



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Luan Rossetti Mathias

**Aplicação do modelo WID para  
identificação e redução de desperdício em  
uma fábrica**

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

Julho. 2017

## DECLARAÇÃO

Nome:

---

Endereço eletrónico: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Número do Bilhete de Identidade: \_\_\_\_\_

Título da dissertação:

---

---

Orientador(és):

---

Ano de conclusão: \_\_\_\_\_

Designação do Mestrado:

---

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura:

## AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho não seria possível sem o envolvimento e contribuição de diversas entidades, sendo assim, pretendo demonstrar a minha profunda gratidão em particular:

Agradeço inicialmente a Deus, por me proporcionar saúde, lucidez e força. Elementos sem os quais não seria possível essa conquista que contribuirá de forma positiva para uma nova realidade em minha vida profissional e pessoal.

Aos meus pais Jonas de Castro Mathias e Greciane Rossetti pelo carinho, dedicação e terem demonstrado que a educação é o caminho para realização de todos os meus sonhos.

A minha esposa Tatiany Lopes pelo incentivo, paciência e colaboração.

Aos professores da Uminho/IDAAM pelo apoio, especialmente aos meus orientadores Doutor José Dinis Carvalho e Doutor Jose Carlos Reston Junior, que com muita dedicação contribuiu em minha formação auxiliando, motivando e partilhando os seus conhecimentos.

Aos colegas de curso pela amizade, união e companheirismo de sempre.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma, mesmo que indiretamente, para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos eles, o meu muito OBRIGADO!



## RESUMO

A presente dissertação foi realizada na fábrica de adaptadores *Lite-ON Technology*, e apresenta a utilização das ferramentas *lean manufacturing* WID e 5S visando a redução de diversos desperdícios no processo produtivo.

Inicialmente realizou-se uma breve revisão bibliográfica sobre princípios e ferramentas Lean, as principais características e os principais tipos de desperdícios existente em uma produção. Utilizou-se a metodologia de investigação Pesquisa-ação como metodologia base para investigação e plano de ação para empresa. Utilizando a ferramenta *Waste Identification Diagrams* procedeu-se à análise e diagnóstico da empresa. Como conclusão da análise foram identificados vários problemas no processo produtivo como distâncias de até 80 metros percorridas pelos componentes e operadores, falta de balanceamento entre as estações de trabalho e má organização da matéria-prima.

De forma a combater os desperdícios identificados no processo produtivo, foram sugeridas algumas propostas de melhorias visando a utilização de pouco investimento e foram implementadas no processo produtivo obtendo uma redução significativa de diversos desperdícios encontrados durante análise do mesmo.

A utilização dos indicadores de desempenho tempo de estação, esforço de transporte, WIP, tempo de atravessamento entre outros permitiram mostrar à empresa em questão a situação passada e a futura, usufruindo de tais valores como incentivo à mudança.

## PALAVRAS-CHAVE

Desperdício, melhoria de desempenho, *lean manufacturing*, WID.



## **ABSTRACT**

This Master in Industrial Engineering dissertation was developed at Lite-ON Technology adapter's factory, and use relevant lean manufacturing tools WID and 5S to improve several points of waste in our production process.

Initially, a bibliographic review about Lean principles and tools was performed, the main characteristics and the main types of waste existing in a production. The research methodology Action research was used as the basic methodology for investigation and action plan for the company. Using the Waste Identification Diagrams tool, the company was analyzed and diagnosed. As a conclusion of the analysis, several problems were identified in the production process distances like 80m travelled by components and operators, lack of balance between workstations and poor organization of the raw material.

In order to combat the wastes identified in the production process, were suggested some proposals for improvements using small investment and then were implemented in the productive process were suggested, obtaining a significant improvement in several points of waste found during the analysis of the same.

The use of various performance indicators show allowed the undertaking concerned the past situation and the future, taking advantage of such values as an incentive to change

## **KEY WORDS**

Waste, improvement, lean manufacturing, WID.



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1 Lean Manufacturing.....	5
2.1.1 Pensamento Lean.....	5
2.1.2 Valor vs. Desperdício.....	7
2.1.3 Desperdícios.....	8
2.1.4 Pensamento Lean.....	10
2.1.5 Ferramentas <i>Lean</i> .....	10
2.1.6 Gestão visual.....	10
2.1.7 Waste Identification Diagram (WID).....	11
2.1.8 Metodologia 5S.....	13
2.2 Alguns Indicadores de desempenho.....	15
2.2.1 Takt time.....	16
2.2.2 Tempo de estação.....	16
2.2.3 Tempo de atravessamento.....	16
2.2.4 Esforço de transporte.....	17
2.2.5 Eficiência do sistema.....	17
2.2.6 Produtividade.....	18
2.2.7 Rácio de valor acrescentado.....	19
2.2.8 Índice de planura.....	19

2.3	Sistema pull. ....	19
2.4	Layout Celular. ....	20
2.5	Implementação do <i>Lean</i> . ....	22
2.5.1	As quatro regras para implantação do sistema <i>Lean</i> . ....	23
2.5.2	Dificuldades para implantação do <i>Lean</i> . ....	24
3.	Descrição da Empresa. ....	25
3.1	Identificação e localização. ....	25
3.2	Estrutura organizacional e Recursos Humanos. ....	27
3.3	Visão, missão, estratégia e valores. ....	28
3.4	Área de negócios e produtos. ....	30
3.5	Mercado e parceiros. ....	31
3.6	Sistema de Produção. ....	31
3.6.1	Processo de produção e implantação. ....	32
3.6.2	Recebimento de material e Warehouse. ....	35
3.6.3	Inserção Automática e SMD. ....	36
3.6.4	Montagem Manual. ....	39
3.6.5	Burn-IN e Montagem Final. ....	42
3.6.6	Fluxo de materiais. ....	44
4.	Análise e proposta de melhoria do sistema produtivo. ....	48
4.1	Primeira etapa da análise WID. ....	48
4.2	Segunda etapa da análise WID. ....	57
5.	Implementação de melhorias no processo produtivo. ....	62
5.1	Implementações para redução do tempo de estação no Forno e DT. ....	63
5.2	Implementações para redução de paragens não planeadas na inserção radial. ....	64
5.3	Implementação de rotas de transporte no SMD. ....	65
5.4	Limpar área do SMD. ....	66
5.5	Reduzir movimentação do alimentador no SMD. ....	66
5.6	Reduzir o tempo de estação no Wave Solder. ....	67
5.7	Redução do tempo de estação no posto <i>MapCase</i> . ....	69
5.8	Reduzir movimentação do alimentador no SMD. ....	69
5.9	Rotas de transporte e limpeza nas áreas de montagem manual e embalagem. ....	70
5.10	Síntese da resolução de problemas após propostas de melhoria. ....	71

6. Conclusão.....	75
Referências Bibliográficas .....	77



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lean Thinking (Maia, Alves, & Leão, 2011).....	6
Figura 2: Atividades que acrescentam valor e atividades que não acrescentam valor (Pinto, 2008) 8	8
Figura 3: Tipos de desperdícios (Ohno, 1988; Shingo & Dillon, 1989) <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 4: Mudança do paradigma tradicional (Rodrigues, 2009) <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 5: Representação pela metodologia WID de uma estação (Carvalho, 2014a).....	12
Figura 6: Representação da percentagem gasta pelos trabalhadores em cada tipo de desperdício (Carvalho et al.,2014).....	13
Figura 7: Etapas do método 5 S (Nogueira, 2010) .....	14
Figura 8: Equações algébricas de eficiência (Carvalho, 2014b) .....	18
Figura 9: Equações algébricas de produtividade (Carvalho, 2014b).....	18
Figura 10 : Modo de funcionamento de um sistema pull (Pinto, 2008).....	20
Figura 11: Equações algébricas de eficiência (SHINGO, 1996; MONDEN, 1984) .....	21
Figura 12: As quatro regras para implantação de sistema Lean (Spear & Bowen, 1999)....	23
Figura 13: Lite-On Technology Brasil , Ltda.....	25
Figura 14: Sede Lite-On Technology Taiwan , Ltda.....	26
Figura 15 : Entreatura organizacional .....	28
Figura 16: Triangulo dourado de excelência operacional .....	29
Figura 17: Valores .....	30
Figura 18: Exemplos de produtos produzidos na .....	30
Figura 19: Alguns dos principais clientes.....	31
Figura 20: Grupos do processo Lite-On Technology Brasil.....	32
Figura 21: Pavimentos do processo produtivo .....	33
Figura 22: Processo produtivo completo .....	34
Figura 23: Processo produtivo (recebimento e warehouse).....	35
Figura 24: Processo produtivo (PTH e SMD) .....	36
Figura 25: Processo produtivo (PTH e SMD) .....	36
Figura 26: Alimentação de máquinas (PTH e SMD) .....	37
Figura 27: Produção de PTH .....	38

Figura 28 Produção de SMD .....	38
Figura 29 Montagem manual.....	39
Figura 30 Montagem manual (Inserção de componentes).....	40
Figura 31: Forno de Solda em ondas .....	41
Figura 32: revisão LQC e testadores ICT e INT .....	41
Figura 33: Montagem shield, case e Power Test.....	42
Figura 34: Burn-in e montage final Lite-On Technology Brasil.....	42
Figura 35: Burn.....	43
Figura 36: Linha montagem Final e embalagem.....	44
Figura 37: Fluxo de materiais Lite-On Technology Brasil.....	45
Figura 38:Área de recebimento e conferencia de matéria prima.....	46
Figura 39: Matéria prima.....	46
Figura 40: Kit's para alimentação de SMD, montagem manual e montagem final .....	47
Figura 41:Produtos pronto para expedição.....	47
Figura 42: Rota geral do sistema de produção da.....	49
Figura 43: Analise WID da produção da.....	50
Figura 44: Analise WID da produção.....	58
Figura 45: Custo anual com desperdícios de mão-de-obra.....	59
Figura 46: Analise WID da produção.....	60
Figura 47: Analise WID da produção.....	61
Figura 48 :Inserção automática SMT Lite-On Technology Brasil.....	63
Figura 49 : Forno SMT .....	64
Figura 50 : Implementações no RI .....	65
Figura 51 : Comboio logístico SMT.....	66
Figura 52 : Limpeza no SMT .....	66
Figura 53 : Materia prima SMT.....	67
Figura 54 : Wave Solder.....	68
Figura 55: Expansão do posto Map Case .....	69
Figura 56: Kit alimentação de linha .....	70
Figura 57: Rota de transporte .....	71
Figura 58: Utilização de mão de obra no SMD.....	73
Figura 59: Utilização de mão de obra Montagem manual e montagem final.....	74





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Calculo Takt Time .....	52
Tabela 2: Cálculo do tempo de estação .....	53
Tabela 3: Work in Progress .....	54
Tabela 4: Tempo de setup.....	55
Tabela 5: Medidas de desempenho.....	57
Tabela 6 : Resultados desperdício no SMD.....	58
Tabela 8: Resultados desperdício na produção.....	60
Tabela 9: Tabela 5W2H.....	63
Tabela 10 : Medidas de desempenho.....	72



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AV – Atividades que acrescentam valor

JIT – Just-in-time

TC – Tempo de estação

TT – Takt time

WID – Waste identification diagram

VSM – Value Stream Mapping

WIP – Work in progress

TPS – Toyota production System

Ef(e) – Eficiência esperada

Ef(o) – Eficiência obtida

ET – Esforço de transporte

IP – Índice de planura

LP – Lean Production

LT – Lean Thinking

MIT – Massachusetts Institute of Technology

Nop – Número de operadores

P(e) – Produtividade esperada

P(o) – Produtividade obtida

Qr – Quantidade requerida

Rva – Rácio de valor acrescentado

Ta – Tempo de atravessamento

TC – tempo de estação

TO – Tempo de operação

TPS – Toyota Production System

TT – Takt Time

AI – Inserção axial

RI – Inserção Radial

SMD - Dispositivo de montagem superfície

PTH – Através de pino e furo

DT – Máquina inserção automática.



## 1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo é apresentado o enquadramento da dissertação, em seguida serão expostos os objetivos, será abordado a metodologia utilizada e a estrutura da presente dissertação.

### 1.1 Enquadramento

O polo industrial de Manaus possui um cenário de extrema competitividade onde as empresas são derivadas de diversas culturas e possuem modelos tradicionais de organização e gestão. Apesar do cenário competitivo, existe muita oportunidade de melhoria, as fábricas possuem muitas atividades sem valor acrescentado, com pouca fluidez no processo produtivo e sem um processo de melhoria contínua eficaz.

O avanço tecnológico e a crescente concorrência na indústria exigem cada vez mais competitividade das empresas, e essa competitividade traduz-se numa necessidade crescente de aumento de eficiência nos processos internos (Chitturi et al., 2007).

Segundo Womack & Jones (1996), pode-se afirmar que o *Lean Thinking* é uma abordagem que se baseia principalmente na eliminação de desperdícios, considerando a visão de atender e satisfazer o cliente. Para Rodrigues (2009), as empresas atuais reportam apenas para uma única autoridade: o cliente, uma vez que este pode conduzir as negociações a outros fornecedores.

Considerando que uma cadeia de valor é o conjunto de todas as atividades, quer adicionam valor ao produto ou não, que são necessárias para originar esse produto (Rother & Shook, 1999), o principal objetivo da filosofia lean é identificar e eliminar cada atividade que não agrega valor ao produto. De acordo com (Ohno, 1988) atividades que não acrescentam valor são designadas por desperdícios (“Muda” em Japonês), e podem ser de sete tipos diferentes; transporte, inventário, movimentação, espera, defeitos, sobreprocessamento e produção excessiva. A identificação de desperdícios é um fator de enorme importância para a melhoria do desempenho de unidades de produção e por isso várias técnicas têm sido usadas com esse propósito. De acordo com Rother & Shook, (1999) a técnica mais popularmente usada para ajudar a identificar desperdícios é o Value Stream Mapping (VSM).

As técnicas existentes para representar as unidades de produção não são eficientes em representar várias dimensões de produção, limitando a capacidade de diagnóstico e identificação (Carvalho et al. 2014). Desta forma, a necessidade de modelos e técnicas que suportem o processo de identificação de desperdícios na cadeia de valor é constantemente explorada e atualizada para melhor visualização dos desperdícios.

Este projeto adota o WID (Waste Identification Diagram), uma vez que segundo Carvalho (2014b), tem por objetivo permitir que em um processo produtivo possa representar graficamente o layout, fluxos de materiais, recursos e neles identificar os desperdícios de maneira que possa ser diagnosticado e avaliado para propor estados futuros.

A *Liteon Technology S.A* em seu processo de melhoria continua tem como finalidade a identificação e correção em seu processo produtivo e por isso concordou na realização desta análise à sua produção, contribuindo com toda informação necessária à realização do estudo.

## **1.2 Objetivos**

O principal objetivo deste projeto de investigação é analisar e melhorar do processo produtivo de uma fábrica, identificação das fontes de desperdício existentes no processo, implementação de ações para redução de desperdício e fornecer uma ferramenta de fácil entendimento que facilite a identificação de desperdício e tomada de decisões.

Sendo assim, o objetivo específico deste trabalho é identificar, quantificar, elaborar e implementar uma proposta de eliminação dos desperdícios, em seguida realizar a medição dos resultados das melhorias implementadas.

## **1.3 Metodologia de investigação**

A metodologia pela qual será aplicada nessa dissertação é a Investigação-Ação. O'Brien (1988) explica que essa metodologia é um processo de investigação onde existe uma interação e envolvimento do investigador com todas as pessoas relacionadas com o projeto e está dividida em 4 fases:

- Análise e diagnóstico – Coleta e análise de dados para identificação de desperdícios, nessa dissertação através da criação do diagrama de identificação de desperdícios (*Waste Identification Diagram (WID)*).
- Planeamento de ações - planear quais as ferramentas ações associadas à filosofia *Lean* que se devem aplicar de maneira a reduzir os desperdícios encontrados
- Implementação – Aplicar ao processo as ações e ferramentas planejada.
- Avaliação – Avaliar os resultados obtidos através das ações de melhoria ao processo.

## **1.4 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação encontra-se organizada da seguinte forma: no primeiro capítulo destina-se à introdução do trabalho, o enquadramento, os objetivos e a metodologia de investigação

adotada para a realização do mesmo. No segundo capítulo é apresentada a revisão literária sobre a filosofia *lean manufacturing* focando sobretudo as ferramentas que estão afetas à realização deste trabalho. No terceiro capítulo apresenta-se a empresa onde foi efetuado este trabalho. No quarto capítulo é descrito a situação atual do sistema produtivo. É também apresentada a análise efetuada através da ferramenta do Waste Identification Diagram (WID). No quinto capítulo, são apresentadas as propostas de melhoria implementadas com o objetivo e minimizar os desperdícios, aumentando assim o desempenho do sistema produtivo. E, por último, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação e sugestões para trabalhos futuros.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Lean Manufacturing

O surgimento do modelo *Toyota Production System* (TPS) deu início a um novo ciclo no processo produtivo, permitindo para as empresas a utilização de uma ferramenta que guia para o seu melhor desempenho. O TPS baseia-se principalmente em eliminar ou minimizar as atividades que não acrescentem valor. Esta metodologia de produção proporcionou grandes vantagens competitivas à Toyota, e despertou a atenção dos pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que analisaram o TPS, apelidando esta metodologia como sendo Lean Production System (LPS).

Essa filosofia tem como pano de fundo uma mudança no paradigma da forma como as empresas entendem e buscam lucro, obrigando os gestores a pensar de uma forma enxuta, surgindo o pensamento Lean.

Perini G. et al. (2016) explica que os conceitos da filosofia enxuta (Lean Philosophy) vão além dos aspectos tradicionalmente focados a manufatura enxuta (Lean Manufacturing), atinge também aqueles associados ao desenvolvimento de produtos (Lean Product Development - LPD) onde efetivamente as decisões relativas aos processos produtivos são tomadas, garantindo que os conceitos da filosofia Lean em todo o ciclo de vida de um produto.

#### 2.1.1 Pensamento Lean

O LPS continuou em evolução até se tornar nova forma de pensamento, o *Lean Thinking* (LT). Segundo Womack & Jones, (1996), pode-se afirmar que o LT é uma abordagem que se baseia principalmente na eliminação de desperdícios, considerando a visão de atender e satisfazer o cliente. Para Rodrigues (2009), as empresas atuais reportam apenas para uma única autoridade: o fornecedor, uma vez que este pode conduzir as negociações a outros clientes.

Existem várias definições de LT, e todas em direção à mesma ideia, redução de tudo que não acrescenta valor ao processo produtivo. Os princípios definidos por Womack & Jones (1996) sustentam o LT. Estes princípios são: o valor, a cadeia de valor, o fluxo contínuo, o sistema Pull e a busca pela perfeição. A figura 1 ilustra estes princípios.

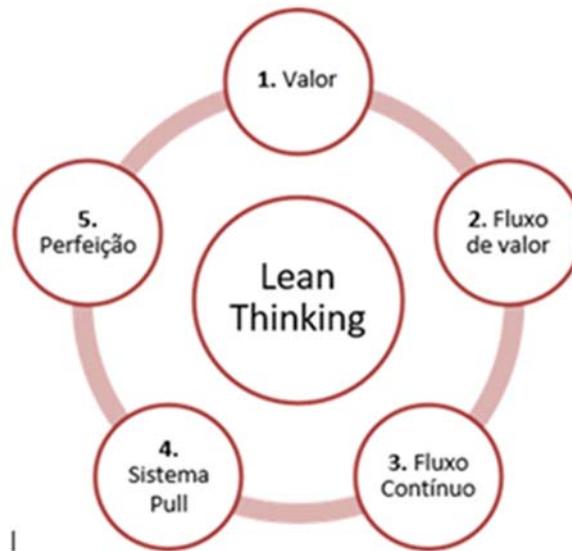


Figura 1: Lean Thinking (Maia, Alves, & Leão, 2011)

- Valor: Inicialmente, a mentalidade enxuta tenta definir valor sob o ponto de vista do cliente e não da empresa. Assim, é papel da empresa ou organização determinar primeiramente quais as necessidades dos clientes, atender essas necessidades e então cobrar um preço justo que cubra as despesas e gere lucro para a empresa.
- Fluxo de Valor: Após a determinação do Valor, deve-se identificar o Fluxo do Valor, o que significa entender e esmiuçar toda a cadeia produtiva, separando-a em três tipos: atividades que agregam valor; atividades que não agregam valor, mas são fundamentais para que os processos ocorram e a qualidade necessária seja atingida; atividades que não agregam valor. Dessa forma, pode-se então partir para a tentativa de eliminar àquelas atividades que não agregam valor, o que diminui os custos e contribui para a melhoria da eficiência da empresa.
- Fluxo contínuo: garante maior fluidez ao sistema produtivo. Para que isso ocorra de forma eficaz, é necessário que haja um trabalho para modificar os valores que os envolvidos no processo possuem, por partirem de uma estrutura essencialmente departamental. O Fluxo contínuo defende, na medida do possível, que não haja interrupções durante um processo de fabricação, o que reflete positivamente na redução dos tempos de fabricação de produtos e estoques entre os processos, uma vez que tenta acabar ou diminuir ao máximo os inventários intermediários.

- Sistema Pull: O conceito aplicado é que os processos consumidores gerem a demanda dos processos fornecedores “puxando” assim a produção. Isso faz com que seja produzido apenas o que é necessário e quando for necessário, reduzindo a formação de inventário de itens intermediários e produto final. Ainda, é importante a formação de inventários mínimos de segurança entre os processos, para garantir que não haja falta de material quando for necessário.
- Perfeição: O último princípio da Produção Enxuta é a busca constante pela perfeição em todos os processos. É necessário que todos os envolvidos busquem continuamente alcançar a perfeição, melhorando as práticas e os processos, otimizando os resultados e buscando sempre agregar valor ao produto final, essa melhoria com a participação de todos os agentes produtivos contínua pode ser definida como Kaizen. De acordo com Antonelli (2008) o Kaizen é uma meta vital do fluxo de valor, sendo necessário que a busca pelo aperfeiçoamento parta do pessoal e se refleta nas coisas externas, como processos, produtos entre outros.

### 2.1.2 Valor vs. Desperdício ~~em uma Organização~~.

Em um processo produtivo, o conceito de valor terá sempre o significado oposto ao desperdício e existe uma correção em ambos, sendo assim, se houver diminuição de valor isso aumenta os desperdícios conseqüentemente. É importante definir o conceito de criação de valor, a fim de fazer o seu significado claro.

Rania & Shamah, (2013), explica que inúmeros investigadores têm tentado definir o conceito de valor a partir de várias diferentes perspectivas. Todos eles têm tentado explorar as maneiras, pelas quais as empresas podem alcançar melhores recompensas através do investimento de capital, a realização de operações eficientes e usando seus recursos existentes, por tanto, valor é definido uma filosofia de gestão construído sobre o princípio da criação de benefícios económicos.

A figura 2 ilustra a relação existente entre o valor e o desperdício em um processo.



**Figura 2: Atividades que acrescentam valor e atividades que não acrescentam valor (Pinto, 2008)**

Segundo Kyle (2012), o paradigma existente no LT entre Desperdício vs. Valor pode ser simplificado. Ele explica que o “Desperdício” é qualquer atividade que utiliza recurso e não agrega valor, e também explica que “Valor” é a capacidade de ofertar ao cliente, atender o prazo e com preços apropriado. O Lean Thinking é a identificação contínua e eliminação dos desperdícios de processos de uma organização, deixando apenas as atividades de valor acrescentado na cadeia de valor (Rother e Shook, 1999). Em resumo, o ato de identificação e eliminação de desperdícios são as principais características do paradigma do pensamento enxuto.

### 2.1.3 Desperdícios

Segundo Naga (2014), *Lean* significa fabricação sem desperdício, ou seja, fabricar eliminando tudo que não acrescenta valor para o cliente. A intenção da implementação *Lean* é descobrir atividades que não possuem valor agregado (desperdício) e tomar medidas essenciais para evitar essas atividades no processo produtivo do produto final. O conceito de desperdício inclui todo possível trabalho ou atividades com defeito e não se limita apenas aos produtos defeituosos. Womack & Jones (1996) definem desperdício como sendo qualquer atividade que consome recursos e não agrega valor segundo a visão do cliente. Então, Ohno (1988) e Shingo & Dillon (1989) identificaram os sete principais desperdícios. A figura 3 ilustra quais são estes desperdícios



**Figura 3 Tipos de desperdícios (Ohno, 1988; Shingo & Dillon, 1989)**

- Superprodução: Caracterizado por um nível produtivo mais elevado do que os clientes são capazes de absorver, o que acarreta em estoques que por sua vez geram custos para a empresa.
- Inventários em excesso: Ocorre quando são armazenados tanto produtos acabados quanto componentes ocasionando paragens do processo produtivo e o capital investido. Pode ser consequência direta de uma política de superprodução.
- Defeitos: São verificados quando ocorre um processamento inapropriado nos produtos, gerando falta de qualidade, retrabalhos ou mesmo perda do produto ou componente, aumentando assim os custos com atividades que não agregam valor.
- Processamento inapropriado: Trata-se da execução do processo utilizando-se de ferramentas ou procedimentos inapropriados ou ineficazes. Eventualmente, pode ser a causa raiz dos desperdícios com Defeitos.
- Transporte excessivo: Movimentação desnecessária de produtos ou recursos que resulta em aumento nos tempos e, conseqüentemente nos custos.
- Movimentação excessiva: Ocorre quando os operadores precisam se deslocar demais para transportar, armazenar ou mesmo processar os produtos. Pode ser consequência direta de um layout produtivo mal desenhado.
- Esperas: São os períodos nos quais operadores ficam inativos devido a problemas ou mau planejamento de atividades e necessidades.

#### 2.1.4 Pensamento Lean

Segundo Rodrigues (2009), para aprimoramento de um processo produtivo, o pensamento Lean propõe algumas soluções que objetivam resolver os principais problemas da empresa. Para aplicar o pensamento Lean é necessário mudar o raciocínio tradicional presente na empresa. A figura 4 mostra os atributos visados por uma organização com pensamento Lean.



Figura 4-Mudança do paradigma tradicional (Rodrigues, 2009)

A implementação das boas práticas de revisão dos desperdícios que podem ser eliminados, redução de custos e criação de valor, garantem a mudança organizacional e a melhoria contínua.

#### 2.1.5 Ferramentas *Lean*

Conforme precisamente explano, existem inúmeras ferramentas *Lean* que quando implementadas tornam a empresa mais competitiva. Conforme a necessidade da empresa, analisaremos as seguintes técnicas.

#### 2.1.6 Gestão visual

Segundo Pinto (2009) a gestão visual é a exposição de informações objetivando apoiar os operários em suas respectivas operações, tornando o processo produtivo muito mais fácil e possibilitando uma rápida adaptação um novo operador. De acordo com Hall (1987), a

linguagem utilizada nesta ferramenta deve ser simples e acessível para que todas as pessoas a compreendam da mesma forma.

De acordo com Shingo (1989), a ferramenta pode ser aplicada através trabalho normalizado, delimitação e identificação de espaços, sinalização luminosa (Andon), quadros informativos e medidas de desempenho. Para Pinto (2009) o grande benefício para essa ferramenta é o auxílio para a gestão e controlo dos processos de produção diminuindo os erros e em consequência os desperdícios.

### 2.1.7 Waste Identification Diagram (WID)

Para aplicar conceitos *lean* numa indústria, é necessário perceber qual a situação real da empresa. De acordo com Carvalho (2014b), as técnicas existentes para representar as unidades de produção não são eficientes em representar várias dimensões de produção, limitando a extensão em que diagnóstico e problema de identificação são acumulados. Desta forma, a necessidade de modelos e técnicas que suportem o processo de identificação de desperdícios na cadeia de valor é constantemente explorada e atualizada para melhor visualização dos desperdícios.

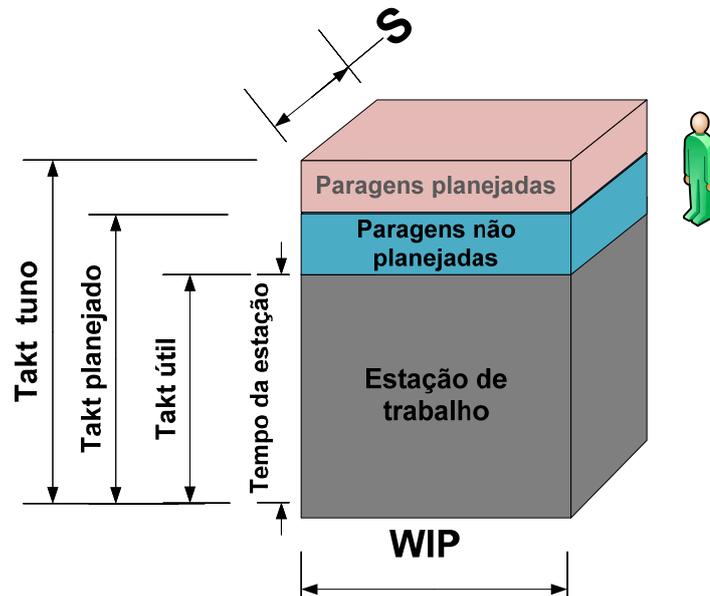
O *Waste Identification Diagram* (WID), tem por objetivo permitir que em um processo produtivo possa representar graficamente o layout, fluxos de materiais, recursos e neles identificar os desperdícios de maneira que possa ser diagnosticado e avaliado para propor estados futuros.

Carvalho (2014a, 2014b) explica que o WID é uma ferramenta *Lean* para de apoio à identificação dos desperdícios e a obtenção da melhoria contínua, e tem como objetivo facilitar a visualização do sistema produtivo ao longo do seu fluxo. Assim é representada uma unidade produtiva, onde é fácil reconhecer os seus elementos chave, o seu desempenho e os seus desperdícios.

Carvalho (2014b) explica que o modelo se baseia num diagrama que é composto por três ícones principais: blocos, flechas e gráficos de pizza.

- Os blocos representam as estações (máquinas, postos de trabalho, ou um grupo de máquina e/ou postos de trabalho).
- As flechas representam o esforço de transporte de uma estação para outra;
- O gráfico de pizza mostra como o tempo de trabalho é usado.

As dimensões dos ícones são escaladas com os valores respectivos dos parâmetros ilustrados na figura 5:

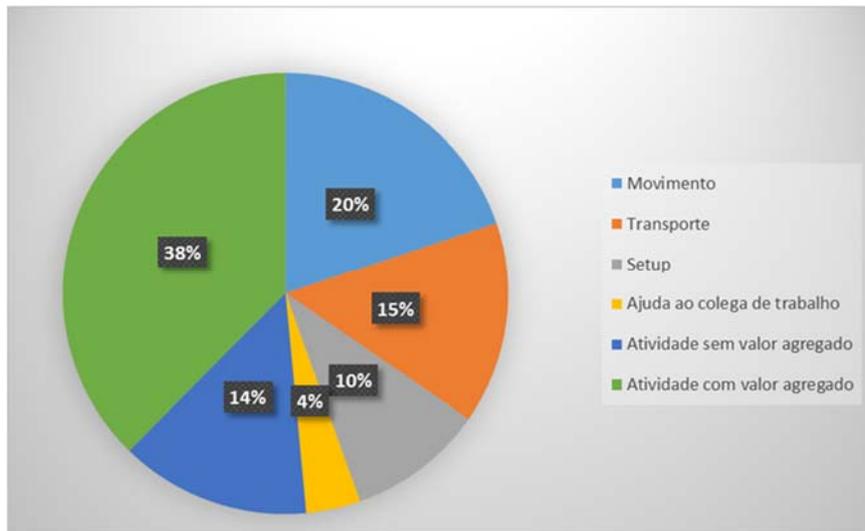


**Figura 5: Representação pela metodologia WID de uma estação de trabalho (Carvalho, 2014a)**

No modelo, cada bloco representa um posto de trabalho. Através da sua altura total é possível visualizar o *Takt time* do processo/posto de trabalho analisado. Nesse mesmo eixo, exprime-se o tempo de estação, tal como representado a cor cinza. A largura do bloco corresponde à quantidade de *work in process* (WIP) observado no final do processo e a profundidade representa o tempo de posto do posto.

Os fluxos de material existentes, isto é, os transportes entre postos de trabalho ou estações são representados pelas setas, apresentadas do lado esquerdo da ilustração. A largura da seta depende do esforço do transporte enquanto que o comprimento das setas é sempre o mesmo. O valor do esforço do transporte depende da distância a percorrer e da quantidade transportada. Este pode ser representado em diferentes unidades, dependendo do processo em estudo.

A mão de obra, a ocupação dos operários é obtida por amostragem e representada em gráficos conforme a figura 6 ilustra, analisando ela é possível verificar as diferentes atividades e o tempo em que cada operário desperdiçou com ela.



**Figura 6: Representação da porcentagem gasta pelos trabalhadores em cada tipo de desperdício (Carvalho et al.,2014)**

O que o WID propõe é ir para o chão de fábrica e verificar quais os desperdícios existentes e onde estão localizados (Carvalho, 2014a). Ohno (1988) identificou esse impacto negativo, denominando-os como “Os sete desperdícios”.

Uma forma de identificar estes tipos de desperdícios será simplesmente por observação. Uma pessoa com alguma experiência industrial identifica de forma fácil quase todos estes desperdícios olhando simplesmente o espaço fabril (Carvalho, 2014b). O WID é uma ferramenta que ilustra essa análise.

#### 2.1.8 Metodologia 5S

Trata-se de uma ferramenta *Lean* cujo objetivo principal é organizar e padronizar todo o local em que é executado um trabalho. Silva et al (2008) concordam que o programa 5S é uma filosofia de trabalho que promove um ambiente mais agradável e produtivo através da responsabilidade coletiva em torno da organização, limpeza e disciplina. Melton (2005) explica que este processo de melhoria visa a redução do desperdício, o aumento da eficiência do trabalho e produtividade, a utilização eficiente das áreas disponíveis e isso aumente a sensação de bem-estar no trabalho.

Segundo Acharya (2011) os 5S’s são uma prática de gestão eficaz para a ordenação do local de trabalho e a padronização dos procedimentos de trabalho. Este programa, tal como o nome

indica, foca-se na aplicação de cinco conceitos básicos e simples que fazem toda a diferença na organização do trabalho, dos colaboradores e, conseqüentemente, na produtividade.

A implementação da metodologia dos 5S é realizada em cinco passos, caracterizados por uma palavra japonesa começada pela letra S. As etapas consistem na eliminação (*Seiri*) dos materiais desnecessários ao posto de trabalho, organizar (*Seiton*) os materiais indispensáveis, limpar (*Seiso*) a área, normalizar (*Seiketsu*) e manter (*Shitsuke*) o local limpo e organizado. A Figura 7 apresenta uma imagem representativa das etapas que constituem o método 5 S.



**Figura 7: Etapas do método 5 S (Nogueira, 2010)**

- *Seiri* (Senso da Utilização): O primeiro passo, ou seja, o primeiro S consiste em eliminar todos os materiais e ferramentas desnecessárias do espaço de trabalho (Ortiz, 2006). Deve-se manter nos arredores do ambiente de trabalho apenas o que é necessário e que será utilizado nas atividades c do local. Esse senso busca eliminar ou reduzir ao máximo a necessidade de movimentação por parte do operador, evitando que o mesmo tenha que se deslocar atrás de ferramentas ou recursos para a execução do trabalho e garantir que as ferramentas corretas serão utilizadas para os trabalhos corretos, eliminando assim improvisações.
- *Seiton* (Senso de Ordenação): Significa que é necessário manter cada coisa em seu devido lugar. Algumas formas de auxiliar a implementação desse senso são: marcações e identificações nos itens de trabalho e armários e gavetas devidamente ordenadas. Esse Senso se relaciona com o anterior quando se percebe que é necessário organizar tudo o que foi considerado necessário para o local de trabalho.
- *Seiso* (Senso de Limpeza): Esse Senso tem como objetivo a manutenção da limpeza e inspeção do local de trabalho, atacando as causas raiz da sujeira, criando uma cultura de limpezas rotineiras e visando manter um ambiente

agradável para o bom desenvolvimento das atividades. Um local de trabalho limpo e organizado transmite a ideia de que naquele local se procura fabricar produtos com qualidade (Pinto, 2008).

- *Seiketsu* (Senso de Padronização): É necessário padronizar todos os tipos de códigos utilizados para a comunicação de forma a facilitar a visualização e o entendimento e garantir que a comunicação entre as pessoas seja eficiente.
- *Shitsuke* (Senso da Auto-Disciplina): Responsável por buscar o aprimoramento contínuo das práticas descritas nos quatro primeiros Sensos. Visa garantir a sustentabilidade do método 5S, tentando fazer com que as práticas se tornem hábitos e sejam incorporados ao dia-a-dia das pessoas. Segundo Ortiz (2006), o passo mais difícil de concretizar é manter o posto de trabalho segundo os padrões e normas definidas.

## 2.2 Alguns Indicadores de desempenho

Indicadores ou KPI's (*Key-Performance Indexes*) são utilizados para medir o desempenho dos processos de uma empresa e, com essas informações, colaborar para que alcance seus objetivos.

A principal finalidade de um indicador é traduzir, de forma mensurável, determinado aspecto de uma realidade de maneira a tornar operacional a sua observação e avaliação. Segundo Ferreira et al (2009) o indicador é uma medida quantitativa ou qualitativa, com significado específico e utilizada para organizar e captar as informações relevantes dos elementos que compõem o objeto da observação. "É um recurso metodológico que informa empiricamente sobre a evolução do aspecto observado".

Características dos indicadores:

- Quantificar o desempenho da empresa;
- Permitir comunicação clara para todos os níveis;
- Deve ser quantitativo (comunicação objetiva);
- Os líderes podem basear-se para analisar e decidir sobre uma mudança;
- Deve estar em sintonia com os objetivos;

- É possível monitorar regularmente e não ao fim de um longo período;
- Deve equilibrar entre Resultado e Tendência.

A seguir serão definidos e evidenciados através de fórmulas alguns dos mais importantes indicadores para uma gestão *Lean*.

### 2.2.1 Takt time

Segundo Carvalho et al (2014) o TT é um indicador que mede o ritmo da procura, ou seja, este indicador define de quanto em quanto tempo deverá ser produzida cada unidade do produto. O valor do TT é definido pelo cliente, uma vez que este será o receptor da produção em questão. Chen & Christy (1998) definem o TT da seguinte maneira:

$$Takt\ Time = Tdp/QR$$

Onde:

- Tdp - Tempo disponível num dia para produção;
- QR – Quantidade de produção requerida diariamente.

O valor do TT pode ser calculado diariamente, por turno ou por semana.

### 2.2.2 Tempo de estação

Carvalho (2014b) explica que o tempo de estação (TE) é o tempo da produção dos produtos em cada estação de trabalho. No caso de a estação de trabalho ter mais do que uma operação, então o TE é a soma do tempo de todas essas tarefas realizadas nessa estação de trabalho.

### 2.2.3 Tempo de atravessamento

O tempo de atravessamento (TA) é o tempo decorrido a partir do momento em que um produto ou matéria-prima chega na estação de trabalho até ao momento em que esse mesmo produto fica disponível para a estação de trabalho seguinte. Segundo Carvalho (2014b) pode calcular o TA da seguinte maneira:

$$Ta = WIP * TT;$$

Onde:

WIP – Work-in-process (quantidade de produtos em processamento);

## TT – Takt Time

Para calcular o TA onde existem várias estações, como por exemplo um sistema produtivo onde os produtos podem ter rotas diferentes teremos que calcular o tempo de atravessamento em cada uma das rotas diferentes da seguinte maneira:

$$Tar = TTr * \sum_{i=1}^m *WIPi$$

Onde:

$Tar$  – Tempo de atravessamento da rota  $r$ ;

$m$  – Número de estações de trabalho da rota  $r$ ;

$WIPi$  – WIP na estação  $i$ , da rota  $r$ ;

$TTr$  – Maior tempo takt pertencente à rota  $r$ .

Em sistemas com mais de uma rota, podemos definir o tempo de atravessamento como o maior tempo entre os tempos de atravessamento.

### 2.2.4 Esforço de transporte

Este indicador relaciona-se com a avaliação do esforço de transporte utilizando tanto as distâncias percorridas diariamente como a quantidade transportada, assim o esforço de transporte é determinado da seguinte forma:

$$ET_{i,j} = Q_{ri,j} * D_{i,j};$$

Onde:

$ET_{i,j}$  – Esforço de transporte entre o fornecedor  $i$  e o cliente  $j$ ;

$Q_{ri,j}$  – Quantidade a transportar num dia entre o fornecedor  $i$  e o cliente  $j$ ;

$D_{i,j}$  – Distância percorrida entre o fornecedor  $i$  e o cliente  $j$ .

### 2.2.5 Eficiência do sistema

O indicador de eficiência divide-se em dois:

Eficiência Esperada [Ef(e)]	• $Ef(e) = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{TE_i}{TT_i}}{m}$
Eficiência observada [Ef(o)]	• $Ef(o) = \frac{\sum_{i=1}^n (Qp_i * \sum_j^k TO_{ij})}{Tdp * m}$

Figura 8: Equações algébricas de eficiência (Carvalho, 2014b)

Onde:

$TE_i$  – Tempo da estação  $i$ ;

$TT_i$  – Tempo *takt* da estação  $i$ ;

$m$  – Número de estações de trabalho;

$n$  – Número de produtos diferentes;

$k$  – Número de operações do produto  $i$ ;

$Qp_i$  – Quantidade de produtos  $i$  produzidos do sistema durante o período em causa;

$TO_{ij}$  – Tempo da operação  $j$  do produto  $i$ ;

$Tdp$  – Período de tempo disponível para produção.

#### 2.2.6 Produtividade

O indicador de produtividade indica a medida entre a relação dos resultados e a quantidade de recursos utilizados. Aqui também temos dois tipos de indicadores que envolvem o conceito de produtividade conforme a seguinte imagem.

Produtividade Esperada [Pr(e)]	• $Pr(e) = \frac{Qr}{Nop}$
Produtividade observada [Pr(o)]	• $Pr(o) = \frac{Qp}{Nop * Tdp}$

Figura 9: Equações algébricas de produtividade (Carvalho, 2014b)

Onde:

$Qr$  – Quantidade requerida;

$Nop$  – Número de operadores existentes;

$Qp$  – Quantidade de produtos bons produzidos;

$Tdp$  – Tempo disponível para a produção

### 2.2.7 Rácio de valor acrescentado

O rácio de valor acrescentado indica a percentagem de tempo que acrescenta valor ao nosso produto final. Assim podemos definir o cálculo deste indicador, numa oficina, como sendo

$$Rva = \sum_{i=1}^m TEi/Ta$$

Onde:

$m$  – Número de estações de trabalho;

$TEi$  – Soma dos tempos de todas as operações da estação  $i$ ;

$Ta$  – Tempo de atravessamento do sistema

### 2.2.8 Índice de planura

Segundo Scholl (1995) o índice de planatura quantifica a semelhança da distribuição de trabalho das estações de trabalho, ou seja, distância entre os tempos de estação e o takt time. Calculamos com a seguinte equação:

Onde:

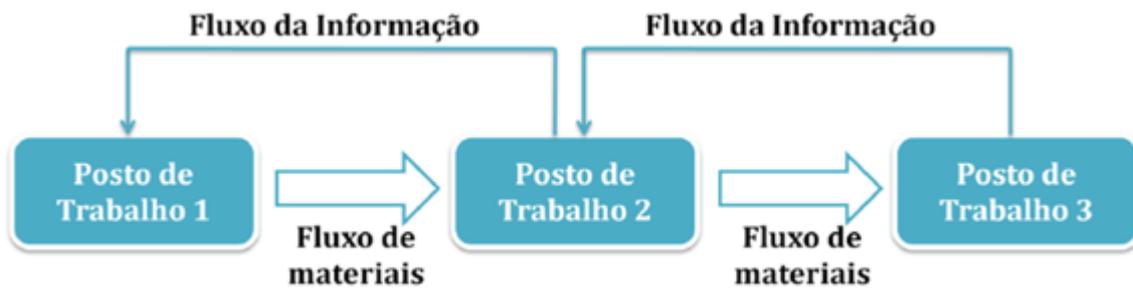
$TTi$  – Tempo *takt* da estação  $i$ ;

$m$  – Número de estações de trabalho;

$TEi$  – Tempo da estação  $i$ .

## 2.3 Sistema pull.

O sistema puxado é uma inversão do conceito tradicional de produção empurrada, sendo que o objetivo principal é controlar o ritmo de produção fazendo com que apenas se produza quando o cliente assim precisar. Filho (2007) acrescenta ainda que o objetivo de um sistema puxado é o controle da produção de forma que não haja necessidade da programação clássica e que através desse sistema é possível realizar a previsão através das demandas reais dos clientes, diminuindo assim os riscos associados às técnicas de previsão de vendas que são comumente encontradas em sistemas empurrados. A Figura 10 ilustra uma representação esquemática do modo de funcionamento de um sistema pull em geral.



**Figura 10 : Modo de funcionamento de um sistema pull (Pinto, 2008)**

Através figura 12 observa-se de maneira simplificada que o fluxo de informação do posto de trabalho 1 provém do posto de trabalho 2 e que o fluxo da informação do posto de trabalho 2 é desencadeado pelo posto de trabalho 3. Ao receber uma ordem de produção do posto de trabalho 2, o posto de trabalho 1 dá início à sua laboração e quando a ordem de produção estiver finalizada é enviada para o posto de trabalho seguinte.

Para controlar esse tipo de sistema, pode-se utilizar o controle *kanban*, que em japonês significa cartão. Antonelli (2008) define este sistema como sendo um sistema visual de transmissão de informações e que uma das vantagens deste sistema é evitar ou diminuir os problemas com gargalos que são gerados pelas fases mais lentas dos processos de produção, uma vez que estes processos lentos só serão abastecidos quando for necessário.

Ainda, Antonelli (2008) comenta que para um sistema *kanban* funcionar de forma adequada, os processos que demandam produtos devem retirar dos fornecedores apenas a quantidade necessária no tempo correto. Os processos fornecedores devem ser capazes de produzir a quantidade demandada, produtos defeituosos não podem ser passados adiante e deve-se tentar minimizar o número de *kanban's* e considerar variações na demanda.

## 2.4 Layout Celular.

Womack e Jones (1998) definem uma célula de produção como um conjunto de equipamentos que executam operações diferentes em uma sequência rígida, a fim de permitir o fluxo contínuo e o emprego flexível do esforço humano por meio do trabalho polivalente.

Segundo Dalmas (2004), o objetivo principal do layout celular é facilitar o gerenciamento do sistema de manufatura agrupando os recursos produtivos em células independentes ou subsistemas de produção. Dalmas (2004) ainda explica que este subsistema deve possuir apenas um único inventário e controle de informação e deve agrupar uma família de produtos ou um conjunto de peças com requisitos similares de forma que a movimentação de materiais seja minimizada.

Slack (1997) explica que esse layout é caracterizado pelo arranjo de máquinas seguindo a sequência lógica do processo de produção, célula projetado em forma de “U”, necessidade de operadores multifuncionais que consigam operar as diferentes máquinas da célula e a utilização de máquinas menores com atividades mais específicas.

Dessa forma, o arranjo celular permite explorar de forma eficiente o conceito de fluxo contínuo que é um dos princípios da produção enxuta. Além disso, outras vantagens desse tipo de arranjo podem ser verificadas na figura a seguir:

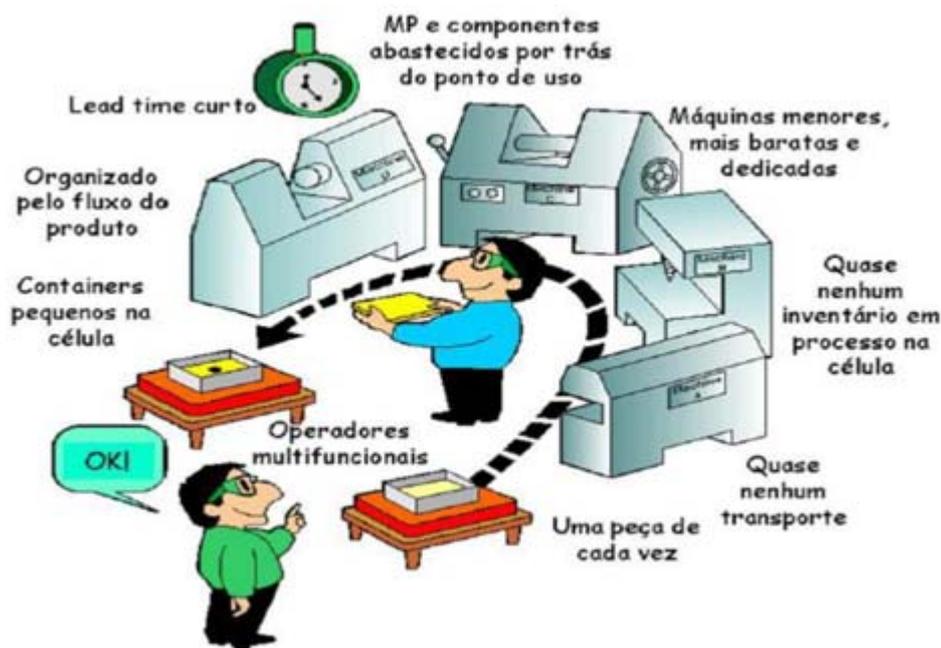


Figura 11: Equações algébricas de eficiência (SHINGO, 1996; MONDEN, 1984)

Segundo Tubino (1999), a implantação do layout celular, implica na redução de alguns tempos, dentre eles:

- Tempo de espera na fila: Com o layout, evita-se a formação de estoques internos à célula, eliminando-se as filas de espera nas máquinas e outros fatores que acarretam tempos e custos indesejáveis;
- Tempo de processamento: com a redução dos tempos de setup estimulada pelo layout celular, pode-se diminuir economicamente o tamanho dos lotes de fabricação, fazendo com que o tempo médio de processamento dos itens em cada máquina necessária à sua sequência de fabricação se reduza, acelerando seu fluxo de conversão em produto acabado;

- Tempo de movimentação: A organização em célula faz com que a movimentação seja significativamente reduzida.

O balanceamento é bastante abordado quando se fala em melhoria para o processo produtivo. Segundo Dembogursk Et. al, (2008) o balanceamento de linha de produção é uma das técnicas aplicadas para melhorar o processo e simplificar a gestão. Pinto (2008) explica que o balanceamento pode ser definido como sendo a garantia de que todos os postos de trabalho têm a mesma carga de trabalho. Carravilla (1998) explica que o balanceamento é a distribuição de atividades pela linha de produção, com o objetivo de garantir que haja tempo necessário para todos os recursos executem suas respectivas atividades.

Segundo Oliveira (2015), o balanceamento permitirá que os tempos de cada estação de trabalho, seja o mais próximo possível do takt time, mas nunca ultrapassando este indicador.

Oliveira (2015) ainda comenta que em uma unidade produtiva é importante que as operações estejam definidas para que seja ocupado apenas o tempo disponível e necessário para a obtenção do objetivo de produção determinado, caso contrário não é possível manter um fluxo contínuo de materiais prima.

## 2.5 Implementação do *Lean*

Segundo Womack et al. (1990), os princípios *Lean* precisam ser praticados em toda a extensão das empresas incluindo as relações com toda a cadeia de fornecedores e clientes, evidenciando que a abordagem *Lean* deve fazer parte das atividades internas e externas da empresa.

Moden (1998) define quatro passos críticos para a implementação do TPS, isto é para a implementação da filosofia *Lean* como sendo:

- Envolver a Alta gestão da empresa.
- Formar equipes para o projeto *Lean*.
- Implementar um projeto piloto.
- Estabelecer um ciclo de controle de qualidade.
- Segundo Pinto (2008) existem algumas condições necessárias para o sucesso da implementação *Lean*:
- É necessário que dentro da organização, as áreas atuem primeiramente na resolução dos problemas internos e em seguida atuar em conjunto com as demais áreas da empresa.

- É importante o registro dos problemas existentes.
- Esta nova técnica de gestão requer que a alta gestão participe ativamente do processo para garantir a implementação da cultura Lean.
- Os problemas não devem ser encarados como oportunidade de aprendizado e melhoria para todos os envolvidos.
- As decisões que são necessárias devem ser tomadas baseada em fatos e por pessoas que dominem as ferramentas Lean.
- Deve ser identificada a causa do problema e eliminar a o mesmo em sua raiz, de forma que não reincida.
- É necessário disciplina e comprometimento com os procedimentos Lean durante após a implementação do mesmo.
- O mais importante, devemos manter sempre o foco no cliente, o principal objetivo de todas atividades deve ser focado em satisfazer o cliente.

#### 2.5.1 As quatro regras para implantação do sistema Lean.

Segundo Spear & Bowen (1999) o sucesso de implantação de um sistema Lean baseia-se em quatro regras:

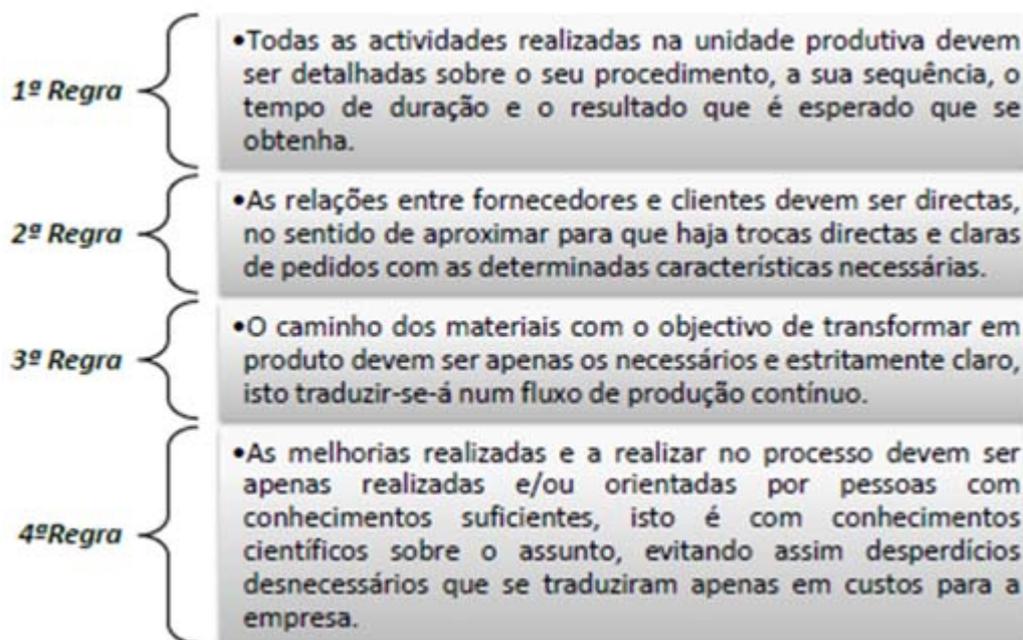


Figura 12: As quatro regras para implantação de sistema Lean (Spear & Bowen, 1999)

### 2.5.2 Dificuldades para implantação do Lean

Segundo Narang (2008) o foco da produção Lean é as atividades que acrescentam valor ao produto, na eficiência do fluxo de trabalho e em atender as necessidades do cliente no prazo. O mesmo autor ainda explica que um outro obstáculo para a aplicação do Lean é a falta de conhecimento nas ferramentas *Lean*.

Segundo Melton (2005), existem alguns motivos que levam as organizações a resistir à implantação Lean:

- A cultura de produção aliada a grandes lotes, com poucas mudanças e com a filosofia de que a produção nunca pode parar, ainda é difícil mudar.
- A unidade de produção ainda é muito focada e vista como a mais importante quando na verdade o Lean precisa de ser alargado a toda a cadeia de valor.
- Uma grande dificuldade na implementação deste modelo organizacional reside no facto de ainda existir muito ceticismo em relação à filosofia Lean e apesar das suas ferramentas e princípios serem fáceis de implementar, a maior resistência é, sem dúvida, a da mudança

### 3. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Nesse capítulo será apresentada a empresas onde a dissertação se realizou. É realizada a descrição dos seus objetivos e valores e a caracterização do processo produtivo assim como aspectos importantes da produção, área de negócio e produtos, o mercado, os principais clientes e as suas relações

#### 3.1 Identificação e localização

A presente dissertação foi realizada empresa Lite-On Technology. A empresa é uma multinacional com grande concentração de fabricas na Ásia. No Brasil, situa-se no polo industrial da cidade de Manaus.

O início da *Lite-On* no Brasil, foi com a *Lite-On Mobile* em janeiro de 2003, a empresa iniciou suas atividades em fabricação de produtos plásticos moldados por injeção e sub-montagens para telecomunicações. Em julho de 2014 passou a fazer parte do grupo *Lite-On Technology* iniciando a fabricação de conversores AC/DC para periféricos e equipamentos de processamentos de dados digitais portáteis e placa de circuito impresso montada. A figura 13 apresenta uma foto frontal da fabrica no Brasil.



Figura 13: Lite-On Technology Brasil , Ltda

Fundada em 1975, a Lite-On tem como princípio ser "Melhor Parceiro em Optoeletrônica, *Eco Friendly* e tecnologias inteligente", como sua visão de focar em desenvolvimento de

optoeletrônica e componentes eletrônicos-chave, e se esforça para construir vantagem competitiva através da integração de recursos e otimizado gestão.

*Lite-On* produz produtos que são usados em uma ampla gama de aplicações, tais como computadores, comunicações, consumo eletrônico, eletrônica automotiva, iluminação LED, a computação em nuvem, bem como biotecnologia e cuidados de saúde, a *Lite-On* é um fornecedor líder mundial de optoeletrônica, tecnologia da informação, dispositivos de armazenamento e componentes de dispositivos móveis.

Por mais de 40 anos a *Lite-On* tem se concentrado em estabelecer uma vantagem competitiva na produção em massa. Através da integração e gestão de recursos, a empresa maximiza o retorno de uma carteira de produtos diversificada para realizar um excelente crescimento de receitas e lucros. Em 2014, a *Lite-On* concluiu com êxito o seu programa "*One Lite-On*", integrando nove de suas principais subsidiárias sob uma única direção, enquanto a estratégia de negócio principal continua incidindo sobre a utilização melhoria dos recursos, automação, otimização da produção e processos simplificados para uma melhor produtividade e eficiência. No longo prazo, o foco está em rentabilidade, boa governação e melhorando o retorno de acionistas para estabelecer as bases de uma empresa do século sustentável.

Nos últimos anos, *Lite-On* foi mudando seu foco de T.I e comunicação para com IOT (*Internet of Things*) aplicações, tais como computação em nuvem, iluminação LED, automotivo biotecnologia e automação industrial. A indústria global de tecnologia está agora pronta para receber uma nova onda de mudanças, a *Lite-On* espera aumentar sua vantagem existente como uma empresa de classe mundial nesta era de mudanças e desafios para se tornar o parceiro de escolha para os clientes globais, desenvolvendo inovações e aplicações para fotônica, economia de energia e tecnologias. A figura 14 apresenta a sede da *Liteon-On* localizada em Taiwan.



**Figura 14: Sede Lite-On Technology Taiwan , Ltda**

Localizado em Taiwan e com o prédio em forma de mãos dobradas fica a sede mundial da *Lite-On Technology*. O prédio ganhou em 2006 o prêmio da *Professional Awards-General* a premiação de *Design of Honor* apresentado pela Sociedade Americana de Arquitetos Paisagistas. Esta é uma conquista singular para um edifício em Taiwan e uma representação digna da arquitetura local.

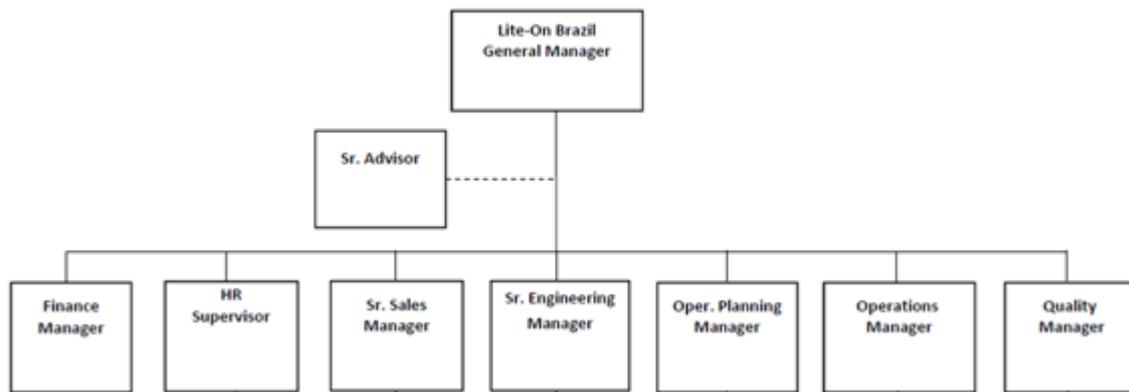
O design do edifício *Lite-On Technology* incorpora os conceitos de tecnologia, cultura e meio ambiente, bem como o elemento de já de tradição chinesa. O projeto arquitetônico olha para trás para o passado e para a frente no futuro. Localizado entre montanhas e um rio, o edifício combina arquitetura com o meio ambiente. Como um par de mãos cruzadas apontando para o céu, o edifício de 23 andares simboliza a filosofia de negócios da Lite-On de elevados padrões e liderança, bem como a modéstia e desenvolvimento sustentável.

Em junho de 2003, *Lite-On Technology* mudou-se para o *Science Park Neihu*, um centro de tecnologia em rápido desenvolvimento onde a produção econômica global é o melhor em Taiwan. De frente para o Rio *Keelung* e com vista para as montanhas ao redor da cidade de Taipei, o edifício dá aos funcionários Lite-On um ambiente de trabalho com uma vista perfeita. Aqui sede mundial da *Lite-On* é encarregado de orientar a empresa para a excelência de classe mundial.

40 anos atrás, *Lite-On Technology* começou como um negócio de LED em um pequeno apartamento em *Yuan-tong Road* em *Chung-Ho City*. Como muitas empresas de tecnologia bem-sucedidas, Lite-On superou a garagem para se tornar um líder de sua indústria escolhida através de anos de trabalho duro. Com sede global agora localizados no Parque Neihu Ciência na cidade de Taipei, Lite-On Technology olha para um crescimento sustentável e rentável, uma vez que explora as “4C” indústrias de computadores, comunicações, eletrônica de consumo e eletrônica do carro.

### **3.2 Estrutura organizacional e Recursos Humanos.**

A estrutura organizacional da Lite-on Technology Brasil está dividida em sete 7 departamentos relacionados com o desenvolvimento do produto, produção, qualidade, área financeira, recursos humanos, Supply chain e comercial. A Figura 15 ilustra os departamentos dessa organização:



**Figura 15 : Entreatura organizacional**

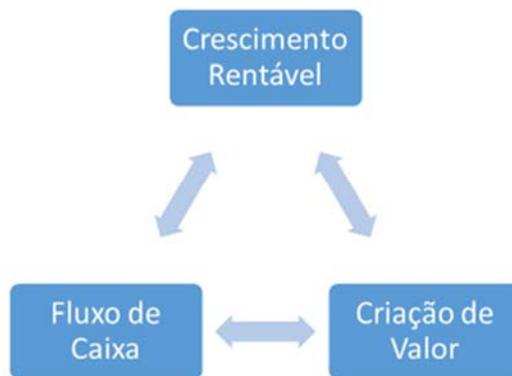
A *Lite-On* investe na formação dos seus colaboradores, visando o desenvolvimento e aprimoramento de competências dos mesmos. A empresa investe em treinamentos operacionais, multidisciplinar e língua inglesa, assim, visa a melhoria na eficiência da produção, impulsiona a disciplina e garante seus colaboradores o entendimento na língua inglesa garantindo a integração dos colaboradores há um ambiente que segue padrões globais de produção.

### 3.3 Visão, missão, estratégia e valores

A visão da *Lite-On Technology* é tornar-se uma empresa de excelência mundial em termos de escala de negócios, produtos, governança corporativa e responsabilidade social corporativa. Para a escala do negócio o objetivo da companhia é superar um faturamento anual de 10 Bilhões de USD e elevar a rentabilidade ao topo da indústria. Para os principais produtos, o objetivo da *Lite-On* é liderar a indústria e tornar-se absoluto número 1 em todo o mundo. Com relação à governança corporativa, a *Lite-On* busca transparência, independência e justiça. Enquanto a empresa procura oportunidades para gerar receita e lucros, percebe-se a importância da responsabilidade social corporativa e a empresa empenha-se para ser um bom cidadão corporativo global, para fabricar produtos verdes e para devolver à sociedade.

A *Lite-On* tem como missão tornar-se um grande operador de componentes opto eletrônicos no curto prazo e um líder global em dispositivos convergentes digitais a longo prazo.

A empresa possui uma estratégia central do negócio de tecnologia, que visa qualidade, juntamente com o triângulo dourado de excelência operacional formado por Crescimento Rentável, Criação de Valor e Fluxo de Caixa conforme apresenta a figura 16.



**Figura 16: Triângulo dourado de excelência operacional**

Os valores de empresa são:

- Satisfação do cliente: Como os melhores parceiros para os clientes, ouvindo atentamente as necessidades, dominando as tendências do mercado e utilizando a forte experiência para cumprir os seus objetivos.
- Excelência em Execução: Com excelente execução, a empresa se dedica a cumprir nossos compromissos com os clientes, criando vantagens competitivas inovadoras.
- Inovação: Com mentes abertas e tecnologia inovadora, estamos na vanguarda da produção em massa da tecnologia de próxima geração.
- Integridade: Enfatizamos a integridade, a transparência e fazer a coisa certa para ganhar o respeito de nossos funcionários ea confiança de nossos clientes e partes interessadas para garantir operações de negócios sólidas e sustentáveis.

A figura 17 apresenta os valores *Lite-On*.



Figura 17: Valores

### 3.4 Área de negócios e produtos

As áreas de negócio da *Lite-On* estão voltadas para fabricação de produtos plásticos moldados por injeção e sub-montagens, conversores AC/DC para periféricos e equipamentos de processamentos de dados digitais portáteis e placa de circuito impresso montada. A produção de conversores AC\DC é a principal atividade da fábrica, conseqüentemente representando o maior volume de produção, sendo assim, o produto com maior destaque desde 2015. A figura 18 ilustra alguns dos produtos fabricados.



Figura 18: Exemplos de produtos produzidos na

A empresa possui uma grande variedade de conversores AC\DC, pois a empresa produz para diferentes marcas, por exemplo, Acer, Lenovo, HP, Dell, entre outros e ainda produz diferentes tipos de circuitos impressos e injeção plástica. Os produtos se organizam por modelo e família de produto, quando são variantes de um mesmo modelo ou família, o seu fluxo de produção é muito similar e partilham os mesmos recursos, e por isso são produzidos na mesma linha de produção.

### 3.5 Mercado e parceiros

A *Lite-ON* mantém um elevado nível de parceria com os clientes, avaliando com antecedência as futuras demandas e baseado nelas realizar o exato planeamento para sua produção. Através dessa parceria e do planeamento bem executado a empresa consegue diminuir a problemática do aumento de inventário e a satisfação do cliente garantindo que o demandado nunca falte ao cliente. A figura 19 ilustra alguns dos principais clientes da *Lite-On* Brasil.



Figura 19: Alguns dos principais clientes

### 3.6 Sistema de Produção

Na *Lite-On*, o sistema produtivo é dividido em Injeção plásticas que representa apenas 10% da atividade da empresa e um outro sistema de produção para conversores AC\DC e placas de circuito impresso no qual estaremos descrevendo os processos e fazendo a análise dessa dissertação.

No sistema de produção para conversores AC\DC e placas de circuito impresso a produção é orientada a dois produtos, onde as linhas de produção produzem determinadas famílias de produtos, estas têm que ser flexíveis para atender as demandas e requisitos dos clientes. A produção é coordenada e sincronizada entre as fases de fabricação.

Existe uma enorme variedade de matéria-prima para atender as demandas, a grande maioria é de natureza essencialmente eletrônica. A produção utiliza uma grande quantidade de equipamentos entre testadores, máquinas de inserção automática e outras, para garantir a melhor produtividade e qualidade do produto.

### 3.6.1 Processo de produção e implantação

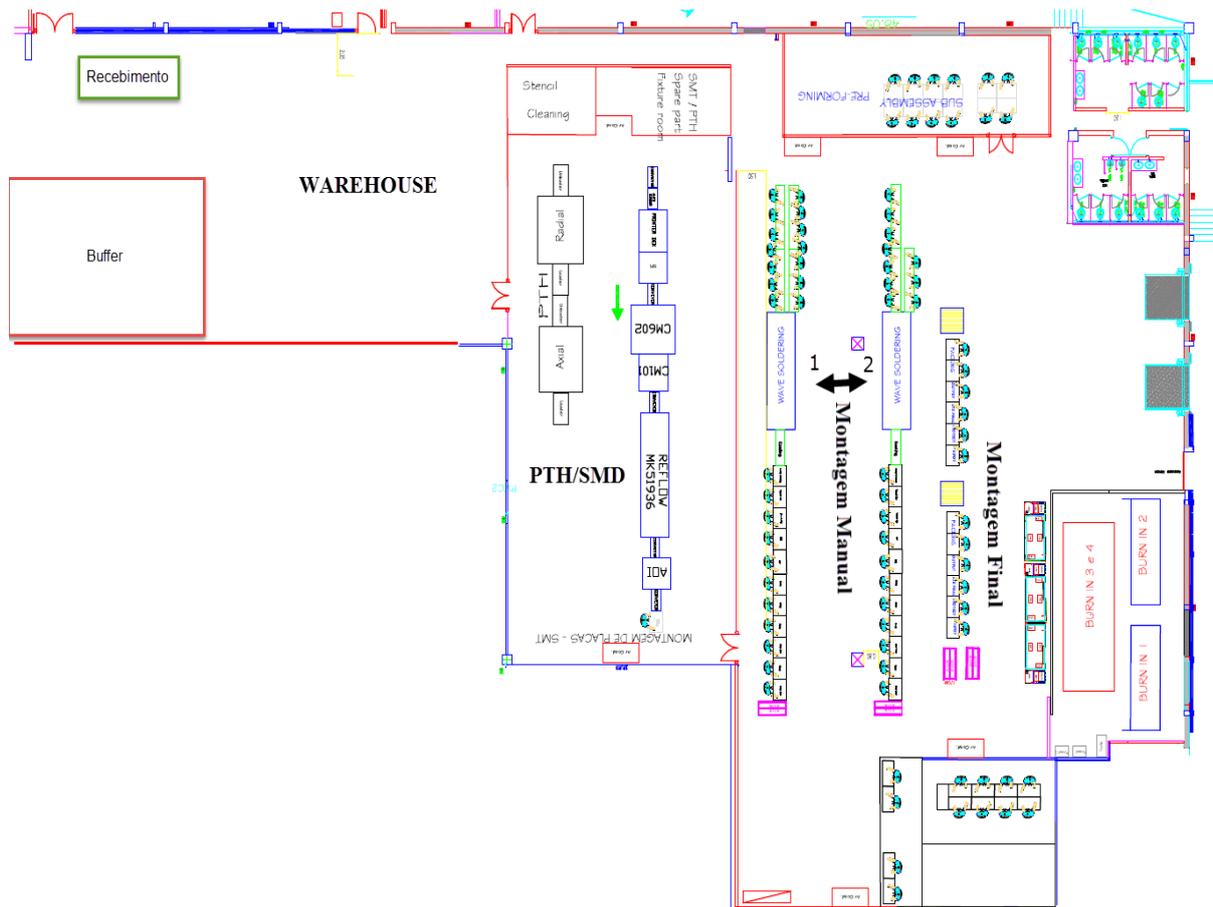
Os processos de produção da *Lite-On* dividem-se em 3 grandes grupos organizados como inserção automática, montagem manual e testes e Montagem final e testes (Figura 31), havendo entre eles armazenamento (I). Estes processos realizam-se num pavilhão com 2 pisos e são representados através da figura 20



**Figura 20: Grupos do processo Lite-On Technology Brasil**

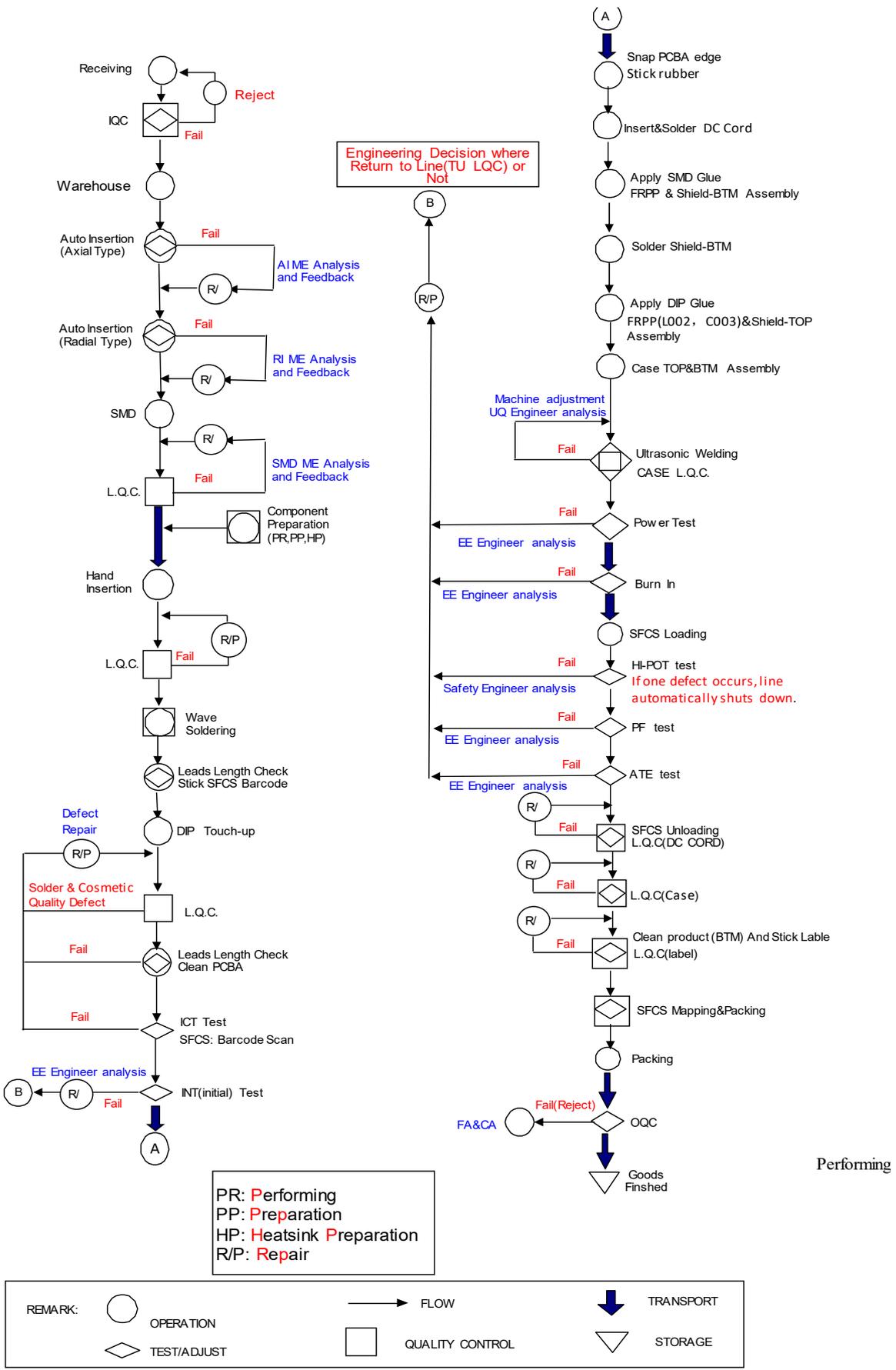
O processo produtivo completo inclui basicamente três pavimentos do prédio, no primeiro onde é localizado o armazém, a área de SMT onde é realizada inserção automática e consiste em inserir automaticamente componentes nas placas PCB (*Printed circuit Board*) e um outro pavimento que fica localizada as linhas de montagens manual e linha de montagens final.

A figura 23 ilustra em detalhes cada um dos pavimentos do sistema produtivo, no armazém é realizado o recebimento da matéria-prima e fica localizado o armazém da empresa também nesse mesmo pavimento é realizada a expedição dos produtos acabado. O segundo pavimento fica localizado a produção SMD e PTH, conforme a figura abaixo são duas linhas distintas no mesmo pavimento. O terceiro pavimento é onde realiza-se toda montagem manual, testes e montagem final do produto, os mesmos retornam ao armazém organizados em paletes e pronto para expedição.



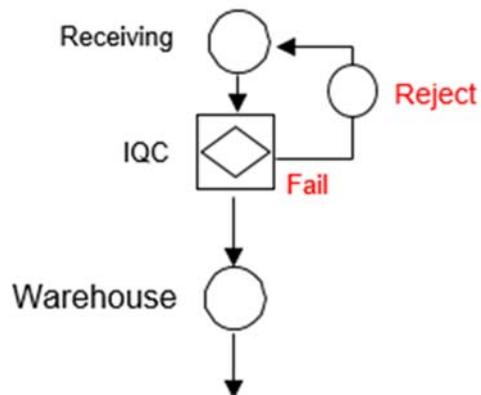
**Figura 21: Pavimentos do processo produtivo**

Nas secções seguintes será detalhado através de fluxograma os grupos de processos de produção, é considerado um fluxo completo sistema produtivo considerando desde o recebimento de materiais a até o ponto em que se torna um produto acabado, para melhor entendimento é apresentado um fluxo completo e em seguida detalhada considerando os pavimentos do processo produtivo. A figura 22 ilustra o fluxograma completo do processo de produção.



**Figura 22: Processo produtivo completo**

### 3.6.2 Recebimento de material e Warehouse.

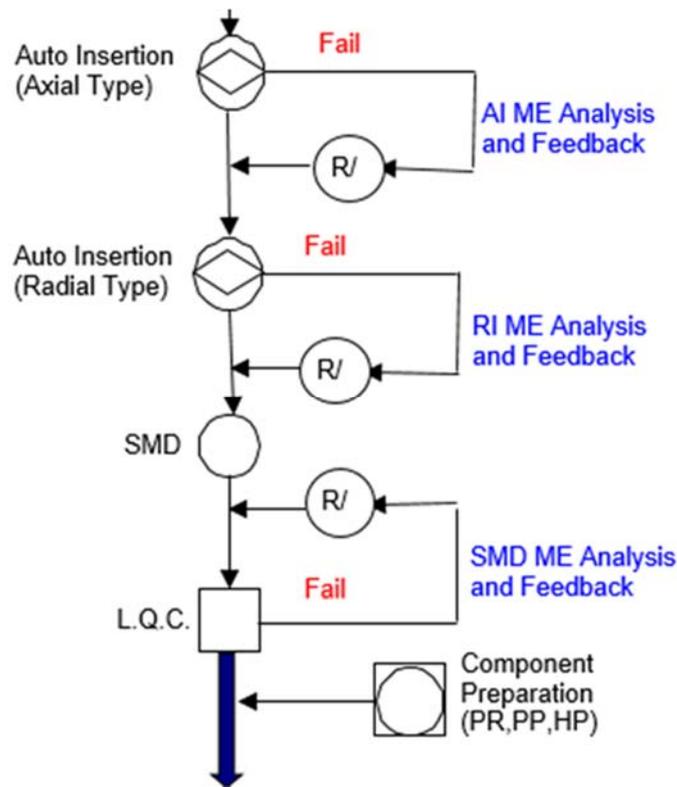


**Figura 23: Processo produtivo (recebimento e warehouse)**

O processo produtivo inicia-se no recebimento, a matéria-prima ao ser descarregada na empresa passa pelo primeiro processo denominado IQC (*Incoming Quality Control*) que tem a finalidade de garantir a qualidade da matéria-prima. Durante o IQC realiza-se testes de qualidade em amostras do lote recebido, esse processo garante a redução de impacto ao processo produtivo decorrente de matéria-prima com defeito. Quando é detetado algum defeito no lote o mesmo é bloqueado no recebimento e as ações necessárias são tomadas junto aos fornecedores, caso contrário, a matéria-prima segue para o *warehouse* e segue disponível até a “montagem” dos *kit's* para atender as Ordens de produção.

O *software* ERP para gerenciamento de negócios da *Lite-On* é o SAP, através dele é realizado todo o gerenciamento financeiro, material, planejamento e qualidade da empresa. Para o processo produtivo a empresa possui uma solução MES (*Manufactory Execution System*) ou SFCS (*shop floor control system*), quando é gerada uma ordem de produção no SAP automaticamente a mesma é baixada para o software SFCS da fábrica e através dele é feita a rastreabilidade de todo o sistema produtivo.

### 3.6.3 Inserção Automática e SMD.



**Figura 24: Processo produtivo (PTH e SMD)**

Após a criação das ordens de produção é realizado o pagamento dos kits de matéria-prima para produção da ordem, realizasse as fases de inserção automática e SMD do produto. Para melhor detalhamento do processo de produção PTH e SMD detalha-se a seguir em três blocos considerando que as ordens de produção foram criadas e os kits de matéria-prima já estão disponíveis de acordo com a sequência de produção. O processo SMD divide-se basicamente em tres processos, ilustrados na figura 25:



**Figura 25: Processo produtivo (PTH e SMD)**

A produção na área de SMD não é totalmente controlada pelo software SFCS, atualmente utiliza-se o mesmo somente para verificar a lista de materiais críticos para aquela produção. Antes do início da produção PTH e SMD os operadores responsáveis realizam a alimentação das máquinas de PTH e SMD e demais matéria-prima a ser utilizada no processo. A figura 26

mostra os kits de matéria prima devidamente separados por ordem de produção e a alimentação da matéria prima nas fases de SMD e PTH.



**Figura 26: Alimentação de máquinas (PTH e SMD)**

Após a alimentação de todos os processos, inicia-se a produção PTH que é realizada através de duas máquinas AI (*Axial insertion*) e RI (*Radial insertion*). Uma vez alimentado o processo é totalmente automatizado, inicia-se com a inserção de componentes axial, as duas máquinas são interligadas e o processo produtivo é contínuo entre as duas máquinas ocorre somente uma inspeção visual e o produto permanece na esteira seguindo para a máquina de inserção automática dos componentes tipo radial ao final do processo realiza-se uma fase denominada L.Q.C (*Line Quality Control*) onde o produto 100% por uma inspeção visual e é organizado em “gavetas” para aguardar a próxima fase do processo de SMD. A figura 27 mostra o processo de produção em PTH, assim como o armazenamento das mesmas no final do processo após a inspeção L.Q.C.



**Figura 27: Produção de PTH**

Como estágio final da área de inserção automática, o produto entra na linha de produção SMD, assim como na fase PTH a produção é sequenciada iniciando com a inserção de componentes através das máquinas NXT SEGUINDO com os testes realizados pela AOI e finalizando com a inspeção LQC e armazenados para serem enviados à área de montagem manual e dar continuidade no processo. A figura abaixo mostra o processo de produção em SMD, assim como o armazenamento das mesmas no final do processo após a inspeção L.Q.C. A figura 28 seguir mostra a linha de montagem final completa, iniciando pelos testes até a embalagem completa dos mesmos.



**Figura 28 Produção de SMD**

### 3.6.4 Montagem Manual.

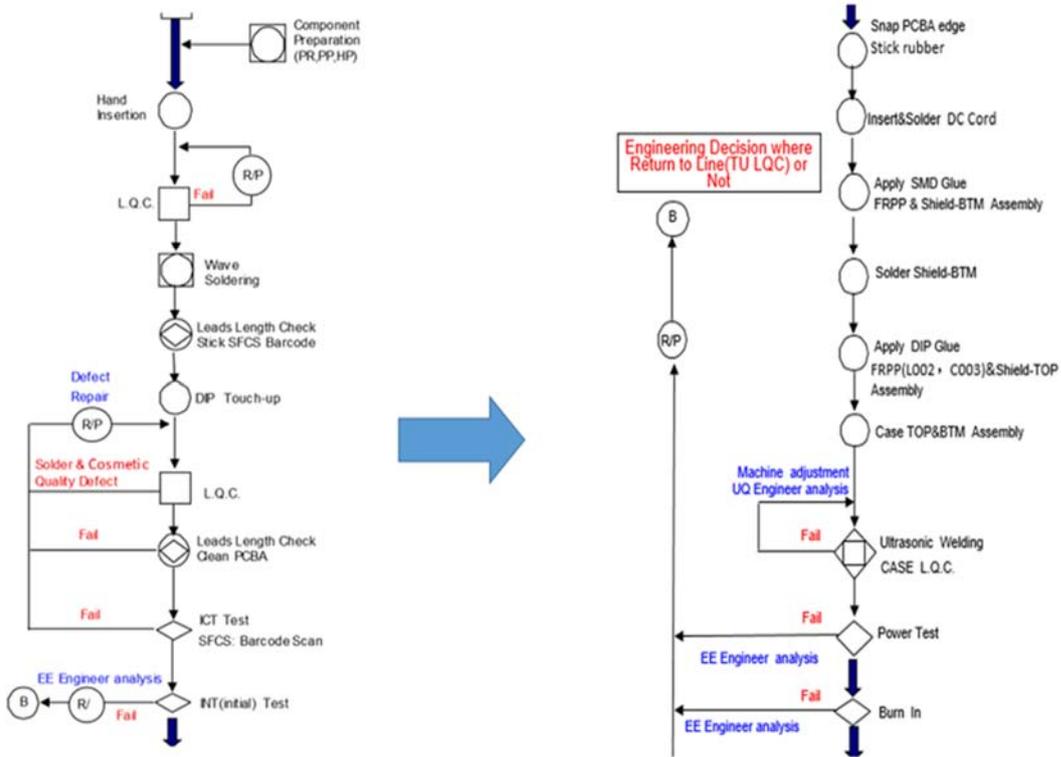


Figura 29 Montagem manual

Após a produção e processo LQC no SMD inicia-se etapa de montagem manual do sistema produtivo, a linha de montagem manual é uma grande linha que opera através de um sistema puxado de produção. Primeiramente realiza-se a preparação dos componentes e a linha de produção é alimentada por um funcionário que garante toda a matéria prima para que o processo seja contínuo e eficiente, no primeiro posto de trabalho da linha realiza-se a inserção manual de componentes, onde a produção é puxada a através de uma esteira e cada operador realiza uma parte a inserção manual de componentes, o ultimo operador realiza a inspeção LQC e quando aprovado realiza a leitura do mesmo com o software SFCS aprovando o enviando para o algum ajuste necessário. A figura 30 mostra o postos de inserção manual de componentes e a inspeção qualidade LQC que precede o forno de solda em ondas.



**Figura 30 Montagem manual (Inserção de componentes)**

Quando concluído e realizada inspeção da inserção manual de componentes e realizada a inspeção no mesmo a esteira que puxa o processo tem como próxima etapa o forno de solda em ondas, esse processo realiza-se por uma máquina e a finalidade é aplicar o fluxo de solda as placas e assim realizar a fixação dos componentes na placa. Afigura 31 mostra o forno de solda em ondas e alguns detalhes do mesmo.



**Figura 31: Forno de Solda em ondas**

Ao passar pelo forno de solda em ondas a placa recebe uma análise LQC onde a finalidade é identificar possíveis problemas com o fluxo de solda ou qualquer defeito cosmético ocasionado ao produto. Nesse ponto do processo se inicia alguns testes ao produto, o primeiro deles é esse teste visual onde identifica-se falhas visíveis como excesso de fluxo, componentes deslocados e demais falhas visíveis, dando continuidade temos o teste ICT (*In circuit test*) que realiza testes no circuito e INT (*Initial Teste*) que verifica o funcionamento dos componentes no circuito. A figura 32 mostra o posto de LQC e testadores INT e ICT da linha de produção.



**Figura 32: revisão LQC e testadores ICT e INT**

Finalizando o processo de montagem manual é feita a montagem do produto, aplicação de cola, *shield*, *cover* dos produtos, cordão DC dos produtos e um teste final denominado *Power Test* que verifica o funcionamento do produto após todo o processo de montagem manual. A figura 33 apresenta a parte final do posto de montagem manual:



Figura 33: Montagem shield, case e Power Test

### 3.6.5 Burn-IN e Montagem Final.

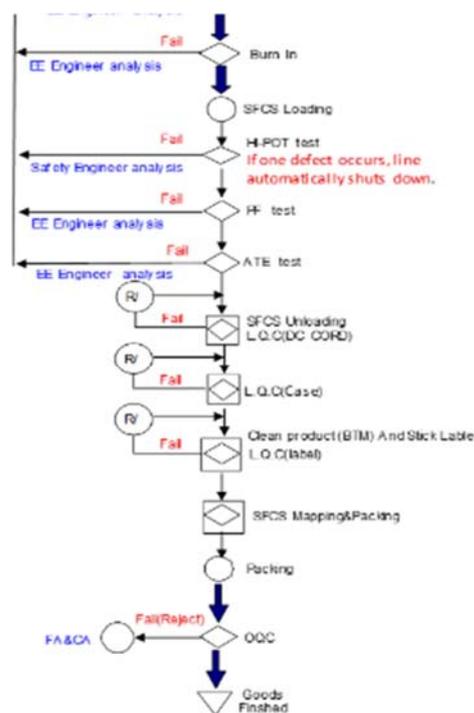


Figura 34: Burn-in e montagem final Lite-On Technology Brasil

Entre as linhas de montagem manual e montagem final os produtos passam por um teste de resistência denominado Burn-In onde os carregadores são submetidos a testes que variam de 6 a 24 horas e verificam a capacidade do produto mantido em funcionamento por um longo período contínuo. A figura 35 apresenta as camaras de teste de *Burn In*:



**Figura 35: Burn**

Após o teste de Burn-in inicia-se a linha de montagem final onde realiza-se os testes finais sequencialmente, iniciando pelo teste de HIPOT que é um teste elétrico onde o produto é exposto a uma forte carga elétrica e analisado o funcionamento do mesmo, em seguida é realizado o teste denominado PF que é um teste detalhado de potência sobre produto e na sequencia o último teste denominado Final ATE que realiza um teste no funcionamento geral do produto garantindo a qualidade do mesmo e seguir no processo sendo embalado e organizado em paletes finalizando o processo. A figura 36 apresenta os testes finais e o posto de embalagem:



**Figura 36: Linha montagem Final e embalagem**

#### 3.6.6 Fluxo de materiais.

O fluxo de materiais para o sistema produtivo se inicia a partir do momento em que se concretiza uma demanda de produção e termina com o cliente após todo os processos do sistema produtivo e expedição. No fluxograma da figura 37 está descrito o fluxo de matérias que existe na empresa juntamente com alguma que será detalhada a seguir:

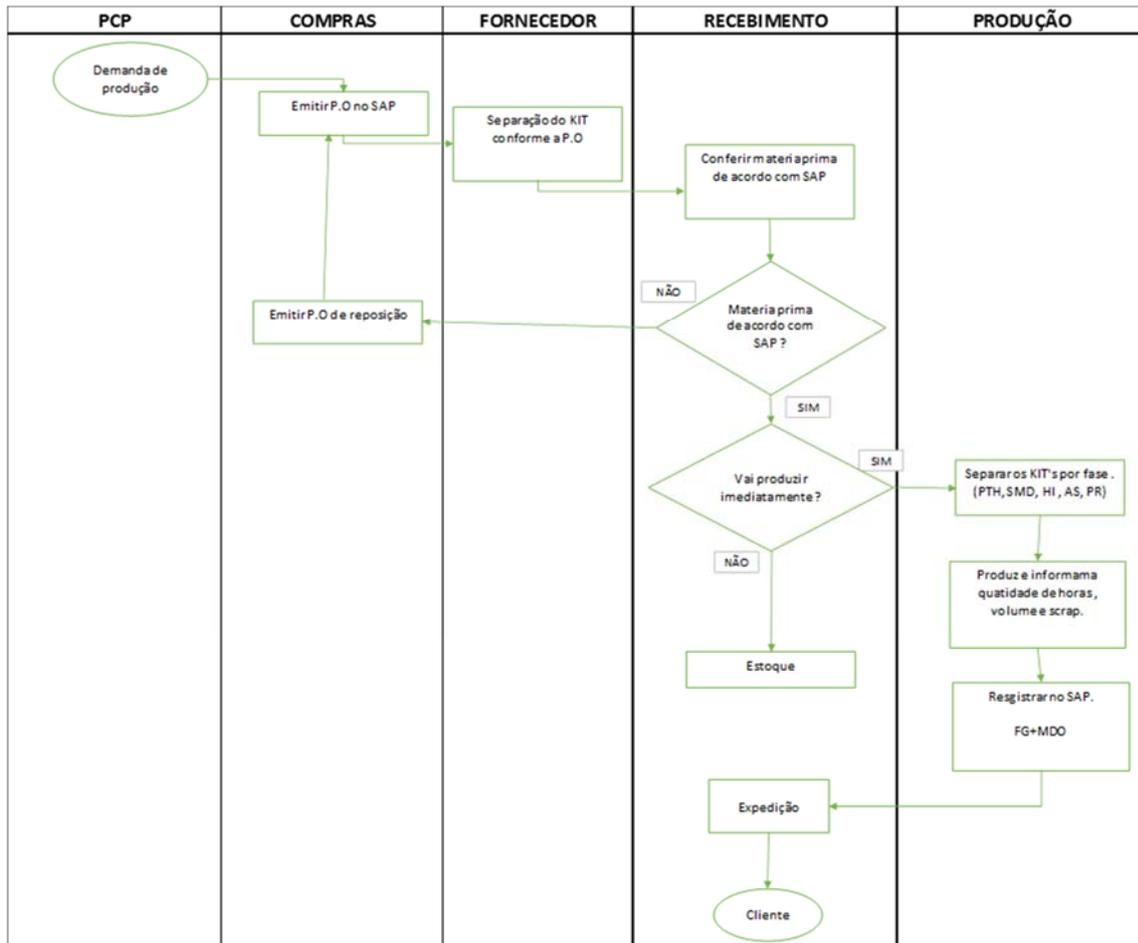


Figura 37: Fluxo de materiais

De acordo com as demandas a equipa de planeamento e controle de produção elabora o calendário e as necessidades para o processo produtivo, com base no planeamento o time de compras cria as ordens de compra (P.O) e os pedidos são emitidos aos fornecedores. A empresa se preocupa em manter uma boa relação com os clientes para conseguir executar um excelente planeamento e replica isso junto aos fornecedores.

As matérias-primas enviadas pelos fornecedores passam por um processo de conferência quando recebida na *Lite-On*, nessa conferência verifica-se se a entrega está de acordo com o pedido de compra gerado no SAP. Quando é detetada alguma diferença entre o pedido de compra no SAP e a entrega, seja erro em quantidade, ou matéria-prima com especificação diferente e outros, é enviada do setor de recebimento ao setor de compra uma das necessidades e a área cria junto ao fornecedor um pedido de compra de reposição para atender as necessidades. A figura 38 mostra a área em que é realizado o recebimento e conferência da matéria-prima:



**Figura 38:Área de recebimento e conferência de matéria-prima**

Após o recebimento e conferência da matéria-prima existem dois destinos para a mesma, o analista de materiais consulta o plano e verifica se a mesma será destinada a produção imediata ou se será enviada ao estoque de matéria-prima. Quando existe a necessidade de produção imediata a matéria-prima permanece disponível para que se possa realizar a montagem dos kit's de acordo com o planejado. A figura 39 mostra a matéria-prima pronta para a montagem dos kits e o estoque de matéria-prima e produtos acabados.



**Figura 39: Matéria-prima**

Após pedido e recebimento, realiza-se a montagem dos kit's para alimentar a produção. O analista de material realiza a montagem do kit de acordo com cada ordem de produção iniciada no SAP e produzida com a utilização de um Shop Floor Control System (SFCS). Os kit's são separados e organizados em pontos estratégicos da área de produção para que os alimentadores de produção mantenham o sistema alimentado conforme a figura 40:



**Figura 40: Kit's para alimentação de produção SMD, montagem manual e montagem final**

Após o processo produtivo as informações processadas no *software* SFCS são apontadas no SAP transformando a matéria-prima em produto final enviando os lotes para expedição.



**Figura 41: Produtos pronto para expedição**

## 4. ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA DO SISTEMA PRODUTIVO

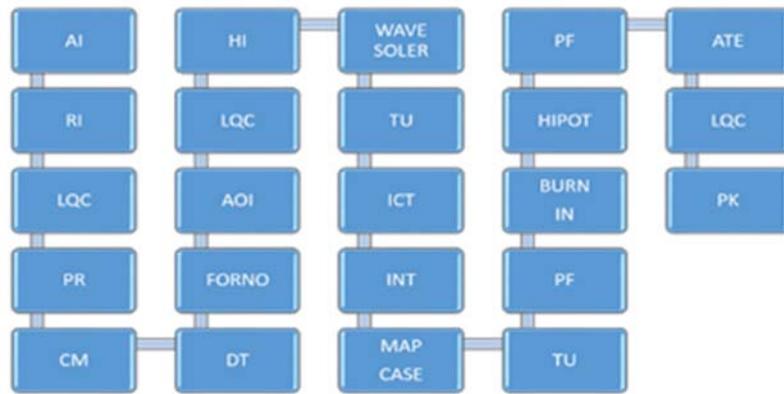
Para analisar o sistema produtivo da *Lite-ON*, considerou-se utilizar as diversas ferramentas *lean* visando representar de maneira eficaz os desperdícios do processo produtivo. Porém, como o objetivo é uma análise à produção no seu global, utilizamos o WID por permitir representar diversas famílias de produtos, por permitir uma fácil a representação visual dos principais desperdícios e ainda por ser capaz de quantificar os desperdícios existentes no sistema produtivo. Esta análise WID divide-se em duas etapas, na primeira será avaliada os principais desperdícios do processo produtivo através da construção e análise do diagrama WID, na segunda etapa utilizaremos o WID para através da tabela de registro de desperdício para analisar os operadores do processo.

### 4.1 Primeira etapa da análise WID.

A *Lite-ON* possui um sistema de produção extremamente flexível e com uma elevada capacidade de produção de diferentes produtos, porém, os fluxos gerais de produção dos produtos são bem similares.

Para a elaboração do diagrama WID é necessário realizar uma recolha e tratamento de informação relativamente aos tempos de produção, procura, níveis de stock intermédio (WIP), tempos de troca de ferramentas, defeitos e etc.. É também necessário conhecer minimamente os processos que vão ser “estudados” e identificar o início e o fim do sistema produtivo.

A *Lite-ON* possui uma elevada quantidade de postos de montagens e equipamentos e quase todo o portfólio da empresa durante seu processo produtivo utiliza esses processo produtivo similar. Assim, juntamente com a chefia e engenharia da empresa, decidiu-se que o melhor seria analisar a rota geral considerando um produto que melhor represente o tempo médio do sistema produtivo e ainda possui uma alta demanda e um elevado índice de defeito. Afigura 42 ilustra a rota utilizada para analise WID, iniciando no AI e finalizando no PK (*packing*)



**Figura 42: Rota geral do sistema de produção da**

A figura 43 ilustra o resultado da aplicação da metodologia WID na empresa, através dela determina-se todo o desperdício existente no processo produtivo:

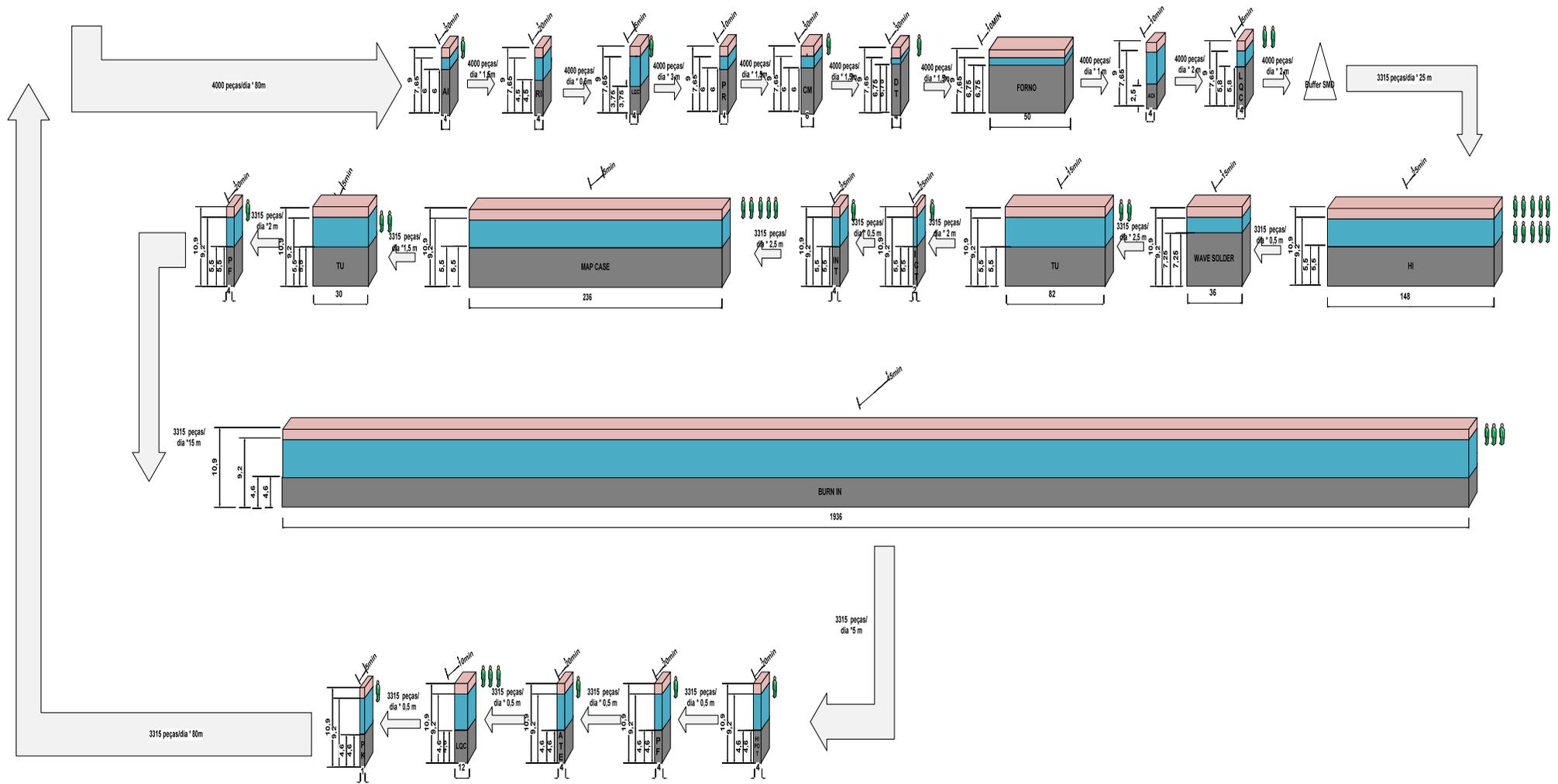


Figura 43: Análise WID da produção da

Para a determinação do valor de qualquer um dos tempos *Takt Time* é necessário conhecer a quantidade planeada a ser produzida para satisfazer a procura (vamos chamar quantidade requerida para um dia, ou  $Qr$ ). Assim temos:

$$T_{TT} = \frac{T_T}{Qr} \qquad T_{TP} = \frac{T_P}{Qr} \qquad T_{TU} = \frac{T_U}{Qr}$$

Sendo:  $T_{TT}$  - Tempo *Takt* do Turno;  $T_T$  - Tempo do Turno;  $T_{TP}$  - Tempo *Takt* Planejado;  $T_P$  - Tempo Planejado de Produção;  $T_{TU}$  - Tempo *Takt* Útil;  $T_U$  - Tempo Útil de Produção;  $Qr$  - Quantidade Requerida.

Para cálculo do *takt time* foi considerado o plano de produção compartilhado pelo equipa de Planeamento e controle de produção da *Lite-ON*. O tempo de *takt* do turno da *Lite-ON* é um turno de 10 horas (600 minutos ou 36000 segundos). Durante esse turno há normalmente algumas paragens planeadas como as paragens relacionadas com pausas para descanso do pessoal, as paragens para manutenção preventiva ou simplesmente períodos sem nada para produzir. Subtrairmos ao tempo do turno o tempo destas paragens planeadas obtemos o Tempo Planeado de Produção ( $T_P$ ) que é de 8,5 horas ou 30.600 segundos. Retirando ao tempo planeado de produção o valor das interrupções de produção não planeadas obtemos o tempo útil de produção ( $T_U$ ). Este tempo útil de produção é o tempo em que o equipamento está de facto disponível para produzir. Devido a alta quantidade de defeito e a dificuldade de medição no tempo de parada em cada estação, nessa análise o tempo útil da produção será igual ao *takt* tempo de estação da estação.

Fase	Tempo Takt do Turno (seg/uni)	Takt Time Planejado	Takt Time Útil (Produção de 22 a 26/11/16)
AI	9,0	7,65	6,00
RI	9,0	7,65	4,50
LQC	9,0	7,65	3,75
PR	9,0	7,65	6,00
CM	9,0	7,65	6,00
DT	9,0	7,65	6,75
FORNO	9,0	7,65	6,75
AOI	9,0	7,65	2,50
LQC	9,0	7,65	45,00
HI	10,9	9,2	5,50
WAVE	10,9	9,2	7,25
TU	10,9	9,2	3,50
ICT	10,9	9,2	1,00
INT	10,9	9,2	5,00
MAP CASE	10,9	9,2	7,50
MAP CASE	10,9	9,2	6,00
Power Test	10,9	9,2	5,00
BI	10,9	9,2	5,07
HIPOT	10,9	9,2	5,00
PF	10,9	9,2	7,25
ATE	10,9	9,2	6,75
LQC LABEL	10,9	9,2	4,00
PACKING	10,9	9,2	3,00

**Tabela 1: Calculo Takt Time**

Para saber o Tempo de estação nas diferentes fases do processo produtivo realizaram-se observações diretas aos postos de trabalho durante o período de 22 a 26 de Novembro de 2016 em horários diferentes, estando os valores médios das observações apresentados na tabela 2.

As medições foram realizadas em diferentes dias com diferentes operadores para garantir um valor estatisticamente confiável perante aos diversos fatores de variação impostos na análise real do processo.

Fase	N. de Observações realizadas	TC (seg)
AI	25	6,00
RI	25	4,50
LQC	25	3,75
PR	25	6,00
CM	25	6,00
DT	25	6,75
FORNO	25	6,75
AOI	25	2,50
LQC	25	45,00
HI	25	5,50
WAVE	25	7,25
TU	25	3,50
ICT	25	1,00
INT	25	5,00
MAP CASE	25	7,50
MAP CASE	25	6,00
Power Test	25	5,00
BI	25	5,07
HIPOT	25	5,00
PF	25	7,25
ATE	25	6,75
LQC LABEL	25	4,00
PACKING	25	3,00

**Tabela 2: Cálculo do tempo de estação**

O *Work-In-Progress (WIP)* refere-se à quantidade de produtos que estão à espera para serem processados na estação de trabalho em causa, para levantamento do WIP em cada uma das fases em questão realizou-se a contagem de todo estoque intermediário durante o processo produtivo por meio de observação da operação em cada um dos postos de trabalho do diagrama WID.

Verificando e analisando o WID, é possível identificar os principais gargalos do sistema que são os processos *BurnIn*, *Wave solders* e postos de montagem manual e como tal serão alvo de uma atenção especial no decorrer desta dissertação. A tabela 3 mostra os resultados coletados através das observações.

Fase	WIP
AI	4
RI	4
LQC	4
PR	4
CM	6
DT	4
FORNO	50
AOI	4
LQC	12
HI	148
WAVE	36
TU	82
ICT	2
INT	4
MAP CASE	236
MAP CASE	30
Power Test	4
BI	1656
HIPOT	4
PF	4
ATE	4
LQC LABEL	12
PACKING	1

**Tabela 3: Work in Progress**

Para levantamento do *Tempo de Changeover*, primeiramente consultamos os Engenheiros de teste e produto responsáveis pelo trabalho em torno do setup nos postos de trabalho, os mesmos forneceram os tempos médios e oficiais considerados pelo equipa de planeamento e para validar as informações foi realizado algumas observações e assim foi coletado os tempos compartilhado na tabela 4.

Fase	C.O (min)
AI	20
RI	20
LQC	5
PR	10
CM	30
DT	30
FORNO	10
AOI	10
LQC	5
HI	20
WAVE	15
TU	5
ICT	25
INT	25
MAP CASE	5
MAP CASE	5
Power Test	20
BI	40
HIPOT	20
PF	20
ATE	20
LQC LABEL	10
PACKING	5

**Tabela 4: Tempo de setup**

Durante a elaboração do diagrama WID para o processo produtivo da *Lite-ON* foi necessária uma atenção especial para garantir a melhor utilização das várias possibilidades que o WID possui para representar os desperdícios. O WID foi iniciado com o modelo tradicional da ferramenta em seguida verificou-se a necessidade de melhoria na quantidade de defeitos do processo para melhor identificação dos desperdícios. As análises e coletas de dados foram realizadas em horários e dias alternados para garantir a maioria das variações dos cenários.

Com a realização do WID destacam-se alguns desperdícios explorados nos parágrafos seguintes:

Em relação ao Gargalo do Sistema: os postos de trabalho possuem um balanceamento aceitável o tempo de estação está muito próximo, os gargalos encontram-se nos postos de montagens

manual e o maior de todos é na fase Burn In, facilmente identificado no diagrama WID pelo elevado WIP, verificando os postos que possuem maior WIP no processo percebeu-se que esta relacionado a tempo de teste para o Burn IN e nos demais postos está relacionado ao tempo de processamento da estação devido a limitações de montagens dos operadores ou defeitos provenientes de montagem dos postos anteriores.

Em relação do Transporte: se tornou explicito no WID que o transporte realizado pelos alimentadores de produção é muito grande, a matéria-prima paga direto do warehouse para produção onde o operador percorre 160 metros a cada vez que o mesmo se dirige ao warehouse para buscar matéria-prima e alimentar a linha de produção.

Em relação as Paragens não planeadas: a fábrica vem enfrentando uma grande dificuldade para atender o plano de produção e em consequência a demanda do cliente e através do modelo WID utilizado é visível o elevado tempo de paragens não planeadas que acontecem por falta de matéria prima, defeitos em equipamentos, ausência de operadores e etc...

Através do diagrama WID elaborado é possível calcular algumas medidas de desempenho para avaliação de todo o processo. A tabela 5 utiliza de alguns indicadores para demonstrar a performance geral do sistema produtivo em estudo.

<b>Indicador</b>	<b>Cálculo</b>	<b>Resultado</b>
Tempo Takt (geral do sistema)	$T_T = \frac{Tdp}{Qr} = \frac{28800}{3315}$	$T_T = 8,68 \text{ seg}$
Tempo de estação (geral do sistema)	Para este caso particular, uma vez que todos os produtos passam pela última estação de trabalho, pode-se dizer que o tempo da última estação de trabalho define o tempo de estação do sistema.	$T_c = 3 \text{ seg}$
Esforço de transporte	$ET_s = \sum_{i=1}^m ET_i$ $= 4000 \times 80 + 4000 \times 1,5 + 4000 \times 0,4 + \dots$ $+ 3315 * 0,5$	$ET_s = 495970,00$ uni*m
WIP	$WIP_s = \sum_{i=1}^m WIP_i$	$WIP_s = 2315 \text{ uni}$
Tempo de Atravessamento	$Ta_r = T_{Tr} \sum_{i=1}^m (WIP_i)$	$Ta_r = 25372,4 \text{ uni} \times \text{seg}$

Rácio Acrescentado	Valor-	$Rva_r = \frac{\sum_{i=1}^m Te_i}{Ta_r} = (159,07) / 25372,4$	Rva =0,6%
Produtividade		$Pr_{(e)} = \frac{Qr}{Nop * Tdp} = \frac{3315}{43 \times 8,5}$	$Pr_{(e)}=9,1$ uni/h.h
Eficiência da unidade produtiva	esperada	$Es_{(e)} = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{Te_i}{Tt_i}}{x_{y^2}} = \frac{6,92}{10,86}$	$Es_{(e)} = 63,72\%$

**Tabela 5: Medidas de desempenho**

#### 4.2 Segunda etapa da análise WID.

A ferramenta WID também nos permitiu a realização de uma análise na utilização da mão-de-obra e a fácil representação gráfica em custo e percentagem. Previamente foi comentado que durante os dias de trabalho os operários nem sempre estão executando algum tipo de atividade que acrescenta valor, realizando muitas vezes transportes, movimentações, esperas e etc.

Para identificar as atividades realizadas pelos operários foi utilizada a observação direta, através da técnica de amostragem, seguindo a seguinte estratégia

- O percurso foi sempre o mesmo.
- Os checkpoints de observação foram sempre os mesmos.
- Os dias e os instantes de cada observação foram pré-definidos, de forma a evitar que as observações fossem todas realizadas à mesma hora.

A gestão dos operários no processo produtivo é realizada por duas coordenações (SMD e Produção), portanto, a análise de utilização de mão-de-obra foi realizada em duas etapas analisando primeiramente os operários da coordenação SMD e em seguida os operários da Produção, assim foram realizados 16 circuitos para obter um valor medio estatisticamente mais aproximado do real e os resultados podem ser observados a seguir.

Realizou-se toda a rotina de observações na área de SMD conforme previamente definido e obtivemos os resultados apresentados na tabela 7.

Registro das observações da unidade produtiva Lite-ON - SMD											
Observação número	Data	Hora	Operação c/ valor acrescentado	Movimentações	Transporte	Esperas	Processamento	Retrabalho	Ausente	Outro	Total
1	1-Dec	8:00	30	30	46	3		12			121
2	1-Dec	9:00	32	20	43	7		13			115
3	1-Dec	10:00	40	14	45	5		15			119
4	1-Dec	11:00	35	21	49	9		17			131
5	1-Dec	13:00	37	18	51	8		13			127
6	1-Dec	14:00	32	19	47	11		15			124
7	1-Dec	15:00	38	25	53	6		17			139
8	1-Dec	16:00	39	13	42	5		16			115
9	2-Dec	8:00	37	21	47	3		9			117
10	2-Dec	9:00	28	23	45			11			107
11	2-Dec	10:00	27	24	45	1		14			111
12	2-Dec	11:00	33	16	44	2		19			114
13	2-Dec	13:00	32	23	49	3		17			124
14	2-Dec	14:00	31	22	46			13			112
15	2-Dec	15:00	34	17	39	5		16			111
16	2-Dec	16:00	33	25	47	3		12			120
%			28.2%	17.4%	38.7%	3.7%	0.0%	12.0%	0.0%	0.0%	100.0%
<b>Total</b>			538	331	738	71		229			1907
Custo/Anual	Para um salário médio de 2500 reais mensais		R\$ 126,953.3	R\$ 78,107.0	R\$ 174,147.9	R\$ 16,754.1		R\$ 54,037.8			R\$ 450,000.0

Tabela 6 : Resultados desperdício no SMD

A figura 44 representa graficamente a percentagem de utilização da mão de obra no SMD em relação aos itens analisados:



Figura 44: Análise WID da produção

Através do gráfico se observa que os operários desperdiçam mais tempo com atividades que não acrescentam valor ao produto, empenhando grande parte dos seus esforços diários em transportes, movimentações, retrabalho e esperas. Apesar de ser notória a movimentação e o transporte dentro da área a coordenação e engenharia se demonstrou surpresa com os

resultados e a eficácia da representação gráfica para tomada de decisões. Durante o turno os operadores não parecem ter posto fixo, organizam as placas em gabinetes e movimentam bastante os mesmos, existe um elevado índice de retrabalho devido alguns defeitos gerado no processo em decorrência de erros de maquinas e manuais.

Através desses resultados é possível realizar o cálculo e avaliar o custo das atividades realizadas pelos operadores. Considerando um valor gasto por operador de R\$ 2.500,00 já incluindo despesas com impostos e etc. Sabendo que a área possui 15 operadores somando um total de R\$ 37.500,00 mensais apresenta-se o gráfico dos gastos desperdício anual na figura 45.



**Figura 45: Custo anual com desperdícios de mão-de-obra**

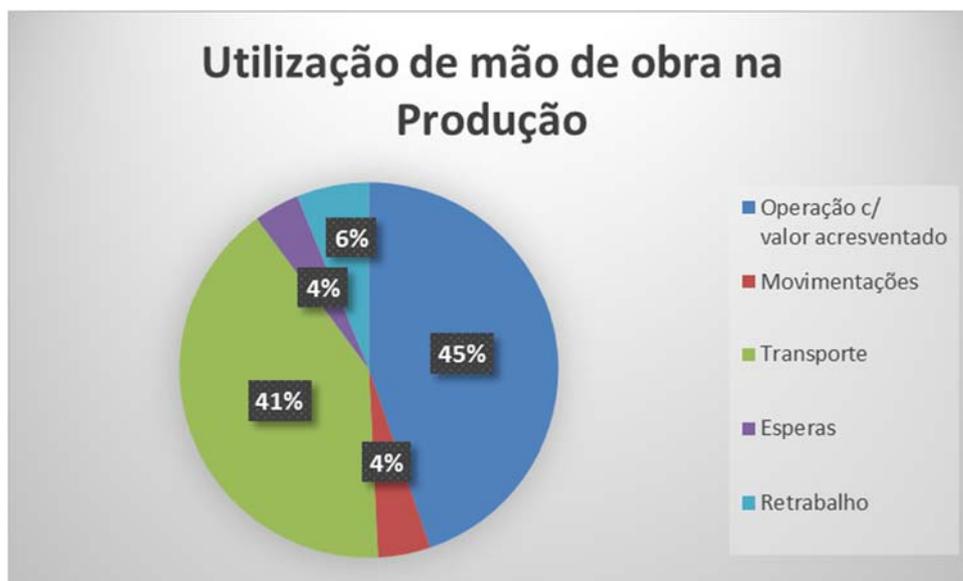
Observando os valores juntos com a liderança da empresa, foi tomada a decisão de reduzir em 35% as movimentações, transporte e retrabalho e utilizar esse tempo disponível para atividades que acrescentam valor ao produto.

Continuando a análise de desperdício realizou-se novamente toda a rotina de observações mas agora na área de Produção manual e testes conforme previamente definido e obtivemos os resultados indicados na tabela 8.

Registro das observações da unidade produtiva Lite-ON											
Observação número	Data	Hora	Operação c/ valor acrescentado	Movimentações	Transporte	Esperas	Processamento	Retrabalho	Ausente	Outro	Total
1	1-Dec	8:00	50	5	46	3		4			108
2	1-Dec	9:00	49	3	43	7		7			109
3	1-Dec	10:00	47	7	45	5		9			113
4	1-Dec	11:00	53	3	49	9		4			118
5	1-Dec	13:00	54	4	51	8		3			120
6	1-Dec	14:00	45		47	11		7			110
7	1-Dec	15:00	43	5	53	6		12			119
8	1-Dec	16:00	57	9	42	5		5			118
9	2-Dec	8:00	53	7	47	3		3			113
10	2-Dec	9:00	52	5	45			7			109
11	2-Dec	10:00	52	8	45	1		9			115
12	2-Dec	11:00	52	4	44	2		3			105
13	2-Dec	13:00	50	7	49	3		8			117
14	2-Dec	14:00	48	9	46			11			114
15	2-Dec	15:00	51	3	39	5		13			111
16	2-Dec	16:00	56	2	47	3		7			115
%			44.8%	4.5%	40.7%	3.9%		6.2%			100.0%
<b>Total</b>			812	81	738	71		112			1814
Custo/Anual	Para um salário médio de 2500 reais mensais		R\$ 940,022.1	R\$ 93,770.7	R\$ 854,355.0	R\$ 82,194.0		R\$ 129,658.2			R\$ 2,100,000.0

**Tabela 7: Resultados desperdício na produção**

A figura 46 abaixo representa graficamente a percentagem de utilização da mão de obra na produção em relação aos itens analisados



**Figura 46: Análise WID da produção**

Através do gráfico observa-se que a mão-de-obra é utilizada melhor que na área do SMD, pois os operários gastam maior parte de seu tempo com atividades que acrescentam valor ao produto, mas ainda é visível uma grande quantidade de desperdícios com a mão de obra em decorrência da elevada quantidade de transporte realizada pelo operador de produção.

Através desses resultados é possível realizar o cálculo e avaliar o custo das atividades realizadas pelos operadores. Considerando um valor gasto por operador de R\$ 2.500,00 já incluindo despesas com impostos e etc. Sabendo que a área possui 70 operadores somando um total de R\$ 175.000,00 mensais apresenta-se o gráfico dos gastos por desperdício anual



**Figura 47: Análise WID da produção**

Observando os valores juntos com a liderança da empresa, foi tomada a decisão de reduzir em 20% as movimentações, transporte e retrabalho e utilizar esse tempo disponível para atividades que acrescentam valor ao produto.

## 5. IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO

A seguir o plano de ação para implementação visando a melhoria no sistema produtivo e diminuir os desperdícios, tendo em conta a análise crítica e identificação de problemas realizada através do WID. Estas propostas são apresentadas através de um plano de ações utilizando a técnica 5W2H.

O que fazer?	Porque?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
<b>SMD</b>					
Reduzir o tempo de estação no Forno e DT.	O forno é um gargalo do sistema	Engenheiro de Teste SMD	Ajustar equipamento e matéria prima	Forno - SMD	jan/17
Reduzir paragens não planejadas no RI	Impacta a eficiência do sistema produtivo	Engenheiro de Teste SMD	Ajustar equipamento e treinar operadores	RI- SMD	jan/17
Criar Rotas de transporte no SMD	Todos operários realizam transporte aumentado desperdício	Engenheiro de Processo SMD	Comboio logístico	SMD	fev/17
Limpar área smd	Espaço subutilizado, excesso de material na linha	Engenheiro de processo, operadores, líderes SMD	5s	SMD	fev/17
Reduzir movimentação do alimentado SMD	A distância entre o warehouse e SMD é grande	Engenheiro de processo	Criar um supermercado intermediário para alimentar o SMD	SMD	fev/17
<b>Montagem Manual - Testes – Packing</b>					
Reduzir o tempo de estação no Wave Solder	Wave solder é o gargalo do sistema produtivo	Engenheiro de Testes / Engenheiro de Qualidade	Ajuste no equipamento e molde	Linha de montagem Manual	jan/17
Reduzir o tempo de estação no posto MAP CASE	MAP CASE é o gargalo do sistema produtivo	Engenheiro de Testes / Engenheiro de Qualidade	Expansão da capacidade do posto	Linha de montagem Manual	fev/17

Reduzir movimentação do alimentador de linha	A distância entre o warehouse e montagem manual é grande	Engenheiro de processo	Criar um supermercado intermediário para alimentar o Montagem manual e embalagem	Linha de montagem Manual	fev/17
Rotas de transporte e limpeza	Todos operários realizam transporte e aumentado desperdício	Engenheiro de processo	Definição de rotas e treinamento para operadores	Linha de montagem Manual	fev/17

Tabela 8: Tabela 5W2H

### 5.1 Implementações para redução do tempo de estação no Forno e DT.

O processo produtivo na área do SMD possui dois “gargalos” o DT que está dividido em três estações e o Forno, é importante encontrar soluções e medidas para torna-lo mais eficiente. Além disso, como já se referiu, a Lite-On possui equipamentos de última geração para seu processo produtivo, é necessário o ajuste e melhor customização dos produtos. Assim, como o forno e o DT são os processos mais demorado de todo o sistema no SMT, é imprescindível arranjar maneiras/formas de aumentar a produtividade nesses postos.

De forma a reduzir o tempo de estação no SMT a primeira ação foi tomada para o equipamento de inserção automática de componentes DT. O tempo de estação desse posto é composto por três atividades de inserção automática conforme ilustrado na figura 48:



Figura 48 :Inserção automática SMT Lite-On Technology Brasil

O tempo de estação do posto é a soma das atividades dos 3 equipamentos que totaliza um tempo de estação de 6,75 seg, sendo  $tc1=2\text{seg}$  ,  $tc2=2\text{seg}$  e  $tc3 = 2,75\text{seg}$ . Com base nos dados medidos

no processo o Engenheiro de SMT realizou-se um balanceamento na atividade de montagem do equipamento dimensionando os componentes para melhor desempenho da máquina e se obteve a redução do tempo de estação total do posto para 5,5 seg tendo  $tc_1, tc_2, tc_3 = 1,75\text{seg}$ . Como referido anteriormente o forno é um outro gargalo na área do SMT com o tempo de estação de 6,75seg, acontece que o processo produtivo é um processo orientado através de uma esteira e o forno possui uma esteira independente que não está configurada de maneira sincronizada com o resto do processo. Para melhoria no tempo de estação o engenheiro de teste realizou a configuração da esteira do forno para a mesma velocidade do processo reduzindo o tempo de estação para 5,25 seg, garantindo e ainda criando uma rotina de manutenção diária para assegurar os ajustes e a eficiência do processo como mostra na figura 49.



**Figura 49 : Forno SMT**

## **5.2 Implementações para redução de paragens não planeadas na inserção radial.**

Através da análise WID é visível a elevada quantidade de paragens não planejada logo no Início do processo produtivo, as máquinas de inserção de componente AI e RI são o ponto de início de todo o processo, portanto, a elevada quantidade de parada não planeada afetam diretamente o plano em todas as estações da fábrica pois o processo é orientado pelo sistema pull, sendo assim, baseado na análise WID foi proposto à equipa de Engenharia realizar ações para redução da quantidade de paragens não planeada no posto RI.

Durante a análise do equipamento identificou-se as principais razões das paragens, a primeira dela é o fato de os equipamentos de ser antigo e necessitar de ajustes e reparo técnico, o segundo ponto é que não foi identificado na fábrica a mão de obra com os conhecimentos técnicos necessários para realizar ajustes, manutenção preventiva e manutenção corretiva diariamente, o terceiro ponto é que não se realizava uma medição diária e eficaz dessa estação o que dificulta

a análise e o trabalho de melhoria continua para processo pois esse é um ponto crítico afetando diretamente a eficiência de todo o sistema como ilustra a análise realizada através do WID. Para solução dos problemas e melhoria no posto RI realizou-se algumas ações, primeiramente foi contratado uma mão de obra com conhecimentos técnicos específicos para o equipamento, em seguida foi realizada a manutenção corretiva e preventiva e treinamento para a correta utilização do equipamento entre operadores e alimentadores e por último foi instalado o sistema SFCS para medir e rastrear toda produção realizada no posto e assim garantir um ciclo de melhoria para o seguimento, uma vez que agora possuímos mão de obra técnica e operadores capacitados . A figura 50 ilustra as ações realizadas para melhoria do posto RI.



**Figura 50 : Implementações no RI**

### **5.3 Implementação de rotas de transporte no SMD.**

O processo produtivo na área de SMT ainda é um processo novo e em constante desenvolvimento na Lite-On Brasil, o processo produtivo estava bem definido mas o fluxo de materiais não estava bem definido e isso ocasiona uma elevada quantidade de desperdício por transporte, movimentações e retrabalho pois os alimentadores de linha posicionavam os kits em vários locais e os operadores de máquinas também faziam um mesmo causando uma organização total na alimentação da linha e da máquina, além disso, durante o processo em vários pontos são criados stock de produtos não identificados levando o operador realizar uma conferência detalhada durante o transporte de casa um deles.

Para melhoria os engenheiros do processo realizaram a limpeza da área e especificamente esvaziaram e delimitaram a área no início do PHT para concentração da matéria-prima e organização de qualquer material quando necessário, definindo um fluxo de matéria-prima e organizou o comboio logístico de forma garantir um processo contínuo. A figura 51 ilustra o fluxo de material seguido após as melhorias.

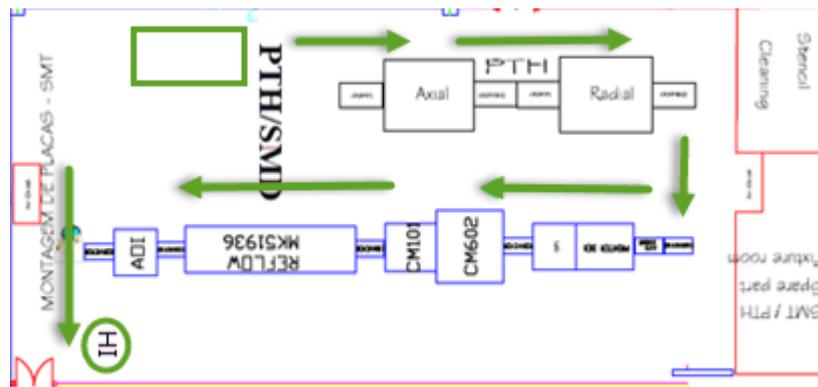


Figura 51 : Comboio logístico SMT

#### 5.4 Limpar área do SMD.

Devido há as recentes alterações no processo produtivo onde a fábrica deixou a produção de injeção plásticas e passou a produzir fontes de adaptadores, o processo produtivo s e encontra em constante evolução o espaço fabril encontra-se cada vez mais lotado e desorganizado. Na área do SMD existia uma grande acumulo de peças e matéria-prima espalhada por todo o ambiente produtivo e falta de organização da matéria-prima e das placas causam desperdício. Para organização da área, realizou-se uma força tarefa entre o equipa da engenharia e os colaboradores para ser realizado o 5s na área, a figura 52 mostra o antes e depois da organização da área.



Figura 52 : Limpeza no SMT

#### 5.5 Reduzir movimentação do alimentador no SMD.

Como visto no capítulo anterior, existe um grande desperdício na área do SMD por conta da distância que se encontra a matéria-prima da linha e também por conta da desorganização da matéria-prima na área do SMD. O transporte percorrido pelo alimentador de linha entre o *Warehouse* e SMD é de 80 metros e durante o dia o mesmo percorre esse percurso várias vezes e ao retornar a matéria-prima é organizada em qualquer área, usualmente próximo ao posto que será utilizada. Para solução deste problema o equipa de engenharia juntamente com a produção criou uma área para que toda a matéria-prima fosse organizada e ao invés de se movimentar várias vezes durante o dia até o *Warehouse*, agora toda a matéria prima da ordem é paga para produção de uma única vez e toda a matéria prima passou a ser organizada na área determinada conforme ilustra a figura 53.



**Figura 53 : Materia prima SMT**

### **5.6 Reduzir o tempo de estação no Wave Solder.**

Como o *Wave Solder* é o maior gargalo da área de montagem manual, é importante encontrar soluções e medidas para torna-lo mais eficiente. Além disso, como já se referiu, a *Lite-On* possui investe na capacitação dos seus operadores e isso aumenta cada vez mais o gargalo do *Wave Solder*, é necessário o juste e o e melhor customização dos produtos. Assim, como o forno o *Wave Solder* é o processo, é imprescindível arranjar maneiras/formas de aumentar a produtividade nesses postos.

Os problemas no *Wave Solder* fazem com que além de ser o gargalo do sistema, prejudica o FPY e a produtividade de todo o sistema com o elevado índice de defeito, falsa falha, retrabalho e etc.

O tempo de estação atual do posto era 7,25 segundos, engenheiros de teste e qualidade realizaram algumas ações para diminuir o tempo de estação do mesmo. O processo produtivo de montagem manual é um processo orientado através de uma esteira o tempo de estação das demais estações do processo está em 5,5 segundos, então o tempo de estação ideal para o posto é de 5,5 segundos e assim é possível garantir um processo com o tempo de estação sincronizado. Primeiramente realizou o ajuste na esteira do *Wave Solder* para que a mesma atenda o tempo de estação determinado, em seguida realizou-se ajustes na altura da esteira de modo a garantir a quantidade correta de fluxo na placa, foi ajustado o molde de alguns produtos para e substituída a matéria prima utilizada como fluxo de solda no processo. Como resultado dessas ações o tempo de estação da estação foi reduzido para 5,75 segundos representando um aumento significativo na produtividade e redução na quantidade de defeitos. Como item adicional foi criado um posto para resfriar e desionizar as placas logo após o *Wave Solder* reduzindo o alto índice de defeitos e falsa falha gerado pela alta temperatura do forno. A figura a seguir ilustra, o *wave solder*, os moldes corretamente ajustados na esteira, a esteira de produção alinhada com o forno e o posto de resfriamento de desionização, a figura 54 mostra os detalhes do posto



**Figura 54 : Wave Solder**

### 5.7 Redução do tempo de estação no posto *MapCase* .

Após a correção do *Wave solder* ficou visível um segundo grande gargalo impactando no processo que é o posto de *MapCase* com um tempo de estação de 7,50 segundos por unidade produzida, muito acima do tempo médio de toda a linha de montagem manual que ficou com um tempo de estação médio de 6 segundos, após a constatação juntamente com a equipa de engenharia iniciou-se os estudos para redução do tempo de estação do posto, a primeira ideia foi automatizar algumas das atividades realizadas pelos operadores no posto, mas nos deparamos com as limitações de investimento para esse projeto, então foi optado a expansão dos postos de trabalho e com a limitação da mão de obra e a grande variedade de produtos foi decidido que o posto seria expandido e a mão de obra remanejada de outras atividades para redução do tempo de estação no posto conforme a figura 55.



Figura 55: Expansão do posto *Map Case*

### 5.8 Reduzir movimentação do alimentador no SMD.

Como visto no capítulo anterior, existe um grande desperdício nas áreas de montagem manual e embalagem por conta da distância que se encontra a matéria prima da linha e também por

conta da desorganização da matéria prima nas áreas. O transporte percorrido pelo alimentador de linha entre o *Warehouse* e SMD é de 60 metros e durante o dia o mesmo percorre esse percurso várias vezes e ao retornar a matéria prima é organizada em qualquer área, usualmente próximo ao posto que será utilizada. Assim como na produção de SMT, criou-se uma área para que toda a matéria prima fosse organizada e ao invés de se movimentar várias vezes durante o dia até o *Warehouse*, A figura 56 mostra a matéria prima para uma ordem completa organizada agora no início do processo.



**Figura 56: Kit alimentação de linha**

### **5.9 Rotas de transporte e limpeza nas áreas de montagem manual e embalagem.**

Para melhoria os engenheiros do processo realizaram a limpeza da área e especificamente esvaziaram e delimitaram a área no início da montagem manual para concentração da matéria prima e organização de qualquer material quando necessário, definindo um fluxo de matéria prima e organizou o comboio logístico de forma garantir um processo contínuo. A figura 57 ilustra o fluxo de material seguido após as melhorias.

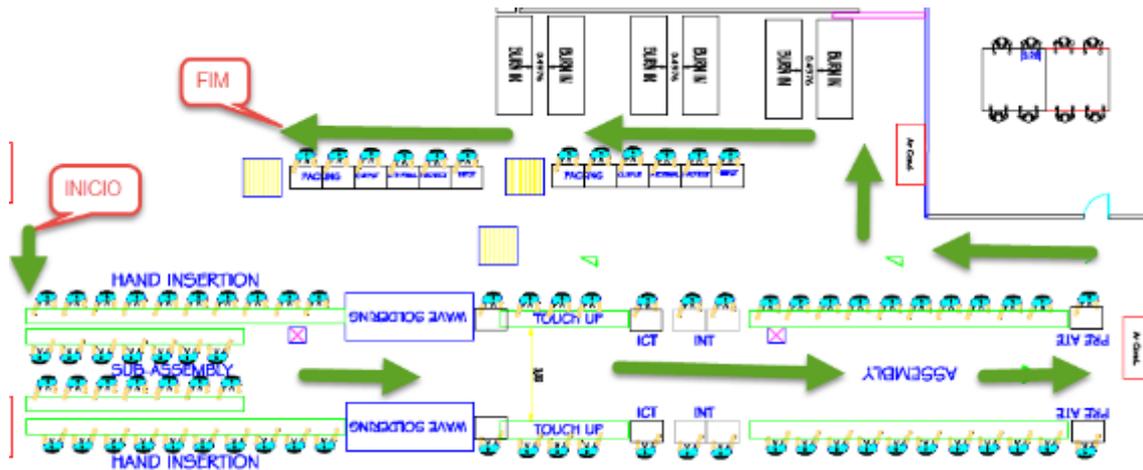


Figura 57: Rota de transporte

### 5.10 Síntese da resolução de problemas após propostas de melhoria.

A a tabela 10 mostra uma pequena comparação entre os principais indicadores da fábrica antes e depois das implementações propostas:

Indicador	Cálculo	Antes	Depois
Tempo Takt (geral do sistema)	$T_T = \frac{Tdp}{Qr} = \frac{28800}{3315}$	$T_T = 10,86 \text{ seg}$	$T_T = 8,68 \text{ seg}$
Tempo de estação (geral do sistema)	Consideramos o maior tempo de estação do sistema produtivo .	$T_c = 7,25 \text{ seg}$	$T_c = 6,75 \text{ seg}$
Esforço de transporte	$ET_s = \sum_{i=1}^m ET_i$ $= 4000 \times 80 + 4000 \times 1,5 + 4000 \times 0,4 + \dots + 3315 \times 0,5$	$ET_s = 495.970,00 \text{ uni} \cdot \text{m}$	$ET_s = 129.670,00 \text{ uni} \cdot \text{m}$
WIP	$WIP_s = \sum_{i=1}^m WIP_i$	$WIP_s = 2315 \text{ uni}$	$WIP_s = 1999 \text{ uni}$
Tempo de Atravessamento	$Ta_r = T_{Tr} \sum_{i=1}^m (WIP_i)$	$Ta_r = 12912,5 \text{ uni} \times \text{seg}$	$Ta_r = 11106,5 \text{ uni} \times \text{seg}$

Rácio Valor- Acrescentado	$Rva_r = \frac{\sum_{i=1}^m Te_i}{Ta_r} = (159,07)/25372,4$	Rva = (159,07/12912,5)= 1,2%	Rva = (108,82/11106,5) =0,97%
Produtividade	$Pr_{(e)} = \frac{Qr}{Nop * Tdp}$ $= \frac{3315}{43 \times 8,5}$	$Pr_{(e)}=9,1$ uni/h.h	$Pr_{(e)}=9,1$ uni/h.h
Eficiência esperada da unidade de produtiva	$Es_{(e)} = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{Te_i}{Tt_i}}{Ta} =$	$Es_{(e)} = \frac{6,92}{10,86}$ $= 63,72\%$	$Es_{(e)} = \frac{6,72}{10,86}$ $= 61,88\%$

**Tabela 9 : Medidas de desempenho**

A tabela acima mostra melhorias significativas no processo produtivo obtidas através da implementação das melhorias propostas nesse trabalho. A primeira análise foi realizada com a utilização do WID e com base nela elaboramos e implantamos as propostas de melhorias ao processo. As principais melhorias apontadas pelo WID futuro do processo produtivo foram: Tempo de estação geral do sistema produtivo: as implementações realizadas resultaram na redução do tempo de estação de algumas máquinas, considerando o maior tempo de estação do sistema como o tempo de estação geral podemos observar uma melhoria em torno de 8% nesse indicador, que representa mais velocidade ao processo.

Esforço de transporte do sistema produtivo: a grande melhoria nesse indicador aconteceu principalmente em decorrência das implementações de postos de alimentação intermediários na linha de produção reduzindo movimentação e transporte de matéria prima, o percurso percorrido foi reduzido em quase 3x com a criação do “estoque intermediário” ou mini supermercado para alimentação das linhas.

WIP do processo também sofre uma melhoria em virtude dos trabalhos de redução de defeito principalmente originado do *Wave Solder* e também do ajuste de velocidade na esteira do processo de alguns equipamentos.

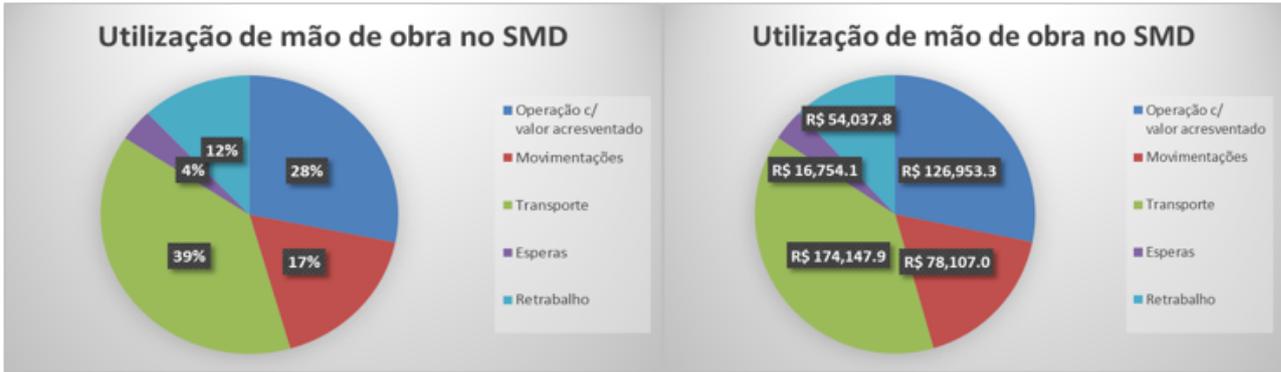
Tempo de atravessamento: A redução do WIP influencia diretamente a redução do tempo de atravessamento em nosso sistema, melhorando em quase 10% o kpy.

Rácio de valor acrescentado: o indicador melhorou em 0,5 % também agregando ao processo produtivo, pois o raio indica a quantidade de tempo que agregamos ao nosso produto final.

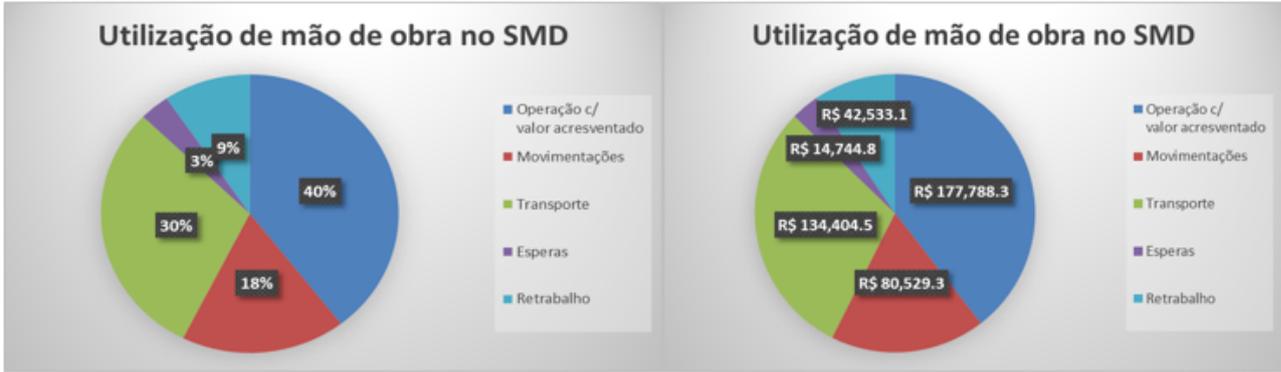
Eficiência esperada da unidade produtiva: o indicador de eficiência sofre uma pequena redução pois temos um processo mais veloz e um WIP menor, mas as bases de medição com a quantidade requerida pelo nosso cliente e quantidade considerada pelo nosso planejamento continuam as mesmas demonstrando uma redução na eficiência esperada de modo a representar um ganho na minha produtividade.

Uma outra base para elaboração de propostas de melhoria foi a utilização da mão-de-obra no sistema produtivo, essa utilização foi medida e analisada em duas etapas, primeiramente os funcionários que compõem a are de SMD da fábrica e em seguida os funcionários da montagem manual e embalagem. Afigura 60 ilustra as medições de utilização de mão-de-obra na área do SMD.

**ANTES**



**DEPOIS**

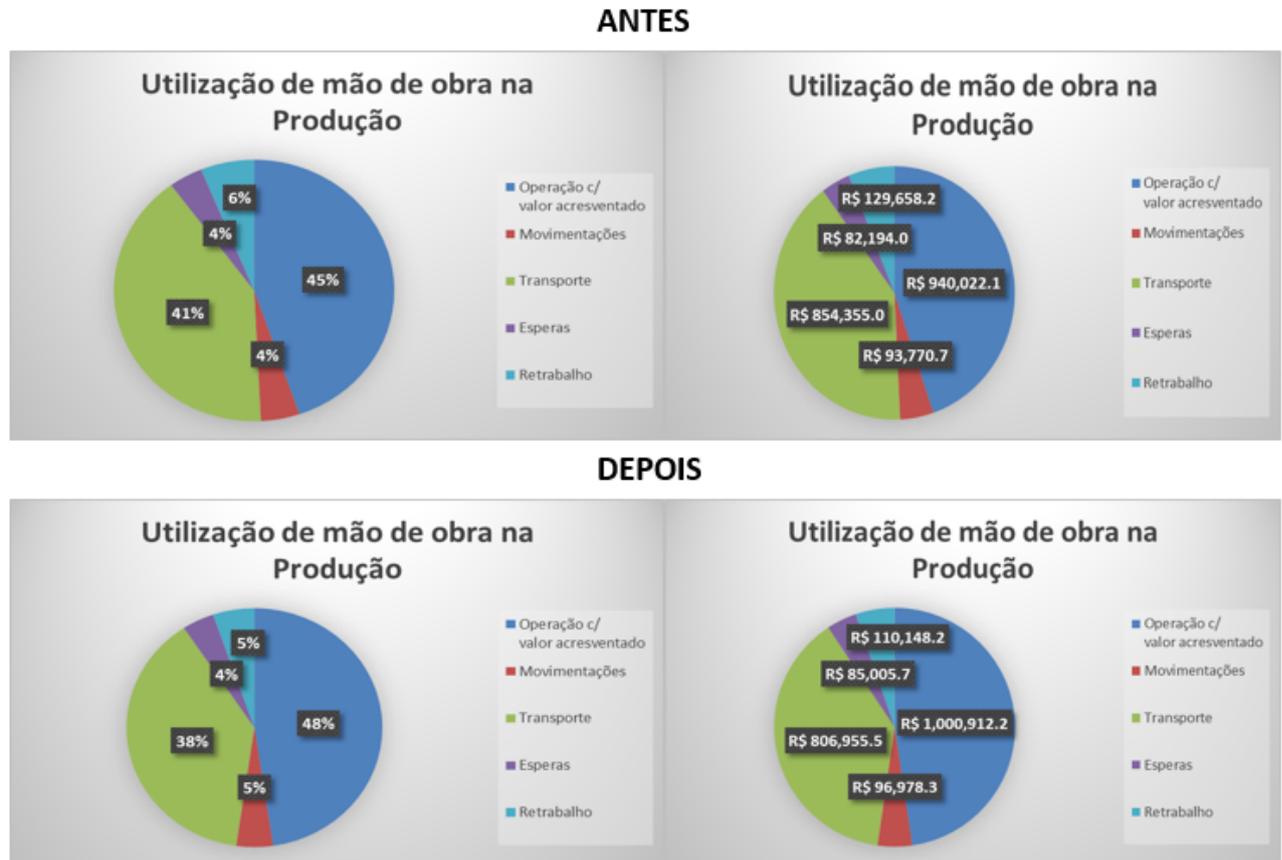


**Figura 58: Utilização de mão-de-obra no SMD**

A medição atual foi realizada utilizando a mesma metodologia, percebe-se no SMD que houve uma grande melhoria na utilização da mão-de-obra as atividades que acrescentam valor ao processo aumentou em 12% em decorrência da criação de rotas de transporte e definição do posto de trabalho reduzindo o transporte em 9% e as movimentações em 1%, um outro ponto foi a redução em 3% da quantidade de retrabalho no processo refletidas devido os ajustes

realizado nas máquinas do processo, principalmente na produção PTH onde ocorriam os maiores números de defeito.

A figura 59 ilustra a comparação de utilização de mão-de-obra nas áreas de montagem manual e embalagem dos produtos:



**Figura 59: Utilização de mão-de-obra Montagem manual e montagem final.**

As melhorias implementadas nas áreas de montagem manual e embalagem representam também uma grande melhoria ao processo, a comparação entre as medições mostra o melhor dimensionamento da mão de obra aumentando em 3% a percentagem de atividade com valor acrescentado que é um reflexo da redução de retrabalho em 1% e uma redução e 3% no transporte dos produtos. Isso demonstra melhorias significantes ao processo com um mínimo de investimento possível ainda proporciona um fácil mecanismo de medição e deteção de desperdício para ser processo de melhoria contínua da empresa.

## 6. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões referente a dissertação desenvolvida. É apresentado os principais resultados alcançados, as ferramentas utilizadas para atingir e os obstáculos/dificuldades encontradas ao longo do projeto. O principal objetivo desta dissertação foi analisar, melhorar sistema produtivo da *Lite-ON Technology* através da redução dos desperdícios, utilizando de pouco investimento e também apresentar um desenho do sistema produtivo que facilite a tomada de decisão para a equipa de gestão. Para isso, foi construído um diagrama de identificação de desperdícios (Waste Identification Diagram - WID) do sistema produtivo para identificar e quantificar os desperdícios existentes no sistema produtivo e também para avaliar a capacidade produtiva da empresa.

Através do WID foi realizado a análise e diagnóstico do sistema produtivo. Durante a análise foi observado possíveis pontos de melhoria no sistema e também uma elevada quantidade de desperdícios como retrabalho decorrente do alto índice de defeito e também desperdício com transporte/ movimentações o que demonstrava que havia alguma desorganização do sistema produtivo da empresa. Após apresentação da análise para alta gerência da empresa foi decidido a elaboração de um plano de ação de melhorias dividido em duas etapas devido as áreas de SMD e Montagem manual/ Embalagem possuir gestão distinta.

A primeira etapa de melhoria que se refere a área do SMD foram sugeridas e implementadas 5 propostas para a melhoria da área. A primeira proposta, tendo em vista que o gargalo da área de SMD eram forno e a máquina DT o engenheiro da área realizou ajustes na velocidade da esteira dentro do forno e no correto balanceamento da máquina de inserção de componentes DT de forma a reduzir o tempo de estação nos mesmos e eliminando os respectivos gargalos reduzindo em média 1.25 segundo o tempo de estação em ambos os postos. A segunda proposta para a melhoria da produtividade e eficiência do processo foi realizado um trabalho no equipamento R.I de forma a reduzir a quantidade de defeito e paradas de linha não planejada e excesso de defeito no processo produtivo e aumentando a disponibilidade da máquina podendo assim ser planejado maiores volumes e fazer melhor uso da capacidade do processo. A terceira proposta foi a aplicação do 5S na área, organização da informação permitiu reduzir algumas das movimentações dos operadores, e reduzir o tempo que estes despendiam à procura da informação durante inícios de produção e sempre que era necessárias informações dos produtos ou ferramentas. Mesmo com a implementação do 5s na área ainda era visível um grande desperdício por transporte/motivações excessivas na área, respetivamente a quarta proposta foi criado um estoque intermediário para reduzir o transporte do alimentador que tinha

um estoque distante 80 metros e passou a ter o mesmo com 5 metros e como quinta e última proposta para área do SMD foi realizada a implementação de rotas de transporte e através da definição das rotas, treinamentos dos operadores obtivemos uma melhoria significativa na redução de transportes e movimentações na área.

A segunda etapa de melhoria que se refere a área Montagem Manual e Embalagem foram sugeridas e implementadas 3 propostas para a melhoria da área. Primeiramente, tendo em vista que o gargalo da área de montagem manual era o *Wave Solder* o engenheiro da área realizou ajustes na velocidade da esteira do *Wave Solder* e também elaborou um modelo para aplicação de fluxo e redução com excesso ou falta de fluxo melhorando o tempo de estação no posto e reduzindo os defeitos em todo o processo ocasionado por excesso ou falta de fluxo que solda. A segunda proposta foi a redução do tempo de estação do posto MAP case, tendo em vista que o posto era o principal gargalo do processo foi realizada a aplicação do mesmo, o WID se mostrou extremamente eficiente em demonstrar para gestão de topo que o posto era o gargalo do sistema e ainda permitiu através de simples simulações a tomada de decisão para contratação de um recurso extra para ampliação do posto, podendo assim ser planejado maiores volumes e fazer melhor uso da capacidade do processo. Mesmo com a implementação das melhorias na área ainda era visível um grande desperdício por transporte e movimentação excessivas na área, respectivamente a quarta proposta foi criado um supermercado para reduzir o transporte do alimentador que tinha um estoque distante 80 metros e passou a ter o mesmo com 5 metros e como quinta e última proposta para área do área de montagem manual e embalagem foi realizada a implementação de rotas de transporte e através da definição das rotas, treinamentos dos operadores obtivemos uma melhoria significativa na redução de transportes e movimentações na área .

Este trabalho permitiu contato com o sistema produtivo e a percepção de vários pontos relativos ao tema, permitiu abordar e desenvolver competências que desde já agregam valor ao nível profissional. Inicialmente não foi fácil o entendimento e desenho de todos os processos produtivos, mas as pessoas envolvidas foram cedendo e permitiram que o total entendimento e ilustração do sistema. Ao longo do trabalho percebe-se um pouco de resistência das pessoas, notando-se que não confiavam nestes resultados, tentando sempre arranjar justificativas para não implementarem, e por muito que os números mostrem melhorias ficam sempre reticentes à mudança. Como sugestão para trabalho futuro, deixo como sugestão a criação de uma equipa de melhoria contínua, pois há bastantes áreas na empresa ainda por explorar, que devido ao curto prazo da dissertação não foram alvos de análise.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonelli, L. G. (2008). *Medição de Desempenho Enxuta como Ferramenta de Adequação de Sistemas de Produção Puxados*. São Carlos, São Paulo.
- Carravilla, M. A. (1998). *Layouts e Balanceamento de Linhas*.
- Carvalho, J. D. (2014a). *Apontamentos das aulas da Unidade Curricular de Sistemas de Produção Lean*. Guimarães.
- Carvalho, J. D. (2014b). *Waste Identification Diagrams*. Guimarães: Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas.
- Carvalho, J. D., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., & Alves, A. (2014). Waste identification diagrams. *Production Planning & Control*, (March), 1-13 . <http://doi.org/10.1080/09537287.2014.891059>
- Chen, J. C., & Christy, B. D. (1998). *A TQM approach for designing and building dedicated machines and equipment in-house*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 14(8), 563–569.
- Ferreira, H.; Cassiolato, M.; Gonzalez, R. *Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: o modelo lógico do programa segundo tempo*. Texto para discussão. Rio de Janeiro: IPEA, 2009.
- Kyle B. Stone, (2012), "Four decades of lean: a systematic literature review", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 3 Iss 2 pp. 112 – 132. Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/20401461211243702>
- Little, J. D. C. (1961). *A Proof for the Queuing Formula:  $L = \lambda W$* . *Operations Research*, 9(3), 383–387. <http://doi.org/10.1287/opre.9.3.383>
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2011). *Metodologias para implementar Lean Production: Uma revisão crítica de literatura*. Guimarães.
- Melton, T. (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673. doi: <http://dx.doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. *Sistema Toyota de Produção*. IMAM: São Paulo, 1984.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System - An integrated Approach to Just-in-Time (3a ed.)*. Norcross, Georgia: Engineering and Management Press.
- Naga Vamsi Krishna Jasti Rambabu Kodali , (2014), "A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 34 Iss 8 pp. 1080 – 1122 Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/IJOPM-04-2012-0169>
- Narang, R.V. (2008) *Some Issues to Consider in Lean Production*, IEEE, First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology
- Nogueira, M. A. (2010). *Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso*. Dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. (Vol. 15). Retrieved from <http://www.amazon.com/Toyota-Production-System-Beyond-Large-Scale/dp/0915299143>
- Oliveira, F, S. (2015). *Aplicação da metodologia WID numa indústria de calçado*. Dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade Do Minho , Guimaraes.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. New York: CRC Press.

- Perini, G., Luciano, M. A., Corso, L. L., (2016) *An Analysis of the Topological Optimization from the Point of View of Seven Wastes*. IEE Latin America transactions, vol. 14, no. 2, Feb. 2016
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking - Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*, 159–163. [http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2%C2%BA%20Ciclo%20-%20Mestrados/Gest%C3%A3o/2009-11/QTGO\\_0911/Artigos/Pensamento%20magro/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20pensamento%20magro.pdf](http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2%C2%BA%20Ciclo%20-%20Mestrados/Gest%C3%A3o/2009-11/QTGO_0911/Artigos/Pensamento%20magro/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20pensamento%20magro.pdf)
- Rania A.M. Shamah, (2013), "*A model for applying lean thinking to value creation*", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 4 Iss 2 pp. 204 – 224. Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/20401461311319365>
- Rodrigues, C. J. (2009). *Introdução ao Lean Thinking: A filosofia dos vencedores - criar valor, eliminando desperdícios*.
- Silva, N. P., Francisco, A. C., & Thomaz, M. S. (2008). *A implantação do 5S na Divisão de Controle de Qualidade de uma Empresa Distribuidora de Energia do Sul do País: um estudo de caso*. Florianópolis.
- Scholl, A. (1995). *Balancing and Sequencing of Assembly*. Heidelberg: Physica-Verlag
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <http://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in manufacturing - THE SMED SYSTEM*. Productivity Press.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. New York.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). *Decoding the DNA of Toyota Production System*. *Harvard Business Review*, 77(5), 96–106. <http://doi.org/http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=2216294&site=ehost-live>
- Stefanelli, P. (2007). *Utilização da Contabilidade dos Ganhos como Ferramenta para Tomada de Decisão em um Ambiente com Aplicação dos Conceitos de Produção Enxuta*. São Carlos, São Paulo.
- Tubino, Dalvio F. *Sistemas de Produção: a produtividade no chão-de-fábrica*. Porto Alegre: Bookman, 1999.
- Womack, J., Jones, D., & Ross, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking. The Library Quarterly* (Vol. 5).

