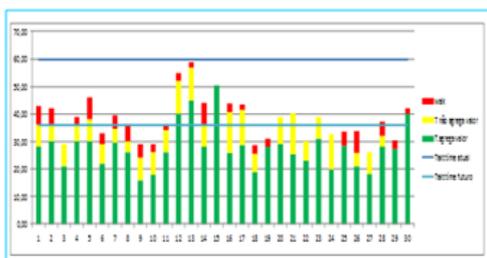
• Mapa estado atual



• Mapa expedição



• Load chart Atual



• Plano de ação

Item	Descrição	Origem	Destino	Quantidade	Observações
1000	Material A	Estoque	Linha de Produção	50	
2000	Material B	Estoque	Linha de Montagem	30	
3000	Material C	Estoque	Linha de Montagem	20	
4000	Material D	Estoque	Linha de Montagem	10	
5000	Material E	Estoque	Linha de Montagem	15	
6000	Material F	Estoque	Linha de Montagem	25	
7000	Material G	Estoque	Linha de Montagem	35	
8000	Material H	Estoque	Linha de Montagem	45	
9000	Material I	Estoque	Linha de Montagem	55	
10000	Material J	Estoque	Linha de Montagem	65	

Figura 4.8 – Etapas do VSM realizado.

Foi preciso realizar também um workshop de abastecimento para determinar onde ficaram distribuídos os materiais que de Just-in-time (JIT) que serão usados na montagem do produto conforme a Figura 4.8 as áreas forma redefinidas e aumentadas de tamanho para suprir a fabricação. A área de JIT precisou ser duplicada.

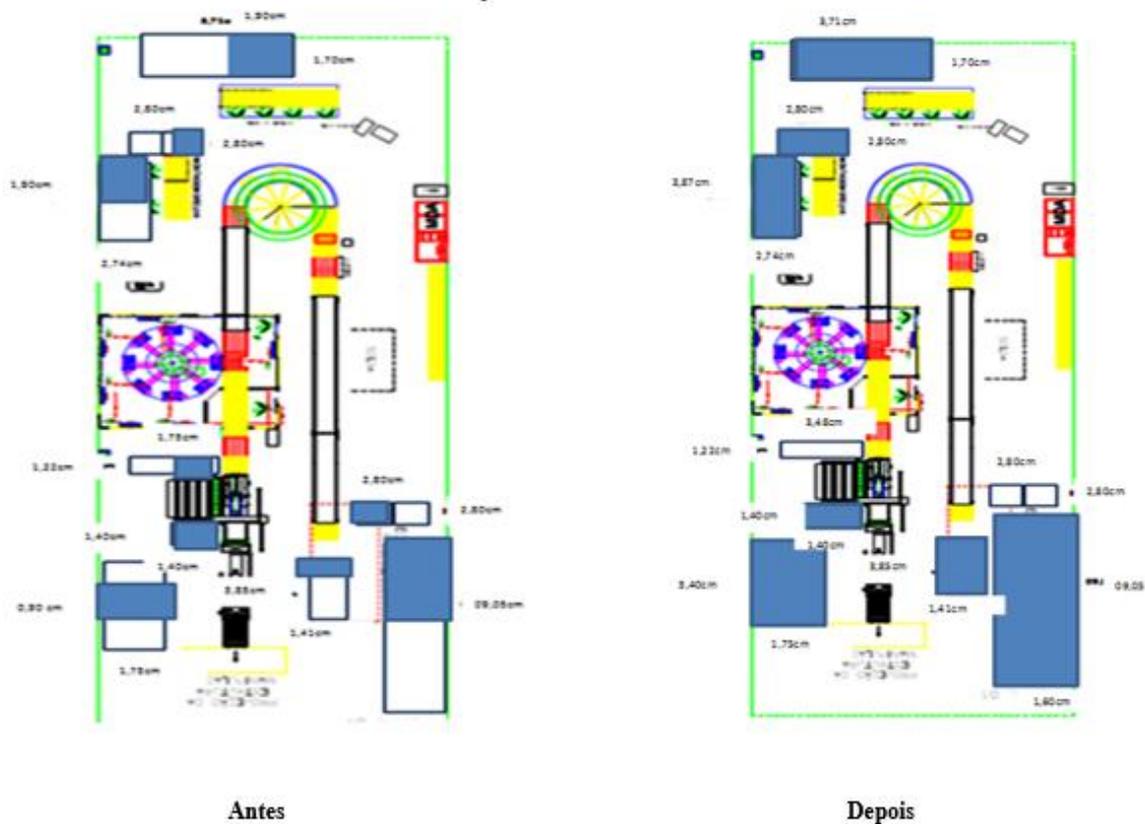


Figura 4.9 – Layout definido da área de abastecimento de materiais de JIT.

A partir do VSM várias alterações foram implementadas para suportar o aumento de capacidade de 60 para 90 produtos por hora e estão listadas igualmente a seguir para as linhas CDU-01, CDU-02 e CDU-03:

1. Reduzir o tempo de ciclo do teste de pressão, aumentar o número de estações de brasagem do aletado;
2. Reduzir o tempo de ciclo do teste de vazamento de Hélio;
3. Aumentar a quantidades de bombas de vácuo de 7 para 10;
4. Otimizar o teste final do produto;
5. Alterar as velocidades das esteiras das linhas para um tempo de ciclo de 40 s;
6. Aumentar a quantidade de caixas de materiais e carrinhos para suportar o aumento de volume dos componentes nas linhas de montagem, bem como proporcionar novos carrinhos para transporte de produtos acabados a partir das linhas de montagem para a área de saída;
7. Alterar o layout da linha para melhorar a distribuição de materiais que serão utilizados para montar os produtos.

Na Figura 4.10, pode-se verificar como ficou o layout da linha após as modificações realizadas, é importante ressaltar que o aumento de produtividade foi atingido com o mesmo número de operadores que trabalhavam no layout antigo.

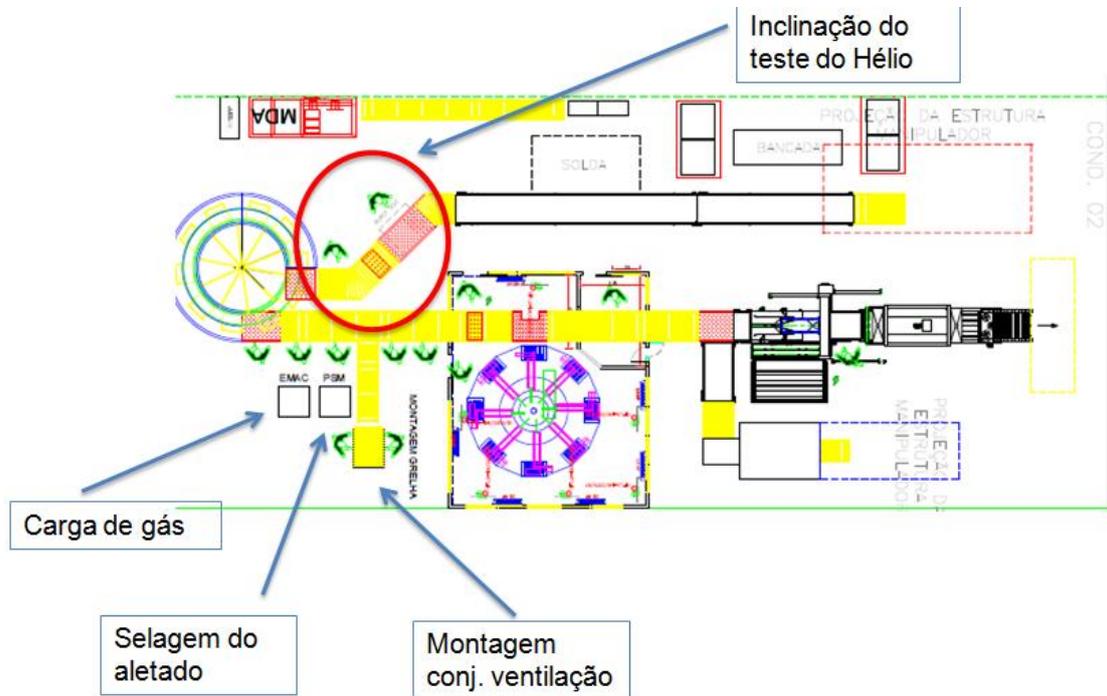


Figura 4.10 – Layout definido para suprir o aumento de capacidade da linha.

Para a linha CDU-05 serão feitas as seguintes alterações:

1. Instalar a máquina de dobrar aletado (MDA);
2. Instalar a máquina de embalar (Shrink plastic) para modelos de descarga vertical;
3. Providenciar os dispositivos necessários para montar os modelos de descarga vertical.

Considerando que as linhas CDU-01, CDU-02 e CDU-03 tiveram a capacidade aumentada de 60 para 90 produtos. Serão necessários apenas dois turnos para suprir a demanda de produção para o ano corrente ocasionando uma redução de mão de obra de 144 pessoas a partir de Julho, isso representa uma redução de custo de aproximadamente \$ 1.000.000 no ano. Como a fábrica iria contratar 800 temporários para atender a alta temporada, com essa redução será necessário contratar 656 pessoas. A Figura 4.11 abaixo demonstra o número de turnos de produção após o aumento da capacidade das linhas.

Assembly line	Production Shifts											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
CDU-01	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
CDU-02	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
CDU-03	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
CDU-04	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3
CDU-05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 4.11 – N° de turnos de produção após o aumento de capacidade das linhas.

4.2 - INVESTIMENTO

Serão necessários alguns investimentos para que realizar o aumento de capacidade das linhas, desta forma foi disponibilizada uma conta de despesas para o projeto com um valor disponível de \$410.000. Levando-se em conta o retorno financeiro do projeto tem-se um Pay Back de 5 meses conforme Figura 4.12.

Midea Carrier turn to the experts		ENGENHARIA INDUSTRIAL			
Projeto		Productivity Increase			
Líder Engenharia Industrial		Starley			
Ramal					
Controles / Indicadores financeiros →					
IT	Descrição Necessidade	Qty	Unit (R\$)	Moeda	Total (R\$)
Capex					
1	Coil_bending_machine	1	\$ 55.000,00	Dólar	\$ 55.000,00
2	Packaging_machine	1	\$ 112.000,00	Dólar	\$ 112.000,00
3	Vacuum_pumps_&_controllers	1	\$ 34.000,00	Dólar	\$ 34.000,00
4	Depe sas				
5	Packaging_machine	1	\$ 13.000,00		\$ 13.000,00
6	Vacuum_pumps_&_controllers	1	\$ 5.710,00		\$ 5.710,00
7	Control_panel_test_gigs_change	1	\$ 58.540,00		\$ 58.540,00
	Coil_brazing equipments_&_station	1	\$ 26.830,00		\$ 26.830,00
8	Assembly_line_&_layout_changes	1	\$ 82.930,00		\$ 82.930,00
9	Others	1	\$ 24.390,00		\$ 24.390,00
			\$ 412.400,00		\$412.400,00

***Pay Back= 5 meses**

Figura 4.12 – Investimento do projeto.

O retorno do projeto foi muito positivo para toda corporação da empresa, pois possibilitou além de um aumento de capacidade e flexibilidade do processo produtivo trouxe um saving de \$ 1.193.576,56 como pode ser visto na Figura 4.13.

• Estimado/ baseado IN YEAR *Out- Dec

Labor&burden Jul- Dec IN YEAR	Qty	Saving	Outros IN YEAR	Qty	Saving
CDU 1	42	\$ 104.189,76	Alimentação	144	\$ 58.153,19
CDU 2	42	\$ 104.189,76	Transporte	144	\$ 27.618,06
CDU 3	42	\$ 104.189,76	EPI	144	\$ 29.222,63
Facilitador	1	\$ 4.500,00	Consumo de energia (R\$ 0,1622/Kwh)	282	\$ 8.369,13
Saving 1		\$ 352.169,28	Saving 2		\$ 123.363,01

\$ 592.922,05

• Estimado/ baseado IN YEAR *Jan-Jul

Labor&burden IN YEAR Jan-Jun	Qty	Saving	Outros IN Jan-Jun YEAR	Qty	Saving
CDU 1	42	\$ 194.879,52	Alimentação	92	\$ 74.306,85
CDU 2	42	\$ 194.879,52	Transporte	92	\$ 35.289,74
Abastecimento	8	\$ 52.800,00	EPI	92	\$ 37.340,08
Saving 1		\$ 442.559,04	Consumo de energia (R\$ 0,1622/Kwh)	188	\$ 11.158,85
			Saving 2		\$ 158.095,47

\$ 600.654,51

• Saving FULL YEAR: **\$ 1.193.576,56**

Figura 4.13 – Cálculo do retorno financeiro do projeto.

Na Figura 4.14 é possível verificar retornos de eficiência e capacidade de produção como legado da execução do projeto.

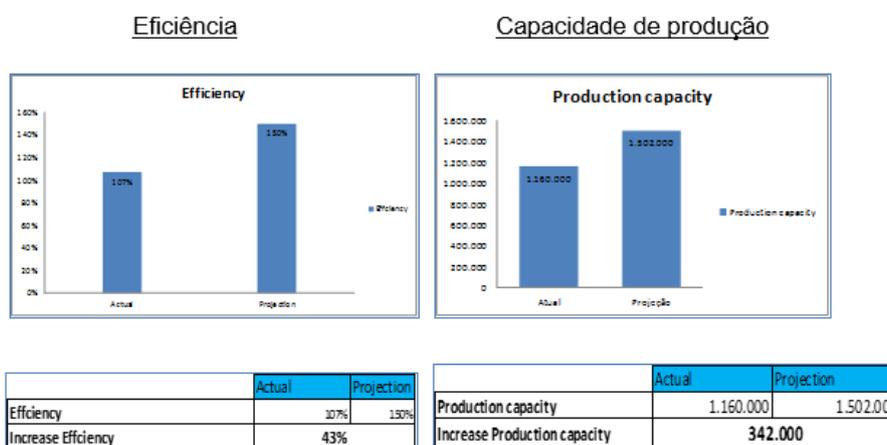
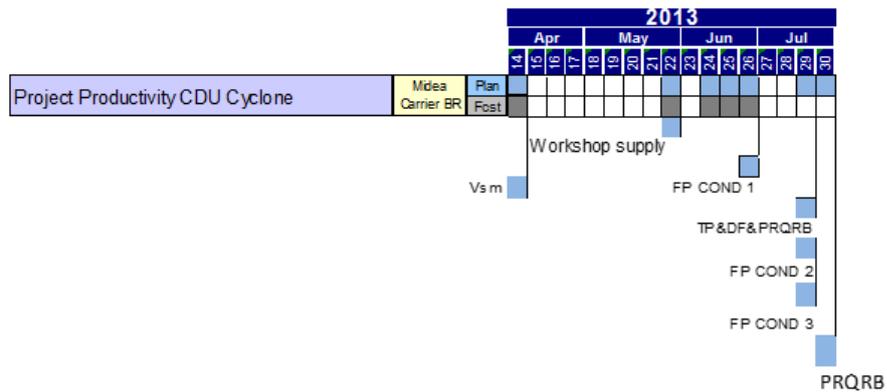


Figura 4.14 – Outros retornos.

Como todo projeto em seu nascimento foi preciso montar um cronograma de execução como demonstrado na Figura 4.15. O mesmo precisou ser seguido a risca, pois seus retornos já haviam sido contemplados no Budget da empresa com risco de não atendimento do plano de negócios programados para o ano.

Schedule



- VSM Feito W14
- FP teste CDU-01 W24/25/26
- Qualificação do conceito do projeto W26
- Validação do processo (aprovação do board) W29

Figura 4.15 – Cronograma do projeto.

Tendo em vista o citado acima foi realizada uma análise de riscos que contemplasse todas as etapas do projeto, minimizado qualquer chance de falhas durante a execução do mesmo. A matriz de riscos pode ser visualizada na Figura 4.16.

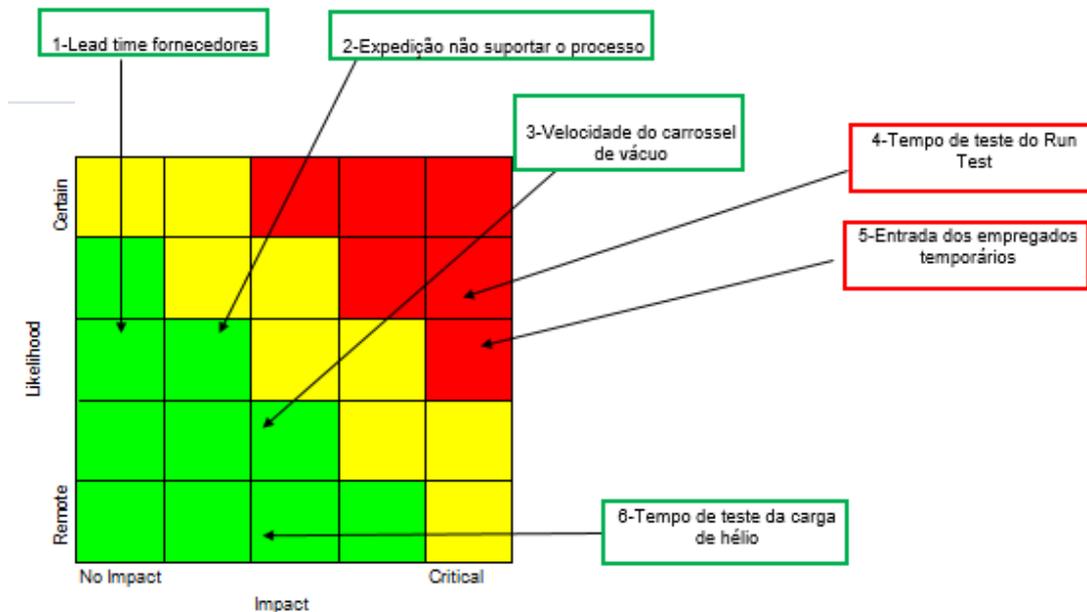


Figura 4.16 – Matriz de riscos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

5.1 – CONCLUSÕES

Além de aumentar a capacidade de produção das linhas de montagem CDU-01/02/03 e transformando a linha de montagem CDU-05 capaz de produzir unidades de condensadoras de descarga vertical, foi possível evitar a aquisição de uma nova linha de montagem reduzindo custos e espaço de ocupação fabril.

Uma nova linha de montagem de unidades condensadoras completa exigiria um investimento de \$ 1.147.000 em investimentos capitalizados e \$ 226.000 no custo do projeto, e vai trazer uma capacidade extra de 232.000 caixas por ano (o tempo de espera para a implementação é mais de seis meses). A adaptação da linha CDU-05 linha de montagem para a produção de unidades condensadoras de descarga verticais e exigirá um investimento de \$ 167.000 em investimentos capitalizados e \$ 60.000 no custo do projeto, e vai trazer uma capacidade extra de 132.000 unidades de caixas por ano.

Considerando as opções acima, a melhor alternativa foi aumentar a capacidade de produção das linhas CDU-01/02/03 e alterar a linha de montagem CDU-05 capaz de produzir unidades condensadoras de descarga vertical (menor investimento, menor prazo de entrega, redução de custo de mão de obra e maior retorno de investimento).

Além dos ganhos citados acima foi possível também obter um turno de produção livre para que possam ser realizadas manutenções preventivas.

5.2 – RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No decorrer do trabalho foram identificadas inúmeras oportunidades de melhorar ainda mais a produtividade das linhas de montagem mencionadas nesse estudo. Portanto, como esta dissertação não representa um fim de projeto, são feitas algumas sugestões para futuros trabalhos que visam complementar a excelência desse trabalho, bem como abrir novos recursos para melhoria contínua. Assim sendo, como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se que:

- Nos estudos efetuados com o VSM adotar uma nova meta de ramp up de 100 produtos por hora, fazendo um levantamento prévio de quantidade de utensílios que permita atingir esse segundo step.
- Para efetivar o aumento de produtividade e proporcionar um ganho no takt time do processo produtivo, faz-se necessário realizar um estudo de qualificação no Run test visando reduzir seu tempo de teste, eliminando esse posto da condição de gargalo da produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIRD, R. B., STEWART, W. E., LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BAMBER, L., DALE, B.G.: **Lean production: a study of application in a traditional manufacturing environment**. *Production Planning & Control*, v. 11, n. 3, 2000.

BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos**. 6ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BARTHOLDI, J.J.: **“Balancing Two-sided Assembly Lines: A Case Study”**, *International Journal of Production Research*, Vol.31, N.10, pp.2447- 2461, October 1993.

BECKER, D.S.: **“Proposta de alteração de layout para uma linha de montagem de uma empresa de controles eletrônicos”**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade do Estado de Santa Catarina.

CADIOLI, L. P. e PERLATTO, L (2009) **Mapeamento do Fluxo de Valor: Uma Ferramenta da Produção Enxuta**. Anuário da Produção Acadêmica Docente Faculdade Anhanguera de Matão.

COSTA, A.J.: **“Otimização do Layout de produção de um processo de pintura de ônibus”**, Porto Alegre, 2004. 105p. Dissertação de mestrado de Engenharia de Produção, PPGEP, Universidade do Rio Grande do Sul.

FRANÇA, A. **O programa 5S sem segredos: um roteiro para implementar o programa 5S em sua organização**. CD - Falando de Qualidade, Editora EPSE, São Paulo, SP, 2003.

GAGNON, R.J & GHOSH, S.: **“Assembly Line Research: Historical Roots, Research Life Cycles and Future Directions”**, *Omega*, Vol.19, N.5, pp.381-399, 1991.

GAITHER, Norman & FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8ª Ed. São Paulo: Editora Pioneira, 2001.

GHOSH, S. & GAGNON, R.J: **“A Comprehensive Literature Review and Analysis of the Design, Balancing and Scheduling of Assembly Systems”**, *International Journal of Production Research*, Vol.27, N.4, pp.637-670, 1989.

GONÇALVES, M. S.; MIYAKE, D. I. **Fatores críticos para a aplicação do mapeamento do fluxo de valor em projetos de melhorias.** São Paulo: EPUSP, 2003.
HELGESON, W.B.: “**How to Balance an Assembly Line**”, *Management Report no 7*, New Caraan, Conn: Carr Press, Division for Advanced Management, 1954.

HENDERSON, B; LARCO, J. **Lean Transformation: How to Change your Business into a Lean Enterprise.** Virginia: Oaklea Press, 1999.

HINES, P. *et al.*: **Value Stream Management.** The International Journal of Logistics Management, v. 9, n. 1, 1998.

JONES, D.; WOMACK, J. **Mentalidade enxuta nasempresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Trad.Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

KISHIDA, MARINO, ADRIANO SILVA, E EZEQUIEL GUERRA. **Benefícios da implementação do Trabalho Padronizado na Thyssenkrupp.** 2006 de Outubro. Disponível em Acesso em Dez. 2008.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

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

MAROUELI, C. A. **Gargalos da Produção,** 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/gargalos-deproducao/21678/>>. Acesso em 14/05/15.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção. 2ª edição.** São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

MILNITZ, D.; TUBINO, D. F. **Aplicação do método de mapeamento de fluxo de valor no setor de engenharia de uma empresa têxtil.** ExactaEP, v. 11, n. 2, p. 199-212, 2013.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção;** trad. Antonia V. P. Costa, Antonio Freitas, David Livingstone Villar Rodrigues, Eloy Simões de Almeida, Olegário Serra Lisboa,

Ramon Pagotto, Ricardo André Gutierrez; supervisão: Reinaldo A. Moura e Akio Umeda – São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, 1984.

MONDEN, Y. **Toyota Production System: an integrated approach.** New York: **Engineering & Management Press. 1998. 3 ed.**

MORAES, J. A. R. SAHB, L. M. (2004), **Manufatura Enxuta.**

MOURA, Reinaldo A. – **Kanban: A simplicidade do controle de produção.** IMAM. São Paulo, 5 ° Edição, 1999.

NOGUEIRA, M. A. (2010). **Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso.** Dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

OHNO, T.(1997) **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala Porto Alegre.**

ROCHA, D.R. Balanceamento de linha - **Um enfoque simplificado: material preparado por Duílio Reis da Rocha em 14/04/05.** Disponível em <<http://www.fa7.edu.br/rea7/artigos/volume2/artigos/read3.doc>>. Acesso em: 20 abr.2014.

ROTHER, M., SHOOK, J. **Learning to see: value streaming mapping to add value and eliminate muda.** Lean Enterprise Institute, Massachusetts, USA, 1999.

ROTHER, M., SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2000.

ROTHER, M., HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo – um guia de ação para gerentes engenheiros e associados da produção.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

PAIVA, P.R. (2011). **Optimização dos Processos Logísticos com Aplicação de Metodologias Lean na MedLog.** Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial e Gestão, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

PINTO, J. P. (2008). **Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras.** Lidel Edições Técnicas.

SALVESON, M.E.: “**The Assembly Line Balancing Problem**”, *Journal of Industrial Engineering*, Vol.6, N.3, 1955.

SOUZA, E. L. **Proposta e aplicação de um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Faculdade Horizontina (FAHOR), Horizontina, 2012.

SHOOK, J. **Managing to Learn: Using the A3 Management Process to Solve Problems, Gain Agreement, Mentor and Lead**. Lean Enterprise Institute, Inc., 2008.

SUZAKI, K. **The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement**. New York: Free Press, 1987.

TAPPING, D.; SHUKER, T. **Value stream management for the lean office: 8 steps to planning, mapping and sustaining lean improvements in administrative areas**. New York: Productive Press, 2002.

WAGNER, **Cleiton Rodrigo**. **Sistema de Apoio à Cronoanálise**, 2013. Disponível em: <<http://ged.feevale.br/bibvirtual/monografia/MonografiaCleitonWagner.pdf>>. Acesso em: 19/05/2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas – Elimine o Desperdício e Crie Riquezas**. 6^a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ZAWISLAK, P; GERBER, C; MARODIN, G. **A Produção Enxuta Aplicada ao McDonald's**. **Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (SIMPOI), 6 anais...** FGV-EAESP, São Paulo, 2003.

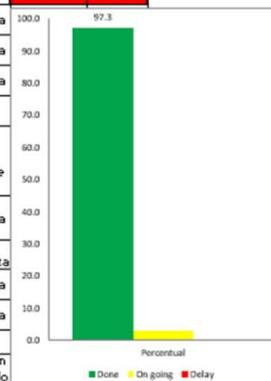
APÊNDICE A

PLANO DE AÇÃO PROJETO PRODUTIVIDADE CYCLONE

Como resultado do evento VSM temo o plano de ação abaixo, o mesmo foi alimentado a cada reunião periódica entre o time multifuncional composta dentro da fábrica. Através dele é possível perceber a evolução das ações e onde foi necessário gastar mais energia para garantir que o projeto tivesse a eficácia total.

Tabela A.1 – Plano de ação produtividade cyclone.

PROJETO PRODUTIVIDADE CDU CYCLONE							Done	Delay	Last Review:	
E	dur	Source		Action - Needs	Resp. CI	Forecast Date	Statu	Additional informatio and	Status ações	Percentua
		Department	Dat						Done	97.3
1	All	Manufacture	19-Apr	Reduzir tempo de caminhada (Posto 1-)	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia	On going	2.7
2	All	Manufacture	19-Apr	Distribuir atividade para o posto 3 - Mess	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia	Delay	6.60
3	All	Manufacture	19-Apr	Avaliar o tempo para colocar o peso.	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia		
4	All	Manufacture	19-Apr	Reduzir movimentação posto 4	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia		
5	All	Manufacture	19-Apr	MBA abastece MDA	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia		
6	All	Ind.Eng.	19-Apr	Reduzir não agredado MDA	Midea Carrier	8-May-13	done			
7	All	Maintenance	19-Apr	Acelerar Velocidade de retorno MDA e checar as demais	Midea Carrier	15-Jun-13	done	já foram mudadas as velocidades de 30 para 45Hz.		
8	All	Manufacture	19-Apr	Reavaliar tempo solda e tela (Refazer observação)	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia		
9	All	Ind.Eng.	19-Apr	Aumentar vazão e recolhimento do gás hélio	Midea Carrier		done	Aguardando sta		
10	All	Manufacture	19-Apr	Atividades do vácuo ir para proximo posto	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia		
11	All	Manufacture	19-Apr	Avaliar caminhada 14	Midea Carrier	7-May-13	done	avaliar eficácia		
12	All	Ind.Eng.	19-Apr	Redimensionar vácuo (Adição de 3 Bombas no carrocell)	Midea Carrier	7-May-13	done			
13	All	Ind.Eng.	19-Apr	Estação T7 adicionar trilho de retorno da válvula nitro	Midea Carrier	7-May-13	done	24/05/2013-Em confecção pelo trilho de r		
14	All	Quality	19-Apr	Otimização do Run Test	Midea Carrier	30-Sep-13	on going	feita uma rastreabilidade dos problemas		



Fonte: BARBOSA *et al.* (2013).

As reuniões aconteciam a cada 15 dias com membros das duas unidade das plantas da Midea Carrier (Manaus e Canoas), mediante conference call e presença ativa dos membros da planta de Manaus.