



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
MESTRADO PROFISSIONAL

**ANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO
IMPRESSO DE NOTEBOOK EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL
DE MANAUS**

Carlen Rodrigues de Castro Melo

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: João Nazareno Nonato Quaresma

Belém

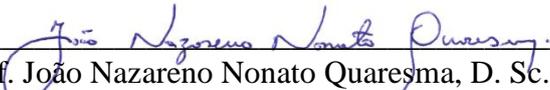
Novembro de 2017

**ANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO
IMPRESSO DE NOTEBOOK EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL
DE MANAUS**

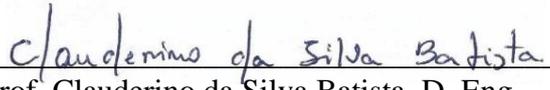
Carlen Rodrigues de Castro Melo

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.

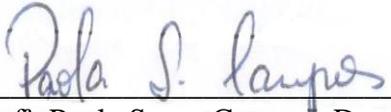
Examinada por:



Prof. João Nazareno Nonato Quaresma, D. Sc.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Orientador)



Prof. Clauderino da Silva Batista, D. Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



Profª. Paola Souto Campos, Dra.
(UNINORTE – Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

NOVEMBRO DE 2017

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

Melo, Carlen Rodrigues de Castro, 1981-
Análise do processo de montagem de placas de circuito
impresso de notebook em uma empresa do polo industrial de
Manaus/Carlen Rodrigues de Castro Melo.- 2017.

Orientador: João Nazareno Nonato Quaresma

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

1. Produção enxuta 2. Engenharia de produção 3.
Circuitos impressos 4. Computadores portáteis- Controle de
produção I. Título

CDD 22.ed.658.5

Dedico este trabalho ao Deus Altíssimo, o Alfa e Ômega, Aquele que é, que era e que há de vir, o Todo-Poderoso.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Soberano, Criador de todo universo, Provedor de todas as coisas na minha vida, que me abriu essa porta.

Ao meu pai, Raimundo Vieira de Castro, o qual me deu a oportunidade de ser criada, educada e amada no decorrer da minha vida.

À minha mãe Terezinha da Costa Rodrigues (*in memoriam*), pelo legado deixado.

Ao meu esposo, Antonio Jorge, que há 9 anos, passou a completar a minha vida e através do seu amor me ajuda a vencer os desafios.

À minha filha, Lourdes Tereza, que enche minha vida de alegria com suas mãozinhas, beijinhos e cheirinhos. Ela foi a minha maior motivação para a conclusão desse trabalho.

À minha amiga Adelaide, que se dispôs a me ajudar nesse desafio.

Às minhas irmãs/amigas/cunhadas Socorro Melo, Lucia Melo, Maria Melo, Célia Regina e Sebastiana Melo, que muitas vezes me animaram com palavras de bênçãos, força e ajudas cuidando da minha filha.

À minha mãe e sogra Lourdes Macena, que pra mim é um exemplo de vida.

À minha irmã, Sônia Costa que muitas vezes se dispôs a me ajudar, cuidando da minha filha, para que eu pudesse concluir esse trabalho.

À todas as minhas amigas as quais tive oportunidade de dialogar sobre essa dissertação, as quais amo muito, que sempre me deram força e ânimo, através de suas palavras e orações.

Ao Instituto de Tecnologia José Rocha Cardoso, na pessoa do Sr. Américo que me ajudou com esse investimento.

À Empresa Digiboard, na pessoa do Sr. Ilídio Costa, que me autorizou a coleta dos dados.

Aos amigos do Instituto de Tecnologia José Rocha Cardoso, que de alguma forma me ajudaram.

Ao ITEGAM, na pessoa do Professor Jandecy Cabral e Tereza Felipe os quais, em ocasiões oportunas sempre verbalizavam palavras motivadoras.

Por fim, ao Professor Quaresma pelas valiosas ajudas e oportunidades.

*“Tu és o meu Deus, render-te-ei graças; tu
és o meu Deus, quero exaltar-te.”*

(Salmo 118:28)

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

**ANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO
IMPRESSO DE NOTEBOOK EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL
DE MANAUS**

Carlen Rodrigues de Castro Melo

Novembro/2017

Orientador: João Nazareno Nonato Quaresma

Área de Concentração: Engenharia de Processos

As empresas que adotam a filosofia *Lean*, são doutrinadas a possuírem processos produtivos mais enxutos e eficazes, independente do produto que a mesma manufatura. Seguindo essa linha de raciocínio, o presente estudo tem como objetivo principal, utilizar os conceitos *Lean* durante a análise do cenário atual de um processo de montagem de placas de circuito impresso de Notebook, o qual permitirá a identificação e implantação de possíveis melhorias. As análises iniciais estudaram o estado atual da empresa, em seguida foi implantado o pensamento *Lean*, o que permitiu a prática, onde, após detecção de um processo de montagem de placa de circuito de notebook crítico, foi possível exercer ações de análises de processo, implantação de melhorias, etc. Permitindo a redução de desperdícios.

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

**ANALYSIS OF THE PROCESS OF ASSEMBLY OF PRINTED CIRCUIT
BOARDS OF NOTEBOOK IN A COMPANY OF THE INDUSTRIAL POLE OF
MANAUS**

Carlen Rodrigues de Castro Melo

November/2017

Advisor: João Nazareno Nonato Quaresma

Research Area: Process Engineering

Companies that adopt the *Lean* philosophy are indoctrinated to have *leaner* and more efficient production processes, regardless of the product they manufacture. Following this line of reasoning, the main objective of the present study is to use *Lean* concepts during the analysis of the current scenario of a Notebook PC board assembly process, which will allow the identification and implementation of possible improvements. The initial analyzes studied the current state of the company, then *Lean* thinking was implemented, which allowed the practice, where, after detection of a process of assembly of critical notebook circuit board, it was possible to carry out actions of process analysis, implementation of improvements, etc. Allowing the reduction of waste.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DE ESTUDO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	3
1.2.1 - Objetivo geral.....	3
1.2.2 - Objetivos específicos.....	3
1.3 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	3
1.4 - ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS.....	3
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 – PROCESSO.....	5
2.2 – FLUXO DE PROCESSO.....	9
2.3 – <i>LEAN</i> (MANUFATURA ENXUTA).....	11
2.3.1 – Valor.....	12
2.3.2 - Cadeia de Valor.....	13
2.3.3 - Fluxo da cadeia de valor.....	13
2.3.4 - Produção puxada.....	14
2.3.5 – Perfeição.....	14
2.4 – FERRAMENTAS DO <i>LEAN</i>	16
2.4.1 – Just in Time – JIT.....	16
2.4.2 – Value Stream Mapping – VSM.....	17
2.4.3 – Metodologia 5S.....	20
2.4.4 – SMED - (Single Minute of Die).....	22
2.4.5 – Automação ou Jidoka (Japônês).....	23
2.4.6 – Poka Yoke (À Prova de Erros).....	24
2.4.7 – Gestão Visual.....	25
2.5 – KAIZEN.....	25
2.5.1 – Ciclos PDCA/SDCA.....	26
2.6 – TEMPOS E MÉTODOS.....	28
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	30
3.1 - ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL DA EMPRESA.....	30
3.2 - IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA <i>LEAN</i> MANUFACTURING.....	33
3.3 - ANÁLISE DE PROCESSO.....	35

3.4 - SOLUÇÃO DAS PROBLEMÁTICAS.....	39
3.5 - IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	40
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 - ANÁLISE COMPARATIVA ANTES X DEPOIS.....	43
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Representação de um processo.....	5
Figura 2.2	Estrutura de uma organização e de um processo.....	6
Figura 2.3	Diagrama de Ishikawa.....	8
Figura 2.4	Exemplos de operações com seus respectivos inputs, processos e outputs.....	9
Figura 2.5	Símbolos para diagrama de fluxo de processo.....	10
Figura 2.6	Objetos de fluxos.....	10
Figura 2.7	Exemplo fluxo referente processo de pedido de viagem.....	11
Figura 2.8	Esquema de utilização da ferramenta VSM.....	20
Figura 2.9	Exemplo de dispositivo Poka-Yoke.....	24
Figura 2.10	Exemplo de Quadro Andon na produção.....	25
Figura 2.11	O ciclo planejar-executar-verificar-agir (PDCA).....	26
Figura 2.12	O ciclo padronizar-executar-verificar-agir (SDCA).....	27
Figura 2.13	PDCA <i>versus</i> SDCA.....	28
Figura 3.1	Fluxo do processo de fabricação de placas de circuito impresso...	30
Figura 3.2	Resultado da análise do cenário atual da empresa.....	32
Figura 3.3	Modelo de Implementação do <i>Lean</i>	34
Figura 3.4	Plano de Ação para Implantação baseado em princípios da produção <i>Lean</i>	34
Figura 3.5	Desdobramento da fase tratada no estudo de caso.....	35
Figura 3.6	Layout atual da linha referente processo de montagem da placa principal.....	36
Figura 3.7	Área de concentração da análise.....	38
Figura 3.8	Tarefas manuais executadas nos postos de testes.....	38
Figura 3.9	Posto de teste em operação.....	39
Figura 3.10	Etapas do Processo de Teste Automático.....	41
Figura 3.11	Posto de teste.....	42
Figura 4.1	Sequência das tarefas – antes x depois.....	44
Figura 4.2	Novo fluxo do processo.....	44
Figura 4.3	Posto de teste antes x depois.....	45
Figura 4.4	Evolução da produtividade.....	46

Figura 4.5	Análise comparativa antes x depois e ganhos.....	47
Figura 4.6	Gráfico de Qualidade.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Custo de Mão de Obra direta.....	37
Tabela 3.2	Plano de Ação para implementação do novo JIG.....	41
Tabela 4.1	Demonstrativo dos números antes e depois da redução de postos.....	46

NOMENCLATURA

FCT	TESTE FUNCIONAL
JIG	DISPOSITIVO DE TESTE
JIT	JUST IN TIME
M.O	MÃO DE OBRA

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

As empresas competitivas, motivadas pela necessidade de redução de custo e aumento de produtividade, buscam de forma contínua obter um processo produtivo enxuto e eficaz, independente do produto, produzindo mais com menos, tal conceito está diretamente ligado a filosofia *Lean Manufacturing*.

Estamos numa era em que a crescente globalização dos mercados, a abertura comercial e o aumento da competitividade tem levado as empresas a um novo padrão de concorrência, onde as estratégias empresariais tradicionais já não fazem sentido e revelam-se insuficientes para garantir a sobrevivência das organizações nos mercados. A procura por um ambiente de qualidade tem vindo a ganhar uma preocupação, cada vez mais frequente, dos administradores de forma a atingir os objetivos das organizações. O completo envolvimento das pessoas nas tomadas de decisão, tornando-as mais empenhadas e responsáveis pelos rumos das organizações na qual trabalham, tem sido um desejo por parte dos gestores. É a fidelização dos antigos e a conquista de novos clientes que permite a sobrevivência das empresas hoje em dia, devido essencialmente a esse mercado globalizado e acessível a todos. É por esse motivo que as organizações devem procurar garantir a total satisfação dos seus clientes, sobretudo porque estes se revelam cada vez mais exigentes, principalmente no que diz respeito à qualidade e ao preço a pagar pelos produtos adquiridos. O *Lean*, quando utilizado por todos os processos existentes em uma organização, possibilita que a mesma atenda de maneira competitiva as necessidades de cada cliente.

1.1 - IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DE ESTUDO

Um conceito universal, aplicado até os dias atuais, é que toda organização desenvolve no seu cotidiano inúmeras atividades rotineiras, que levam à produção dos mais variados resultados na forma de produtos e serviços. Tais atividades, são organizadas e colocadas em modelos de processos organizacionais, os quais trabalham de forma integrada, possibilitando o alcance dos objetivos principais da organização. Falando do desempenho das organizações modernas, o mesmo está ligado a sua capacidade adaptativa, concernente às constantes mudanças ocorridas no cenário de

competitividade do mercado, sendo os processos de mudança inevitáveis para aquelas que pretendem continuar existindo e desempenhando suas atividades com a devida eficácia. Neste contexto, atua a gestão de processos, identificando, monitorando, avaliando e revisando rotinas de trabalho, com foco na melhoria contínua e no alcance dos objetivos da organização.

O Processo analisado nesse trabalho, pertence a uma empresa a qual está inserida em um mercado que precisa acompanhar a inovação e a globalização, não apenas para a competitividade, mas para sua própria sobrevivência, uma vez que a empresa:

- Atua no segmento de montagem de placas de circuito impresso para notebook, o que exige a utilização de tecnologias avançadas; e
- Sua atividade de manufatura não é exclusiva, outras empresas (grande e médio porte) atuam no mesmo segmento, tornando-se concorrentes diretas.

Os fatores acima descritos, exigem da empresa um elevado padrão de qualidade, um diferencial que atraia os clientes atuais e potenciais.

Também para sobrevivência, a empresa é obrigada a manter aperfeiçoamentos contínuos em seus processos, o que leva a empresa destacar-se dentre as demais, posto que tais aperfeiçoamentos ocasionarão um maior cumprimento de metas, produção e comercialização de produtos com melhor qualidade, preço e prazo, quando comparado com os dos concorrentes.

O foco permanente no Pensamento *Lean* tem como suporte principal a eliminação de desperdícios em todas as etapas e em todos os níveis do processo produtivo por meio de otimização ou de mudanças das ações que as geram. Muitos tem sido os métodos ou as técnicas utilizadas com essa finalidade.

O termo *Lean* é utilizado para denominar uma filosofia de negócios baseada no Sistema de Produção Toyota (TPS), sendo este definido como o local onde nasceu o *Lean*. Podemos definir como uma abordagem sistemática na tentativa de identificar e eliminar desperdício (atividades que não acrescentam valor) através da melhoria contínua na procura da perfeição. O *Lean* olha com detalhe para as atividades básicas envolvidas no negócio e identifica o que é o desperdício e o que é o valor a partir da ótica dos clientes e utilizadores, procurando eliminar o que não acrescenta valor.

Neste contexto, através da utilização da filosofia *Lean Manufacturing* em uma empresa produtora de placas de circuito impresso para notebook, realizaram-se análises sistemáticas nos tempos padrões de placas de notebook em produção, a fim de identificar

quais tempos padrões estariam com valores expressivos, apresentando uma oportunidade de melhoria no que se refere ao aumento da capacidade produtiva.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Analisar o cenário atual de um processo de montagem de placas de circuito impresso de Notebook, utilizando conceitos do *Lean Manufacturing*, a fim de identificar e implantar potenciais melhorias.

1.2.1 - Objetivo específicos

- Realizar cronoanálise nos postos existentes no processo;
- Identificar gargalos no processo;
- Propor ações de melhorias para eliminação dos gargalos identificados.

1.3 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O estudo realizado contribuiu para que a Engenharia de Produção pudesse exercer seu papel fundamental dentro de uma indústria, qual seja, elevar sua produtividade e rentabilidade, através de melhorias realizadas em um determinado sistema/processo. Tal fator está ligado diretamente a melhoria realizada no processo produtivo estudado, pois através da análise realizada, pode-se obter um aumento de produtividade expressivo, tornando a empresa mais competitiva.

Outro ponto relevante nesse estudo é relacionado a contribuição indireta aplicada a sociedade, uma vez que tornando a empresa competitiva, os empregos existentes na mesma são mantidos.

1.4 - ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos. No presente capítulo encontram-se as seções de cunho introdutório e organizativo onde é apresentado o âmbito, objetivos

e estrutura da dissertação. É feito um enquadramento da dissertação, assim como os objetivos estipulados e a metodologia adoptada.

No segundo capítulo é apresentado o conceito *Lean Production*, onde é feito o enquadramento teórico que serviu de base ao estudo do caso. A sua origem, filosofia, princípios e conceitos, assim como definição e ferramentas são aqui apresentadas.

No capítulo três é descrito o problema assim como a organização actual da empresa e problemas detectados relativamente a essa organização.

O quarto capítulo apresenta o resultado, em função dos problemas e objetivos detectados anteriormente aquando da abordagem inicial do estado actual. É apresentada, com detalhe, a solução encontrada, ou seja, é descrito o modelo criado para implementação.

Por fim, no último capítulo são descritas as conclusões, assim como, trabalhos futuros e perspectivas relativamente a esses trabalhos.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – PROCESSO

Um processo pode ser descrito como a maneira pela qual se realiza uma determinada operação.

Já para o PNQ (Programa Nacional da Qualidade), conforme se pode observar na Figura 2.1, os processos são um conjunto de atividades inter-relacionadas que, conduzidas numa sequência lógica, produzem o resultado esperado e que atende às expectativas e necessidades dos clientes. De forma sintética, processos transformam insumos (entradas) em produtos ou serviços (saídas).

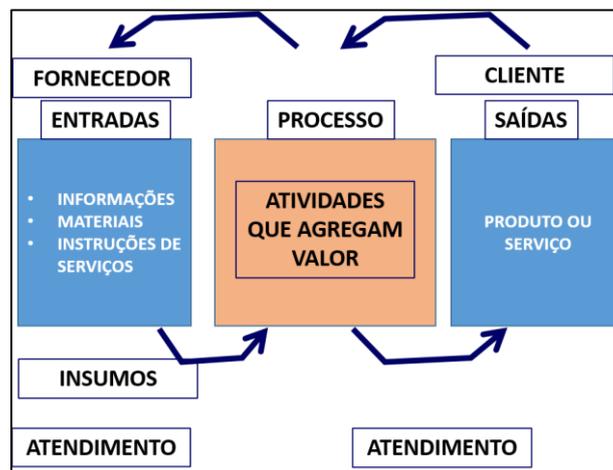


Figura 2.1 – Representação de um processo.
Fonte: PNQ (2011).

Segundo a visão apresentada, pode-se concluir que um processo é uma sequência lógica de atividades que estão inter-relacionadas e interagem entre si. Cada entrada vem de um processo ou atividade e cada saída será a entrada para outro processo ou atividade. DAVENPORT (2000) define um processo como uma série de atividades ordenadas pelo tempo e no espaço, com um início, um conjunto muito bem definido de entradas e saídas e uma finalidade. Para WERKEMA (1995), processo é um conjunto de causas ou fatores que tem por objetivo produzir um determinado efeito. Destaca ainda que pode-se ver uma empresa como um grande processo, composto por muitos outros processos menores ou atividades e tarefas, sendo estes também compostos por processos, atividades ou tarefas

ainda menores, e assim sucessivamente. Essa propriedade hierárquica dos processos é muito importante, por permitir um controle de cada processo constituinte separadamente. Para HARRINGTON (1993), o sistema se caracteriza por uma hierarquia que parte de uma visão ampla para uma visão pontual, onde pode-se definir:

- Macroprocesso: um processo que geralmente envolve várias funções na organização, possuindo um impacto significativo no seu funcionamento;
- Processo: uma sequência de atividades logicamente relacionadas e que acrescentam valor a uma entrada, produzindo uma saída para um cliente;
- Subprocesso: parte de um processo que, interligada a outro subprocesso, tem como saída um objetivo que ajuda as organizações a realizar sua missão;
- Atividades: ações que fazem parte de um processo ou subprocesso, com um objetivo bem específico dentro da organização;
- Tarefa: Parte menor de uma atividade, podendo constituir esta.

A Figura 2.2, demonstra que uma organização é formada por processos os quais se relacionam entre si, que por sua vez consistem em uma sequência lógica de atividades compostas por tarefas.

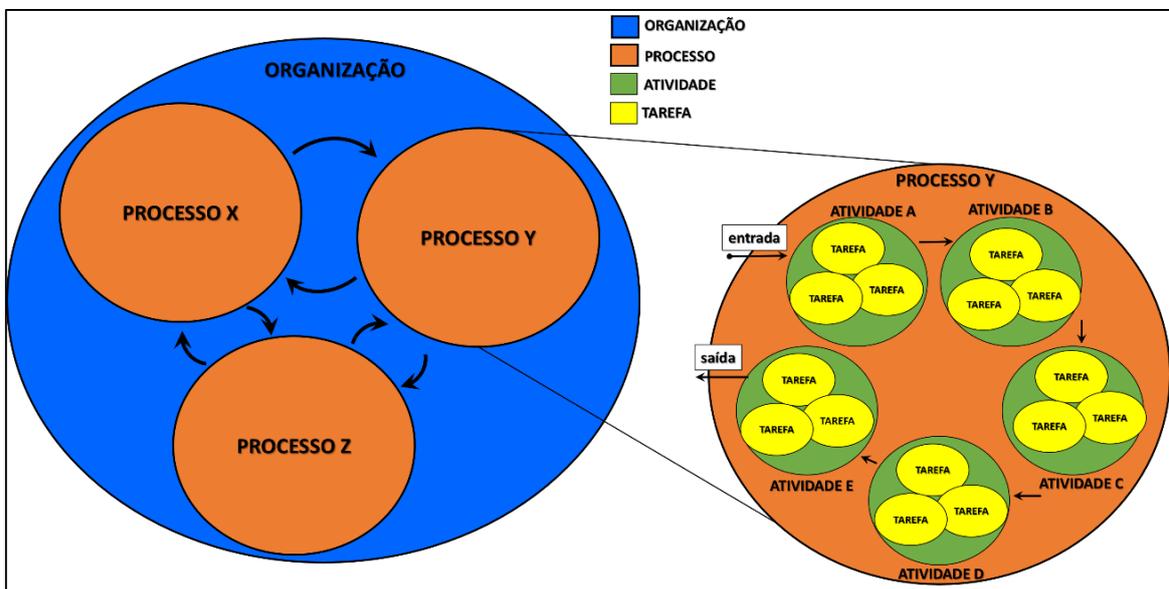


Figura 2.2 – Estrutura de uma organização e de um processo.
Fonte: PNQ (2011).

Podemos concluir que processo é um conjunto sequenciado de atividades formadas por um conjunto de tarefas elaboradas com o objetivo de gerar um resultado que surpreenda o cliente (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Segundo PRADELLA *et al.*, (2012), como os processos não são totalmente visíveis dentro das organizações, o mapeamento dos mesmos funciona como uma ferramenta onde é possível analisar criticamente cada processo, tornando-o melhor e otimizado. Mapear um processo implica que a representação gráfica deste processo pode ser utilizada para mostrar com maior clareza os fatores que afetam o seu desempenho. O mapeamento, desenho ou modelagem de processos é o método utilizado para descrever cada processo, analisá-lo e redesenhá-lo. Seu objetivo é a compreensão desses processos por todas as partes interessadas, possibilitando-se analisar criticamente pontos de incremento de melhorias que possam ser aplicados (JUNIOR e SCUCUGLIA, 2011).

Um processo, para DAVENPORT (1994), seria uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo, um fim, inputs (entradas) e outputs (saídas) claramente identificados, enfim, uma estrutura para ação.

Já HARRINGTON (1993) o define como sendo um grupo de tarefas interligadas logicamente, que utilizam os recursos da organização para gerar os resultados definidos, de forma a apoiar os seus objetivos.

Para JOHANSSON *et al.* (1995), processo é o conjunto de atividades ligadas que tomam um insumo (input) e o transformam para criar um resultado (output). Teoricamente, a transformação que nele ocorre deve adicionar valor e criar um resultado que seja mais útil e eficaz ao cliente do processo.

Afirma PAIM (2006), que os processos estão intrinsecamente relacionados aos fluxos de objetos na organização independente de sua natureza, mas que demandem coordenação dos mesmos. Os processos são objetos de controle e melhoria, mas também permitem que a organização os utilize como base de registro do aprendizado sobre como atuar, atuou ou atuará em seu ambiente ou contexto organizacional.

Uma organização pode ser visualizada e caracterizada como um processo, e dentro dela pode-se perceber a existência de um conjunto de processos menores, que compõem o fluxo de produção de bens ou o fornecimento de serviços, que requer acompanhamento constante. O termo processo tem ampla variedade para sua aplicação. Posicionamento de alguns autores:

- Para WERKEMA (1995) “Uma combinação dos elementos equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e

informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço”;

- CAMPOS (1994) “Processo é um conjunto de causas (que provoca um ou mais efeitos). Observam-se na (Figura 2.3) que o processo foi dividido em famílias de causas (matérias-primas, máquinas, medidas, meio-ambiente mão-de-obra e método), que são também chamadas de fatores de manufatura (para as áreas de serviço seriam os fatores de serviço).

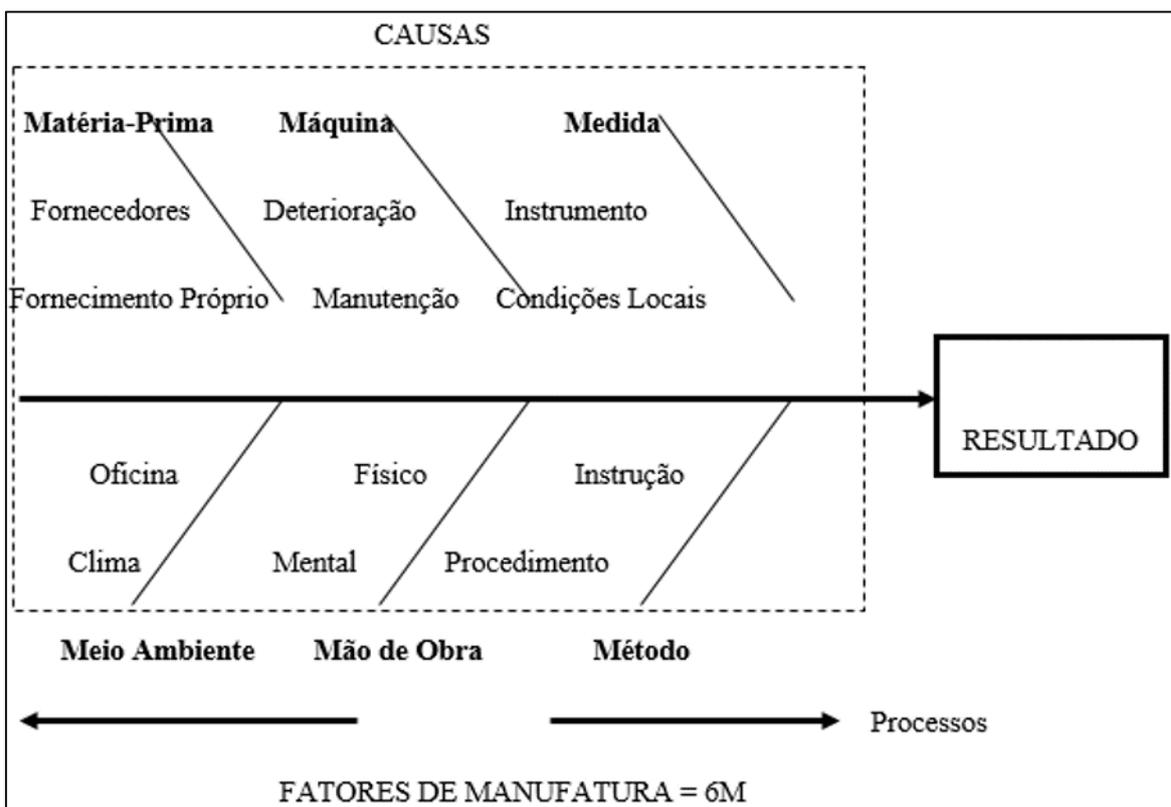


Figura 2.3 - Diagrama de Ishikawa.
Fonte: CAMPOS (1994).

Processo pode ser o trajeto realizado por um material a partir do momento que entra na empresa até o momento que dela saia com um nível determinado de transformação. Todo e qualquer Processo em si possui as Entradas (input), Transformação das Entradas e Saídas (outputs).

Na Figura 2.4 é possível visualizar melhor esse trajeto, com o exemplo de algumas operações e seus respectivos inputs, processos e outputs.

Operação	Recursos de Input (Entradas)	Processo de transformação (Sequência lógica de atividades)	Outputs (Saídas)
Fabricação de Roupas	<ul style="list-style-type: none"> • Tecidos • Linhas de costura • Costureiras / Alfaiate • Máquinas de Costura • Moldes de roupas 	Costura de roupas conforme especificações dos moldes	Roupas finalizadas prontas para uso
Linha aérea	<ul style="list-style-type: none"> • Aeronave • Pilotos e equipe de bordo • Equipe de terra • Passageiros e cargas 	Movimentação de passageiros e cargas ao redor do mundo	Passageiros e cargas transportados
Loja de departamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Bens à venda • Vendedores • Caixas registradoras • Consumidores 	Exibição de bens Orientação de vendedores Venda de bens	Bens ajustados às necessidades dos consumidores
Dentista	<ul style="list-style-type: none"> • Cirurgiões dentistas • Equipamento dentário • Enfermeiras • Pacientes 	Exame e tratamento dentário Orientação preventiva	Pacientes com dentes e gengivas saudáveis
Zoológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionários • Animais • Ambientes simulados • Visitantes 	Exibição de animais Educação de visitantes Procriação de animais	Visitantes entretidos Visitantes informados Espécies não extintas
Gráfica	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos e Designers • Impressoras • Papel, tinta, etc. 	Design Impressão Encadernação	Materiais impressos

Figura 2.4 - Exemplos de operações com seus respectivos inputs, processos e outputs.

2.2 - FLUXO DE PROCESSO

O Fluxo de Processo identifica os seus principais elementos, ou seja, especifica como os processos reunirão os vários componentes para produzir o produto ou serviço.

Há muitas técnicas que podem ser usadas para documentar processos, porém todas elas possuem duas características: 1. Mostram o fluxo de matérias ou pessoas ou informações através da operação produtiva; 2. Identifica as diferentes atividades que ocorrem durante o processo (SLACK, 1996).

Considera-se o fluxo de processos como uma ferramenta de ilustração ordenada das etapas do processo, as variáveis, suas entradas e saídas que contribuirão para a montagem correta do produto.

O diagrama mais comum usado para documentar processos em gestão de produção é o diagrama de fluxo de processo. Este diagrama usa diversos símbolos diferentes para identificar os diferentes tipos de atividades (SLACK. 1996).

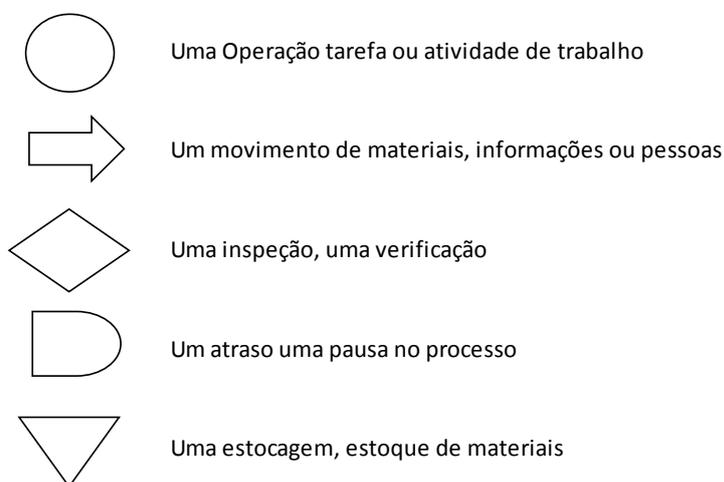


Figura 2.5 - Símbolos para diagrama de fluxo de processo.
Fonte: SLACK (1996).

Ao elaborar o fluxo de um determinado processo, faz-se seu desenho, sua representação gráfica, permitindo a análise do mesmo, para tanto é necessário utilizar um padrão de registro, como por exemplo os símbolos para diagrama de fluxo demonstrados na Figura 2.5 ou o BPMN (Business Process Modeling Notation), o qual foi desenvolvido inicialmente pelo Business Process Management Initiative (BMPI).

É possível visualizar na Figura 2.6, os objetos de fluxos (padrões), os quais definem o comportamento dos processos.

Para a modelagem utilizando a técnica de BPMN, o processo pode representar um conjunto de atividades ou a atividade em si, estas pertencentes a uma ou diversas organizações (ARAUJO, *et al.*, 2017).

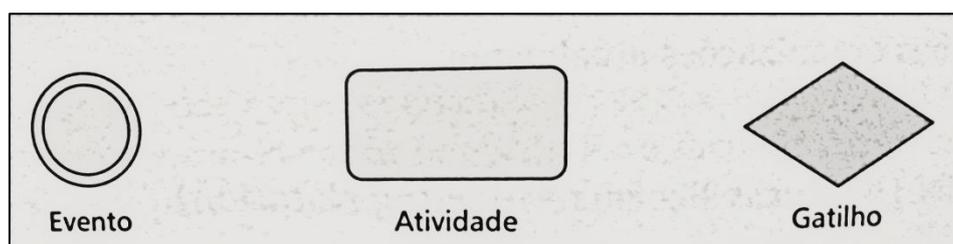


Figura 2.6 – Objetos de fluxos.
Fonte: ARAUJO *et al.* (2017).

A Figura 2.7, exemplifica a representação de um processo de pedido de viagem, o qual contempla outras atividades como a reserva de voo e hotel.

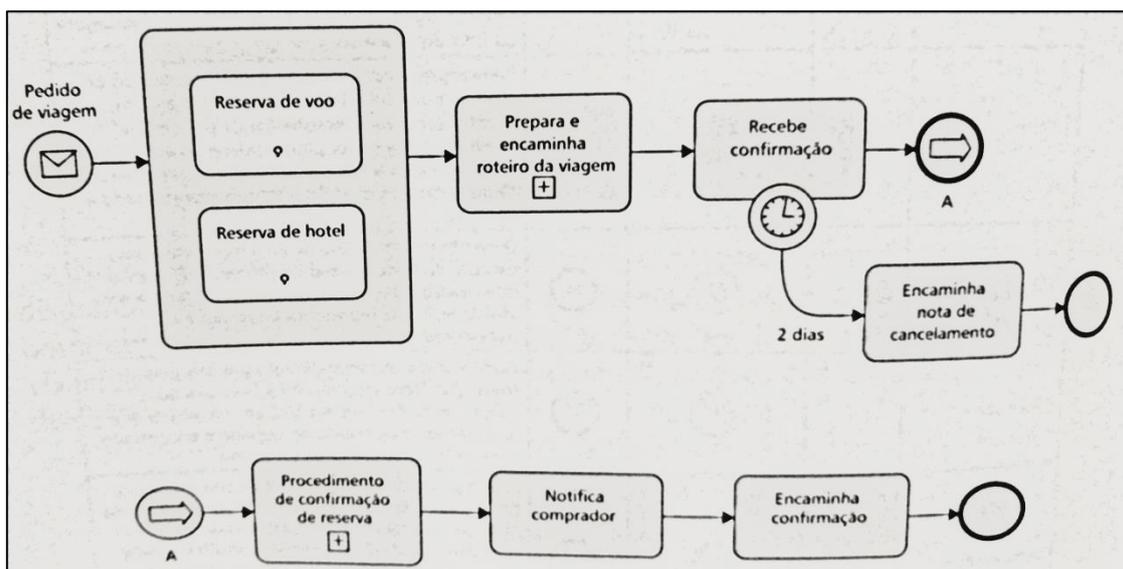


Figura 2.7 – Exemplo fluxo referente processo de pedido de viagem.
 Fonte: ARAUJO *et al.* (2017).

O mundo vive um momento de muitas mudanças e vem enfrentando novos desafios, seja no setor econômico, seja na política, na área social, ambiental e tecnológica. Com o mundo fervilhando com estes novos cenários, as empresas não podem permitir que seus processos fiquem obsoletos, já que as necessidades de seus clientes mudam rapidamente. A cada novidade tecnológica e a cada mudança de cenário, seus processos devem acompanhar essa evolução (COSTA e POLITANO, 2008).

O mapeamento de processos é um meio pelo qual se pode efetivamente focar a organização em seus clientes, garantindo qualidade e produtividade nos principais processos, obtendo maior agilidade e objetividade nas decisões e, por fim, transformar radicalmente a organização no sentido de torná-la, de fato, mais competitiva (ALBURQUERQUE e ROCHA, 2007).

2.3 - LEAN (MANUFATURA ENXUTA)

A Manufatura Enxuta é uma filosofia de gestão que nasceu com Sistema Toyota de Produção e é inteiramente focada na eficiência dos processos. Nela, o objetivo central de todas as ações é entregar o máximo de valor com a menor quantidade de recursos possíveis. Segundo a filosofia da Manufatura Enxuta, você deve eliminar todos os

desperdícios e trabalhar somente no que é demandado no momento. Não se deve perder tempo, por exemplo, trabalhando em coisas que você acha que serão necessárias no futuro. Você deve trabalhar somente naquilo que é necessário hoje. A filosofia Enxuta também defende a melhora contínua dos processos ao invés da definição de regras e burocracias.

As melhorias para a busca da perfeição podem ser realizada por intermédio de ações contínuas e de pouco impacto, chamadas *kaizen*, ou quando necessário, de ações radicais, chamadas *kaiakaku* (RODRIGUES, 2016).

O *kaizen* está relacionado a pequenas, mas contínuas, melhorias que são realizadas nas práticas já existentes[...] Já no *kaiakaku*, as mudanças são radicais, muitas vezes com a utilização de novos conceitos, tecnologias ou práticas (RODRIGUES, 2016).

O processo de produção pode e deve mudar conforme maneiras mais eficientes sejam encontradas. Se você perceber que uma regra ou um processo pode ser melhor, você deve alterá-lo. Outro pilar importante da metodologia Enxuta é o respeito pelas pessoas. Isto quer dizer que você deve acreditar, incentivar e desafiar as pessoas envolvidas no trabalho, para que mutuamente vocês se tornem profissionais melhores. É importante que as pessoas tenham autonomia, responsabilidades e orgulho de seu trabalho.

O *Lean* consiste numa filosofia que fornece auxílio à gestão de uma organização. Esta filosofia rege-se por alguns princípios que WOMACK *et al.* (1996) identificaram, princípios que procuram a satisfação total do Cliente. É o Cliente quem recebe o nosso produto identificando nele o valor correspondido. São cinco os princípios:

2.3.1 - Valor

Normalmente quando nos referimos a um produto que adquirimos somos tentados a usar a designação de Valor para o avaliarmos. Quando há satisfação dizemos que valeu a pena a compra. Mas Valor é mais do que aquilo que recebemos em troca do que pagamos, consiste nas características visíveis ao Cliente, que cada produto ou serviço oferece. São essas características que fazem a diferença no momento da decisão do cliente em adquiri-los, pois, o Cliente analisará o preço e esforço que fará para adquirir o bem/serviço, assim como, as características inerentes. Quanto maior o valor percebido pelo cliente maior será a satisfação do mesmo e deste modo a fidelidade será crescente.

Não são as empresas, mas sim o Cliente que define o Valor. Para ele, a necessidade gera o Valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade. Segundo a Comunidade *Lean Thinking*, numa organização 95% das atividades não acrescentam valor, em consequência e assumindo uma postura proativa passaremos a dispor de 95% de oportunidades de melhoria.

2.3.2 - Cadeia de Valor

O próximo passo consiste em identificar a Cadeia de Valor. Esta define um processo ou um conjunto de etapas do processo que cada produto tem de percorrer até estar concluído.

Ao analisar a Cadeia procura-se identificar os desperdícios existentes para que estes sejam eliminados. Tal análise é realizada operação a operação ao longo de todo o processo e permite identificá-las segundo três critérios: aquelas que efetivamente geram valor, aquelas que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aquelas que não acrescentam valor, devendo ser eliminados imediatamente.

Ao efetuar este tipo de análise, consegue-se uma perspectiva da Cadeia como um todo, facilitando a redução do desperdício. Ao eliminar as atividades que não criam valor e são desnecessárias, automaticamente otimiza-se o processo permitindo entregar o mesmo Valor ao Cliente a um custo menor para a organização.

2.3.3 - Fluxo da cadeia de valor

Este Fluxo percorre toda a Cadeia de Valor e pretende-se que seja contínuo, ou seja, que não existam estrangulamentos que impliquem a paragem ou redução de uma operação em determinados pontos da cadeia. Esses estrangulamentos detectados devem ser reduzidos ou eliminados de modo a aumentar a capacidade de resposta.

Para isso, é exigida uma mudança na mentalidade, as pessoas devem deixar de lado a ideia de produzir por operações. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em stocks. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente

dá à empresa capacidade de atender à necessidade dos clientes quase que instantaneamente.

É necessário fazer com que o Valor flua continuamente através das operações que criam Valor e de maneira estável. O objetivo é o lote unitário, onde for possível, com a eliminação das interrupções, dos movimentos desnecessários e de filas na produção.

2.3.4 - Produção puxada

O princípio de criação da Produção puxada, vem em sequência da criação de fluxo. Com este princípio a produção passa a ser iniciada quando o cliente a solicita. Aqui aplicamos o conceito do JIT, produzindo no momento nas quantidades certas, reduzindo o excesso de produção e conseqüente redução de estoques excessivos e mão-de-obra desnecessária.

Este princípio permite inverter o Fluxo produtivo: as empresas deixam de empurrar os produtos para o consumidor, passando o consumidor a “puxar” a produção reduzindo desperdícios e procurando aumentar o Valor do produto.

2.3.5 - Perfeição

Por último, a procura da Perfeição deve ser o objetivo constante da Cadeia de Valor.

A prática diária da melhoria contínua com o objetivo de atingir o estado ideal deve conduzir os esforços da empresa, processos transparentes onde todos os membros da Cadeia tenham conhecimento profundo do processo como um todo. Este princípio tem implícito a importância da qualidade, apostando-se na formação dos colaboradores, distribuindo instruções de qualidade para as principais tarefas e definindo padrões e critérios de qualidade ajustados de modo a garantir um bom acompanhamento de todas as etapas do processo.

Pode-se perceber que com a prática do *Lean* as organizações alcançam, melhorias que são essenciais para a sobrevivência das empresas num mercado de consumo tão concorrido como o atual.

O Sistema Toyota de Produção, considerado como o sistema básico da produção *Lean*, apresenta como principal característica a flexibilidade das linhas produtivas, tendo a aplicação de pequenos lotes de produtos controlado por métodos que auxiliam a troca

de ferramenta e a comunicação eficaz para responder às constantes variações dos mercados atuais (CAKMAKCI, 2008). Ohno acrescentou-lhe ainda o conceito Kaizen, que remete para uma procura de melhoria contínua, contribuindo para a superação diária dos operadores nos postos de trabalho e, conseqüentemente, para a melhoria de toda a linha produtiva. De um modo mais prático, o sistema de produção *Lean* nasceu na recusa de aceitar desperdício (muda, em japonês). Ohno, em 1988, definiu desperdício como qualquer atividade que consome recursos, adicionando custos e que não gera qualquer valor ao produto desejado pelo cliente. Identificou sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados designando-os por:

1. Superprodução – Produzir mais, e antes do necessário, gera um excesso de produtos aumentando o inventário;
2. Esperas – Sempre que os operadores ou máquinas estão à espera de algo que viabilize a produção;
3. Transporte – Movimentos desnecessários de material;
4. Retrabalho – Operações extras de reprocessamento devido a defeitos, excesso de produção ou excesso de inventário;
5. Inventário – Todo o material produzido, matéria-prima e stocks existentes no meio da linha produtiva que não foi pedido pelo cliente;
6. Movimento – Movimentos desnecessários por parte dos operadores, por vezes devido ao Layout das próprias empresas, defeitos, retrabalhos, superprodução ou excesso de inventários;
7. Defeitos – Produtos finais que não são as especificações dos clientes; Falhas operacionais devido a problemas de concepção produto ou processo não adequado.

A implementação do sistema produtivo *Lean* contribui para um forte acréscimo da eficiência de uma fábrica, apresentando uma elevada capacidade produtiva e velocidade de resposta às encomendas, com uma grande flexibilidade permitindo abranger uma vasta gama de produtos com um stock mínimo existente, sem defeitos e com excelente qualidade.

Todavia, e apesar das inúmeras vantagens quanto à implementação do sistema *Lean*, existem alguns fatores contrários à sua aplicação, onde a “resistência à mudança” impera. Empresas habituadas a trabalhar de acordo com outros sistemas, preconcebidas há imensos anos e sem conseguir abordar novas ideologias ficam presas aos velhos hábitos sem coragem para a inovação. Na Figura 1, ilustram-se as forças favoráveis e de

oposição à implementação. Contudo, é sempre possível demonstrar que as forças que apoiam a filosofia *Lean Manufacturing* são sempre muito maiores que a que lhe resistem (MELTON, 2005).

Em suma, *Lean Manufacturing* pode ser entendido como “produção magra” porque usa “menos de tudo” comparativamente ao sistema de Produção em Massa. Metade do esforço humano, metade do espaço na fábrica, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo. Também necessita de menos produtos em stock resultando em menos defeitos na linha produtiva, produzindo mais e melhor (HOLWEG, 2007).

2.4 - FERRAMENTAS DO *LEAN*

Um conjunto de ferramentas e métodos práticos foi desenvolvido ao nível operacional para apoiar a implementação da Produção *Lean*. Estas procuram atingir um dos objetivos principais do *Lean*, sendo por isso considerado como um sinónimo do *Lean*.

2.4.1 - Just-in-Time – JIT

O JIT é uma abordagem disciplinada para melhorar a produtividade e a qualidade total, através do respeito pelas pessoas e da eliminação das perdas. Na produção e/ou montagem de um produto, o JIT proporciona às etapas a entrega apenas das peças necessárias com qualidade, na quantidade certa, no tempo e lugar certos, enquanto usa o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos (MOURA, 1989). Segundo SHINGO (1996), em japonês as palavras Just-in-Time, significam “no momento certo”, “oportuno”. Portanto o JIT procura produzir peças ou produtos exatamente na quantidade necessária e apenas quando são requeridas.

De acordo com ALMEIDA e ROSA (2007), o JIT possui duas obsessões: a simplicidade e a redução de desperdícios. A simplicidade pode ser percebida, na utilização de técnicas de controle de produção, somente mediante requisição imediata. A técnica *Kanban* é um exemplo e possibilita o acionamento da ordem uma vez emitida pela operação imediatamente posterior. Quanto à redução de desperdícios dá-se essencialmente pela redução do fluxo de materiais na linha de produção e nos stocks de matérias-primas, semiacabados e produtos finais.

Para que estes desperdícios sejam reduzidos e até eliminados o JIT possui algumas metas. Segundo MORAES e SAHB (2004), as metas são conhecidas como “Os Zeros do JIT” e são:

- Zero estoques;
- Zero defeitos;
- Zero movimentações;
- Zero tempos de setup;
- Zero avarias de máquina;
- Zero Lead Time

É importante realçar que o JIT se rege em torno de um objetivo principal, atender as necessidades dos clientes, sejam eles internos ou externos à empresa.

2.4.2 - Value Stream Mapping – VSM

Value Stream Mapping (VSM), ou em português Mapeamento do Fluxo de Valor, é uma ferramenta desenvolvida pelo Operations Management Consulting Division (OMCD) da Toyota Motor Company, divisão organizada por OHNO (1997) originalmente para implementar o TPS nos fornecedores da Toyota.

Uma vez entendido o Pensamento Enxuto e seus princípios, realiza-se o mapeamento do fluxo de valor, cuja função estratégica é a de estruturar toda a implementação da metodologia, destacando as fontes de desperdício e eliminando-as, através da implementação de um fluxo de valor de um “Estado Futuro”, que pode tornar-se uma realidade, em curto período de tempo.

A meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados por meio de um fluxo contínuo ou puxado, e cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (ROTHER e SHOOK, 2003).

O fluxo de valor é fundamental na transformação Enxuta, mas faltava o passo seguinte: uma ferramenta capaz de olhar horizontalmente para os processos de agregação de valor. Isso significava romper com a perspectiva tradicional de examinar departamentos ou funções e enfatizar as atividades, ações e suas conexões, no sentido de criar valor e fazê-lo fluir, desde os fornecedores até os clientes finais (SCUCCUGLIA, 2006).

O mapeamento do fluxo de valor segue as seguintes etapas: desenho do estado atual, desenho do estado futuro e plano de trabalho (ROTHER e SHOOK, 2003).

Números são necessários para criar um senso de urgência, como medidas e comparações antes/depois da implementação. O mapeamento do fluxo de valor é útil para descrever o que se está, realmente, fazendo para chegar a esses números.

O primeiro passo é desenhar o estado atual, o que é feito a partir da coleta de dados no posto de trabalho, o que fornece a informação necessária para desenvolver um estado futuro. As setas entre o estado atual e futuro tem um duplo sentido, indicando que o desenvolvimento do estado atual e futuro são esforços superpostos. As ideias sobre o estado futuro vêm à tona enquanto o mapeamento do estado atual é feito. O passo final é preparar e começar ativamente usando um plano de implementação que descreva como chegar ao estado futuro (ROTHER e SHOOK, 2003).

O mapeamento de processos precisa ocorrer de forma que, ao se mapear ou desenhar os processos, deve-se eliminar todas as atividades que não agregam valor do ponto de vista do cliente, além de corrigir as rupturas de processo e desempenho que provoquem retrabalhos e perda de qualidade (ALBUQUERQUE e ROCHA, 2006).

Segundo COSTA e POLITANO (2008), o mapeamento de processos é muito importante, pois auxilia os gestores das organizações a entender seus processos e propor melhorias; ele ajuda a produzir padrões para certificações como a NBR ISO 9001, assim como contribui para melhorar a satisfação dos clientes, através da identificação de ações para redução do ciclo de produção, eliminando defeitos, reduzindo custos, eliminando passos que não agregam valor, e incrementando a produtividade.

Para realizar esse mapeamento, é necessário que se represente graficamente, e de forma padrão, as etapas ou atividades de que são compostos esses processos, na forma cronológica de execução e na forma em que se possa interpretar cada uma dessas etapas (PRADELLA *et al.*, 2012).

A ferramenta sintetiza os princípios do TPS, ajudando a visualizar como está o processo em relação a esses princípios e auxilia a sua implementação (GHINATO, 1996). Apesar de a ferramenta ter sido desenvolvida na Toyota na década de 80, ela era desconhecida do público fora da Toyota até aos anos 90 quando foi difundida por ROTHER *et al.* (2003) a pedido de Womack.

O VSM é uma ferramenta usada em ambiente de Produção *Lean* com o principal objetivo de ajudar a compreensão e otimização do fluxo do material e de informação necessário para a que o produto circule através das várias etapas do processo desde o

início, como matéria-prima, até chegar ao cliente final, como produto acabado. Como nos é descrito por PINTO (2006) “(...) garante ao gestor ter uma visão global dos processos não se concentrando apenas em processos individuais ou na optimização das partes”. No fundo resume-se a uma análise da Cadeia de Valor do produto, mais concretamente nas várias etapas do processo produtivo, que permite separar essas mesmas etapas no que diz respeito à agregação de valor.

Ao realizar esta análise da Cadeia de Valor são então detectados pontos da organização passíveis de virem a ser melhorados de modo a contribuir para a melhoria da produtividade. “(...) o mapeamento da cadeia de valor é uma ferramenta particularmente interessante para a identificação e posterior redução de desperdícios” (PINTO, 2006).

Apesar de o VSM aparecer sistematicamente associado a sistemas de produção, ele também pode ser usado em áreas de logística, prestação de serviços, manutenção industrial e desenvolvimento do produto. O motivo pelo qual se justifica o seu uso prende-se com o facto que se obtêm resultados satisfatórios, evidenciando facilmente os desperdícios existentes, aliado ao facto de ser bastante intuitivo e de fácil utilização. De acordo com ROTHER *et al.* (2003) a implementação do VSM encontra-se organizada da seguinte forma (ver esquema da Figura 2.8):

- Inicialmente é fundamental identificar o produto ou serviço alvo;
- Seguidamente, realiza-se o desenho do estado atual da cadeia de valor, ou seja, as operações, fluxos de materiais e informação, assim como informações relativas aos processos, clientes e fornecedores. É elementar que o desenho seja feito desde o cliente e no sentido oposto à sequência dos processos;
- Após o desenho é feita a avaliação da cadeia de valor sob o ponto de vista da criação de valor, sendo detectados os pontos onde é acrescentado valor, assim como identificados os locais onde se encontram presentes desperdícios;
- Identificação das situações passíveis de serem melhoradas através da colocação de ações kaizen;
- Por fim desenho e implementação de uma nova cadeia de valor através de um VSM Futuro.

O VSM é uma ferramenta essencial porque:

- Ajuda a visualizar o fluxo de valor em vez dos processos individualmente;
- Ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum para tratar os processos de fabrico;

- Torna visíveis as decisões sobre a cadeia de valor, sendo fácil discuti-las;
- Agrega conceitos e técnicas da Produção *Lean*, evitando a implementação de técnicas isoladas;
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material
- Descreve o que é necessário fazer para se obter valores quantitativos, possibilitando a comparação entre o estado atual e o futuro.

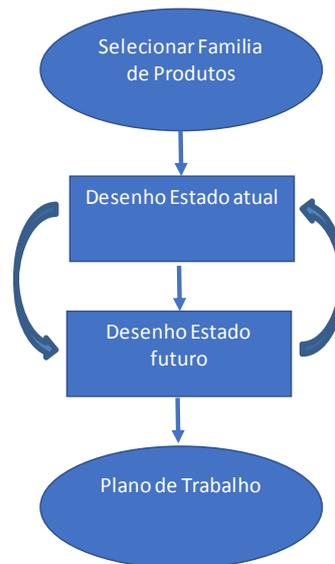


Figura 2.8 - Esquema de utilização da ferramenta VSM.

2.4.3 - Metodologia 5S

Esta filosofia é uma prática de qualidade idealizada no Japão no início dos anos 70 e assenta em cinco pontos fundamentais, que tiveram origem em cinco palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.

De acordo com LIKER (2004) é possível eliminar o desperdício em cinco fases. O método 5S foi um dos fatores que contribuíram para a recuperação das empresas japonesas e a base para a implantação da qualidade total.

O Método 5S visa combater eventuais perdas e desperdícios nas empresas e nas indústrias, educar as pessoas envolvidas diretamente com o método para aperfeiçoar e manter o sistema de qualidade na produção.

A alteração das atitudes e comportamentos das pessoas é um ponto importante. É necessário consciencializar a importância dos conceitos e a forma como devem ser usados para a implementação do programa.

O 5S ajuda na reorganização da empresa, facilitando a identificação de materiais, exclusão de itens desnecessários e obsoletos e melhoria na qualidade de vida e ambiente de trabalho para a equipe.

É um conjunto de cinco conceitos simples que, ao serem praticados, são capazes de modificar o ambiente de trabalho, sempre na procura da Qualidade Total, eliminando o desperdício (tudo o que gera custo extra) em cinco fases:

1. SEIRI (Separar): significa separar e rejeitar tudo o que não é necessário no posto de trabalho, a fim de libertar mais espaço e melhorar a organização do local e racionalizar o uso de materiais e equipamentos, reduzindo os desperdícios e os custos;
2. SEITON (Organizar): organização e identificação de tudo que foi selecionado como necessário ao posto de trabalho, com isso há uma redução no tempo e no custo, através de um melhor controle de todo o material;
3. SEISO (Limpar): limpar e manter limpo o local de trabalho. Este passo facilita a identificação de fontes de desperdícios e problemas, pois as áreas ficam limpas e organizadas, tornando estas fontes visíveis;
4. SEIKETSU (Padronizar): padronização e elaboração de procedimentos para manter os três primeiros passos;
5. SHITSUKE (Disciplinar): auto avaliação para verificar a execução e melhoria contínua dos padrões estabelecidos.

Para que esta metodologia alcance o sucesso deve procurar-se o envolvimento de todos, de modo a integrar os princípios dos 5S na rotina do trabalho diário, transmitindo a necessidade da implementação dos 5S e o papel de cada participante. O envolvimento periódico da gerência é imprescindível.

Trabalho Padronizado - Standard Work – Não se pode pensar em produção *Lean* sem a existência de trabalho padronizado, sendo este um fator fundamental para garantir um fluxo contínuo de produção.

A padronização é o grande sucesso do TPS e existem quatro regras básicas nas operações:

- Todo o trabalho deve ser altamente especificado quanto ao conteúdo, sequência, funcionamento e resultado;
- Cada ligação cliente/fornecedor deve ser direta;
- O caminho de cada produto ou serviço deve ser simples e direto;

- Qualquer melhoria deve ser feita de acordo com o método correto.

O trabalho padronizado gera ganhos mensuráveis em produtividade, redução de falhas, redução do tempo das operações, regulamentação das funções e melhor organização do espaço físico contribuindo para a estabilidade do processo, onde define claramente o início e o fim de cada processo. Além disso, funciona como um instrumento de aprendizagem, auxiliando na resolução de problemas, onde todos os colaboradores são envolvidos, contribuindo ainda para o treino e disciplina dos mesmos. Um dos principais benefícios é fornecer bases para a melhoria. É importante dizer que “(...) os padrões não são apenas a melhor forma de garantir a qualidade, mas a forma mais eficaz de executar o trabalho” (IMAI, 1997).

Em resumo, o Trabalho Padronizado é definido como a combinação mais eficiente dos elementos homem, material e máquina os quais são baseados no TT, na sequência das operações e na quantidade de material em processo sendo utilizadas Folhas de Trabalho Padronizado colocadas nos postos de trabalho. Estas folhas possuem todas as instruções e informações de forma clara e completa.

2.4.4 - SMED - Single Minute of Die

SMED – Troca rápida de ferramenta. Segundo SUGAI *et al.* (2007), o SMED foi desenvolvido no Japão, no início dos anos 50 por Shigeo Shingo e trata-se da redução do tempo de setup de máquinas, em que o tempo de setup é o período em que a produção é interrompida para que os equipamentos sejam ajustados.

De acordo com SHINGO (1996), o TPS apela repetitivamente a necessidade de eliminar a perda “superprodução” e somente a produção com pequenos lotes é capaz de lidar com procuras de alta diversidade e pequeno volume. Para isso a adoção de setups rápidos é um pré-requisito essencial, pois assim facilitam a resposta rápida a mudanças da procura.

SHINGO (1985), formulou a hipótese que qualquer setup poderia ser executado em menos de 10 minutos, chamando a técnica Single Minute Exchange of Die – SMED – ou em português Troca Rápida de Ferramenta, que mais tarde foi adoptada pela Toyota, como um dos elementos principais do seu sistema.

O SMED visa reduzir os tempos de paragens das máquinas através da optimização das mudanças de ferramentas respondendo à exigência do mercado em termos de prazos e diversidades de produtos, ou seja, redução de setup tanto interno, como externo.

As reduções de setup podem ser feitas de maneiras variadas, que vão desde as mais simples como uma mudança no local onde se guardam as ferramentas até sofisticados dispositivos de preparação e troca de matrizes. Uma das melhores abordagens da redução do setup, é o de converter o que se chama de setup interno, onde a preparação da troca de ferramentas é feita com a máquina parada, para setup externo, ou seja, com dispositivos que sejam preparados fora da máquina enquanto ela ainda está a trabalhar (SLACK *et al.*, 2001).

2.4.5 - Automação ou Jidoka (em Japonês)

O termo Jidoka tem sua origem na língua japonesa ao se adicionar um radical que representa o ser humano à palavra automação. A automação (Jidoka, em japonês), consiste em facultar ao operador (ou à máquina) a autonomia de interromper a operação sempre que for detectada qualquer anormalidade ou quando a quantidade planejada de produção for atingida. Pode ser aplicada em operações manuais, mecanizadas ou automatizadas.

Essa mudança foi traduzida como automação, ou seja, automação com toque humano (BAUDIN, 2007). Outras definições são:

- Habilidade de se parar a produção, por homem ou máquina, quando da ocorrência de problemas como: mau funcionamento de equipamentos, problemas de qualidade, ou trabalhos atrasados;
- Técnicas que separam a atividade humana do ciclo de operação da máquina, permitindo que um operador atue em diversas máquinas, preferencialmente diferentes, e trabalhando em sequência, com o output de uma sendo o input da próxima;
- Estratégia de automação passo-a-passo que gradualmente reduz a quantidade de trabalho realizada pelos operadores em um processo produtivo;
- A engenharia do modo como as pessoas trabalham com as máquinas;
- “A decisão de parar e resolver os problemas assim que eles ocorrem, ao invés de empurrá-los fluxo abaixo para serem resolvidos depois” (LIKER, 2006).

No STP, automação busca Qualidade Assegurada, pois permite que a linha seja parada no caso de detecção de peças defeituosas, gerando ação imediata de correção. Essa

intervenção, segundo MONDEN (1984), valoriza a atuação do operário e estimula a aplicação de melhorias.

2.4.6 - Poka Yoke (À prova de erros)

Nas palavras de Shigeo Shingo¹, que criou o Poka-Yoke na década de 1960, “defeitos surgem porque erros são cometidos; os dois têm uma relação de causa e efeito. Contudo, erros não se tornarão defeitos se houver feedback e ação no momento do erro”. Algumas causas típicas de erros, tanto em processos de manufatura quanto administrativos, são: esquecimento, falta de atenção, treinamento inadequado, falta de treinamento, falta de padronização, não obediência aos padrões.

O conceito de Poka-Yoke surge com base no lema de que “a falha humana é inevitável”. Logo, a confiabilidade de um sistema produtivo está diretamente condicionada à interferência dessas falhas humanas na operação, o que atesta a importância na utilização eficaz do Poka Yoke.

Alguns exemplos de dispositivos Poka-Yoke para evitar problemas:

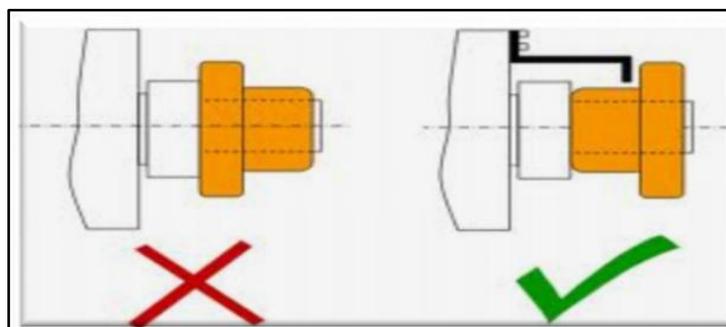


Figura 2.9 – Exemplo de dispositivo Poka-Yoke.

Fonte - <http://nortegubisian.com.br>.

Neste exemplo, a peça laranja deve ser encaixada apenas como na posição da direita, porém sua estrutura permite o encaixe dos dois lados. Com a ajuda do dispositivo destacado em preto na Figura 2.9, a peça sempre será encaixada do lado correto, sendo este dispositivo um Poka-Yoke de prevenção.

2.4.7 Gestão Visual

Entende-se que a gestão visual corresponde a uma ferramenta que permite a todos compreenderem como andam as coisas, sem ter a necessidade de perguntar a ninguém ou ligar um único computador. Pode-se definir a gestão visual como um sistema de planejamento, melhoria contínua e controle que possui ferramentas visuais como quadros informativos e identificações simples que através de uma pequena olhada perceba-se a situação atual dos processos no ambiente de trabalho, ajudando a focalizar nos processos e não em pessoas.

O uso da gestão visual resulta nos seguintes benefícios para a empresa: Aumento da rapidez de resposta na ocorrência de anomalias; Melhoria da compreensão sobre o funcionamento da produção; Visualização imediata do alcance- ou- não da meta estabelecida para a performance diária dos processos; Aumento da conscientização para eliminação de desperdícios; Melhoria da capacidade de estabelecer e apresentar prioridades de trabalho e Visualização imediata dos procedimentos operacionais padrão utilizados (WERKEMA, 2011).

A Figura 2.10 mostra um exemplo de quadro Andon, onde eram registrados todo e qualquer problemas caso houvesse, e os resultados em tempo real.



LINE PERFORMANCE BOARD										15
Plant	HEMA	SMV	5.7	Tot. Op.	9.0	Planned Qty	65.92	See Start Date	02.01.11	
Stage	02.5.1.0015	Targets	70	Tot. Hrs	1	Tot. Output Qty	976	See End Date	02.01.11	
Time	Input	Output	Planned	Revised	Revised	Efficiency	Remarks			
07:30-08:00	5	80	70	58	2	85.7	50.00			
08:00-08:30										
08:30-09:00										
09:00-09:30										
09:30-10:00										
10:00-10:30										
10:30-11:00										
11:00-11:30										
11:30-12:00										
12:00-12:30										
12:30-13:00										
13:00-13:30										
13:30-14:00										
14:00-14:30										
14:30-15:00										
15:00-15:30										
15:30-16:00										
16:00-16:30										
16:30-17:00										
17:00-17:30										
17:30-18:00										
18:00-18:30										
18:30-19:00										
19:00-19:30										
19:30-20:00										
20:00-20:30										
20:30-21:00										
21:00-21:30										
21:30-22:00										
22:00-22:30										
22:30-23:00										
23:00-23:30										
23:30-00:00										
TOTAL										
Qty	Input	Output	Planned	Revised	Revised	Efficiency	Remarks			
07:30	230	230	230	230	73.5	23.33	03.00	02.01.11		
08:00	530	530	530	530	80	28.33	03.00	02.01.11		
08:30	430	430	430	430	93	37.33	03.00	02.01.11		
09:00	890	890	890	890	79.0	27.33	03.00	02.01.11		

Figura 2.10 - Exemplo de Quadro Andon na produção.

2.5 - KAIZEN

O Kaizen motiva a melhoria contínua de todos os processos já existentes na organização, uma vez adotada essa prática em todas as áreas, os resultados também são

melhorados, para isso, a gestão deve identificar a existência de resultados negativos, através do monitoramento sistemático dos processos que norteiam a operação, o que indicará uma falha no processo.

Para a consolidação da estratégia Kaizen, ao implementá-la, a gestão da organização deve determinar uma política muito cuidadosa e clara. Em seguida um cronograma de implementação deve ser estabelecido e demonstrado para a liderança, como prática do procedimento kaizen.

As melhorias podem ser classificadas como Kaizen ou inovação. Kaizen significa pequenas melhorias como resultado de esforços contínuos. A inovação envolve uma melhoria drástica como resultado de um grande investimento [...] (IMAI, 2014).

2.5.1 - Ciclos PDCA/SDCA

Uma vez que sua abordagem é orientada por processos, deve ser utilizado como prática várias estratégias de Kaizen, uma delas é o uso do ciclo planejar-executar-verificar-agir (PDCA) e padronizar-executar-verificar-agir (SDCA) (Ver Figuras 2.11 e 2.12), uma vez que tais ciclos garantirão a continuidade do Kaizen, obtendo uma política de padrões de manutenção e melhoria.

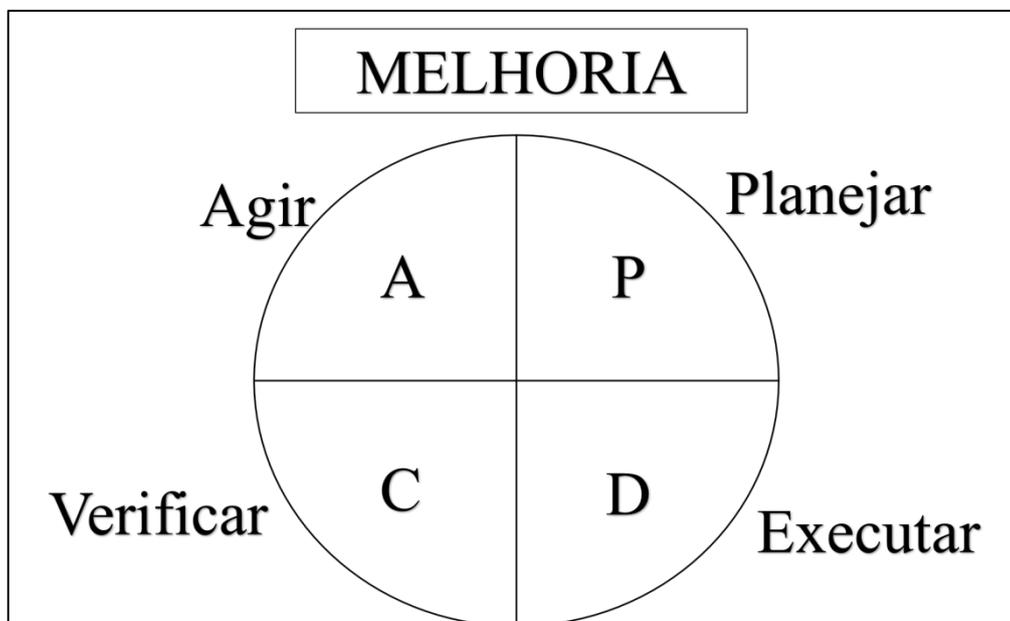


Figura 2.11 – O ciclo planejar-executar-verificar-agir (PDCA).
Fonte: IMAI (2014).

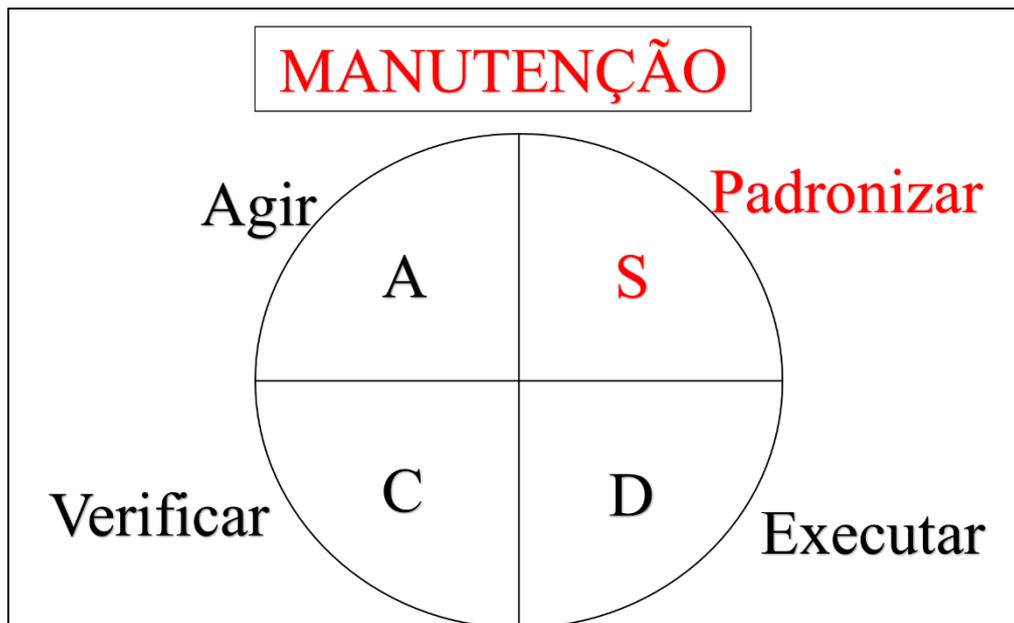


Figura 2.12 – O ciclo padronizar-executar-verificar-agir (SDCA).
 Fonte: IMAI (2014).

Segundo RODRIGUES (2016), deve-se “rodar” o PDCA no final de cada ciclo de produção ou ao identificar um desvio. A utilização contínua do PDCA em um processo leva o seu gestor a identificar a estabilização do processo, esse é o momento para a padronização.

No nível do time operacional da organização, a fim de manter a política de melhoria contínua, se faz necessária a utilização de uma variação do PDCA, na qual o P do planejamento é trocado pelo S de standard, que significa padrão, isso deve ser feito de maneira periódica, promovendo o controle e a manutenção da política adotada.

Todas as vezes que se atingir um padrão, obrigatoriamente deve-se buscar melhorias, a qual promoverá uma nova revisão do padrão anterior, empregando-se um padrão novo e mais eficaz, conforme demonstra a Figura 2.13.

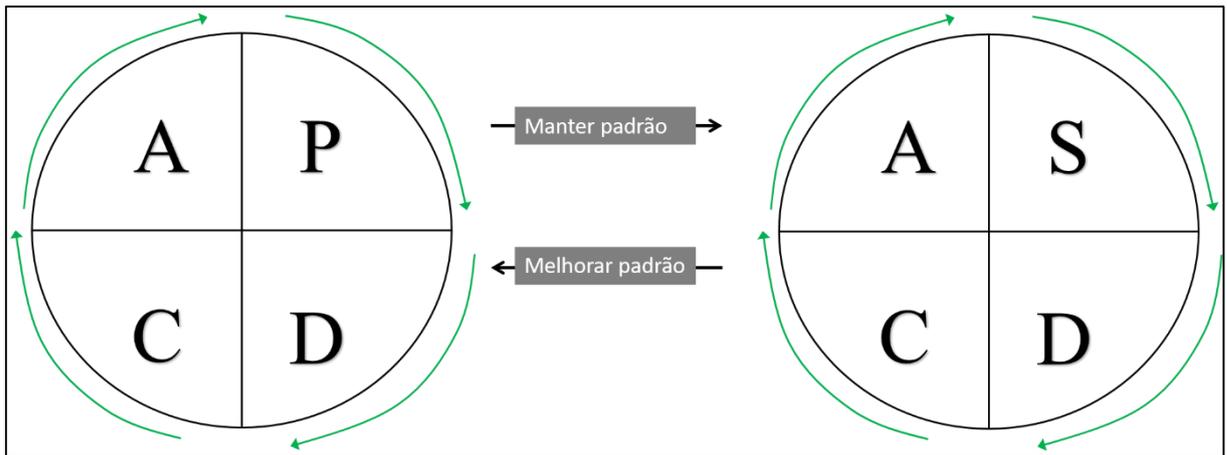


Figura 2.13 – PDCA *versus* SDCA.
 Fonte: RODRIGUES (2016).

2.6 TEMPOS E MÉTODOS

Podemos afirmar que o processo produtivo de uma determinada empresa é uma área prioritária e crítica, uma vez que toda demanda de produção é operacionalizada nele através de uma sequência lógica de operações dentro de um tempo determinado para se alcançar alguma meta de produção. Uma linha de montagem deve ser continuamente analisada pela área de Engenharia de Produção, objetivando identificar de forma sistemática oportunidades de melhorias em todo processo, tal fator é possível aplicando técnicas de cronoanálise, balanceamento, estudo de layout, etc.

Diante do exposto, o estudo dos tempos e métodos é uma ferramenta que determina a capacidade produtiva de uma linha de montagem, gerando informações para a tomada de decisões e contribuindo significativamente na excelência de suas atividades. Dentro do estudo dos tempos e métodos temos a cronoanálise que permite a racionalização industrial.

Segundo PEINADO e GRAEML (2007), o estudo de tempos e movimentos apresenta maneiras que submetem a uma detalhada análise de cada operação de uma dada tarefa, com o objetivo de eliminar elementos desnecessários à operação e determinar o melhor e mais eficiente método para executá-la, ou seja, fazendo a tarefa proposta com o menor esforço possível.

Conforme BARNES (1977) o estudo de tempos e movimentos tem como objetivo a padronização de sistemas e métodos, determinando o tempo gasto para uma pessoa

qualificada e devidamente treinada para a execução da tarefa, trabalhando em um ritmo normal, visando priorizar um método mais econômico

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL DA EMPRESA

O Estudo de caso foi realizado em uma empresa nacional, situada no Polo industrial de Manaus, cujo processo é totalmente voltado para fabricação de placas de circuito impresso destinadas a vários segmentos (TV, Telefonia móvel, PCs, Notebooks, etc.), formado por etapas que vão desde a SMT, onde são montados na placa os componentes de menor porte, através de máquinas insersoras automáticas, até a fase de complementação (Figura 3.1). Tal empresa possuía mais de 30 anos de experiência nessa área.

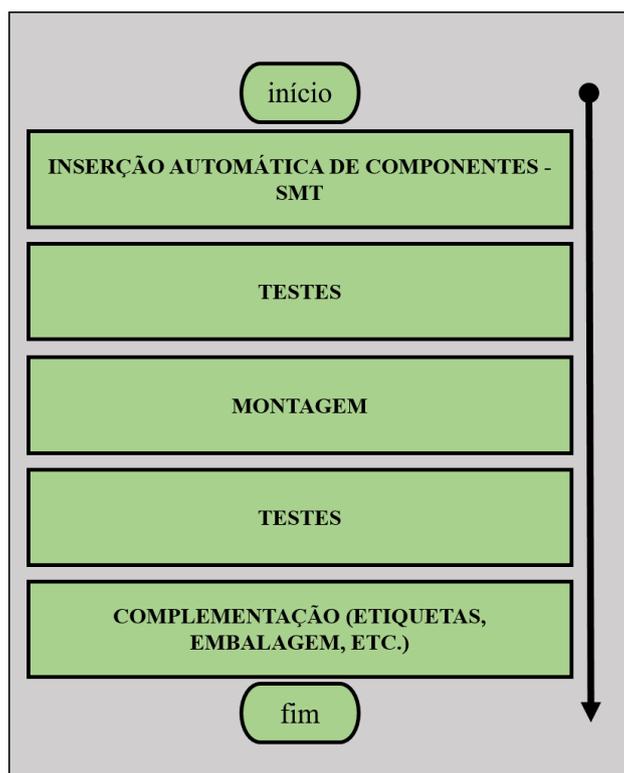


Figura 3.1 - Fluxo do processo de fabricação de placas de circuito impresso.

Ao adquirir novas oportunidades de negócio, como por exemplo a obtenção de novos clientes, a empresa decidiu realizar um mapeamento em toda sua operação, a fim de identificar quais fatores poderiam contribuir para o seu crescimento e quais fatores

poderiam atrasar ou impedi-la de evoluir, tendo em vista sua visão atual referente ao mercado, cada vez mais competitivo e ágil.

Atualmente, a rápida ascensão tecnológica, o efeito da globalização e a crescente busca pela excelência no atendimento ao cliente provocaram nas empresas uma grande preocupação no sentido de se alinhar os processos internos com a estratégia da organização e com as necessidades de seus clientes (ARAÚJO *et al.*, 2011).

O alinhamento dos processos entre si e a estratégia, por meio de metodologias de gerenciamento e da gestão dos processos, é um passo definitivo para transformar a organização funcional em um sistema processador de produtos e serviços. Assim a organização é capaz de reagir e se adaptar rapidamente às mudanças do ambiente, obtendo vantagem competitiva frente ao mercado em que está inserida (ALBURQUERQUE e ROCHA, 2007).

Para que se alcance o sucesso no desenvolvimento de um Plano Estratégico para a criação de uma nova cultura, é essencial começar por uma avaliação do estado atual. Esta avaliação começa pela compreensão equilibrada das necessidades da empresa em termos de Fornecedores, Pessoas, Processos, Produtos e Clientes, ou seja, o Negócio.

Através da avaliação, a empresa pôde identificar fatores que agregavam e outros que não estavam alinhados com seus novos desafios, formados pela obtenção de novos clientes com características diferentes dos clientes anteriores, pois exigiam um alto padrão de qualidade devido seus produtos serem conhecidos mundialmente de forma positiva, uma vez que utilizavam tecnologias de ponta. A Figura 3.2 demonstra o resultado do cenário atual da empresa.

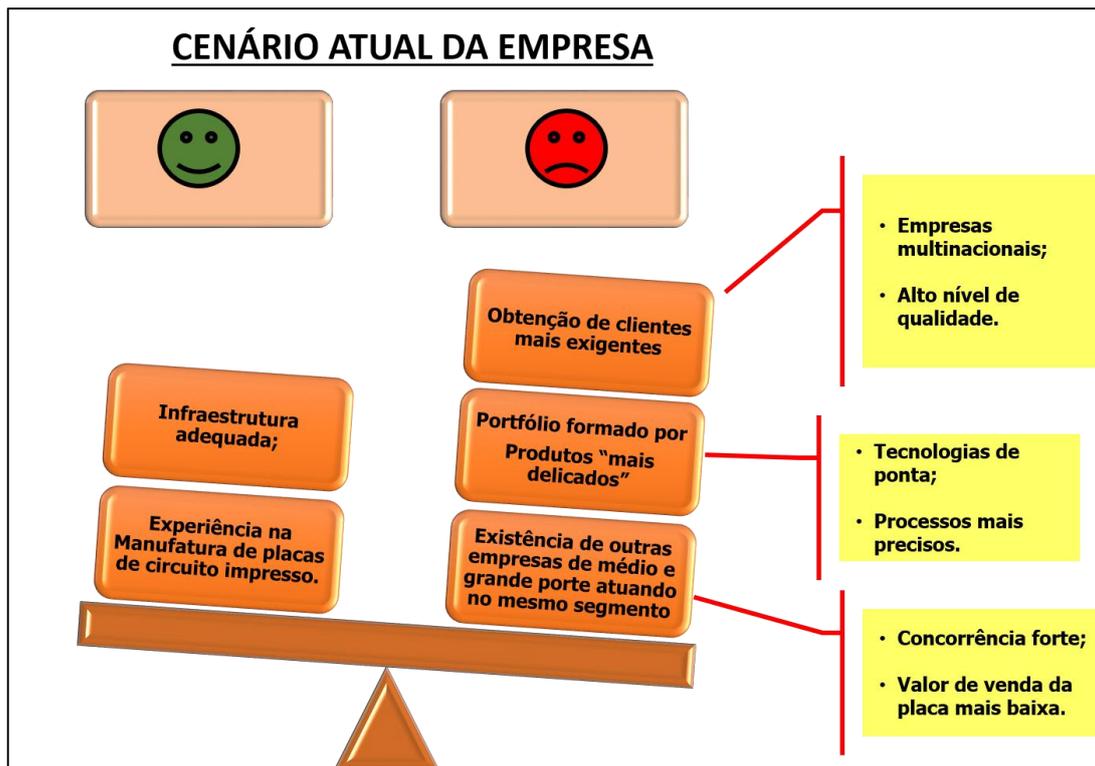


Figura 3.2 - Resultado da análise do cenário atual da empresa.

Fatores que agregavam:

- Infraestrutura adequada, através do seu parque de máquinas, equipamentos, instrumentos, estrutura predial, etc. O que permitia uma alta capacidade de produção, quando utilizados na sua plenitude e compatibilidade com o seu tipo de operação, o que favoreceu a obtenção de novos clientes; e
- Experiência na manufatura de placas de circuito impresso, por meio de seu time formado por pessoas estratégicas, atuantes na área há mais de 30 anos.
- Fatores não alinhados:
- Obtenção de clientes mais exigentes, como por exemplo, empresas multinacionais conhecidas mundialmente, através de seus produtos com alto nível de qualidade. Tal fator era relevante, uma vez que a empresa tratada nessa dissertação era habituada em fabricar placas para clientes nacionais, cujo padrão exigido não era expressivo;
- Portfólio formado por produtos “mais sensíveis”. Com a conquista de novos clientes, cujo perfil era mais exigente que os atuais, seus produtos utilizavam tecnologias de ponta, demandando um processo mais preciso. O fator estava desalinhado com as metodologias utilizadas na empresa, devido sua prática em

manufatura de produtos com tecnologias menos avançadas, ou que não exigiam um alto nível de precisão, podemos exemplificar, placas utilizadas em TVs de marcas nacionais; e

- A Existência de outras empresas de médio e grande porte atuando no mesmo segmento, ocasionavam um parâmetro de alerta constante para a empresa estudada, dada a concorrência forte, pois se tratavam de organizações bem estruturadas as quais utilizavam políticas enxutas, alto nível de qualidade e valor de venda da placa mais baixa.

3.2 - IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN* MANUFACTURING

Após identificar o cenário atual, o próximo passo é a tratativa dos fatores desalinhados, ou seja, a empresa decidiu adotar uma cultura de melhoria contínua onde se questione continuamente sobre onde, e por que existem ocorrências de problemas, não apenas em algumas áreas, mas em todo seu processo interno, caso contrário não seria possível manter sua sobrevivência, dessa forma, iniciou-se a implementação da Metodologia *Lean Manufacturing*, a qual através de seus princípios, como a Busca da perfeição, tornará sistemática a prática de melhorar sempre.

Segundo RODRIGUES (2016), um lema que não se pode esquecer nas organizações que buscam o Sistema *Lean* é o de que sempre é possível melhorar.

Com uma visão ampla da situação atual e uma visão do Estado Futuro, assim como o conhecimento de antecedentes e as prioridades, o plano de ação pode começar a ser criado.

Há oito passos para a implementação e manutenção de melhorias *Lean*:

- Ganhar o compromisso da Gestão;
- Identificar o processo ou a cadeia de valor;
- Treinar os funcionários em conceitos *Lean*;
- Mapa do estado atual do processo ou da cadeia de valor;
- Identificar as métricas *Lean* que melhor se adequam à organização;
- Mapa do Estado Futuro do processo ou cadeia de valor;
- Desenvolver projetos *Kaizen* para atingir o Estado Futuro;
- Implementar o Estado Futuro.

Seguidamente, na Figura 3.3, será apresentado um modelo de implementação *Lean*, dividido em várias fases. Este modelo serve de complemento às ações definidas anteriormente. Podemos ver a evolução de uma jornada *Lean* durante várias fases do modelo de implementação.

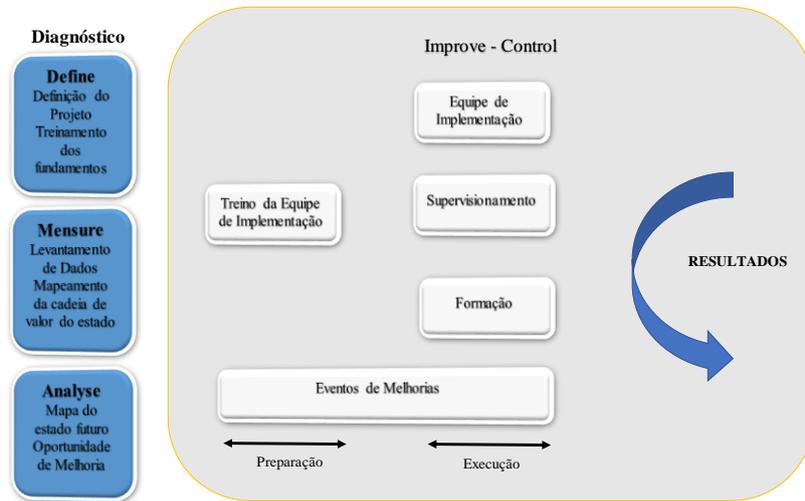


Figura 3.3 - Modelo de Implementação do *Lean*.

Através do plano de ação, demonstrado na Figura 3.4, a empresa iniciou a implantação da cultura *Lean*.

Plano de Ação				
Objetivo: Implantação de sistema baseado em princípios da produção <i>Lean</i>				
O que?	Como?	Quem?	Quando? (Início – Fim)	Status
Fase conceitual	Formação / Ação – Aplicação de treinamentos explicando a cultura <i>Lean</i> ; princípios Kaizen	Responsável 1	05/Mar – 20/Mar	Fechado
Fase produtiva	Projeto Piloto	Responsável 2	21/Mar – 21/Ago	Fechado
Fase autônoma	Sistematização do envolvimento e motivação	Responsável 3	21/Mar – 01/Ago	Fechado
	Criação de equipes piloto	Responsável 3	21/Mar – 30/Mar	Fechado

Figura 3.4 - Plano de Ação para Implantação baseado em princípios da produção *Lean*.

3.3 - ANÁLISE DE PROCESSO

Todavia neste estudo de caso, trataremos a fase produtiva listada no plano, formada pelo projeto piloto que consistiu na identificação de oportunidades de melhorias, cujos parâmetros utilizados para a definição de prioridades, foram: Qualidade e Custo.

Ou seja, por meio do time de engenharia da empresa, foi realizado um mapeamento de processo, a fim de se identificar os processos mais críticos, aqueles cujos resultados eram insatisfatórios a nível de qualidade e custo.

Pode-se ver na Figura 3.5, o desdobramento do projeto piloto, formado pela análise dos processos, onde foi possível detectar que o processo de montagem de placas de circuito impresso para notebook era crítico, uma vez que estava dentro dos parâmetros de análise: Maior índice de defeitos, número elevado de retrabalhos e número elevado de mão de obra, mais especificamente falando da fase manual do processo.

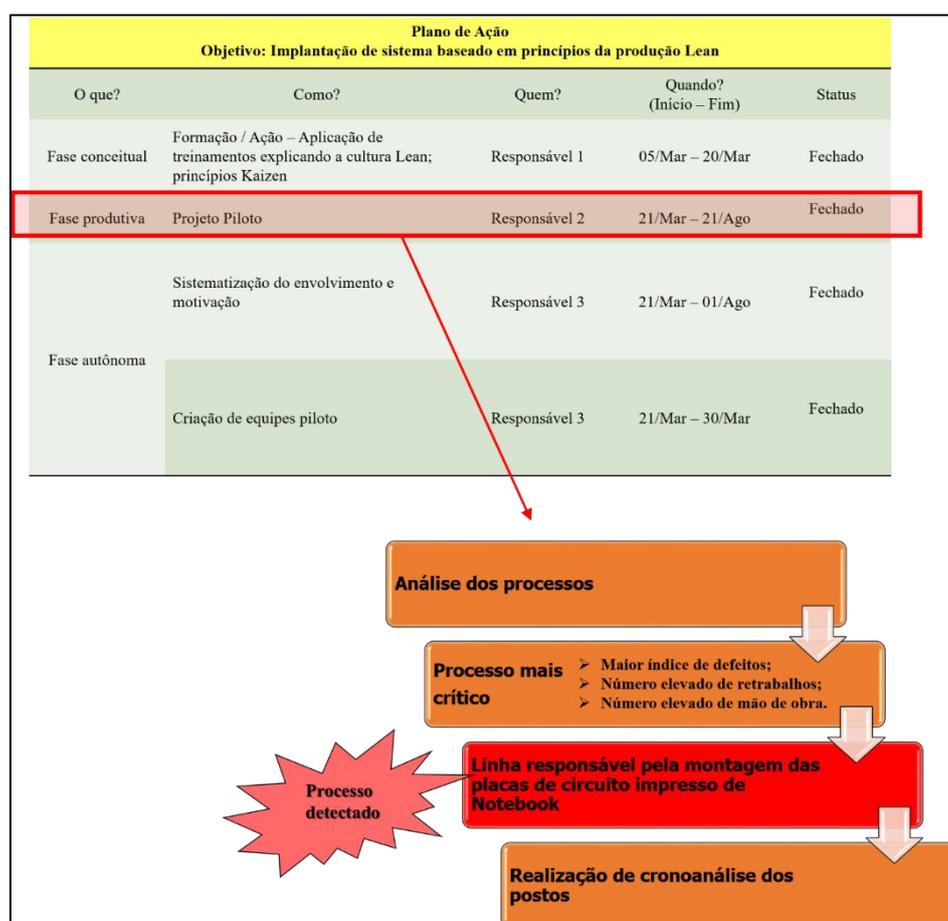


Figura 3.5 - Desdobramento da fase tratada no estudo de caso.

Segundo MARCONI e LAKATOS (2002) a pesquisa aplicada “caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade”. A pesquisa aplicada tem por objetivo comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos, e fazer a sua aplicação de acordo com as diferentes necessidades humanas (OLIVEIRA, 2001). Logo, quanto à natureza, a presente pesquisa classifica-se como aplicada, pelo seu interesse prático, com a aplicação efetiva da pesquisa no intuito de propor uma nova metodologia de gestão de processos ligada à operação de uma organização.

A pesquisa bibliográfica tem a finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou registrado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritas de alguma forma, tanto publicadas quanto gravadas. Já a pesquisa documental utiliza-se de documentos provenientes dos órgãos que realizaram as observações, sendo composta por materiais ainda não elaborados (escritos ou não), e que servem como fonte para a pesquisa científica (MARCONI e LAKATOS, 2002).

Nesta fase foi realizado, os tempos do processo produtivo e identificado os seus desperdícios, os transportes necessários e desnecessários e os movimentos típicos e atípicos dos operadores de determinados postos de trabalho recorrendo-se a análises visuais, entrevistas informais não documentadas, observações instantâneas, cronometragens e modelagem do processo estudado.

Uma vez identificado o processo crítico, iniciou-se a análise do mesmo. Pode-se visualizar na Figura 3.6 a estrutura do processo atual, através do layout da linha de produção onde a placa principal de notebook era manufaturada, a figura também mostra as etapas do processo: Montagem, Teste FCT e Complementação.

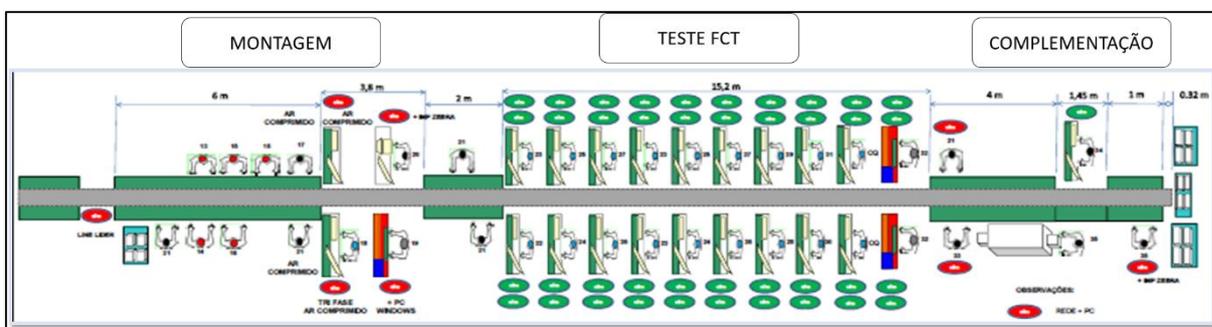


Figura 3.6 - Layout atual da linha referente processo de montagem da placa principal.

As cronoanálises de todos os postos foram realizadas, identificou-se que a linha possuía um efetivo direto de 48 pessoas subdivididas em 18 manufaturistas na montagem/complementação e 20 colaboradores na área de testes FCT. A linha produzia 1100 placas/dia e com uma produção média de 144 placas hora.

A Tabela 3.1, demonstra que devido a quantidade maior de pessoas na fase de teste FCT, a mesma representa 42% do custo do processo, tal fator motivou a equipe a focar as análises nessa fase do processo.

Tabela 3.1 - Custo de Mão de Obra direta.

Itens	Custo / Qtd	%
Custo por M.O c/ encargos	R\$2.398,83	-
Quantidade de M.O direta total do processo	48	-
Custo total do processo	R\$115.143,84	-
Custo M.O da fase complementação / embalagem	R\$43.178,94	38%
Custo M.O da fase de teste FCT	R\$47.976,60	42%

Além do custo elevado, a fase de teste FCT apresentava uma quantidade excessiva de retrabalho nas placas, devido ao número elevado de tarefas manuais, os operadores necessitavam manusear muitas vezes com as placas, ocasionando defeito nas mesmas, uma vez que seus componentes eram extremamente sensíveis ao contato manual. Outro ponto negativo nessa fase, era o espaço disponível para os postos de testes, devido ao número elevado de pessoas. Portanto tais fatores não favoráveis, também motivaram concentrar os esforços para as análises na fase de teste FCT, conforme demonstra a Figura 3.7.

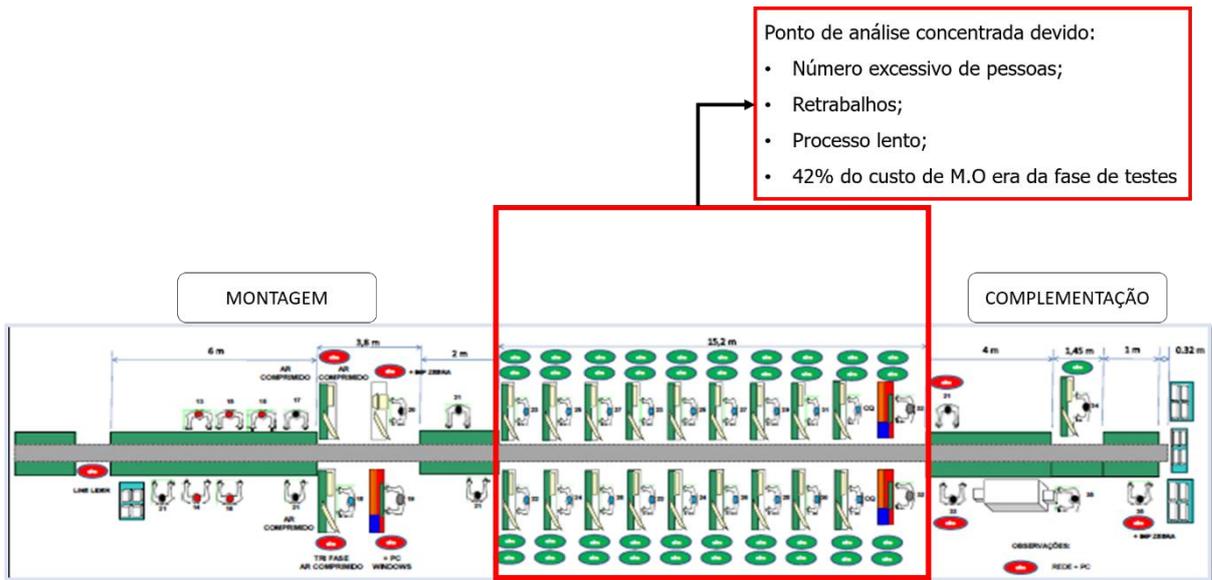


Figura 3.7 - Área de concentração da análise.

Com a análise realizada, observou-se que poderíamos trabalhar na supressão e redução dos postos de testes, considerando que o tempo de teste total era de 8 minutos. Detectou-se que cada colaborador ficava esperando em torno de 5 minutos aguardando a realização do teste até porque precisava interagir com o mesmo, como desligar cabo auxiliar, conectar usb, hdmi e demais cabos, conforme o sistema de teste exigisse, ou seja, com grande desperdício de tempo. A Figura 3.8 mostra a quantidade excessiva de tarefas manuais executadas em cada posto de teste, e a Figura 3.9 demonstra um dos postos de teste.

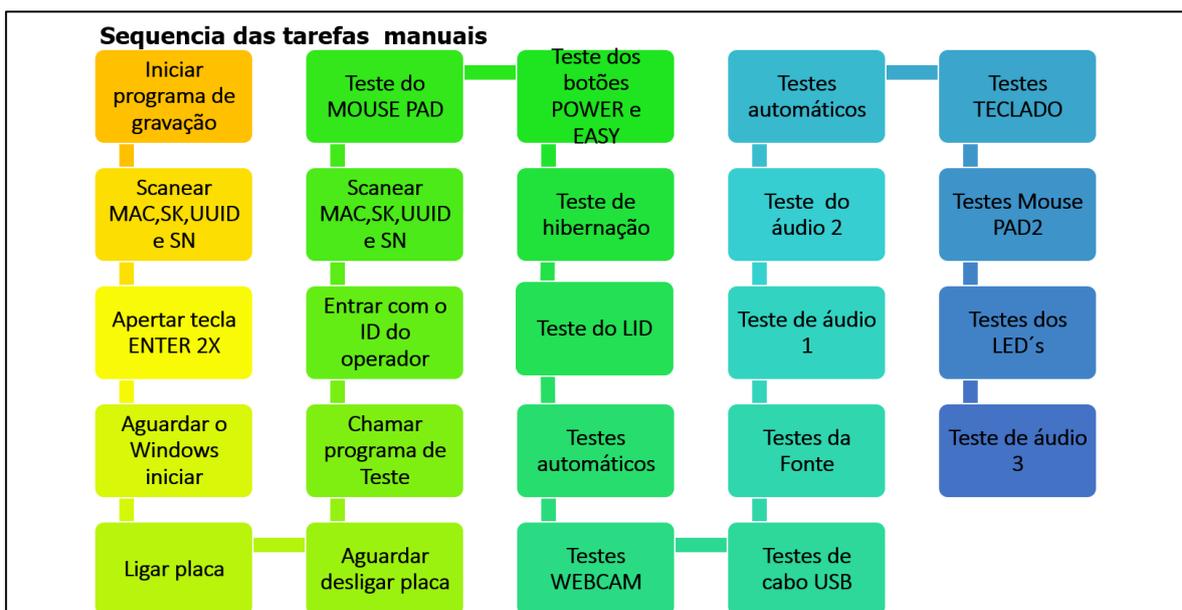


Figura 3.8 - Tarefas manuais executadas nos postos de testes.



Figura 3.9 – Posto de teste em operação.

Ressaltando que esse tempo de espera não permitia que o operador realizasse outras atividades, pois durante o processamento do teste o mesmo necessitava interagir com o sistema por meio de troca de conexões, acionamento de teclas, etc.

Gargalos identificados, após conclusão das análises dos postos de testes:

- Operação de teste FCT com tempo de espera elevado;
- Manuseio excessivo com a placa, devido a 90% das tarefas serem manuais, causando índice de defeitos fora do limite aceito pela área de qualidade;
- Existência de retrabalhos;
- Custo de M.O elevado;
- Espaço da linha de montagem não comportava a quantidade de postos de testes tornando o espaço reduzido e apertado, tal fator causava uma poluição visual no lay out.

3.4 - SOLUÇÃO DAS PROBLEMÁTICAS

Reuniões sistemáticas foram realizadas com o time, cuja solução apresentada pela Engenharia de Testes foi a criação de um JIG automático, o qual realizaria todo o processo de teste, sem a interação do operador com o JIG.

Dessa forma o operador teria contato com a placa duas vezes, ao conectá-la no JIG e ao desconectá-la.

A criação do JIG consistiu no desenvolvimento de um software que realizará os testes através de um computador, cujas características estão descritas abaixo:

- Tarefas automatizadas;
- Tempo de teste padronizado (Variação do tempo de teste < 5%);
- Rastreabilidade total dos testes realizados, uma vez que o mesmo possuirá interface com o Software responsável pela rastreabilidade do processo de manufatura;
- Tempo de setup da linha menor que 1h (linha com 25 estações com 02 técnicos realizando o setup);
- Tempo de manutenção corretiva menor que 15min por estação;
- Operação compartilhada (n estações por operador, $n > 1$, onde $n \Rightarrow f(\text{modelo})$.
Com Características Inovadoras como mostra abaixo:
- O desenvolvimento de partes eletromecânicas, para automatizar os processos antes feitos pelos operadores;
- Desenvolvimento de um hardware para simular operações de uso do teclado, que era antes utilizado pelo operador;
- Desenvolvimento de um software controlador que fará o julgamento do resultado do teste em vez do operador.

Este novo conceito, fará com que o operador ou à máquina tenha autonomia de paralisar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade. A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção.

3.5 - IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

Dessa forma, montou-se um Plano de Ação, demonstrado na Tabela 3.2, com as ações a serem realizadas pelo time, o que possibilitará a implementação do novo JIG na linha do processo de montagem da placa principal de notebooks.

Tabela 3.2 - Plano de Ação para implementação do novo JIG.

Plano de Ação		
Melhoria / Solução: Implementação de um novo JIG de teste 100% automático		
O que?	Quem?	Quando?
Readequação do layout da linha com base no novo Jig automático	Engenharia de Produção / Manutenção Industrial	7 dias
Treinamento dos operadores nos novos jigs	Engenharia de Testes	3 dias
Implantação de novos jigs de forma não gerar custos elevados com hora extra, retrabalho, parada de linha	Engenharia de Testes / Engenharia de Produção	5 dias
Aproveitamento dos operadores retirados da linha para outras áreas	Engenharia de Produção	2 dias

A organização do layout consistia em readequar a área existente, de maneira que um operador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo com isso, aumentar a eficiência da produção, tal fator foi possível devido a automatização da maioria das tarefas operacionalizadas nos postos de testes. Na Figura 3.10 é possível identificar quais atividades passaram a ser realizadas pelo JIG, sem a intervenção do operador.

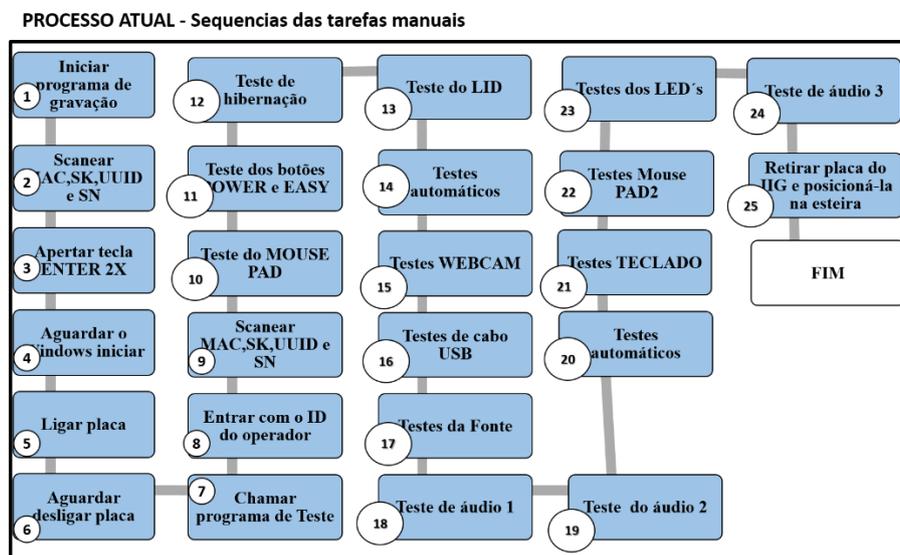


Figura 3.10 - Etapas do Processo de Teste Automático.

Dessa forma, cada posto de teste, passaria a obter um layout composto por 4 JIGs, conforme demonstra a Figura 3.11.

O Posto de teste passaria a obter apenas as tarefas de conectar e desconectar as placas no JIG, o tempo de espera será eliminado, pois enquanto uma placa estivesse sendo

testada o colaborador estaria fazendo as conexões de outra placa e assim sucessivamente até o JIG 4.

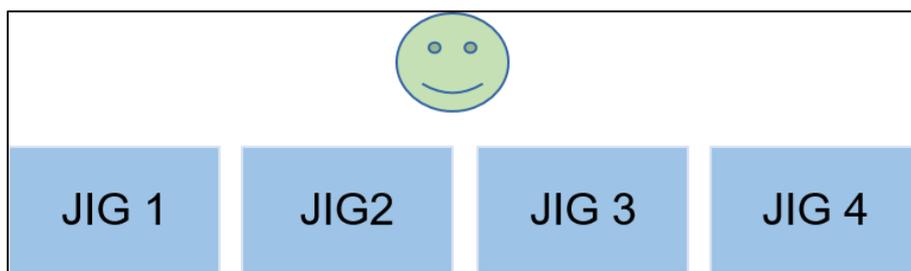


Figura 3.11 - Posto de teste.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - ANÁLISE COMPARATIVA ANTES X DEPOIS

A Cronoanálise permitiu uma visão ampla do processo, possibilitando enxergar os pontos críticos do mesmo, uma vez que dentro da cronoanálise foram realizados os mapeamentos necessários.

Com a nova proposta de melhoria na área dos testes, os ganhos foram efetivamente grandes, considerando que cada colaborador ficaria testando 4 placas simultaneamente, ao invés de uma. Houve uma redução de 14 postos de testes, ficando somente 6 postos de testes, resultando em ganhos de mão de obra e ganhos de espaço no novo Lay Out da linha estudada.

A implementação do novo JIG, permitiu o aumento da capacidade de produção da linha, utilizando a mão de obra e o espaço que foram suprimidos, vale também ressaltar que os ganhos foram também de qualidade, pois os testes ficaram 100% automáticos, e não dependiam mais da decisão do colaborador de aprovar ou reprovar o produto, após a implementação dos JIGS nova cronoanálise foi realizada, a fim de permitir uma visão dos ganhos.

A Figura 4.1, demonstra a quantidade de tarefas manuais que norteavam o processo, apesar de existir um JIG que realizava o teste funcional na placa, o mesmo necessitava de intervenções do operador para iniciar ou finalizar alguma função no software, conectar ou desconectar algum conector, etc. Já no novo cenário, foi possível obter a eliminação de tarefas manuais, ou seja, das 25 tarefas que norteavam o processo, 22 passaram a ser realizadas de forma independente pelo novo JIG de teste.

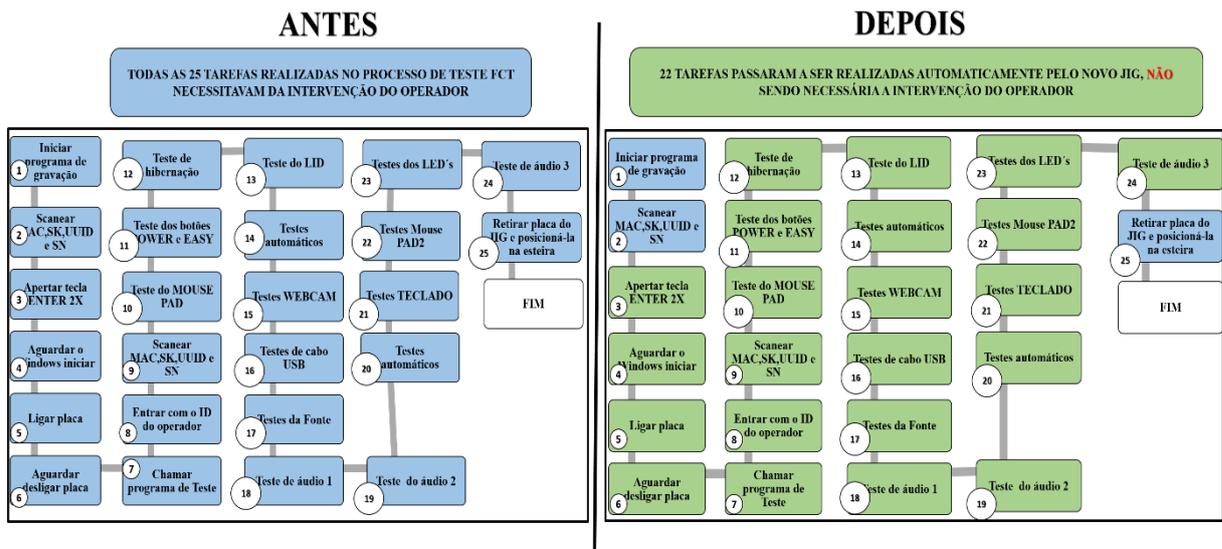


Figura 4.1 – Sequência das tarefas – antes x depois.

Dessa forma a empresa ganhou um novo processo de teste FCT para as placas principais de notebook, conforme demonstra o fluxo da Figura 4.2.

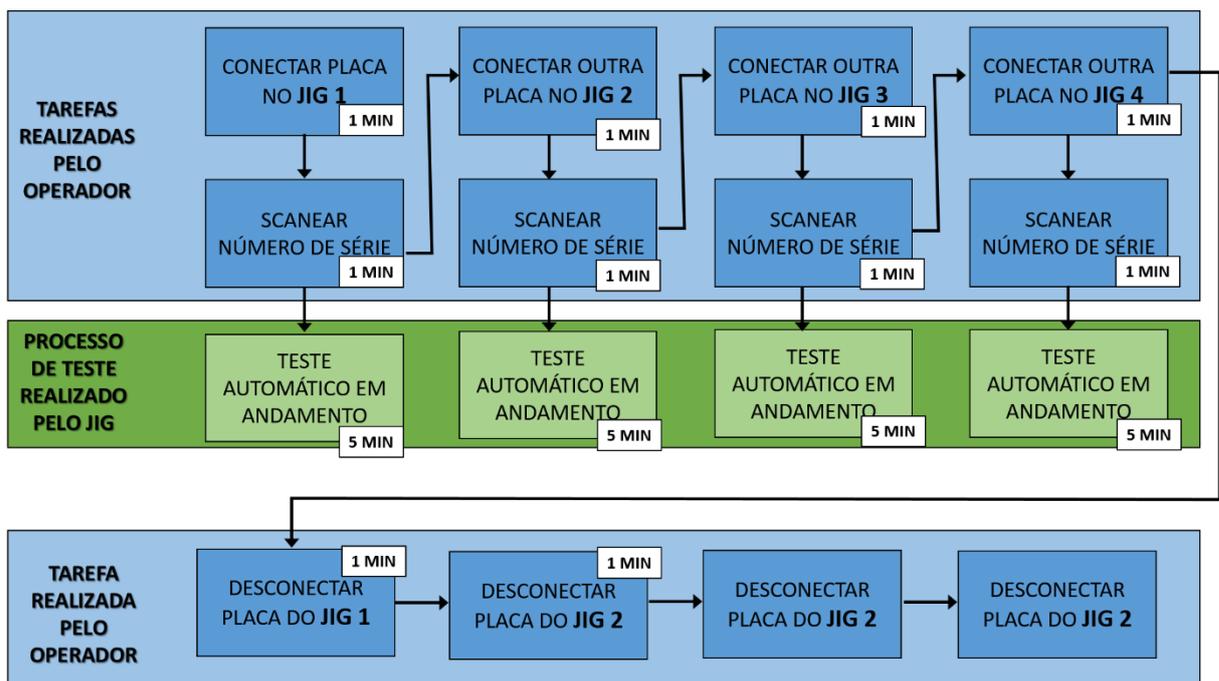


Figura 4.2 – Novo fluxo do processo.

Com a implantação do novo fluxo, foi possível eliminar:

- Tempo de 5 minutos de espera;
- Processo de teste totalmente dependente do operador;
- Excesso de postos de teste na linha de produção, causando espaço inadequado.

Na Figura 4.3, podemos visualizar a nova configuração de cada posto de teste, após a implantação do JIG, ou seja, antes um posto produzia uma placa a cada 8 minutos, sendo 5 minutos dedicados a operacionalização do teste em si, com a ajuda de um operador.

Na nova configuração, os 5 minutos deixam o operador “livre” para iniciar outro teste em outro JIG, eliminou-se portanto um gargalo significativo, o tempo de espera, possibilitando o processamento de testes em 4 placas simultaneamente por posto.

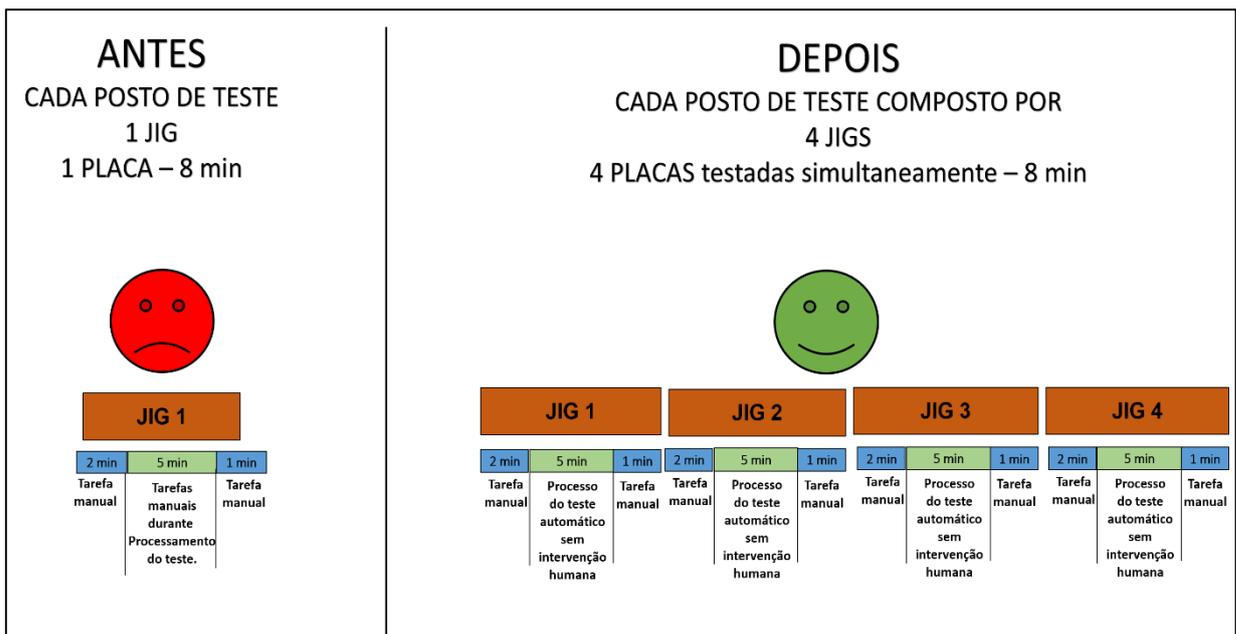


Figura 4.3 – Posto de teste antes x depois.

O novo lay-out dos postos, formado por 4 JIGS e 1 operador, ocasionou um aumento de produtividade, uma vez que no cenário após a melhoria, 1 posto passou a produzir 4 placas a cada 8 minutos, o que antes não permitia.

A Tabela 4.1 demonstra os números referente Tempo da operação, Produção dia e Produção hora.

Tabela 4.1 – Demonstrativo dos números antes e depois da redução de postos.

Quantidade de horas trabalhadas / dia	8,48hrs	
Tempo da operação	8 min	
Produção/hora de cada posto de teste	60 min / 8 min = 8 placas	(arrendodamento)
Produção/hora dos 20 postos de testes existentes	20 postos x 8 placas = 160 placas	
Produção/dia de cada posto de teste	8 placas x 8,48 horas = 68 placas	(arrendodamento)
Produção/dia dos 20 postos de testes existentes	20 postos x 68 placas = 1.360 placas	

Quantidade de horas trabalhadas / dia	8,48hrs	
Tempo da operação	8 min	
Produção/hora de cada posto de teste	(60 min / 8 min) x 4 = 30 placas	
Produção/hora dos 06 postos de testes	6 postos x 30 placas = 180 placas	
Produção/dia de cada posto de teste	30 placas x 8,48 horas = 254 placas	
Produção/dia dos 06 postos de testes	06 postos x 254 placas = 1.524 placas	

Vejamos, antes da melhoria o processo permitia uma produção diária de 1.360 placas, todavia, após a implementação do novo JIG, a empresa passou a obter um processo cuja produção diária aumentou para 1.524 placas, um aumento de 12% da capacidade produtiva. A Figura 4.4, demonstra a evolução dos valores.

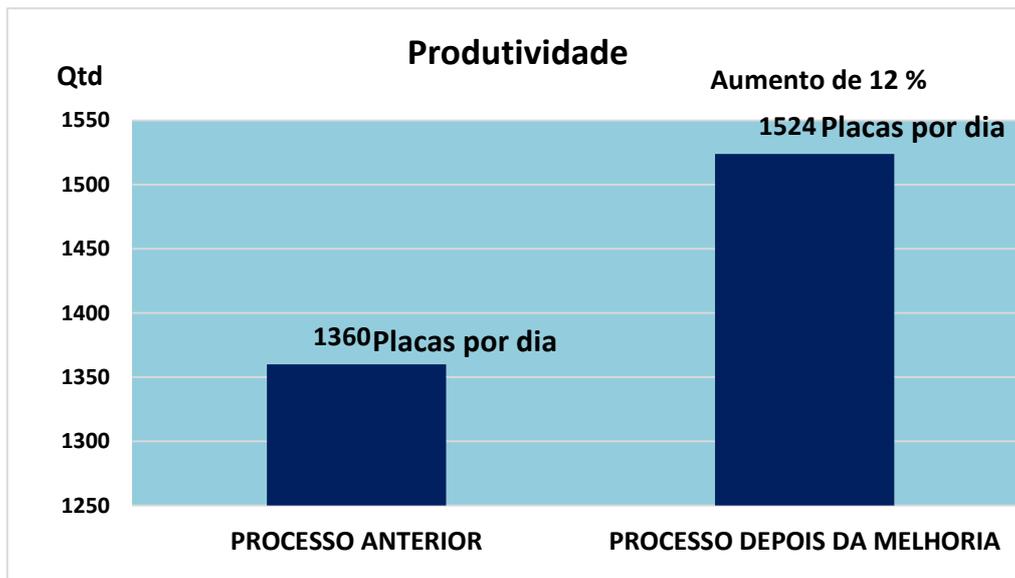


Figura 4.4 – Evolução da produtividade.

A adoção de um novo JIG, possibilitou o enxugamento do processo e da quantidade de mão de obra utilizada, outro ganho significativo a nível de custo, uma vez que antes da melhoria o processo era formado com 20 postos de testes, quantidade a qual foi reduzida com a implementação do JIG para 6 postos.

A Figura 4.5, demonstra graficamente a análise comparativa do processo anterior e o processo atual, após a implementação da melhoria.

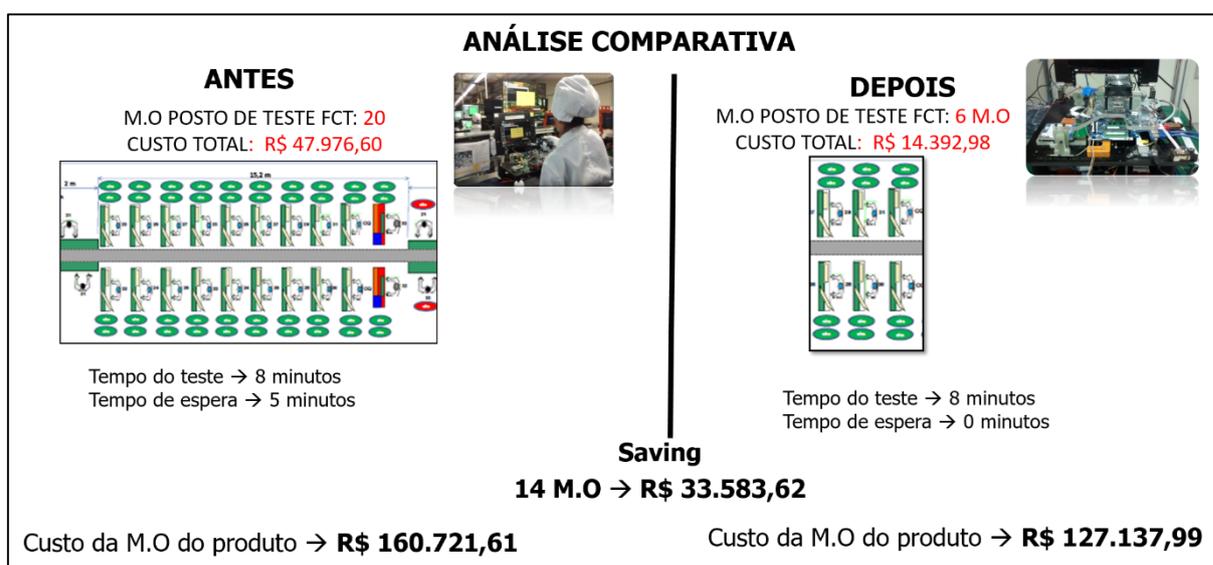


Figura 4.5 – Análise comparativa antes x depois e ganhos.

Antes o processo de testes possuía um custo de R\$ 47.976,60, referente a mão de obra direta total utilizada nessa fase do processo, porém com a redução de mão de obra no processo, a empresa obteve um ganho de R\$33.583,62, custo equivalente aos 14 operadores retirados da fase de testes.

Este estudo de caso permitiu a realização da metodologia de cronoanálise nos postos existentes no processo, cuja ação foi primordial para a identificação dos gargalos, em seguida ações de melhorias foram propostas e implementadas, o que norteou na implantação de um novo JIG como solução para eliminação dos gargalos identificados, consolidando o objetivo geral desse estudo, fala-se da análise do cenário atual de um processo de montagem de placas de circuito impresso de Notebook, a fim de identificar e implantar potenciais melhorias.

Os cenários anterior e atual, foram avaliados com sucesso, baseando-se em dados obtidos na empresa com a determinação de se encontrar soluções para a melhoria da atividade estudada. Foi utilizada a pesquisa de campo, através da verificação direta das ações de produção, fundamentada em relatórios técnicos.

Quando iniciamos a experiência com o novo sistema de testes, as linhas de produção paravam a todo instante, mas à medida que os problemas iam sendo identificados, os números de erros começaram a diminuir vertiginosamente. Atualmente, o rendimento da linha é de 100%, ou seja, as linhas raramente param.

Este sistema também contribuiu para a “garantia da qualidade”, pois a decisão de Placa Conforme ou Não Conforme saiu da decisão do colaborador, tornando o processo mais preciso, uma vez que um sistema com padrões pré estabelecidos decidirá o resultado do teste de forma sistemática e automática, tal fator elimina o risco de erros humanos no processo estudado.

O Novo sistema de testes Automático seria capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação das causas, aplicando mecanismos capazes de detectar anormalidades na operação e ação imediata quando estes desvios são detectados.

A pesquisa buscou compilar informações sobre metodologias de mapeamento e gestão de processos atualmente utilizadas e estudadas nos meios organizacional e acadêmico. Entretanto, as metodologias que não são difundidas nestes meios não foram pesquisadas, já que este estudo não pretende esgotar todos os assuntos tratados. Apenas almeja-se aprofundar suficientemente, em cada tema demonstrando e mesmo que de forma resumida, o entendimento de cada metodologia e de seus benefícios.

Esta pesquisa tem seu campo de atuação circunscrita ao estudo da Redução de desperdício em uma linha de produção de Notebooks. Através dos canais formais estabelecidos e disponibilizados pela empresa, foi realizada a coleta de dados e levantamento documental, com objetivo de aprofundar o conhecimento a respeito do fluxo percorrido por estes desde sua criação ou recebimento até seu destino final, sem, no entanto, se propor a esgotar o assunto. Canais formais mencionados aqui se referem ao POP – Procedimento Operacional Padrão, documentação obrigatória a ser produzida por cada subunidade organizacional, descrevendo passo a passo como executar as suas atividades. Canais formais: são aqueles oficiais, controlados por uma organização.

A partir dos conceitos apresentados no capítulo 2, para o conjunto de técnicas oferecidas pela Produção *Lean*, assim como compreendidos os problemas e objetivos pretendidos por parte da empresa, será apresentado neste capítulo um estudo de caso referente ao desenho de um modelo de implementação destas técnicas. Esta solução tem como objetivo resolver os principais problemas existentes na empresa, eliminar os fatores que levam à criação de desperdícios das operações e da cadeia de valor, sem esquecer a segurança, criar gestão visual, organizar as áreas de trabalho, eliminar operações sem valor acrescentado, aumentar a qualidade e a produtividade, reduzir os estoques e as distâncias percorridas e ainda reduzir o lead time. Porém, a maior preocupação prendia-se com a criação de uma mentalidade *Lean* a toda organização, aumentando a motivação e otimizando recursos e operações.

Tal fase é necessária para que se possa compreender as ferramentas que servirão de apoio à implementação do sistema de Produção *Lean*, e ao mesmo tempo, prepare culturalmente a administração para que esta suporte as mudanças, sem desistências precoces dos objetivos de implementação.

A criação de uma cultura e desenvolvimento de competências *Lean*, através de um programa de formação/ação alargado aos processos da empresa (Desenvolvimento do produto; Vendas; Compras; Logística interna; Produção; Logística externas; Administrativo e financeiro;) é a finalidade desta primeira ação. Esta ação cultural tem como objetivo que exista, por parte dos colaboradores, uma aprendizagem de conceitos, princípios e ferramentas *Lean*, assim como o modo de os implementar e usar. Ajudar a descobrir e identificar desperdícios, procurar eliminar paradigmas antigos que visam dificultar a mudança para o Pensamento *Lean* investindo na formação dos colaboradores serão as metas a atingir.

É de vital importância inculcar nos colaboradores a ideia de Pensamento *Lean*, de modo a criar um propósito de trabalho na resolução dos problemas.

Com o objetivo de aplicar os conceitos do *Lean Manufacturing* para melhorar a, Produtividade, Qualidade e a Capacidade Produtiva da linha de Notebooks, resultados além do esperado foram alcançados de forma a confirmar a contribuição do Sistema Toyota de Produção para uma produção enxuta, com fluxo contínuo e sem desperdícios.

Mediante a realização do mapeamento do fluxo de valor anterior foi possível observar as atividades que não agregavam valor ao processo e através a implantação do plano de melhorias teve como resultado o aumento da produtividade das linhas na produção. A eficiência da MOD (mão de obra direta) aumentou em 53% em relação ao cenário anterior de fabricação do produto.

Após a implantação do projeto de melhoria o indicador de qualidade e produtividade adotado pela empresa, FPY (First Pass Yield), passou a crescer de forma constante mantendo a média de 98%, superando a queda dos anos anteriores e confirmando o aumento de produtividade das linhas, conforme mostra na Figura 4.6.

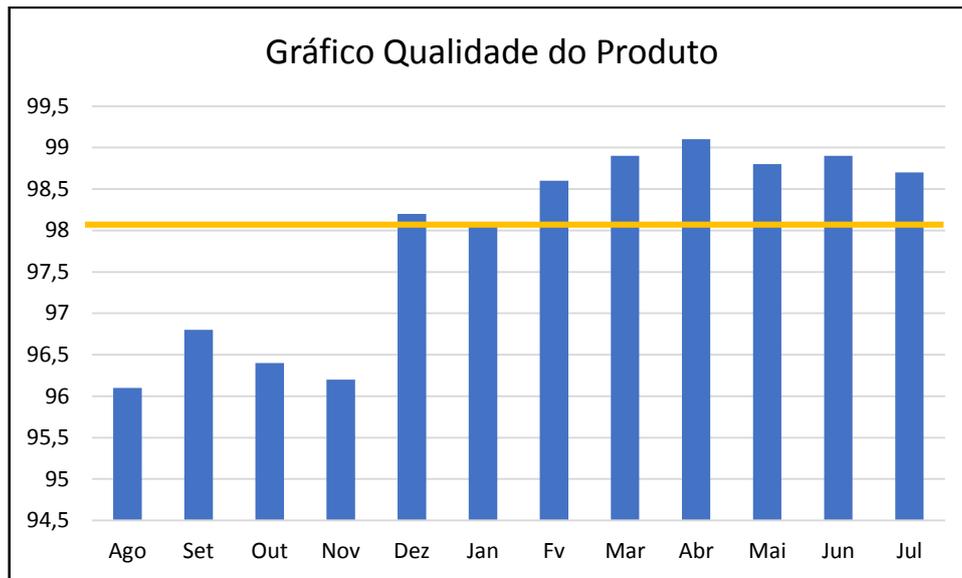


Figura 4.6 - Gráfico de Qualidade.

Mediante a análise feita do mapeamento do estado atual do processo de produção foi possível observar as atividades que não agregavam valor ao produto e identificar as melhorias que poderiam ser implementadas para alcançar o objetivo proposto, logo, o mapeamento do estado futuro e o plano de implementação foi realizado em busca da produção contínua e sem desperdício.

Assim, com os resultados alcançados é visto o aumento da rentabilidade do produto fazendo tornar uma empresa mais competitiva no mercado, pois, com maior qualidade, produtividade e menos perda (desperdício) é possível reduzir o custo do produto para o cliente podendo elevar o volume de produção e assim aumentar a eficiência na utilização dos recursos de produção, gerando ainda mais qualidade e menos desperdício no sistema produtivo. Sendo, portanto, um ciclo de melhoria a seguir.

Logo, este trabalho poderá servir como base para estudos futuros da empresa e para outras empresas que desejam aplicar os conceitos do *Lean Manufacturing*, utilizando as técnicas e ferramentas do sistema para redução do desperdício e fluxo contínuo do processo de produção.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este estudo buscou apresentar as ferramentas da metodologia *Lean* como diferencial na redução de custo em linhas de produção e na eliminação de desperdícios, contribuindo positivamente para o bom desempenho e crescimento da organização que dispôs utilizá-la.

Durante o desenvolvimento do trabalho percebeu-se que os princípios da produção enxuta e suas ferramentas são de suma importância para as organizações, ajudando-as a eliminar desperdícios, diminuindo o custo de produção e elevando o seu nível de serviço.

O objetivo principal deste trabalho foi, utilizando conceitos do *Lean*, realizar análise do cenário atual de um processo específico, onde identificou-se melhorias possíveis de serem implantadas

Com a conclusão da aplicação do método foi possível obter os seguintes resultados:

- Ganho no espaço físico e redução de transportes internos devido ao estudo do layout, o que permitirá aumentar a capacidade;
- Redução de investimento inicial reduzindo ao mínimo necessário a compra de matéria prima;
- Redução de inventário decorrente da implementação de fluxos contínuos e sistemas puxados;
- Com técnicas de redução do tempo de setup, obteve-se flexibilidade e rapidez na entrega de produto, o que conseqüentemente reduziu o lead time;
- Para futuro espera-se que a empresa prossiga identificando e reduzindo os desperdícios existentes de modo a obter maior produtividade;
- Por fim, um sistema de sugestão de ideias permitirá: reduzir custos; melhorar a qualidade do serviço prestado aos clientes; melhorar estações de trabalho; reduzir tempos de execução e tornar os clientes, fornecedores e colaboradores mais satisfeitos.

Desta forma podemos concluir que a Produção *Lean* se trata de uma poderosa ferramenta para qualquer gestor de produção, uma vez que sua aplicação é de fácil assimilação e desenvolvimento. É de esperar que durante a implementação, o modelo

aqui apresentado possa ser alvo de modificações ajustando-se para melhor, de modo a responder de forma mais rigorosa aos objetivos pretendidos.

Neste estudo foi concluída com sucesso a análise de um processo específico de montagem de placa de notebook, após a implementação do sistema *Lean* adaptado à empresa em questão, sendo que esta se insere no ramo da indústria. Dado este modelo ter sido desenhado tendo em atenção os problemas e objetivos da empresa, será interessante visualizar até que ponto será aplicável noutra empresa do ramo de produção, que irá ter outro tipo de problemas e objetivos, assim como outro tipo de produtos e requisitos de produção. Sugere-se também que o modelo criado seja aplicado noutras áreas a fim de ver a sua aplicabilidade, podendo servir de guião genérico, ou no caso de ser necessário proceder a alguma reformulação, tornar o modelo mais completo. Outra sugestão de trabalho futuro é uma análise, promovendo sugestões de processo relacional eficaz e dinâmico entre Engenharias de Teste e Produção, pois durante a elaboração do estudo de caso, foi possível perceber que tais Engenharias se completam e tornam a prática do Kaizen plena, quando sintonizadas. O que se percebeu é que uma alimenta a outra, formando um ciclo sistemático na busca de melhoria contínua.

Finalizando o trabalho, sentimo-nos realizados por desenvolver o estudo sobre um tema tão importante para a indústria, deixando como sugestão de que seja estudada a possibilidade de aprofundar este estudo a outros setores dentro empresa, que de acordo com suas necessidades particulares de cada setor, outras ferramentas poderiam ser utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A.; ROCHA, P. **Sincronismo organizacional**. São Paulo: Saraiva, 2007.

ALMEIDA, D. A., ROSA, E. B. (2007), **Gerência da Produção, Itajubá/MG**: EFEI

ARAUJO, L.C.G, GARCIA, A.A, MARTINES, S. **Gestão de Processos – Melhores Resultados e Excelência Organizacional**, São Paulo, 2011.

ALBUQUERQUE, Alan; ROCHA, Paulo. **Sincronismo Organizacional**. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

ARAUJO, LUIS CÉSAR G de. **Gestão de processos: melhores resultados e excelência organizacional**, 2.ed. São Paulo: Atlas, 2017.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. Ed. São Paulo: Blucher, 1977.

BAUDIN, M (2007). **Working with Machines: The nuts and bolts of Lean operations with Jidoka**. New York: Productivity Press.

CAKMAKCI, M., 2008. “**Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry**”. Engineering Faculty Industrial Engineering Department, Dokuz Eylul University, Bornova, 35100 Izmir, Turkey.

COSTA E. P.; POLITANO P. R.; **Modelagem e mapeamento: técnicas imprescindíveis na gestão de processos de negócios** In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro. 2008.

DAVENPORT, T. **Reengenharia de processos**. S. Paulo, Campus, 1994.

GHINATO, P. (1996), **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-Time**, 1ed. Caxias do Sul: EDUSC.

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando processos empresariais: estratégia revolucionária para aperfeiçoamento da qualidade, da produtividade e da competitividade**. São Paulo: Makron Books, p16, 1993.

HOLWEG, M. “**The genealogy of *Lean* production**”. **Journal of Operations Management**, 2007 420-437.

IMAI, MASAOKI. (1997), **Gemba-Kaizen: A Commonsense, Low-cost Approach to Management**, New York: McGraw-Hill.

JOHANSSON, H. J. *et al.* **Processos de negócios: como criar sinergia entre a estratégia de mercado e a excelência operacional**. São Paulo: Pioneira, 1995.

LIKER, J. K. (2004), **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**, New York: McGraw-Hill.

LIKER, J.; MEIER, D. (2006) **The Toyota Way Fieldbook**. New York, McGraw-Hill.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnica de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MELTON, T. “**The Benefits of *Lean* Manufacturing, What *Lean* Thinking has to Offer the Process Industries**”. MIME Solutions Ltd, Chester, UK, Junho 2005.

MONDEN, Y. **Produção sem estoques: uma abordagem prática do sistema de produção Toyota**. São Paulo, IMAM, 1984.

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

MOURA, R. A. (1989), **Kanban, A Simplicidade do Controle da Produção**, São Paulo, Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais - IMAN.

IMAI, MASAOKI. **Gembra Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**, 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

JUNIOR P. J.; SCUCUGLIA R. **Mapeamento e Gestão por Processos – BPM (Business Process Management)** São Paulo: M. Books, 2011.

PAIM, Rafael; CARDOSO, Vinícius; CAULLIRAUX, Heitor; CLEMENTE, Rafael. **GESTÃO DE PROCESSOS: pensar, agir e aprender** – Porto Alegre: Bookman, 2006.

PEINADO, Jurandir e GRAEML, Alexandre. **Administração da produção (Operações industriais e de serviços)**. Curitiba: Unicenp, p 83, 2007.

PRADELLA, S.; FURTADO, J.C.; KIPPER, L.M. **Gestão de processos da teoria à prática – Aplicando a Metodologia de Simulação para a Otimização do Redesenho de processos**, Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

RODRIGUES, MARCUS VINÍCIUS. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistema de produção *Lean Manufacturing***, 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

ROTHER, M., SHOOK, J. (2003), **Learning to See: value-stream mapping to create value and eliminate muda**, Cambridge: *The Lean Enterprise Institute*.

SLACK, Nigel. Et. AL. **Administração da produção**. São Paulo, Atlas, p 38, 157 e 361, 1996.

SUGAI, M., MCINTOSH, R. I., NOVASKI, O. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**, *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

SUZAKI, KIYOSHI. (1996), **New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement**, New York: A Division of Simon & Schuster.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Editora Werkema, p 6, 1995.

WERKEMA, CRISTINA. **Lean Seis Sigma: Introdução as ferramentas do Lean Manufacturing**, 2ª edição – Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2011;

WERKEMA, C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Vol. 1. Ed.2, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais – Fundação Christiano Ottoni, 1995.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. , **Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection**, *Harvard Business Review*. (1996).