



**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MANUFATURA ENXUTA EM
PROCESSO DE MONTAGEM DE MOTOCICLETAS NO POLO INDUSTRIAL
DE MANAUS**

Raphael Kinzu Dimario

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

Orientador: João Nazareno Nonato Quaresma

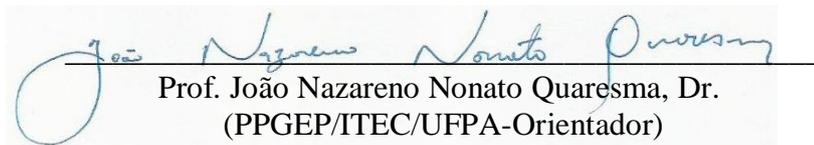
Belém
Fevereiro de 2020

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MANUFATURA ENXUTA EM
PROCESSO DE MONTAGEM DE MOTOCICLETAS NO POLO INDUSTRIAL
DE MANAUS**

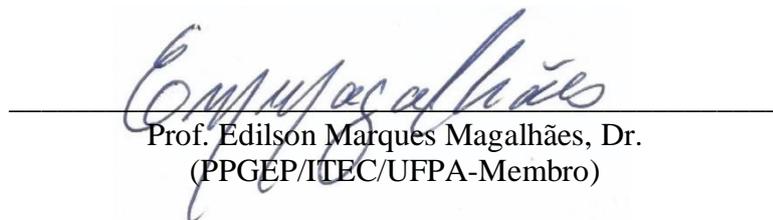
Raphael Kinzu Dimario

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

Examinada por:



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



Prof. Edilson Marques Magalhães, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Sandro Brevai Santiago, Dr.
(UFAM-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

FEVEREIRO DE 2020

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

Dimario, Raphael Kinzu, 1980-
Aplicação de ferramentas de manufatura enxuta em
processo de montagem de motocicletas no Pólo Industrial de
Manaus/Raphael Kinzu Dimario - 2020.

Orientador: João Nazareno Nonato Quaresma

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade
Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Processos, 2020.

1. Manufatura Enxuta 2. Balanceamento 3. 5S 4. Kaizen 5.
Indicadores de Performance I. Título

CDD 670.42

*Aos merecedores de reconhecimento eu
dedico esse trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho Gabriel, que certamente nos orgulhará com sua trajetória educacional e profissional. Minha esposa Erika, pela paciência, confiança e apoio incondicionais.

Meus pais Vitor e Maria, que sempre acreditaram e continuam acreditando na minha capacidade.

Minhas irmãs Christina e Clélia, sempre apoiadoras aos assuntos voltados ao estudo, motivando-me a sempre dar o próximo passo.

À Prof. Dra.Teresa Rodrigues- ITEGAM, pela imensa contribuição e incentivo para que pudesse dar sequência no projeto, nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, pelo suporte, direcionamento, orientação e paciência durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores e colegas do PPGEP.

“Quem fala que o impossível existe é porque não experimentou vencer barreiras que alguns julgam ou julgavam ser intransponíveis. O “não dá” não existe, desde que se tente uma, duas, três, ...vezes, até se conseguir vencer ou descobrir alternativas para o mérito.”

(Autor Desconhecido)

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

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MANUFATURA ENXUTA EM
PROCESSO DE MONTAGEM DE MOTOCICLETAS NO POLO INDUSTRIAL
DE MANAUS**

Raphael Kinzu Dimario

Fevereiro/2020

Orientador: João Nazareno Nonato Quaresma

Área de Concentração: Engenharia de Processo

Essa pesquisa teve como objetivo evidenciar a aplicação de ferramentas da Manufatura Enxuta no processo de montagem de motocicletas para o aumento de produtividade, controle de paradas de produção e 5S. De forma específica, o processo produtivo foi mapeado, ferramentas da Manufatura Enxuta foram selecionadas e implantadas no processo produtivo e demonstrado através dos Indicadores de Performance os benefícios alcançados. A Manufatura Enxuta é uma forma de produção focada em maximizar o valor agregado através da identificação e eliminação dos desperdícios, incluindo o mapeamento de fluxo de processo, padronização do trabalho e ferramenta do 5S. O estudo foi desenvolvido a partir da pesquisa bibliográfica, caracterizada através de estudo de caso, ao qual passou pelas fases de observação direta dos fatos no processo produtivo dentro de toda a cadeia do processo de montagem, com coleta e análise dos tempos de processamento, movimentação de materiais e 5S da área. Quanto aos resultados alcançados, foi observado evolução de 15% na pontuação do 5S. Relevante redução de 52% no tempo de parada de linha por falha de alimentação de materiais foi atingida com a padronização e homologação do novo método de controle de materiais. Representativos 37,5% de aumento da produtividade foram alcançados, elevando o patamar da empresa aos índices esperados. Como resultado indireto, também foi destacado a redução de R\$9.900/ano em fretes extraordinários em consequência à melhoria da tratativa do controle de materiais.

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

**LEAN MANUFACTURING TOOLS IN MOTORCYCLE ASSEMBLY
PROCESS AT MANAUS INDUSTRIAL ZONE**

Raphael Kinzu Dimario

February/2020

Advisor: João Nazareno Nonato Quaresma

Research Area: Process Engineering

The target of this research is highlight the application of Lean Manufacturing tools in motorcycle assembly process. Productivity increase, line stoppage control and 5S methodology are expected to be improved. Specifically, the entire production flow was mapped and Lean tools were chosen to be implemented in the shop floor. Also, key performance indicators were used as the way to show and share all improvements and benefits reached. Lean manufacturing is a production system focused to identify and maximize the added value of the products based on wastes reduction including value stream map, standardization and 5S. The project was developed starting from the literature research and case study. Direct observation in the shop floor collecting all data and analysis of them made part of this study. Regarding data, were collected the cycle time of all process, material flow and 5S status of the area. Significant achievements were reached during and in the end of this project. It was increased 15% of 5S score. Line stoppage was reduced by 52% with important actions like standardization and homologation of new method of material control. Significant increase of 37.5% in productivity and capacity raised the company to the next level. As indirect result is worth to mention a reduction of R\$9,900/year in extra shipments due to material control improvement.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	3
1.2 - OBJETIVOS.....	4
1.2.1 - Objetivo geral.....	4
1.2.2 - Objetivos específicos.....	4
1.3 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	5
1.4 - DELIMITAÇÃO.....	6
1.5 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	6
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	8
2.1 - MANUFATURA ENXUTA.....	8
2.1.1 - Histórico.....	8
2.1.2 - Estrutura da manufatura enxuta.....	12
2.1.2.1 - Nivelamento da produção.....	12
2.1.2.2 - Just in Time.....	13
2.1.2.3 - Jidoka.....	14
2.1.3 - 7 Desperdícios.....	17
2.1.4 - Kaizen e PDCA.....	20
2.2 - BALANCEAMENTO DE LINHA.....	24
2.2.1 - Fluxo de processo.....	26
2.3 - GERENCIAMENTO VISUAL.....	27
2.4 - 5S.....	29
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1 - CONTEXTUALIZAÇÃO.....	31
3.2 - FORMATO DA PESQUISA.....	32
3.3 - POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	33
3.4 - INSTRUMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS.....	34
3.5 - COLETA DE DADOS.....	34
3.6 - ANÁLISE DOS DADOS.....	35
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1 - BALANCEAMENTO DE LINHA.....	36
4.1.1 - PDCA - Plan.....	37
4.1.2 - PDCA - Do.....	38

4.1.3 - PDCA - Check.....	42
4.1.4 - PDCA - Act.....	44
4.2 - FLUXO DE PROCESSO.....	45
4.2.1 - PDCA - Plan.....	45
4.2.2 - PDCA - Do.....	46
4.2.3 - PDCA - Check.....	49
4.2.4 - PDCA - Act.....	49
4.3 - GERENCIAMENTO VISUAL.....	50
4.3.1 - PDCA - Plan.....	51
4.3.2 - PDCA - Do.....	52
4.3.3 - PDCA - Check.....	55
4.3.4 - PDCA - Act.....	56
4.4 - 5S.....	57
4.4.1 - PDCA - Plan.....	58
4.4.2 - PDCA - Do.....	58
4.4.3 - PDCA - Check.....	59
4.4.4 - PDCA - Act.....	60
4.5 - COMPARATIVO DOS RESULTADOS ALCANÇADOS.....	61
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	62
5.1 - CONCLUSÕES.....	62
5.2 - RECOMENDAÇÕES.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
APÊNDICE A - FOLHA DE OBSERVAÇÃO E TOMADA DE TEMPO.....	70
APÊNDICE B - GRÁFICO DE TEMPOS E BALANCEAMENTO DE PROCESSO.....	71
APÊNDICE C - FORMULÁRIO DE LAYOUT DE FLUXO DE MATERIAIS E PROCESSO.....	72
APÊNDICE D - FOLHA DE COMBINAÇÃO DE TRABALHO E PROJEÇÕES FUTURAS.....	73
APÊNDICE E - FOLHA DE PONTUAÇÃO DO 5S.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	A casa do Sistema Toyota de Produção.....	12
Figura 2.2	Modelo de Andon.....	16
Figura 2.3	Material defeituoso segregado para caçamba de sucata.....	18
Figura 2.4	As três categorias do desperdício e seu efeito no dinheiro.....	19
Figura 2.5	Casa do Sistema Toyota de Produção.....	21
Figura 2.6	Padronização e PDCA.....	23
Figura 2.7	Modelo de quadro de cartão <i>kanban</i>	28
Figura 2.8	Modelo de quadro de gestão visual do 5S.....	29
Figura 3.1	Formato da pesquisa.....	32
Figura 4.1	Tomada de tempo do processo - antes.....	36
Figura 4.2	Exemplo de formulário de observação de tempo de processo.....	38
Figura 4.3	Gráfico de tempos e balanceamento de processos - status antes.....	39
Figura 4.4	Exemplo de preenchimento do formulário de combinação de trabalho.....	41
Figura 4.5	Gráfico de tempos e balanceamento de processos-proposta futura..	42
Figura 4.6	Tomada de tempo do processo - depois.....	43
Figura 4.7	Gráfico de tempos e balanceamento de processos - status depois....	43
Figura 4.8	Capacidade produtiva e produtividade/operador/dia.....	44
Figura 4.9	Mapeamento do fluxo de materiais e processo: visão global da área.....	45
Figura 4.10	Sistema de alimentação de miúdo à esquerda e carro com <i>kit</i> à direita.....	46
Figura 4.11	<i>Layout</i> , fluxo de materiais e operadores - status antes.....	47
Figura 4.12	<i>Layout</i> , fluxo de materiais e operadores - proposta futura.....	48
Figura 4.13	Exemplo de identificação limitando o estoque intermediário no chão de fábrica.....	49
Figura 4.14	Diferença entre organização de materiais (à esquerda) e implementação do quadro de gestão à vista dos Indicadores de Performance.....	51
Figura 4.15	Treinamento sobre os conceitos de gerenciamento visual e 5S.....	51
Figura 4.16	Fluxo de reposição de material miúdo através de cartão <i>kanban</i>	54

Figura 4.17	Cadeia de alimentação de materiais miúdos.....	55
Figura 4.18	Sistema de sinalização sonoro e visual <i>andon</i>	56
Figura 4.19	À esquerda: organização dos materiais para inspeção: antes. À direita: organização dos materiais para inspeção: depois.....	59
Figura 4.20	Evolução do 5S nas subáreas auditadas.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	<i>Brainstorming</i> proveniente do balanceamento de linha.....	40
Tabela 4.2	<i>Brainstorming</i> proveniente do fluxo de processo.....	48
Tabela 4.3	Plano de ação para buscar reduzir as paradas de linha.....	53
Tabela 4.4	Comparativo de resultados antes e depois.....	61
Tabela 5.1	Relação entre objetivos, ferramentas utilizadas e resultados alcançados.....	63

NOMENCLATURA

5S	<i>SEITON, SEIRI, SEISO, SEIKETSU, SHITSUKE</i>
ABRACICLO	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MOTOCICLETAS, CICLOMOTORES, MOTONETAS, BICICLETAS E SIMILARES
CT	<i>CYCLE TIME</i> (TEMPO CICLO)
JIT	<i>JUST IN TIME</i>
KPI	<i>KEY PERFORMANCE INDICATOR</i> (INDICADORES DE PERFORMANCE)
LT	<i>LEAD TIME</i>
MU	<i>MUDA, MURI, MURA</i>
ME	MANUFATURA ENXUTA
OEM	<i>ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER</i>
PDCA	<i>PLAN, DO, CHECK, ACT</i>
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
PIM	POLO INDUSTRIAL DE MANAUS
SE	SISTEMA ENXUTO
SMED	<i>SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE</i>
STP	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO
TT	<i>TAKT TIME</i>
WIP	<i>WORK IN PROCESS</i> (ESTOQUE INTERMEDIÁRIO)
ZFM	ZONA FRANCA DE MANAUS

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

Historicamente, é visto que os sistemas de produção passaram e continuam a passar por fases de mudanças e adequações, sempre buscando, com as ferramentas e metodologias da época, se adequarem à realidade de mercado e obtenção dos maiores rendimentos possíveis. Num cenário cada vez mais competitivo e com um mercado cada vez mais exigente, indústrias e prestadores de serviço são direcionados à cada vez mais se habituarem às altas exigências de qualidade, inovação em prazos mais curtos, tempo de entrega menores e todos esses fatores aliados à menor custo possível (DOMBROWSKI *et al.*, 2016).

Uma das estratégias aplicadas que ao longo do tempo vem se mostrando eficaz é a Manufatura Enxuta (ME). Essa metodologia, baseado no Sistema Toyota de Produção (STP), surgiu no Japão após a II Guerra Mundial como forma de adequar os volumes de produção ao mercado em recessão da época. De fato, além de adequação dos volumes baseado em estratégias e busca incessante pela redução dos desperdícios, a Manufatura Enxuta também possibilita que o enfoque seja expandido à satisfação do cliente (ZHOU, 2016).

As primeiras citações da expressão *Lean* (enxuto, em português) são originárias do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK *et al.*, 2004). A obra aborda a evolução da sistemática implantada pela Toyota em seu sistema de produção, a análise da situação de mercado da época, seus concorrentes e os passos dados pelos pioneiros Eiji Toyoda e Taiichi Ohno para o sucesso da aplicação da metodologia. Posteriormente, o termo *Lean* também ficou como Enxuto, ao qual hoje em dia é também conhecido como Sistema Enxuto (SE) ou Manufatura Enxuta.

A Manufatura Enxuta consiste na utilização de ferramentas e técnicas que visam ao alcance da máxima eficiência operacional, através da identificação e eliminação dos desperdícios, podendo ser aplicado em todo e qualquer tipo de atividade (TYAGI *et al.*, 2015).

Mesmo tendo seu reconhecimento mundial como uma metodologia que promove melhorias significativas nos resultados, sua implantação não é uma das tarefas mais fáceis de ser executada. De forma objetiva, foi descrita como um sistema de trabalho baseado em 80% na eliminação das perdas, 15% num sistema de produção e 5% no

kanban (SHINGO, 1996). Entretanto, toda e qualquer mudança em uma metodologia de trabalho já empregada requer conscientização, entendimento e engajamento de todos os níveis hierárquicos, pois trata-se de mudanças de paradigmas e conceitos que normalmente estiveram vigentes por longas datas nas corporações.

Apesar de inúmeras bibliografias abordarem o tema e mostrar quais são os pilares do sistema e como eles se relacionam entre si, a implantação da Manufatura Enxuta não segue uma receita lógica para toda e qualquer corporação. Cada corporação possui suas particularidades, rotinas, cultura e, principalmente, a maturidade e abertura às mudanças. Admitindo que a Toyota iniciou esse trabalho após a II Guerra Mundial e passou a colher os resultados apenas na Dec.80, é de se esperar que tal simplicidade nos conceitos não significa facilidade na implementação. Todavia, o fator que normalmente determina o sucesso e eficácia nessa jornada está no entendimento e empenho em assumir e realizar as transformações por parte da alta gerência e do chão de fábrica (SHINGO, 1996).

Por trás da metodologia em si, diversas são as ferramentas que suportam e estabelecem a Manufatura Enxuta como um sistema eficiente de produção. Dentre elas, o *kaizen* é uma das práticas mais aplicadas, ao qual a essência está na busca da melhoria contínua em todos os níveis, constantemente, incentivando para haja superação diária de todos os envolvidos (OHNO, 1997).

A prática do *kaizen* direciona as companhias a terem resultados rápidos, com pouco ou quase nada de investimento, voltado a soluções simples ao qual todos são envolvidos, principalmente aqueles que estão ativamente nos postos de trabalho (ABDULMOUTI, 2015).

Há diversas formas de envolver todo o time na prática do *kaizen*, passando por eventos pré-definidos e que seguem uma agenda estabelecida (chamados de eventos *kaizen*, *workshop kaizen*, *semana kaizen*) ou uma simples implantação de um formulário de propostas de melhoria disponibilizados em locais estratégicos da companhia. Para esse último, é requerido um maior grau de maturidade do time, uma vez que o próprio usuário irá transcrever a problemática e sugerir a idéia para solução. De todas as formas, a essência da ferramenta deve ser seguida, sempre tendo como foco o trabalho em equipe, objetivo claro e definido, abertura para discussão e debate de todas as sugestões, soluções baseadas em criatividade ao invés de investimento e rápida implementação (LACERDA *et al.*, 2016).

O ponto chave para a prática e uso de novas ferramentas na produção parte do envolvimento do time do chão de fábrica nessa jornada. Promover a participação ativa nos projetos, orientar e explicar as justificativas para as mudanças, envolvimento com os resultados obtidos e promover uma rotina de auditorias periódicas para acompanhar a manutenção dos projetos *kaizen* reforça o compromisso da gerência para com os donos do processo, mostrando assim a real importância que a companhia está atribuindo à essa nova fase (GLOVER *et al.*, 2011).

1.1-MOTIVAÇÃO

As grandes organizações do ocidente normalmente formaram o epicentro das revoluções industriais e famosas teorias da administração, fatos esses demonstrados ao longo da história através da produção em massa de Henry Ford e as teorias da administração de Frederick W. Taylor e Jules H. Fayol.

Presencia-se, de uma certa forma, uma tendência à aplicação e manutenção dessas filosofias nas organizações, mesmo a Manufatura Enxuta tendo demonstrado, ao longo do tempo, sua real força através da Toyota Motor Co., alcançando por várias vezes a posição de 1º lugar no ranking de vendas e participação de mercado dentre as montadoras de veículos automotores. Uma esperança aparece quando a alta direção compreende e aposta na filosofia, seja por vivência ou apenas embasamento teórico, dando o apoio adequado para as transformações em busca dos ganhos que a metodologia, uma vez empregada da forma correta, trará ganhos de produtividade, qualidade e eliminação dos desperdícios, com conseqüente aumento dos lucros.

O Pólo Industrial de Manaus (PIM), assim como todo o território nacional, vem sofrendo as conseqüências das crises financeiras que acometem o país de tempos em tempos. A indústria de DUAS RODAS participa como protagonista no desenvolvimento da Zona Franca de Manaus (ZFM), destacando-se entre as 4 maiores geradoras do PIB do estado do Amazonas. Não diferente, a recessão econômica também afetou seu desempenho e, desde a 1ª crise econômica sofrida entre os anos de 2008~2009 os volumes jamais voltaram à patamares como antes.

A 2ª onda de recessão, que deu início em 2014 e ainda continua presente nos dias atuais, direcionou o mercado de DUAS RODAS à patamares de volumes de fabricação de 2002, situação nunca antes esperada pelo setor (ABRACICLO). A crise, desse modo, mostrou-se como um dos maiores motivadores para que as indústrias pudessem

reavaliar seus conceitos, métodos, sistemática de trabalho e cultura, com o intuito de adquirirem cada vez mais competitividade através de redução de custos operacionais, aumento da produtividade e qualidade do produto. Nesse contexto surge a oportunidade da aplicação de novas filosofias, dentre elas a aplicação das ferramentas da Manufatura Enxuta.

A proposta é justificada através da aplicação e medição na prática de várias ferramentas da Manufatura Enxuta, oportunizado por um cenário econômico em crise, com o propósito de tornar a empresa mais competitiva perante seus concorrentes diretos e potenciais novos negócios. Primeiramente, a área do estudo de caso será concentrada na Produção, podendo ser aplicado nas demais áreas da Manufatura num próximo ciclo. O foco será o chão de fábrica, incentivando a participação, entendimento e engajamento dos donos do processo.

O estudo de caso busca responder a seguinte problemática: “A aplicação de ferramentas de Manufatura Enxuta podem contribuir com a melhoria dos resultados numa montadora de motocicletas? Como?”

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Evidenciar a aplicação de ferramentas da Manufatura Enxuta em processos de montagem de motocicletas para o aumento de produtividade, controle de paradas da linha de produção e evolução no 5S, tendo de forma indireta a redução de custos operacionais.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Identificar o processo produtivo de motocicleta para aplicação das ferramentas de Manufatura Enxuta;
- Analisar a aplicabilidade das ferramentas da Manufatura Enxuta a serem implementadas no processo;
- Demonstrar através dos Indicadores de Performance os benefícios alcançados com as ferramentas utilizadas no estudo de caso.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Inúmeras vantagens e melhorias foram evidenciadas em empresas onde já foram aplicados projetos ou ferramentas do *Lean*. Essa filosofia pode contribuir, dentre as diversas métricas ou formas de avaliação, em retornos significativos na área financeira, operacional, além de vantagem competitiva e aumento da motivação dos colaboradores envolvidos.

A importância da participação dos envolvidos no ambiente de trabalho pode ser notada conforme é proposto por THUN *et al.* (2010), ao qual reforça que as corporações, primeiramente, deveriam focar em seus funcionários, sendo eles considerados a chave para o sucesso ou fracasso de qualquer nova metodologia ou projeto. A criação do respeito pelo ser humano deve ser tratado como prioridade.

Para EAIDGAH *et al.* (2016), a participação do funcionário e o empoderamento dado ao time são primordiais para o sucesso do *Lean*. Levar informação aos donos do processo gera o empoderamento para torná-los efetivamente os donos de seus próprios processos, permitindo uma efetiva participação nas decisões e iniciativas para as propostas de melhorias.

Tais projetos buscam o engajamento de todos na identificação e eliminação de desperdícios, aumento de produtividade, satisfação dos clientes através da percepção da qualidade do produto e redução de estoque com flexibilização da manufatura. Colaboradores de empresas onde as ferramentas da filosofia Enxuta são empregadas demonstram um grau de discernimento mais apurado do que é certo ou errado, do que pode e o que não pode perante as melhores práticas da manufatura. São funcionários diferenciados.

A relevância é comprovada pelos níveis alcançados dos Indicadores de Performance ou *KPI*, ao qual demonstraram que as expectativas por trás das ferramentas da filosofia Enxuta podem e devem ser aplicadas não apenas em indústrias automotivas, mas também numa montadora de motocicleta. Com os Indicadores de Performance foi possível comparar de forma numérica e objetiva como estava a situação antes e como ficou após as melhorias. Corroborando com esse fato, a companhia estendeu a filosofia, passando o tema a fazer parte de palestras semanais com o envolvimento das demais áreas não participantes do projeto em questão, principalmente as áreas administrativas e de suporte.

1.4 - DELIMITAÇÃO

A pesquisa foi aplicada em uma empresa montadora de motocicletas situada no Pólo Industrial de Manaus que atende ao mercado nacional, ao qual opera em regime de OEM (*Original Equipment Manufacturer* ou Fabricante Original do Equipamento) para montadoras multinacionais e também desenvolve seus próprios modelos, em parceria com outras montadoras. Além da montagem e desenvolvimento de novos produtos, a empresa também disponibiliza outros tipos de serviços, tais como testes laboratoriais para motocicletas e assistência técnica emergencial nas dependências da planta.

A gama de motocicletas fabricadas na planta de Manaus abrange desde motonetas (50cc) até as chamadas *superbikes* (linha *premium*, acima de 450cc). A empresa possui vários parceiros de negócio, multiculturais, tendo dessa forma adotado o modelo de Unidade de Negócio para cada linha *premium*. Cada unidade possui o recurso fabril individual dedicado ao cliente, formando assim uma extensão da identidade da matriz dentro da fábrica. O estudo de caso foi aplicado em uma das Unidades de Negócio da linha *premium*.

1.5 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente capítulo apresenta a introdução do tema e um breve histórico, passando pela motivação, justificando a proposta com o atual cenário econômico, listando os objetivos gerais e específicos, assim como a contribuição e relevância esperada com esse trabalho para todos os envolvidos e à comunidade acadêmica.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre os pilares da Manufatura Enxuta, servindo de embasamento teórico para dar o seguimento ao estudo de caso, planejamento das ações e aplicação dos princípios da cultura Enxuta. Tal capítulo é base teórica para o fortalecimento dos conceitos das ferramentas da Manufatura Enxuta.

No capítulo 3 é mostrada a forma como a metodologia de pesquisa foi aplicada. Nele é evidenciado passo a passo como o trabalho foi conduzido.

O capítulo 4 discorre de como efetivamente o estudo de caso foi aplicado e seus resultados. Levantamento de dados, mapeamento do fluxo de processo, indicadores, propostas e implementação das melhorias, assim como os resultados alcançados são descritos nesse capítulo.

No capítulo 5 são mostrados as conclusões e recomendações para próximas pesquisas.

Por fim, ao final do trabalho são encontradas as referências bibliográficas e apêndices.

CAPITULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo será apresentado o conceito da Manufatura Enxuta, sua estrutura e ferramentas que suportam a filosofia, sendo embasado através da revisão bibliográfica do tema.

2.1 - MANUFATURA ENXUTA

Os modelos de produção passaram por diversas transformações ao longo do tempo. A cada fase da história foi atribuído uma forma de trabalho como a mais apropriada no momento, seja por limitações de recursos ou simplesmente por carência de pesquisa ou oportunidades da época. Uma revisão do histórico de como surgiu essa metodologia será abordada nos próximos capítulos, assim como a base teórica de sua estrutura, passando pelas ferramentas que a suportam.

2.1.1 - Histórico

O modelo e teoria que ainda pode ser observada na rotina de muitas empresas ao redor do mundo é o Taylorismo-Fordismo, apesar de datar do início do Sec.XX, ao quais os primeiros conceitos de administração científica de Frederick Taylor foram incorporados às linhas de produção de Henry Ford, dando origem à era da produção em massa. Como conceitos básicos, essa metodologia busca a divisão das tarefas entre os operários, especializando cada um em seu posto de trabalho, reduzindo o tempo e o gasto em treinamentos com operadores, utilização de padronização de peças e ferramentas, com a finalidade única de aumento de produtividade e máximo lucro operacional (MEYER, 1981).

Numa época ao quais as demandas superavam as produções, o período foi o auge econômico para essas corporações, e foi ao longo das décadas aprimorando o que até então havia sido desenvolvido. Um passo adiante da era da produção em massa foi dado por Alfred Sloan, executivo do General Motors que, dentre outras contribuições, retirou a empresa da falência na Dec.20, incorporando na gestão da administração da empresa os padrões de ornamentação, contratações, descentralização das operações e

gestão financeira central, assim como ofertou no mercado não apenas um modelo de carro, mas sim uma gama que atendesse desde a classe operária até a mais abastada (MARCHAND, 1991). Tais ações prepararam o terreno para que a General Motors assumisse a posição de líder de mercado já na Dec.40.

Com o passar dos anos e o fatídico advento da II Guerra Mundial, aquele mercado em franca expansão e consumista abriu espaço para um período de restrições de recursos, dificuldades financeiras dos países ativamente participantes da guerra e, em paralelo à tudo isso, uma tendência do mercado consumidor em exigir inovações constantes, ao qual os modelos de manufatura até então empregados não eram os mais apropriados para absorver essas particularidades, uma vez que as produções em larga escala encontram dificuldade em flexibilização, pois fazem uso de linhas de montagem e produtos padronizados (WOMACK *et al.*, 2004).

Na mesma situação encontrava-se o Japão no período pós-guerra, duramente castigado durante a fase final do período que se envolveu no conflito. Seu mercado consumidor, ainda mais em crise que o ocidente, além de restrições financeiras também havia a restrição de produção, pois a guerra definiu o que restava de algum parque industrial japonês. A situação do momento fez com que o país necessitasse de adaptações à realidade da época, tendo essa vertente iniciada por Kiichiro Toyoda.

A família Toyoda iniciou sua imersão no ramo automotivo em 1936, quando Sakichi Toyoda, proprietário e fundador da maior empresa de tear no Japão, fundou uma operação de manufatura de automóveis, nomeando seu filho Kiichiro como diretor da operação em Yokohama. Após imersões na planta da Ford em Detroit, técnicas de manufatura foram aprimoradas e implantadas na unidade de Yokohama, das quais destaca-se a fabricação em pequenos lotes e rígido controle de insumos, servindo de base para o JIT (*Just in Time*). Em seguida, na Dec.50, Eiji Toyoda, primo de Kiichiro, assume a posição de Kiichiro, ao qual de forma similar fez uso de várias imersões nas indústrias automotivas norte-americanas como forma de captar novas técnicas manufatureiras. Em sua volta, Eiji aprimora os conceitos presenciados e propostos, dando os primeiros passos ao conceito de melhoria contínua (*kaizen*). Em 1957, a Toyoda Group foi renomeada para Toyota Group. Na mesma década da nomeação de Kiichiro na operação de automóveis, Taiichi Ohno, recém-formado pela escola técnica de Nagoya, iniciou suas atividades nas indústrias de tear da família Toyoda. De forma geral, aprimorou as técnicas de controle de insumos e produção idealizadas por Kiichiro e, com conversão da fábrica de tear para fábrica de peças durante a II Guerra Mundial,

Ohno passou a fazer parte da mesma gestão de Eiji, ao qual juntos levaram a Toyota Group ao crescimento e reconhecimento mundial como referência de sistema de manufatura, através da implementação do Sistema Toyota de Produção (SMITH e HAWKINS, 2004).

Ao longo de algumas décadas o sistema foi amadurecendo e reforços foram agregados à corporação, dos quais merece destaque a contribuição de Shigeo Shingo, um consultor convidado a fazer parte do grupo e que atuou incansavelmente em soluções para otimizar a troca de ferramentas e dispositivos (*setup*). Sua técnica ficou amplamente conhecida posteriormente como SMED (*Single Minute Exchange of Die* ou sistema de troca rápida de ferramentas, em português).

O pragmatismo dos executivos da Toyota na implementação do sistema que busca a erradicação de desperdícios passou a colher os frutos do trabalho ao longo de cada ciclo de renovação e transformação, porém apenas na Dec.90 a filosofia do STP e o uso do termo *Lean* passaram a ser amplamente conhecidas no ocidente, através do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (*The Machine that Changed the World*, WOMACK *et al.*, 1990). Antes disso, apenas alguns artigos haviam sido publicados no final da Dec.70 (SCHONBERGER, 2007).

A Manufatura Enxuta não apenas despontou ao mundo como uma forma alternativa de produção, desafiando na época o reconhecido sistema de produção em massa balanceando o compromisso entre a produtividade e qualidade, mas também deixou por trás de tudo isso uma reflexão sobre a grande variedade de operações e serviços que estão por trás de um sistema produtivo repetitivo e de alto volume (HOLWEG, 2007).

Definição de Manufatura Enxuta pode passar pelas mais diversas esferas da definição. Alguns pesquisadores atribuem a Manufatura Enxuta como sendo especificamente um processo de manufatura, enquanto outros empregam o termo a uma forma mais geral, podendo ser aplicada à uma grande variedade de indústrias, não apenas a manufatura (WORLEY e DOOLEN, 2006).

De certa forma, até hoje ainda não há uma exata convergência da definição de *Lean* entre todos os pesquisadores. Atualmente é tratada como forma, processo, conjunto de princípios, conceitos, filosofia, [...] adotada nos mais diversos tipos de sistema de manufatura (*layout* de produto, *layout* de processo, produções em lote e produção em massa), nos mais diversos tipos de serviços (tecnologia, construção, medicinal, comunicação), porém todas direcionadas com foco e objetivo voltados à

elaboração de produtos ou prestação de serviços com o menor preço possível e o mais rápido possível para atender às demandas dos clientes, com redução de desperdício (BHAMU e SINGH, 2014). O conceito aparentemente é fácil, basicamente mapear e eliminar desperdícios, porém sua aplicação nem sempre tem um resultado positivo esperado.

O cerne da filosofia *Lean* através da busca incessante da eliminação de desperdícios passa pelos conceitos básicos dos três *MU*: *MUDA*, *MURI* e *MURA*. No escopo de desperdício na filosofia está o *MUDA*, ao qual inicialmente foi definido por Ohno como os 7 desperdícios básicos. *MURI* refere-se ao desperdício relacionado às condições de trabalho inadequadas ou precárias, podendo levar redução ou perda de potencial humano. *MURA* refere-se à desnivelamentos na demanda, ao qual pode gerar instabilidade nos processos e ineficiência no uso dos recursos implantados (AZADEH, 2017).

Diante dos conceitos demonstrados, Manufatura Enxuta pode ser compreendida como sendo um conjunto de boas práticas desenvolvidas e aplicadas através de ferramentas empregadas desde os primórdios da Toyota, podendo ser considerado uma filosofia ou sistema atuante em diversos tipos de manufatura ou serviços, provendo produtos ou serviços que atendam às demandas dos clientes com o menor custo e prazo possível, através da identificação e eliminação dos desperdícios em atividades que não agregam valor (*muda*), baseado em adequação das demandas de mercado (*mura*) e com a satisfação e bom uso do potencial humano através de condições de trabalho adequadas (*muri*).

Basicamente, o *Lean* tem sido aplicado primariamente para a eliminação de desperdícios e gerenciamento de processos da qualidade nas indústrias, não sendo levado à fundo seus demais princípios, como equalização da demanda com a capacidade e envolvimento dos funcionários em todas as fases do projeto (PANWAR, 2015).

Muitos são os desafios para a implementação desse sistema de manufatura, ao quais inúmeras corporações lançam projetos para implantar o *Lean* se baseando apenas na premissa de que os desperdícios serão eliminados e os lucros aparecerão. Todavia, muitas fracassam por apenas tentar e não persistir e ir profundamente nos conceitos da filosofia. O trabalho envolve quebra de paradigmas e abertura para receber transformações culturais normalmente não presente na rotina de todos.

2.1.2 - Estrutura da manufatura enxuta

Diversas são as formas de representação de como o *Lean* é estruturado, porém todas com o objetivo de haver a sustentação de seu telhado. Operando com a premissa básica de redução de desperdícios, a estrutura trabalha para que haja a sustentação da excelência em qualidade, baixos custos, garantia e cumprimento das entregas no prazo, moral e segurança dos colaboradores.

A forma clássica de representação dessa estrutura pode ser visualizada conforme Figura 2.1:

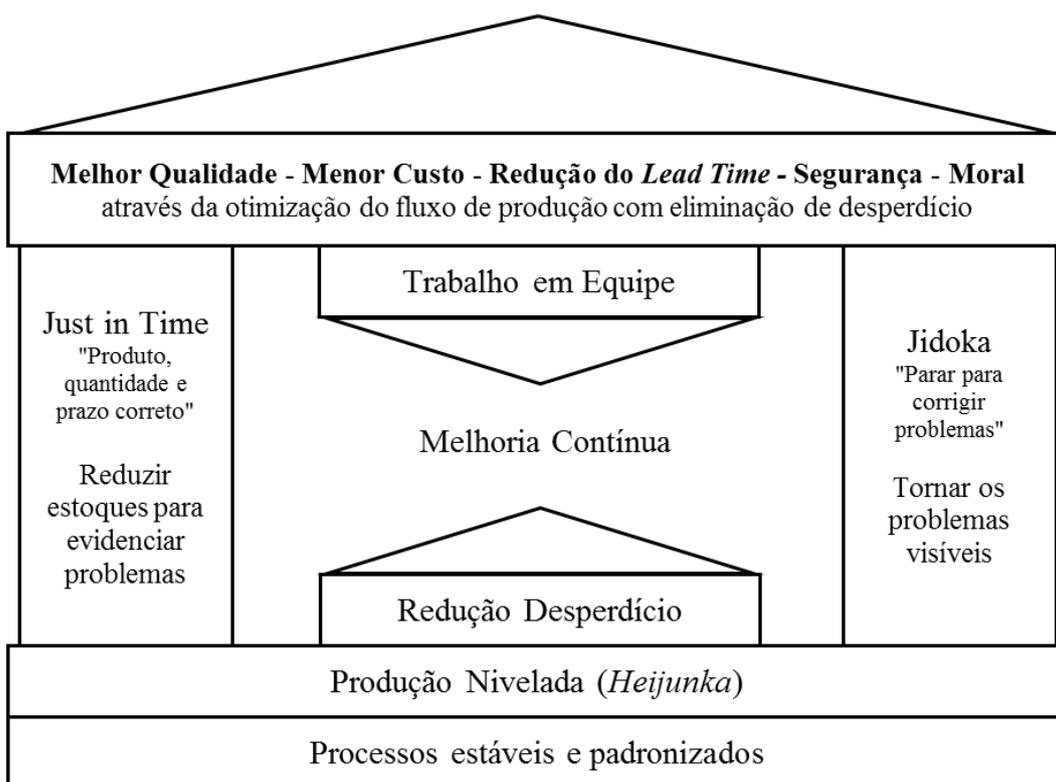


Figura 2.1 - A casa do Sistema Toyota de Produção.
Fonte: Adaptado de LIKER e MORGAN (2006).

2.1.2.1 - Nivelamento da produção

A base da estrutura do sistema *Lean* passa pelo conceito de nivelamento, ou *Heijunka*. Para que um sistema de produção possa fazer uso de forma ótima de seus recursos, há a necessidade da existência de um processo estável e trabalho padronizado (DAS *et al.*, 2014).

O princípio é ter uma base sólida, garantindo a estabilidade para que o *JIT* (*Just in Time*) possa funcionar da forma como é esperado e, através do *Jidoka*, o sistema

possa constantemente ser parado e ajustado para correção dos problemas. Para tanto, o conceito de nivelamento abrange o conceito de fluxo equilibrado de pedidos e capacidade. Quando demanda e capacidade estão niveladas, abre-se a oportunidade de manter o processo estabilizado, conhecer a real necessidade de insumos para manter uma alimentação constante dos processos produtivos e evitar, assim, o desperdício de frequentes paradas de linhas (LIKER e MORGAN, 2006). O nivelamento ocorre em todos os níveis, da equalização dos pedidos ou demanda de mercado ao quadro de operadores e parque fabril, com a finalidade de gerar o mínimo de distúrbio possível ao sistema e, assim, possibilitar que os demais pilares funcionem como deveria.

Para que a produção absorva e esteja preparada para as variações de demanda e obtenha uma rápida resposta aos pedidos, independentemente do tamanho de cada um, a ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) com suas diversas técnicas se faz presente no cotidiano das corporações *Lean*, atuando na redução do tempo de *setup* entre modelos. Dentre as técnicas desenvolvidas por Shigeo Shingo, é citado a separação e conversão do *setup* interno em externo, utilização de engates rápidos ao invés de fixadores tradicionais, eliminação de ajustes e realização de atividades paralelas enquanto o *setup* está em andamento (PELLEGRINI *et al.*, 2012). Muitas vezes se torna possível a redução do tempo de *setup* que anteriormente durava horas para minutos e, numa escala ideal, para um dígito de minuto.

A metodologia foi mundialmente reconhecida através do livro “*A Revolution in Manufacturing: The SMED System*”, ao qual o conceito de que todo *setup* poderia ser realizado em um dígito de minuto foi sustentado pelas diversas técnicas evidenciadas ao longo da trajetória e consultoria nas mais diversas indústrias em que passou (SHINGO, 1996).

2.1.2.2 - Just in Time

Definições acerca do *Just in Time (JIT)* revolvem ao início das primeiras etapas de desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção e criação da Toyoda Group no Japão, conforme citado anteriormente. Certamente devido à essa longa data, diversas vezes o STP é equalizado somente como sistema *Just in Time* de produção, porém enquanto a Manufatura Enxuta opera para erradicar os desperdícios em todos os sentidos, o *JIT* opera como um veículo para alcançar esse sucesso, através de um fluxo adequado de materiais, componentes e insumos dentro do processo produtivo, na correta

quantidade, no momento exato e o tipo de material solicitado. Nada mais, nada menos (THUN e DRÜKE 2010).

A criação do fluxo na cadeia de processos leva à mais um conceito fundamental na questão da eliminação dos desperdícios, que é a criação de um fluxo contínuo sem interrupções ou obstáculos à sua fluidez. A forma encontrada para tal questão foi a aplicação da ferramenta *kanban*, o qual significa sinal, sinalização, aviso ao processo anterior, para que o fluxo não seja interrompido ou sofra qualquer distúrbio e seja repostado em tempo hábil (DAS *et al.*, 2014).

Cria-se na cadeia de fluxo produtivo uma forma de disciplinar a cadeia produtiva a manter o fluxo de processos constante. O *kanban* atua como protagonista em criar um sistema de puxada na produção, sinalizando às operações antecessoras o tipo, quantidade e momento em que se faz necessário a retroalimentação do sistema, para que todos as variáveis possam ser controladas e manter o sistema operando de forma homogênea e com qualidade (SHAH e WARD, 2007).

Em alguns casos a criação de estoques intermediários (*WIP*) ou “pulmão” se faz necessário, tanto devido à compensação de flutuações de demanda ao qual se faz necessário manter a estabilidade do sistema, quanto em situações na qual a conexão de um fluxo de processos a outro não é permitido fisicamente no *layout*. Dentro do mesmo conceito citado anterior, o *kanban* é a ferramenta novamente utilizada para unir os subprocessos que estão desconectados (LIKER e MORGAN, 2006).

De forma geral, a expectativa gerada pela utilização à contento do *JIT* passa desde a organização interna da cadeia de processos produtivos até a otimização do uso da capacidade instalada e inventários.

2.1.2.3 - Jidoka

Dentro da estrutura básica da Manufatura Enxuta, talvez esse seja o que mais poderia gerar algum tipo de confusão em seu entendimento, seja por ter sido um dos menos profundamente explorado e divulgado, ou seja por ser um dos conceitos mais opostos aos tradicionais sistemas de produção: liberdade de qualquer funcionário, de qualquer nível, parar a linha de produção em qualquer caso de anormalidade encontrada no processo (LIKER e MORGAN, 2006).

A Toyota passou a existir preliminarmente através de seu fundador Sakichi Toyoda, fundador e proprietário da indústria de teares Toyoda Group. De todas as suas

contribuições para o desenvolvimento e existência da hoje reconhecida Toyota e seu sistema de produção, o conceito do *Jidoka* tem o DNA construído através da percepção de Sakichi quando, através de suas máquinas automáticas, produtos defeituosos eram liberados mesmo quando uma anormalidade ocorria.

A chave desse processo é permitir que a máquina possa sinalizar qual é a ocorrência da não conformidade que está gerando produtos defeituosos. Essa sinalização se faz possível quando é dado um toque de inteligência humana à máquina, ou seja, permitir com que a mesma sinalize onde e o que está contribuindo para a ocorrência do desvio inesperado. A esse toque de inteligência humana dada à máquina também se concede a nomenclatura de autonomia (OHNO, 1997).

A autonomia, entretanto, não deve ser apenas considerada um conceito restrito para as máquinas. A premissa básica da autonomia é garantir que o produto mantenha seus níveis de qualidade e que caso um defeito seja gerado o processo pare imediatamente. Logo, o conceito também se aplica à processos manuais, ao qual está muito mais ligado ao conceito de autonomia do operador em parar a linha quando encontrar uma anormalidade. A idéia central por trás do conceito está na importância dado ao fato de parar, identificar, corrigir, encontrar e eliminar as reais causas das anormalidades, seja num processo manual ou automático, evitando assim a reincidência e envio de produtos defeituosos adiante (GHINATO, 1995).

A habilidade de parar as linhas de produção sejam manuais ou automáticas, devido a qualquer divergência ou distúrbio no processo gerado por equipamento ou insumos, traz o empoderamento e participação ativa dos operadores para o sistema. Dessa forma, sentem-se parte do contexto e reconhecem que suas necessidades são tratadas e respondidas. Fato posto, é gerado a conscientização de que qualidade deve ser construída em cada processo tendo cada membro do time uma parcela de participação do todo, não havendo a necessidade de inclusão de monitores ou vigias nas máquinas e processos (ABDULMOUTI, 2015).

Contribuindo para que os conceitos do *Jidoka* fossem empregados e suportados, algumas ferramentas foram desenvolvidas e implementadas ao longo da evolução desse pilar do Sistema Enxuto. Dentre elas, o *andon* foi incorporado dentro da sistemática, ao qual tem por objetivo principal sinalizar onde uma anormalidade ou problema estivesse ocorrendo e direcionar o foco e suporte do time de apoio para o local (SUBRAMANIAM, 2009).

O *andon* (Figura 2.2) caracteriza-se por ser um alarme podendo ou não ser agregado uma sinalização luminosa, frequentemente empregado para alertar uma parada de máquina, uma interrupção de processo, a falta de algum insumo, ou seja, sua abordagem se tornou ampla no decorrer dos tempos com a finalidade direta de evidenciar para todos que algo de anormal está ocorrendo. O objetivo é dar a autonomia ao operador para puxar a corda ou apertar o botão e com isso o sinal sonoro e/ou luminoso mostrará a sua chamada solicitando algum suporte. No início da implantação dessa ferramenta inúmeras reclamações podem surgir devido à improdutividade causada pelas paradas, porém essas interrupções são as oportunidades geradas para corrigir o problema e não passar produtos defeituosos adiante (LI, 2006).



Figura 2.2 - Modelo de *Andon*.

Seguindo pela essência das ferramentas de suporte à estrutura do *Lean*, o *Poka-Yoke* figura entre uma das ferramentas mais conhecidas como método de prevenção de falhas nas corporações. Idealizada por Shingo e apresentada em sua obra “*Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system*”, a essência dessa ferramenta é prevenir o erro nos processos. Ficou amplamente conhecida como dispositivo “à prova de erros” ou “à prova de falhas” (SHINGO, 1996).

Com as técnicas empregadas do *Poka-Yoke*, houve a capacidade de prevenir a ocorrência da falha. Abriu-se o caminho para a busca pelo resultado do zero defeito na manufatura (VINOD, 2015).

Em linhas gerais, uma analogia entre *andon* e *Poka-Yoke* pode ser realizada, sendo que ambas tratam, em esferas diferentes, o conceito de parar aquilo que se encontra com alguma anormalidade: o primeiro sinalizando quando o defeito ocorreu e

o segundo evitando com que o defeito ocorra ou volte à ocorrer, caso seja implementado após uma intervenção corretiva. De qualquer forma, ambos atuam em um sentido único de evitar a passagem do defeito ao processo seguinte, buscando garantir a qualidade em todas as etapas do processo.

2.1.3 - 7 Desperdícios

Dentre o que fora discorrido até o momento, tudo ou sua grande maioria leva à identificação e eliminação dos desperdícios. Essa foi a fórmula encontrada pela Toyota em galgar os passos para o reconhecimento de sua filosofia.

Partindo dos princípios básicos dos 3 *UM* citados anteriormente, entender os impactos que os desperdícios geram no processo produtivo é de suma importância para a identificação das oportunidades de eliminação dos mesmos. Perante valor, quanto mais enxuto for a operação, mais competitiva será a organização, uma vez que não se fará necessário embutir os gastos com as atividades que não agregam valor no custo do produto e, conseqüentemente, repasse no preço de venda. Tal situação levaria à perda de competitividade ou falência.

Desperdício pode ser definido como nada além da mínima quantidade de recurso absolutamente essencial para agregar valor à um produto. Do ponto de vista do cliente, tudo aquilo que não é desejado ser pago por ele passa a ser considerado desperdício (RAWABDEH, 2005).

Vejam os abaixo a forma clássica da conceituação dos 7 desperdícios, sob a ótica de Ohno:

- **Excesso de movimentos:** movimentação dos operadores que não agregam valor ao produto final. Frequentemente relacionado à falta de organização do posto de trabalho devido às ferramentas e materiais serem alocados em posições que não favorecem a rápida obtenção ou aspectos ergonômicos, no qual frequentemente os trabalhadores precisam realizar grandes esforços para executarem suas tarefas;
- **Espera:** tempo desperdiçado aguardando pessoas, materiais ou equipamentos. Potencialmente ocorre devido às interrupções ou obstruções do fluxo da cadeia produtiva, *layout* ou bancadas das estações de trabalho prejudicando o fluxo contínuo, atraso no abastecimento de materiais, longos tempos de *setup*,

intermitência no funcionamento das máquinas ou ainda devido ao desbalanceamento de tempo entre os processos de fabricação;

- **Excesso de Produção:** ocasionado quando a produção de itens ocorre acima do volume requisitado pelo cliente. Como consequência, os recursos utilizados ficarão parados sem haver o retorno financeiro sobre eles, aumento da área de estocagem não prevista, inflexibilização do planejamento de produção, risco de sucateamento e/ou retrabalho dos produtos estocados devido às intempéries ouvida útil do produto, alocação de mão obra operacional em momento inadequado, podendo gerar necessidade extra para cobrir essa ineficiência em um momento futuro;
- **Excesso de Processamento:** qualquer tipo de operação não prevista ou não definida, que não agregue valor à corporação e potencialmente pode gerar algum tipo de incidente de defeito no produto. Normalmente criado como forma de compensar alguma deficiência, seja máquina, ferramenta, insumos ou até mesmo conhecimento técnico limitado;
- **Defeitos:** frequentemente podem resultar em reclamação dos clientes e podem previamente ser detectados no processo interno via inspeção dos produtos (Figura 2.3). Tipicamente ligado à ausência de padrões definidos, falha na operação humana gerada pela falta de conhecimento e/ou treinamento, falhas no sistema de controle da qualidade. O impacto é negativo para ambas as partes, com a insatisfação e demérito da imagem do produto pelo cliente, assim como custos operacionais desnecessários com a geração de sucata ou retrabalho e perda de produtividade;



Figura 2.3 - Material defeituoso segregado para caçamba de sucata.

- **Inventário:** o excesso de inventário ou estoque está intimamente ligado às instabilidades no processo produtivo. Aparece como uma forma de esconder, camuflar, enganar a todos sobre o real problema, seja por deficiência na execução do *setup*, por problemas de gargalos, altos índices de rejeitos ou até mesmo falta de capacidade produtiva. Consequências comuns a isso estão ligadas ao aumento de custo com estocagem, potencial retrabalho ou sucateamento e alocação de mão de obra desnecessária;
- **Transporte:** atividade que não agrega valor e deve ser o mais otimizado e reduzido possível. Movimentação de produto, material, pessoas e demais itens requerem sistemas de transportes e esses requerem manutenção, mão de obra e insumos para funcionarem. Todos esses recursos empregados não retornam em valores à empresa, quanto mais enxuto for, mais rentável será a operação.

Recentemente, determinadas linhas de pesquisa também citam um tipo de desperdício que até então não era apontado, porém indiretamente já impactava os resultados de projetos que por algum motivo não retornavam aquilo que era previsto: (LACERDA, 2016 *apud* LIKER e MEIER, 2006):

- **Talento:** o desperdício do potencial humano pode conduzir a perda de oportunidades, considerando que a filosofia enxuta admite que todo ser individual é pensante e pode contribuir com resultados positivos.

Para RAWABDEH (2005), os desperdícios também podem ser categorizados em 3 grupos principais: homem, máquina e material. Alguns se relacionam entre si e alguns deles possuem uma influência mais presente em mais de um grupo. Todavia, todos participam afetando um quarto grupo: dinheiro, conforme mostra a Figura 2.4.

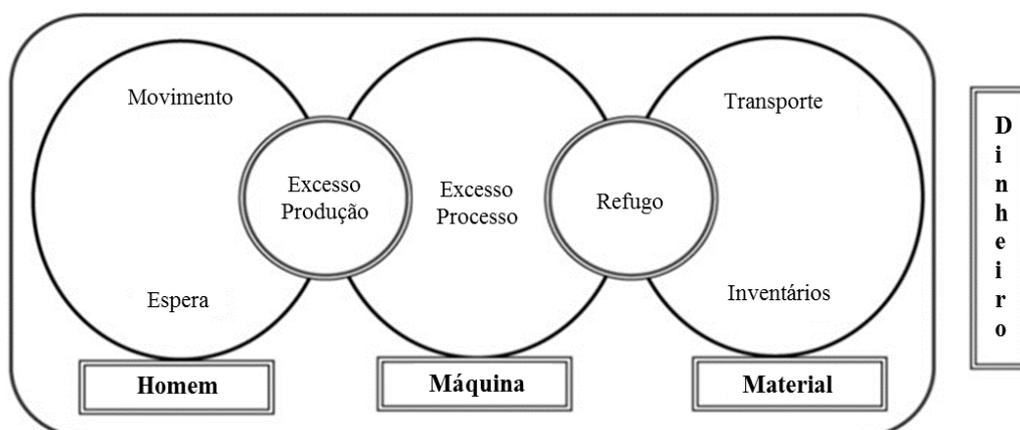


Figura 2.4 - As três categorias do desperdício e seu efeito no dinheiro.
Fonte: Adaptado de RAWABDEH(2005).

Tanto a forma tradicional quanto formas mais recentemente pesquisadas convergem na mesma essência básica de que o desperdício atua como papel de protagonista contra a produtividade, a qualidade, a eficiência financeira operacional, percepção e satisfação do cliente perante o produto. Tal fato reforça o tema de que o aumento de resultados passa pelo trabalho de identificação e aplicação de melhorias, ao qual se torna possível através do reconhecimento da existência dos desperdícios e eliminação dos mesmos.

2.1.4 - Kaizen e PDCA

Considerada a mais famosa e prática ferramenta utilizada na Manufatura Enxuta, o *kaizen* também é conhecido como melhoria contínua. A metodologia cria uma atmosfera motivadora, envolvendo o time participante e principalmente os funcionários onde as melhorias são aplicadas (DAS *et al.*, 2014).

Os primeiros eventos *kaizen*, ou simplesmente *kaizen*, datam do início da Dec.90 e se tornou popularmente conhecido e aplicado como ferramenta do Sistema Toyota de Produção (SCHONBERGER, 2007).

Por ser uma ferramenta de fácil aplicação e com expectativa de respostas rápidas, os eventos *kaizen* se tornaram cada vez mais comuns das corporações. Tais eventos reforçam a existência da metodologia, a ferramenta passa a ser cada vez mais difundida e com o envolvimento dos funcionários ativamente nas soluções dos problemas, proporcionando aumento da responsabilidade dos mesmos com o trabalho (LACERDA *et al.*, 2016).

Alguns autores admitem o *kaizen* como parte integrante do alicerce da Manufatura Enxuta, conforme ilustra a Figura 2.5, oferecendo a sustentação aos pilares do sistema.

Kaizen é a base da filosofia da melhoria contínua e encontra-se no alicerce da Manufatura Enxuta, suportando todos os demais pilares. A palavra é formada por 2 ideogramas: *kai* (caminho) e *zen* (para melhor), resultando num caminho contínuo para a busca da melhoria (PELLEGRINI *et al.*, 2012).

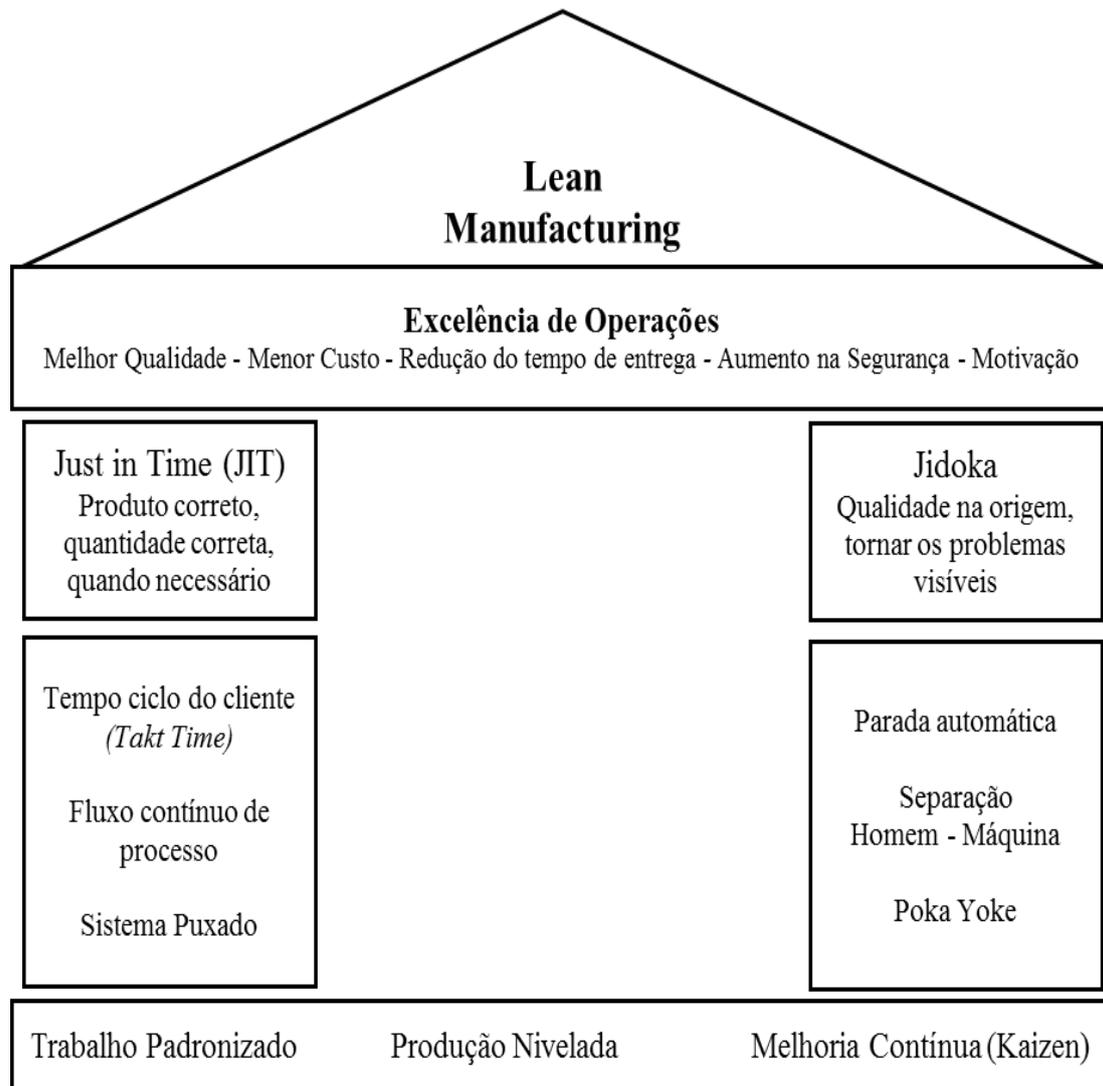


Figura 2.5 - Casa do Sistema Toyota de Produção.
Fonte: Adaptado de LA VEGA-RODRÍGUEZ *et al.* (2018).

Tal fato se caracteriza devido à possibilidade e estrategicamente poder ser aplicada em toda a estrutura da Manufatura Enxuta, uma vez que a busca contínua por redução de desperdícios requer a aplicação contínua de melhorias.

Para PAUL BRUNET e NEW (2003), *kaizen* consiste em atividades contínuas e permanentes, externo do pacote padrão de serviços do funcionário, com intuito de identificar e alcançar resultados que ele acredita que contribuem para as metas organizacionais. Um time multifuncional normalmente é formado e sistematicamente partem para identificar e eliminar problemas (RAWABDEH, 2005).

Desenvolvido por Massaki Imai, a abordagem prática do *kaizen* passa por três regras básicas: organização, padronização e eliminação de desperdícios. É um processo

sistemático, padronizado e que requer disciplina para obtenção dos resultados esperados.

Além de uma poderosa ferramenta utilizada no *Lean*, o *kaizen* faz parte da cultura japonesa da “melhoria contínua” ou “mudança para melhor”. Sua premissa parte do pressuposto que tudo pode ser melhorado, mesmo que em pequenos passos, com o envolvimento de todos. O esforço coletivo permite uma melhoria na eficiência dos processos conseguida sem investimento, sem técnicas sofisticadas ou equipamentos exorbitantes (ABDULMOUTI, 2015).

Com um conjunto de princípios simples, objetivos e com estratégias baseada no tempo, o *kaizen* direciona e incentiva seus participantes a pensarem conforme as diretrizes abaixo:

- descarte as idéias fixas e convencionais;
- pense em como fazer, e não o porquê não pode ser feito;
- não dê desculpas;
- inicie questionando as práticas correntes;
- não procure a perfeição. Faça da forma correta mesmo que alcance apenas 50% do objetivo;
- se cometer um erro, corrija imediatamente;
- lance sabedoria no problema, não dinheiro;
- pergunte por quê? cinco vezes e busque a causa raiz;
- siga a sabedoria de dez pessoas ao invés do conhecimento de uma;
- não peça aos funcionários para deixarem seus cérebros na porta da fábrica.

Ganhos substanciais foram notados após a aplicação da metodologia *kaizen* em uma indústria da aviação, em sua linha de montagem final. Problemas como perda de ferramentas de trabalho e desvios de peças estavam dentre os maiores vilões da empresa. Fazendo uso da metodologia, identificando o problema e aplicando um painel de gestão visual, a empresa pode alcançar reduções de 87,5% no tempo de busca de ferramentas e 80% de redução no tempo na identificação das peças que extraviavam (SIAUDZIONIS FILHO, 2018).

Paralelamente interagindo com o *kaizen*, o ciclo PDCA atua como agente de planejamento e organização das atividades, assim como atua na manutenção das melhorias implantadas. A padronização vem ao final de um processo bem definido. O ciclo é usado como a base da abordagem científica para solução de problemas.

Melhorias não podem ser alcançadas através de implementação direta do que aparentemente parece ser a solução de um problema (PELLEGRINI *et al.*, 2012).

O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming, popularizou-se a partir da Dec.50, quando Edwards Deming, professor e consultor, introduziu o controle estatístico durante a II Guerra Mundial e posteriormente foi convidado a dividir seus conhecimentos com estudantes, engenheiros e executivos da União Japonesa de Cientistas e Engenheiros, no Japão.

As quatro fases do ciclo são divididas conforme abaixo e ilustradas conforme Figura 2.6(PELLEGRINI *et al.*, 2012):

- **Plan** (planejar): fase ao qual se planeja uma atividade, uma ação, um projeto, com o intuito de alcançar um objetivo;
- **Do** (executar): uma vez identificado e planejado o que se busca, o que se espera, parte-se para a fase da realização das atividades;
- **Check** (verificar): ao longo das implementações das ações, faz-se a verificação das parciais do resultado, comparando com o cenário antigo e o futuro que foi planejado. Uma análise entre o desvio do resultado parcial verificado e o esperado é avaliado;
- **Act** (agir): uma vez comprovado que as ações previstas atingiram seu objetivo e que estejam estabilizadas, ocorre a padronização das operações definidas no projeto. Caso não se atinja a estabilização, a padronização ainda não pode ser efetivada e, dessa forma, um novo ciclo se reinicia.

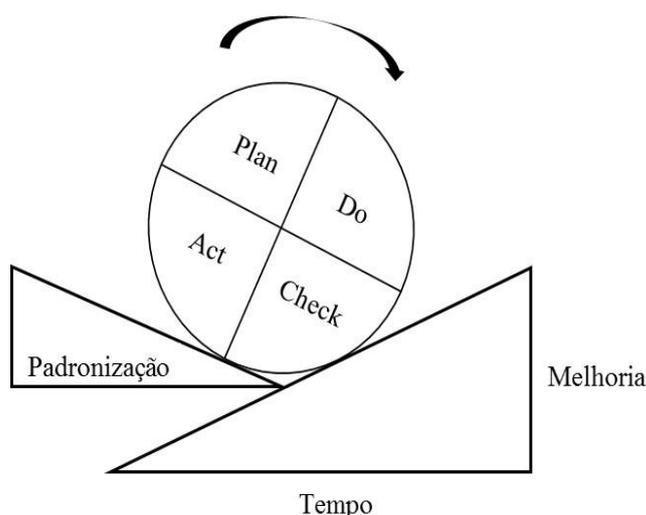


Figura 2.6 - Padronização e PDCA.
Fonte: Adaptado de PELLEGRINI *et al.* (2012).

O evento *kaizen* é uma forma da aplicação das técnicas e ferramentas da melhoria contínua que visa à mudança de patamar para melhor e sua sustentação. Normalmente participam desse evento um time multifuncional, com especialistas de cada área e convidados, pois parte do princípio básico que todas as idéias podem sim serem transformadas em melhoria. Todavia, todos, seja em time ou individual, podem contribuir com idéias e sugestões, partindo da clássica mensagem do mais respeitado estudioso do tema, Massaki Imai: “*Sempre é possível fazer melhor, nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoria tenha sido implementado*”.

2.2 - BALANCEAMENTO DE LINHA

Comumente utilizadas nas indústrias e datando desde a era da produção em massa, os sistemas de produção organizados através de linhas de montagem ainda continuam em pleno uso, partindo do princípio que a produtividade pode ser facilmente aumentada através da divisão de tarefas. Os exemplos mais comuns e conhecidos de que esse sistema continua sendo um dos mais aplicados nas indústrias são as linhas de montagem de veículos (AMEN, 2001).

Problemas de *layout* ou balanceamento das tarefas em linhas de montagem comumente são difíceis de serem resolvidas de forma ótima, dada a sua natureza de combinação de fatores, tais como volume de tarefas a ser realizado e restrições encontradas no ambiente industrial (COROMINAS *et al.*, 2008).

Todavia, a ferramenta é versátil, podendo ser aplicada em diversas áreas. Exemplos de estudos desenvolvidos na área de embalagem de madeira mostraram redução entre 29% e 33% no tempo ciclo dos produtos submetidos à cronoanálise e reduções de 50% na área ocupada com o rearranjo do *layout* (SOTSEK *et al.*, 2016).

O balanceamento dos processos ou tarefas consiste em atribuir as atividades a serem realizadas nas estações de trabalho de forma a otimizar aquilo que foi objetivo do trabalho proposto, que pode ser o número de estações, o tempo ciclo ou custo unitário do produto. Além disso, tais objetivos podem estar atribuídos a outros tipos de restrições, como por exemplo, limitar o tempo de cada estação de trabalho a um limite determinado ou seguir uma sequência lógica de processos (COROMINAS *et al.*, 2008).

Para encontrar o balanceamento dos processos e, dessa forma, equalizar a carga de trabalho entre as estações, uma relação sequencial é demonstrada conforme segue (AMEN, 2001):

- determinar o conjunto de tarefas básicas (tempo de ciclo total do produto) que deve ser executada em toda a cadeia produtiva;
- determinar a relação sequencial entre elas;
- definir a carga de trabalho de cada estação, também chamada de conjunto de tarefas ou operações. Essa carga é restringida pelo tempo ciclo, o qual é fixado pela velocidade da linha e número de estações;
- tempo ciclo, ou *cycle time (CT)*, é definido como o intervalo de tempo entre dois produtos consecutivos que entram na estação de trabalho;
- tarefa é um elemento indivisível do trabalho.

Sob a perspectiva econômica, a finalidade em organizar o trabalho em sistemas de linhas de montagem não tem como objetivo a redução de estações de trabalho, mas reduzir o custo total da operação por unidade. Dessa forma, as atividades devem ser alocadas de tal forma que o número de estações e o custo unitário do produto sejam considerados (AMEN, 2001).

Além dos conceitos de tempo ciclo e tempo ciclo total do produto, outras definições importantes serão abordadas em seguida para o entendimento integral do conceito de balanceamento:

- **lead time (LT)**: é o tempo requerido para um produto sem movimentar por todas as etapas de um processo, do início ao fim (LACERDA, 2016);
- **takt time (TT)**: palavra do vocabulário alemão, significa a batuta que um maestro usa para controlar a velocidade, a batida e o tempo de sua orquestra (RAHANI e AL-ASHRAF, 2012). Pode ser definida como a frequência com que um produto deve ser produzido, para atender a demanda dos clientes (LACERDA, 2016). Fazendo uso desse sincronismo entre demanda de cliente e realização da produção, segue-se uma das principais filosofias do *JIT* baseado na demanda a produzir, em função do cliente. A Eq. (2.1) demonstra o método de cálculo do *takt time* através de seus parâmetros de tempo disponível e demanda:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo Total Disponível}}{\text{Demanda do Cliente}} \quad (2.1)$$

- **gargalo**: ocorre em qualquer situação ao qual o tempo ciclo (*CT*) for maior que o tempo *takt (TT)* (RAHANI e AL-ASHRAF, 2012). Também pode ser entendido como qualquer recurso que restrinja o atingimento de uma meta estabelecida

numa organização cuja capacidade esteja abaixo da demanda de mercado naquele momento (GOLDRATT e COX, 2002). Outra informação muito importante pode ser obtida através do tempo gargalo, que é a Capacidade Produtiva, parâmetro que mostra o quanto o processo monitorado consegue produzir no tempo útil disponível, conforme Eq. (2.2).

$$\text{Capacidade} = \frac{\text{Tempo Total Disponível}}{\text{Gargalo}} \quad (2.2)$$

Dentre as variáveis demonstradas anteriormente, podemos sumarizar conforme segue:

- **Se $CT > TT \Rightarrow$ gargalo.** Demanda requerida pelo cliente estará em risco. Distúrbios no sistema produtivo são presentes, tais como acúmulo de *WIP* antes da operação gargalo, espera após da operação gargalo, geração de hora extra para atendimento do plano de produção;
- **Se $CT < TT \Rightarrow$ sobra de capacidade.** Clientes serão atendidos, porém há o risco de superprodução se nada for feito para corrigir o desbalanceamento.
- **Se $CT = TT \Rightarrow$ balanceado.** Capacidade produtiva equilibrada com demanda. Clientes serão atendidos e indicativo que a corporação está utilizando seu sistema produtivo de forma eficaz.

2.2.1 - Fluxo de processo

Não menos importante do que o balanceamento de processo, a criação de um fluxo adequado de materiais ou componentes dentro de um sistema produtivo é parte primordial para o alcance dos objetivos da manufatura.

Um dos princípios para o bom funcionamento do *JIT* é a criação de um fluxo contínuo de processo, ao qual tem por objetivo eliminar qualquer ponto de parada existente, criando o chamado sistema *one-piece-flow* (fluxo de uma peça). Esse modelo emprega o método de uma peça ser processada por vez, com todos os recursos organizados dentro do processo produtivo, distâncias otimizadas, *lead time* reduzido e *WIP* controlado, promovendo uma gestão mais simples da cadeia produtiva como um todo (ABDULMOUTI, 2015).

Um dos métodos empregados para identificar o atual cenário do fluxo de processos de um produto parte da reprodução, através de um diagrama, de todo o

caminho percorrido pelo material, da entrada até a saída. Isso é realizado ao andar e seguir, no chão de fábrica, todas as etapas de processo ao qual o objeto de estudo esteja se movimentando (RAHANI e AL-ASHRAF, 2012).

A utilização desse diagrama contribui para a identificação e padronização do fluxo de movimentação do que se encontra no processo. Estudos de mapeamento de fluxo trouxeram benefícios significativos na organização e gestão visual do local, melhoria na eficiência do trabalho padronizado, assim como segurança (CHOOMLUCKSANA *et al.*, 2015).

Vale destacar também que, apesar da possibilidade de se criar um fluxo contínuo na produção, esse fluxo pode ser controlado ou conduzido por formas diferentes, destacando-se:

- **Fluxo empurrado:** ao qual o processo anterior empurra, são enviados, forçados ao processo seguinte sem que haja um pedido para tal. Empresas que trabalham dessa forma normalmente trabalham sob previsão de vendas;
- **Fluxo puxado:** ao qual o processo seguinte puxa, pede, sinaliza a necessidade ao processo anterior. Dessa forma, cria-se uma sistemática chamada de “sistema de puxar” a produção, reforçando os requisitos até então percorridos sobre o *Lean*: atender à demanda do que o cliente deseja, quando e quanto deseja. O *andon* normalmente se faz presente em fluxos desse modelo.

2.3 - GERENCIAMENTO VISUAL

O gerenciamento visual passou a ser parte integrante das corporações nos dias atuais, uma vez que de forma rápida e à disposição de todos, muitas informações ou condições que poderiam gerar alguma anormalidade passaram a ser monitoradas e com potencial atuação imediata aos olhos de todos. Não se trata de um conceito novo, sendo que as idéias ou formas foram empregadas em diversas áreas do mundo desde 4.500 a.C. Os modelos atuais passaram a ser desenvolvidos a partir de meados da Dec.40, quando a o Sistema Toyota de Produção estava em sua fase de evolução (EAIDGAH *et al.*, 2016).

Ferramentas de gerenciamento visual de processo foram desenvolvidas pelos praticantes do *Lean* como auxílio na forma de comunicação e são utilizados para ajudar a guiar as operações e processos em tempo real (PARRY e TURNER, 2006).

Tal ferramenta permite uma comunicação de forma eficiente, focando o time para objetivos comuns no chão de fábrica. De forma prática, sua implementação é realizada através de quadros ou mostradores alocados em posições estratégicas (PANDEY e KUMAR, 2017).

Dentre as suas inúmeras variabilidades de aplicações, pode-se citar: instruções de processo, mapeamento de fluxo de valor, quadro de cartões *kanban* (Figura 2.7), sinais *andon*, quadro de nomenclatura de área, sinais e luzes de trânsito, alarmes de evacuação e muitas outras aplicações (EAIDGAH *et al.*, 2016).

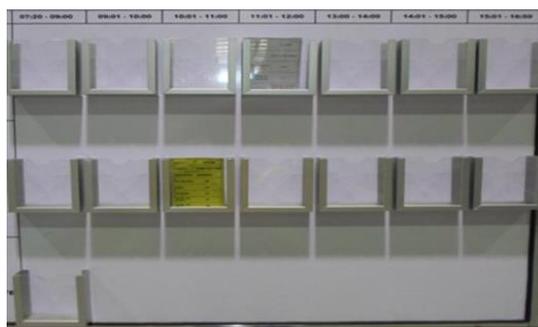


Figura 2.7 - Modelo de quadro de cartão *kanban*.

Além de uma forma de gestão à vista, o *kanban* também contribui como uma metodologia de controle de produção, independente de *mix* ou volume. Estudo realizado na área de fabricação e prestação de serviços para indústria de sensores e câmeras do setor marítimo mostraram reduções significativas, na casa dos 50%, no tempo de atravessamento (*lead time*) e consequentemente no tempo de entrega do produto ao cliente, através da implementação de quadros *kanban* (POWELL, 2018).

O *andon* pode ser aplicado desde sua forma tradicional, com luzes e som, até formas mais avançadas como modelo de sinalização visual. A aplicação de *andon* numa indústria de fabricação de bombas para área agrícola contribuiu para que a empresa, fazendo uso de um modelo de planejamento manual e com baixa a curacidade de previsão de demanda, partisse para um modelo de baixo investimento, porém com dados confiáveis. O desenvolvimento de um sistema *andon* acoplado a um *display* (monitor) contribuiu para que a empresa saltasse de 62,9% para 75,3% em produtividade. Nele, foi possível controlar, máquina a máquina, a ordem de produção, modelo e código do produto, número de lote, volume produzido OK e rejeitado, assim como a meta estipulada para aquele produto (AYVARNAM e MAYURAPPRIYAN, 2017).

A disponibilização de dados, informações e comunicados ao alcance de todos propiciaram a disseminação de forma rápida do status àqueles que estivessem envolvidos no processo. Tal medida fortaleceu a participação e a convocação de todos os funcionários a estarem cada vez mais envolvidos com o sistema.

2.4 - 5S

O 5S é caracterizado como um conjunto de regras básicas que parte desde uma simples separação do que é necessário até a manutenção do status conseguido após intervenções. Foi desenvolvido a partir de meados da Dec.50 no Japão (EAIDGAH *et al.*, 2016).

A nomenclatura é originária de cinco palavras japonesas iniciadas com a letra S (PELLEGRINI *et al.*, 2012).

Uma das ferramentas mais utilizadas na Manufatura Enxuta para manter a área de trabalho organizada, limpa e segura. Normalmente sua implementação obedece a um passo a passo, seguindo uma sequência lógica conforme os “S” (Figura 2.8) que formam seu nome (DAS *et al.*, 2014).

CONCEITO	COMO ESTÁ NOSSA ÁREA				
	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.
Utilização					
Organização					
Limpeza					
Padronização					
Disciplina					

Legenda: 😊 Bom 🟡 Regular 😞 Ruim

Figura 2.8 - Modelo de quadro de gestão visual do 5S.

Para cada senso, temos:

- **1º S (Seiri) Segregar:** todos os objetos presentes no local de trabalho são segregados como necessários ou desnecessários, podendo ser utilizados ou não;
- **2º S (Seiton) Organizar:** todos os objetos necessários são organizados e alocados em um local definido;

- **3º S (Seiso) Limpar:** todos os locais, cantos, aberturas do local de trabalho são limpos. Fontes de contaminação, tais como poeira e óleo, são identificados. Ao final dessa fase o trabalho de base (organização e limpeza) do 5S é dado como finalizado;
- **4º (Seiketsu) Padronizar:** um procedimento é definido para que as melhorias sejam mantidas;
- **5º (Shitsuke) Manter:** um compromisso entre os funcionários é criado para que as melhores práticas sejam mantidas.

Sua aplicabilidade é ampla, podendo ser encontrado em *cases* de quase todas as áreas conhecidas. Aplicação do conceito de 5S numa empresa de manufatura de instrumentos científicos proporcionou a redução do tempo de procura de ferramentas no chão de fábrica de 30 para 5 minutos. Em paralelo, o engajamento do time também foi notório, pois através das auditorias de 5S realizadas após a implementação da ferramenta, foi encontrado uma evolução significativa na aderência ao programa, partindo de 7 pontos para 55 pontos em 20 semanas, numa escala de 0 a 100 pontos (GUPTA e JAIN, 2015).

Reduções significativas também são encontradas nas distâncias percorridas pelos operadores quando a organização da área segue uma metodologia padrão oferecido pela ferramenta. Em uma indústria de caixas de papelão, a implementação do 5S contribuiu para que operadores de máquinas reduzissem suas movimentações na área fabril, chegando a até 48% de redução em suas movimentações. A ferramenta contribuiu para a definição de uma padronização e organização do local de trabalho (RORIZ *et al.*, 2017).

Aplicações também em áreas estatais são possíveis de ser encontradas. Em uma empresa de serigrafia a ferramenta do 5S foi implementada, desde a sua base, fase a fase, trazendo significativos ganhos na qualidade do serviço prestado, na organização e segurança do local de trabalho, assim como na manutenção da limpeza do ambiente (LC *et al.*, 2018).

É inegável que um ambiente de trabalho organizado, limpo, com fácil acesso a tudo e identificado transfere aos envolvidos do processo um grau de tranquilidade maior para efetivamente atuarem em suas atribuições, enquanto que um local com desordem propicia a ocorrência da camuflagem de problemas que aos olhos dos envolvidos não existia.

CAPITULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada na pesquisa foi baseada através de estudo de caso, ao qual passou pelas fases de observação direta dos fatos no processo produtivo, fazendo uso de materiais e equipamentos definidos, assim como consulta direta aos colaboradores do processo analisado e análise dos dados coletados, tendo todo esse material servido de recurso para propor, implementar e medir os resultados ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Todos os dados foram compilados e trabalhados de forma a tornar explícito e auto-explicativo a todos os níveis envolvidos da empresa a situação do status atual levantado. Em consequência, utilizando ferramentas do *Lean*, as propostas de melhorias foram apresentadas e o enraizamento de tais ferramentas na rotina dos funcionários foi fortificada através da criação de novos formulários de apoio e incentivando todo o time a participar e oferecer sugestões de melhoria.

Medições e coletas de dados foram realizadas antes e após a implementação das propostas de melhorias, para que no final houvesse uma relação comparativa entre status inicial e status final.

A ferramenta PDCA foi utilizada para condução do estudo.

3.1 - CONTEXTUALIZAÇÃO

Os processos produtivos vigentes na empresa careciam de reestruturações, principalmente voltadas ao aumento de produtividade e qualidade. O tradicional modelo de gestão e método empregados estavam atendendo às necessidades até aquele momento. Porém, com a aquisição de novos projetos e fusão com novos parceiros de negócios, a pressão em adequar e implementar novas ferramentas de gestão e controle, assim como aumentar a rentabilidade e capacidade do negócio, foram colocadas como prioridade máxima ao time industrial.

A forma adotada para desenvolver o trabalho foi o estudo de caso, ao qual é uma estratégia para avaliar acontecimentos fazendo uso de duas fontes de evidência: observação direta dos acontecimentos e abordagem com os envolvidos (YIN, 2014).

3.2 - FORMATO DA PESQUISA

Uma ilustração dos passos e o formato como a pesquisa foi desenvolvida pode ser visualizado conforme a Figura 3.1:

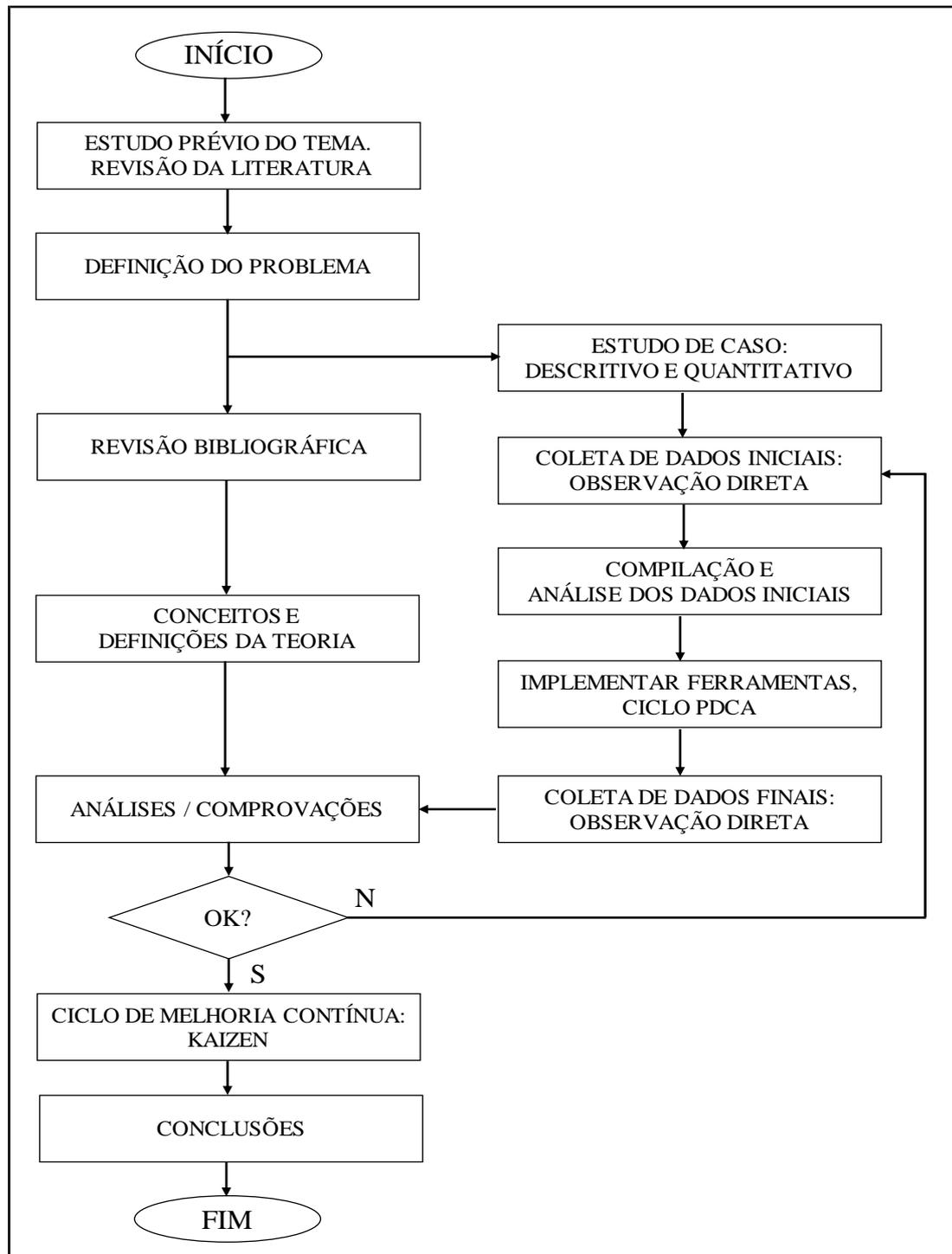


Figura 3.1 - Formato da pesquisa.

A pesquisa foi iniciada com uma revisão prévia da literatura sobre o tema proposto. Com a definição do problema a ser respondido, foi dado início aos primeiros passos do formato como seria conduzido a pesquisa em campo: descritiva e quantitativa, através de estudo de caso. As fases iniciais da atividade em campo abrangeram:

- coleta de dados iniciais;
- compilação e organização dos dados iniciais;
- análise dos dados iniciais;
- definição das ferramentas de melhoria a serem utilizadas;
- implementação das ferramentas através do ciclo PDCA;
- coletas de dados após implementação das ferramentas.

Em paralelo à fase inicial ocorria a pesquisa e revisão da literatura acerca dos conceitos abordados, interagindo com os levantamentos e definições que surgiam das atividades de levantamento de campo.

Numa fase seguinte, convergindo com os dados levantados após as ferramentas de melhoria implementadas e a revisão da literatura concluída, foi realizada a análise desses dados finais *versus* a conceituação proveniente da revisão da literatura. Alinhado com as expectativas, as ferramentas de melhoria selecionadas para aplicar nessa pesquisa trouxeram resultados compatíveis com a literatura até e, dessa forma, seguiu-se adiante para a fase final da pesquisa, com um ciclo de melhoria contínua implementado no sistema e conclusões finais do projeto.

3.3 - POPULAÇÃO E AMOSTRA

A pesquisa foi desenvolvida em uma empresa montadora de motocicletas instalada no Pólo Industrial de Manaus. A empresa possui uma gama de categorias de produtos que atendem ao mercado nacional, partindo de motocicletas de 50cc até as categorias *premium*, acima dos 450cc.

A linha de produção objeto de estudo faz parte de uma das categorias *premium*, tendo a linha de produção, os operadores e a área sendo exclusivamente usadas ao produto em questão, operando em turno de trabalho comercial.

Todas as amostras avaliadas foram oriundas de observação direta no processo, partindo de coleta dos dados para identificação do status inicial, compilação das informações através de gráficos, tabelas e afins, com a finalidade de facilitar o

entendimento de todos. Ferramentas do *Lean* foram aplicadas com enfoque nos objetivos traçados e uma nova rodada de medição foi realizada para análise e comprovação da eficácia das ferramentas.

3.4 - INSTRUMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS

Dentre os materiais utilizados, todos estavam disponíveis na companhia e não houve a necessidade de investimento para a coleta das informações e desenvolvimento do projeto.

Foram utilizados cronômetros, trenas, pranchetas, régua, caneta, lapiseira e formulários específicos para o mapeamento inicial, propostas futuras e mapeamento final do processo (Apêndices A, B, C, D e E).

3.5 - COLETA DE DADOS

Os dados coletados foram adquiridos diretamente na fonte do processo, através de observação, perguntas e consultas com os funcionários. Parte fundamental de projetos baseados em estudo de caso, a coleta de dados baseia-se na busca por informações para a exemplificação do fenômeno ou fato que o pesquisador quer desvendar.

Os principais dados coletados para estudo e análise foram: tempos de processo, mapeamento do fluxo de materiais e levantamento do 5S da área.

Todos os dados foram coletados por um grupo multifuncional, englobando gerente, supervisor, líderes e operadores, subdividindo as atividades conforme o plano de trabalho estabelecido. Todas as informações, dados e relatos foram coletados nessa fase antes de qualquer tipo de melhoria, alteração ou ajuste do processo em questão.

Para a coleta de tempo do processo, a forma utilizada foi a tomada de 3 a 6 tempos de processo, antes e depois das propostas de melhoria. O processo não estava submetido a variações significativas de fatores internos e externos, tais como máquina, ferramenta especial ou absenteísmo. As atividades eram basicamente manuais, respeitando uma sequência lógica de montagem e/ou colocação de peças uma após a outra. Variações na faixa de 5% entre as tomadas de tempo foram observadas, satisfatório para o estudo.

Para o mapeamento do fluxo de materiais o método utilizado foi seguir, desde o ponto de entrada até o ponto de saída, todo o percurso que o material era submetido. A cada etapa que o material sofria uma interrupção, uma anotação no formulário de coleta de dados era realizada, sinalizando o motivo da interrupção do fluxo, podendo ser estoque intermediário, parada para inspeção, entre outros.

Para o levantamento da situação do 5S da área a forma definida foi a definição de subáreas dentro do chão de fábrica. Dessa forma, pode-se focar em melhorias setoriais num primeiro momento, alocando recursos nas piores subáreas inicialmente e levando as melhores práticas para as demais. De forma indireta criou-se um estímulo para uma competição sadia entre os líderes das subáreas, ao qual ninguém gostaria de estar na retaguarda da classificação geral no 5S. Uma forma de incentivo para as equipes era a premiação mensal, simbólica (chaveiro, camiseta, boné), da melhor área dentre todas e dos colaboradores que mais contribuía com propostas de melhorias.

Após a compilação dos dados e entendimento do processo em questão, partiu-se para a fase de analisar quais seriam as ferramentas mais adequadas do conceito enxuto que poderiam ser aplicadas. Essa fase caracterizou-se pela projeção ou simulação futura das métricas em avaliação, estimando qual seria o comportamento futuro dos indicadores propostos a serem melhorados.

3.6 - ANÁLISE DOS DADOS

Dentre as fases da pesquisa, uma merece um destaque especial em virtude de ser a fonte de informação para a conclusão do estudo: a análise de dados. Dessa análise se abre a margem para continuação da pesquisa ao tema em projetos futuros, tanto pelo próprio pesquisador ou profissionais que estudam o tema (MARCONI e LAKATOS, 2010).

Após a fase de coleta de dados foi possível iniciar a compilação e trabalhar com as informações dos dados obtidos de tempo de ciclo, percurso percorrido do material (fluxo) e status do 5S das áreas. Todo material foi oficializado como *status* antes e *status* depois e implementado do chão de fábrica através de formulários, gráficos e/ou tabelas, conforme serão expostos em capítulo posterior.

Para oferecer consistência e credibilidade na validação dos resultados, a área de controladoria foi consultada para validar todas as métricas. O setor financeiro, dessa forma, pode receber de forma oficializada todas as atualizações que pudessem impactar o negócio.

CAPITULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo será apresentado o detalhe da implementação das ferramentas escolhidas da Manufatura Enxuta no processo produtivo, assim como os resultados alcançados com cada uma. O ciclo PDCA foi utilizado para orientar as fases de cada evento realizado.

4.1 - BALANCEAMENTO DE LINHA

A atividade foi conduzida pelo gerente e supervisor da área, uma vez que na época o time de engenharia de tempos e métodos estava ainda em formação na empresa e os gestores em questão já possuíam a experiência em implantação de ferramentas *Lean* em passagem por empresas anteriores. Quinze dias foram necessários para a tomada dos tempos de todas as estações de trabalho (Figura 4.1) e, a cada estação finalizada, uma entrevista com o operador responsável do processo era realizada, abrindo a oportunidade de ouvir deles o que poderia ser melhorado em seus postos de trabalho. As coletas de dados, entrevistas e atividades de melhorias foram realizadas em paralelo com a rotina da fábrica, ao qual dedicava-se ao menos duas horas por dia para a realização das atividades.



Figura 4.1 - Tomada de tempo do processo - antes.

4.1.1 - PDCA - Plan

Notadamente uma das atividades que mais consumiria o tempo e a atenção concentrada do time, uma vez que o processo de montagem avaliado era basicamente manual, com tempos longos de cada fração de trabalho dentro do ciclo e dispendo apenas de uma dupla para a coleta desses dados.

Identificou-se primeiramente que o desnivelamento na carga de trabalho entre os operadores era nítido, uma vez que em alguns postos de trabalho havia o acúmulo de estoque intermediário, operadores saíam com frequência do posto de trabalho para realizar atividades fora do processo (banheiro, bebedouro, buscar materiais, entre outros) e não havia um objetivo ou meta diária de volume a ser cumprida.

A esquematização da atividade passou pelas seguintes fases:

- organização dos materiais necessários à execução da atividade: cronômetro, prancheta, formulários de observação e tomada de tempo (Apêndice A) e caneta;
- definição da responsabilidade de cada um da dupla: a primeira pessoa, ou observador, observa o processo que está sendo avaliado e informa ao seu colega a etapa ou atividade do processo que o operador executou e o tempo dessa atividade, enquanto a segunda pessoa, o escriba, anota a etapa do processo e o tempo cronometrado pelo observador. Nessa modalidade, o cronômetro é iniciado e não separa mais, até que todas as tomadas de tempo tenham sido finalizadas (método de preenchimento do Apêndice A). Evita-se, com isso, a perda de tempo e falta de atenção em apertar e soltar o cronômetro, dando o foco efetivamente naquilo que é a atividade principal: tomada de tempos. A dupla define quais serão as etapas ou tarefas do ciclo do operador, ou seja, qual é o ponto que o tempo deve ser tomado e, quando essa fase chegar, o responsável em observar o processo fala ao escriba o tempo lido no cronômetro. Quando a próxima etapa definida era alcançada, fala-se o tempo lido naquele instante novamente, e assim sucessivamente.
- definição de onde iniciar a cronometragem: é possível identificar três grandes processos clássicos na montagem de produtos motorizados, dentre eles: pré-montagem ou preparação de subcomponentes, montagem do motor e montagem do veículo. Foi definido iniciar o processo de cronometragem pela linha de motor e posteriormente passar para a pré-montagem, finalizando no veículo, seguindo uma sequência lógica de fluidez num processo produtivo;

- definição do produto a ser cronometrado: o estudo englobou as atividades pertencentes a uma linha de montagem, ao qual se montava três versões de produtos da mesma família. As diferenças de uma versão para outra somente variavam no processo da fase final, ou seja, na embalagem do produto (cor de carenagens plásticas, etiquetas, adesivos, manuais), ao qual foi observado que tais atividades não impactavam no tempo entre uma versão e outra. Dessa forma, os tempos cronometrados serviram para todas as três versões avaliadas.

4.1.2 - PDCA - Do

Com o planejamento estipulado e a definição do escopo de trabalho para a dupla, foi dado início à cronometragem das atividades exercidas por cada operador do chão de fábrica.

A cada colaborador, uma folha de observação e tomada de tempo foi preenchida, buscando detalhar ao máximo cada etapa da tarefa que era executada por cada operador.

A Figura 4.2 exemplifica um preenchimento de uma folha de observação e tomada de tempo, com os dados passados para o computador somente para melhor visualização.

Folha de Observação e Tomada de Tempo														
Peça: Chassi				Máquina: -				Observador: Luis + Marcio						
Operação: Pré-Montagem da Buzina				Data: 19/01/2017				Hora: 14:06						
Passo:	Descrição:	Tomada:										Tempo	Observações:	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Pegar suporte da buzina e colocar dispositivo	2	20	39	58	01:17	01:36						3	
		2	3	3	3	3	2							
2	Pegar buzina	4	22	42	60	01:20	01:38						2	
		2	2	3	2	3	2							
3	Pegar 2 parafusos e posicionar no suporte	7	26	45	01:04	01:24	01:42						4	
		3	4	3	4	4	4							
4	Fixar parafuso 1	12	30	49	01:08	01:28	01:47						4	
		5	4	4	4	4	5							
5	Fixar parafuso 2	15	33	53	01:12	01:32	01:51						4	
		3	3	4	4	4	4							
6	Retirar buzina montada do dispositivo e colocar na bancada	17	36	55	01:14	01:34	01:53						2	
		2	3	2	2	2	2							
7														
8														
Tempo para 1 ciclo:		17	19	19	19	20	19						19	← Menor tempo de ciclo repetível.

Figura 4.2 - Exemplo de formulário de observação de tempo de processo.

No dia, as folhas são preenchidas à mão e fornecem duas informações importantíssimas:

- o tempo de ciclo atual;
- os tempos de passo ou os elementos de tempo individuais que compõe o ciclo, que em conjunto formam o ciclo completo, ao qual servirão de base para o estudo de combinação de trabalho e proposta futura de balanceamento.

O turno de trabalho praticado era o comercial, com 518 minutos disponíveis de trabalho. A demanda média diária requerida pelo cliente dos produtos dessa linha era de 9 motocicletas/dia e no ato da coleta de dados foi observado 9 colaboradores trabalhando nesse processo. Logo, o TT ou demanda requerida pelo cliente era de $518 / 9 \Rightarrow TT = 57$ minutos/motocicleta.

A Figura 4.3 ilustra a situação encontrada dos tempos de processo de cada operador observado, através do gráfico de tempos e balanceamento de processos (Apêndice B).

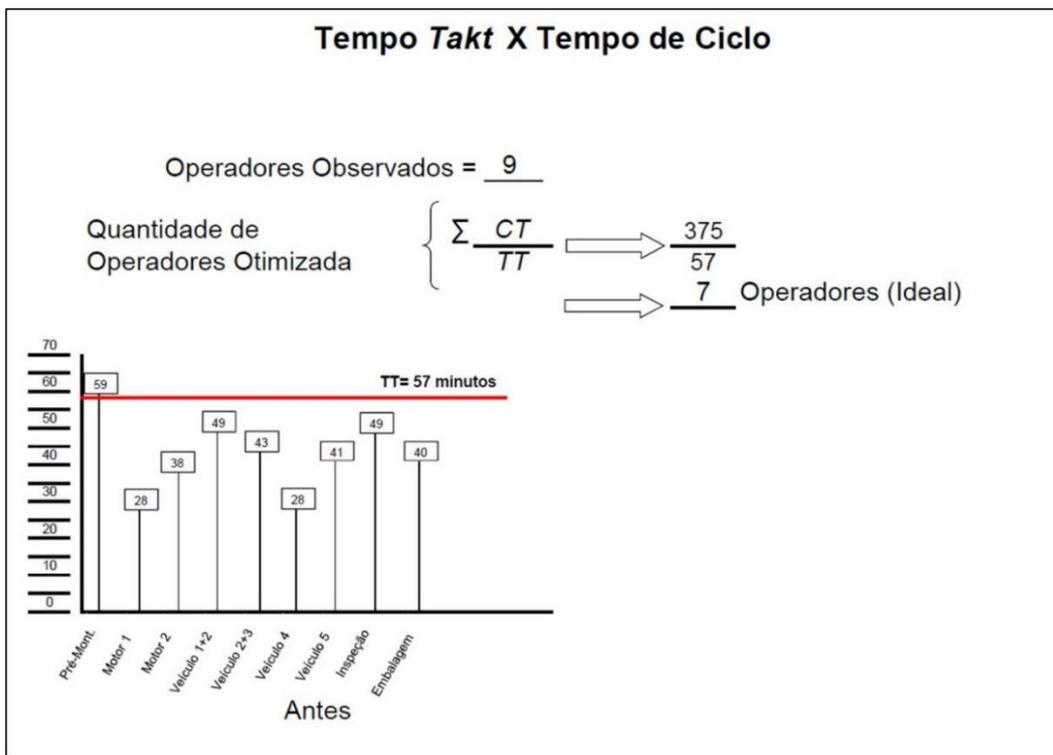


Figura 4.3 - Gráfico de tempos e balanceamento de processos - status antes.

Comprovou-se numericamente a suspeita que havia perante a baixa produtividade da linha, uma vez que estava sendo utilizados dois operadores a mais do que o cálculo do número de operadores ideal, determinado pela Eq. (4.1):

$$\text{Quantidade de operadores otimizado} = \frac{\sum CT}{TT} \quad (4.1)$$

Além disso, um fato mais agravante também foi identificado, ao qual riscos iminentes de não cumprimento dos prazos de entrega poderiam ocorrer, pois dentro do processo uma estação de trabalho, a pré-montagem, operava com tempo ciclo acima do *takt time*, conforme demonstrado no gráfico. Com esse tempo ciclo a capacidade da linha estava limitada à 8 motocicletas/dia, inferior a demanda requerida. A medição da capacidade produtiva nesse trabalho foi definida através da razão entre o tempo total disponível (descontado os intervalos regulamentados: reunião matinal, ginástica laboral, almoço, organização e limpeza de fim de turno) pelo gargalo ou restrição da linha.

Por definição, temos que: se $CT > TT \Rightarrow$ **gargalo**. Demanda requerida pelo cliente estará em risco.

Identificado os problemas provenientes do balanceamento, o próximo passo foi realizar um *brainstorming* (do inglês, ato de gerar “chuva de idéias”) para elaboração de um plano de ação, listando todas as oportunidades que poderiam ser implementadas com essa entrada de dados. A Tabela 4.1 apresenta o resumo das ações provenientes do *brainstorming* do time.

Tabela 4.1 - *Brainstorming* proveniente do balanceamento de linha.

Problema	Principal motivo	Proposta
Tempo ciclo > Tempo <i>Takt</i>	Desbalanceamento das operações entre os operadores	Simular balanceamento ótimo usando o formulário de combinação de trabalho e projeção futura (Apêndice D) e aplicar no processo, comprovando sua eficácia
Quantidade de operadores atual acima da quantidade ideal	Falta de informação dos tempos de cada estação e cálculo da quantidade correta	Balancear os tempos entre os operadores existentes e recalcular a nova capacidade com o mesmo número de operadores, comparando com a ideal, para futura tomada de decisão

Conforme propostas definidas pelo time, foi realizado uma simulação de como ficaria a proposta de balanceamento futuro. Utilizando a técnica de agrupamento de atividades que compõe um processo (Exemplo: montagem da roda na suspensão traseira compõe as atividades de pegar a roda, pegar ferramenta, pegar fixadores, posicionar no

chassi e fixar), as tarefas ou passos são preenchidos no formulário de combinação de trabalho e projeção futura (Apêndice D), respeitando a sequência lógica de montagem e requisitos de engenharia, até que o somatório do tempo das tarefas fique o mais próximo possível do *tempo takt* do cliente. A Figura 4.4 mostra um dos formulários preenchidos pela equipe. Para o posto de trabalho em questão, é observado um tempo ciclo de 41,63 minutos, composto de 39,76 minutos de atividade operacional manual e 1,87 minutos de caminhada durante as operações. Sendo o *Takt* 57 minutos, tem-se no final um tempo de sobra de 15 minutos, disponíveis para futuro aumento de capacidade ou agregação de novas atividades.

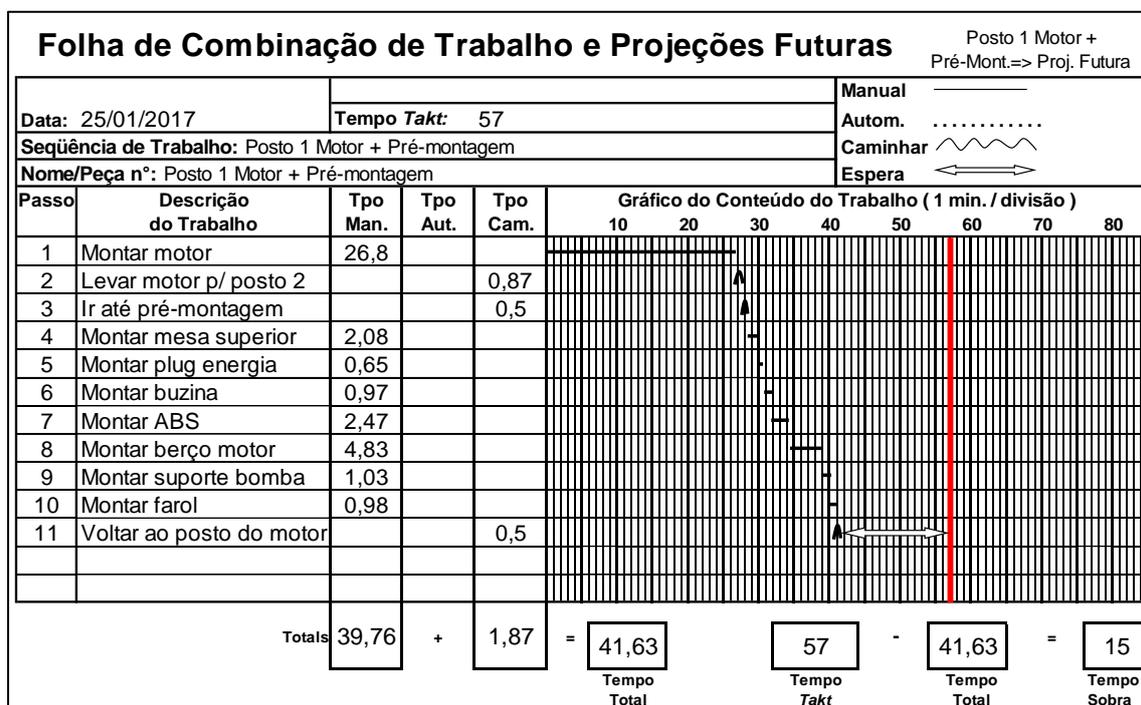


Figura 4.4- Exemplo de preenchimento do formulário de combinação de trabalho.

Em nosso estudo, como foi definido previamente que fosse distribuído as atividades entre o total de operadores observados, fixou-se então a quantidade de 9 operadores para que todas as tarefas fossem divididas entre eles, o mais equalizado possível. Vale ressaltar que o *TT* não foi alterado, conceitualmente a demanda somente é alterada conforme o pedido do cliente, logo, a projeção futura permanecerá com o mesmo *TT*.

De forma geral, as tarefas foram distribuídas dos operadores que possuíam mais atividades para àqueles que possuíam menos, mesmo que para isso, nessa primeira fase do projeto, os operadores tivessem que caminhar de um posto de trabalho a outro para

realizar sua atividade. Não era o intuito nessa fase qualquer definição que gerasse investimento ou longo tempo para a realização.

Uma vez realizado as projeções futuras do novo balanceamento e dividindo as etapas de trabalho conforme metodologia explicada, a proposta dos tempos de cada posto de trabalho pode ser visualizada na Figura 4.5. Na mesma figura é possível comparar graficamente o cenário inicial com a proposta futura.

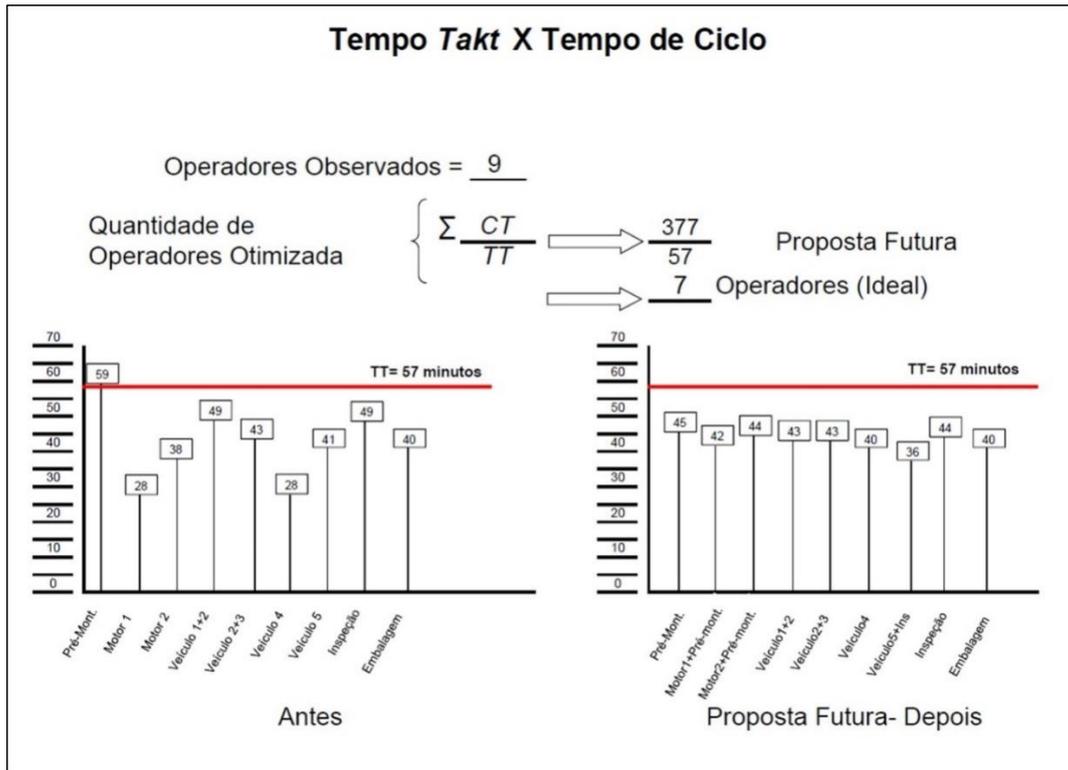


Figura 4.5 - Gráfico de tempos e balanceamento de processos - proposta futura.

A próxima etapa ficou dedicada a comprovação dos tempos reais com a proposta de balanceamento sugerida, para que todos pudessem comprovar se os resultados esperados seriam atendidos.

4.1.3 - PDCA - Check

Com os formulários de combinação de trabalho e projeção futura definidos, foram aplicados em cada posto de trabalho as novas propostas de balanceamento das atividades. Novas tomadas de tempos (Figura 4.6) foram coletadas com a finalidade de validar os tempos teóricos propostos no estudo.



Figura 4.6 - Tomada de tempo do processo - depois.

Observa-se na Figura 4.7 que nada de relevante foi alterado dos tempos teóricos, potencialmente pelo fato do processo ter a dimensão de minutos e se tratar de operações longas e manuais, sem interferência de máquina ou dispositivo especial. Somente as casas decimais de alguns tempos foram alteradas, não impactando no cálculo final da quantidade de operadores.

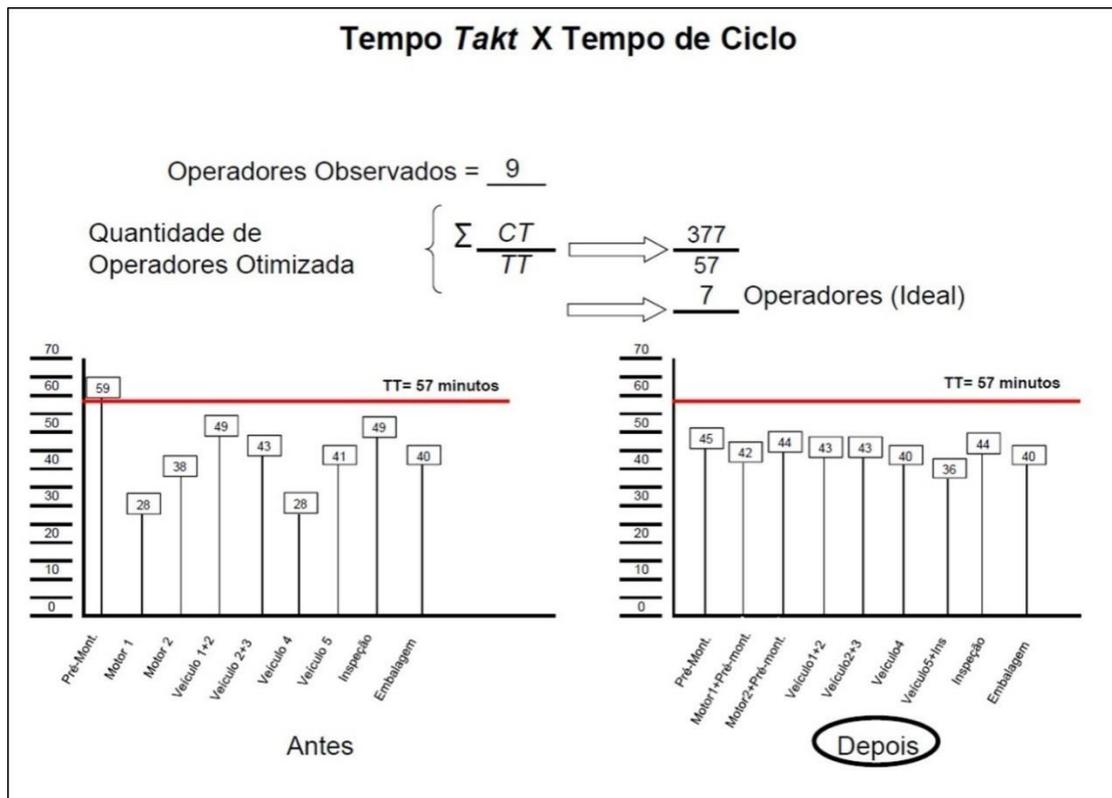


Figura 4.7 - Gráfico de tempos e balanceamento de processos - status depois.

4.1.4 - PDCA - Act

Após as confirmações dos novos tempos de balanceamento da linha, foi dado o seguimento com o fechamento da análise crítica perante as ações previstas no *brainstorming* dessa fase do projeto e conclusões sobre os trabalhos realizados.

As saídas dessa atividade foram:

- eliminação do processo gargalo da linha=> realizado;
- proposta de balanceamento e equalização das atividades entre o total de colaboradores observados, mesmo que signifique sobra de capacidade momentânea=> realizado;
- ferramenta *Lean* implementada e com multiplicador treinado na área, uma vez que a supervisão da área participou de todas as fases do projeto;
- padronização e oficialização dos novos tempos e distribuição das atividades, todas elas sendo alocadas nas estações de trabalho;
- capacidade produtiva e produtividade/operador/dia aumentada em 37,5%, passando de 8 unidades/dia para 11 unidades/dia e de 0,9 unidades/operador/dia para 1,2 unidades/operador/dia, conforme Figura 4.8;

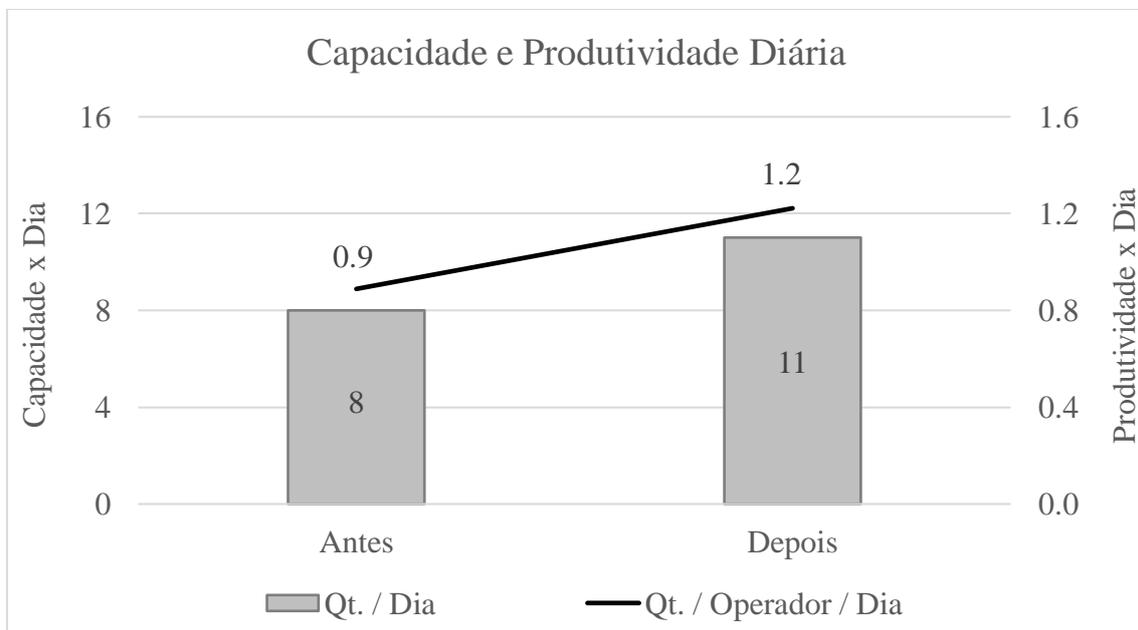


Figura 4.8 - Capacidade produtiva e produtividade/operador/dia.

4.2 - FLUXO DE PROCESSO

Essa etapa do projeto foi liderada pelo supervisor da área junto com os líderes do processo. Teve como objetivo principal o mapeamento desde a entrada da primeira matéria prima no processo até a saída do produto final (Figura 4.9), identificando possíveis pontos onde houvesse a quebra do fluxo de processo e acúmulo de estoque intermediário.



Figura 4.9 - Mapeamento do fluxo de materiais e processo: visão global da área.

4.2.1 - PDCA - Plan

A observação foi o princípio básico para a execução dessa atividade, tomando como premissa toda e qualquer situação onde fosse encontrado oportunidades relacionadas à movimentação dos materiais, formas de armazenamento, quantidades em processamento e entre processos, assim como verificar se havia um mecanismo que pudesse propiciar um sistema de produção puxada.

As etapas das atividades passaram pelas seguintes fases:

- organização dos materiais necessários à execução da atividade:prancheta, formulário de *layout* de fluxo de materiais e processo (Apêndice C), régua, lapiseira e caneta;
- responsabilidades da dupla: ambos observam o caminho percorrido desde a entrada do material até a saída do produto acabado, anotando as quantidades de peças que existe entre as estações de trabalho, assim como observações relevantes perante potenciais melhorias que possam ser implementadas nos

- pontos onde haja desperdício. No próprio formulário há uma legenda básica com simbologia de cada função ou etapa do processo verificado;
- definição de onde iniciar o mapeamento: inicia-se no portão, porta, acesso onde a matéria prima entra no processo produtivo e acompanha essa cadeia de transformações até o ponto ao qual o produto é considerado pronto para venda;
 - definição do produto a ser mapeado: a mesma família de produto observada na cronometragem desse estudo.

4.2.2 - PDCA - Do

De posse dos materiais e metodologia definida para realização das atividades, a dupla foi direcionada para o chão de fábrica e iniciou seu processo de observação e rastreamento dos materiais, desde seu ponto de entrada.

O processo em questão recebe os materiais de duas formas distintas, em função da aplicação dos mesmos no produto. Materiais volumosos são abastecidos na linha através de carros em formato de *kit* (em inglês, conjunto de peças), ao qual um carro possui a quantidade necessária para montagem de uma motocicleta. Materiais miúdos são disponibilizados nas estações de trabalho em caixas plásticas específicas, também chamadas de caixa bin. A Figura 4.10 ilustra as duas formas de organização dos materiais na linha de produção, em função do tamanho da matéria prima.



Figura 4.10 - Sistema de alimentação de miúdo à esquerda e carro com *kit* à direita.

A forma como ocorre a alimentação desses dois tipos de materiais são distintas, sendo que para materiais miúdos os alimentadores de materiais passam recolhendo as caixas vazias da calha de retorno (calhas inferiores) e trazem as caixas cheias novamente, posicionando a caixa cheia na posição correta (calhas superiores), conforme

codificação existente situada na parte de trás da bancada. Para o carro com *kit* o fluxo no processo difere da caixa plástica contendo miúdos pelo fato do carro acompanhar todas as estações de trabalho até o ponto de seus materiais serem totalmente consumidos, posto a posto de montagem, e retornar ao almoxarifado para ser reabastecido, enquanto que a caixa bin permanece estática sempre numa mesma estação até seu consumo completo, seguindo o fluxo explicado anteriormente.

Pode-se visualizar todas as movimentações e percurso realizado pelos materiais através do diagrama mostrado na Figura 4.11. As concentrações de linhas indicam uma maior frequência de movimentação, atividade que se enquadra dentre os 7 desperdícios, como transporte.

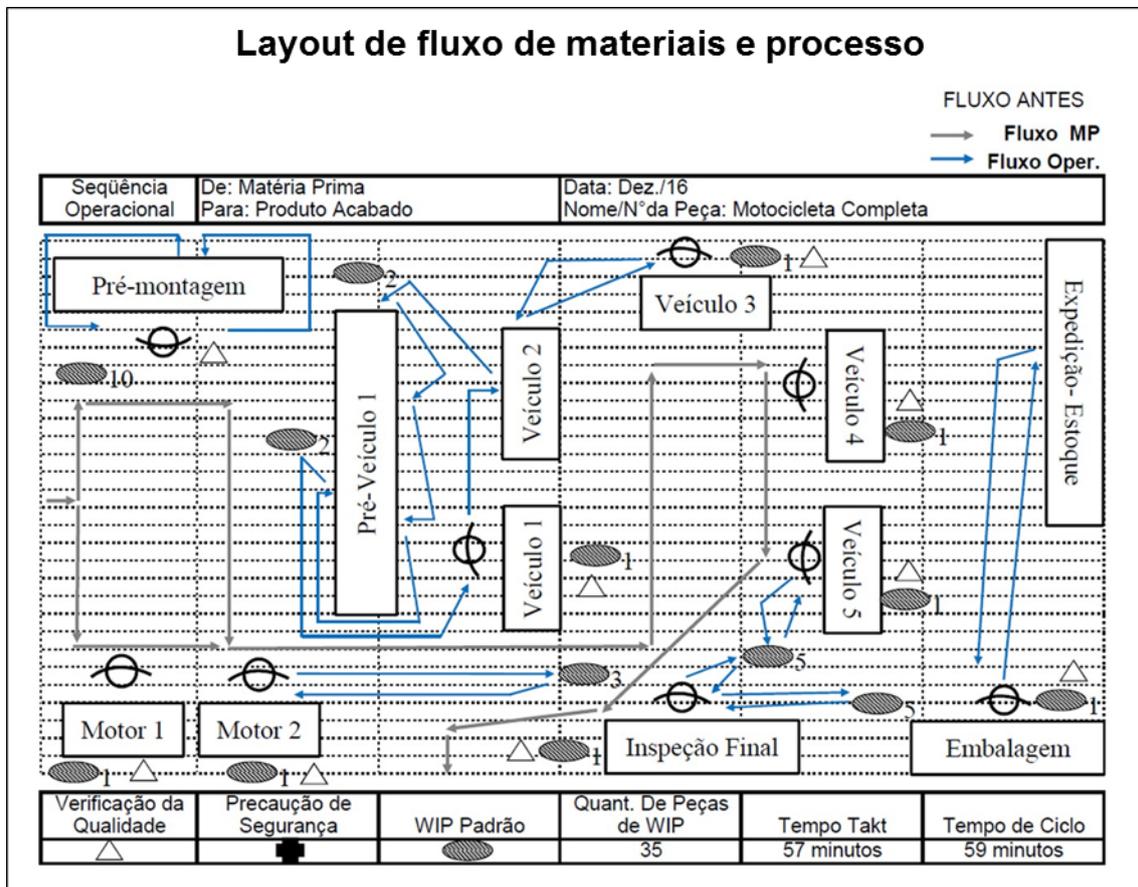


Figura 4.11 - Layout, fluxo de materiais e operadores - status antes.

Após a coleta dos dados e elaboração do *layout* de processo, o time realizou o *brainstorming* para elencar as oportunidades encontradas dessa fase do projeto. O foco dessa fase estava em identificar possíveis quebras de fluxo do processo, impedindo que a linha estivesse fluindo de forma natural, mapear a quantidade de estoque intermediário ao longo de todo processo e propor alternativas para redução, seguindo o conceito do

one-piece-flow e por último garantir que o fluxo possa ser puxado ao invés de empurrado. A Tabela 4.2 apresenta, de forma resumida, as ações oriundas dessa atividade.

Tabela 4.2 - *Brainstorming* proveniente do fluxo de processo.

Problema	Principal motivo	Proposta
WIP entre processos sem definição de quantidade limite.	Falta de definição e informação da quantidade à produção.	Definir a quantidade máxima, instruir os envolvidos e demarcar a área.
Alguns operadores (Ex.: veículo 1) percorrem vários trajetos para concluir um ciclo.	Falta de definição do escopo de atividades de cada operador (balanceamento), confrontando com o estudo de mapeamento de fluxo.	Realizar o balanceamento da linha e definir qual o fluxo de processo futuro, contemplando equalização do volume de atividades e menor trajeto individual possível.

De posse do mapeamento com status atual e objetivos traçados em reunião, o time realizou um estudo futuro de layout, demonstrado conforme o mapeamento apresentado na Figura 4.12.

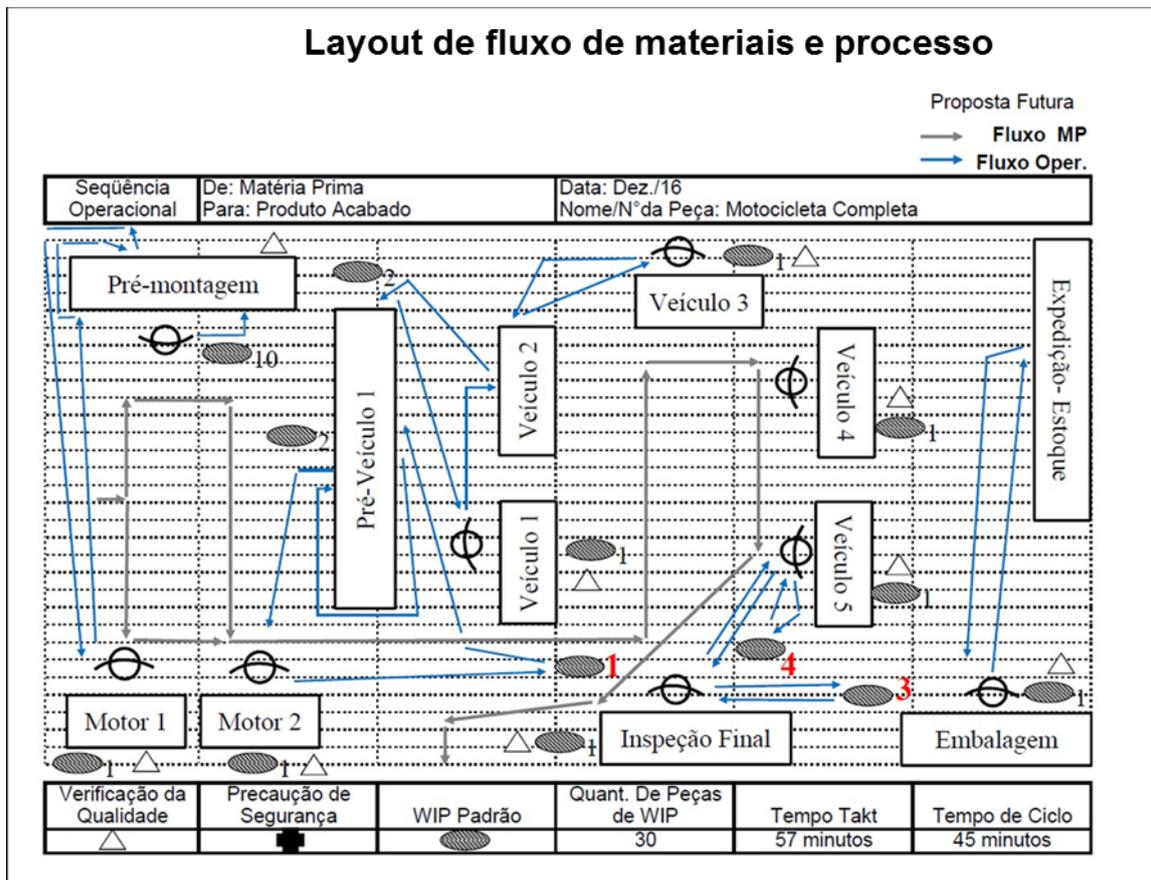


Figura 4.12 - Layout, fluxo de materiais e operadores - proposta futura.

4.2.3 - PDCA - Check

Após as definições na fase anterior terem sido realizadas para a busca dos objetivos, o time compareceu novamente no chão de fábrica para confirmar a execução do plano de ação. Todas estações de trabalho foram revisitadas e foi realizada nova contagem do *WIP* para futura comparação.

Foi confirmado a criação da identificação de limite de estoque entre processos onde não existia, sendo essa atividade parte fundamental para o início de um modelo de gerenciamento visual, a ser comentado nos posteriormente. Dentre as atividades planejadas, foi evidenciado a redução das peças em processamento e os trajetos excessivos desperdiçados por alguns operadores foram revisados, em sintonia com as atividades propostas pelo time de balanceamento de linha.

A Figura 4.13 ilustra uma das formas utilizadas em um dos pontos de estoque entre processos existentes do *layout* avaliado, delimitando a quantidade de motocicletas entre a inspeção final e embalagem. Visualiza-se as faixas brancas delimitando o espaço de uma motocicleta e o tapete preto, utilizado para preservar a integridade do piso quando o produto se encontra com o descanso acionado. As demais áreas onde havia estoque intermediário entre processos também foram abordadas com a mesma metodologia.



Figura 4.13 - Exemplo de identificação limitando o estoque intermediário no chão de fábrica.

4.2.4 - PDCA - Act

Após as confirmações da quantidade e implementação das identificações do limite de *WIP*, foi dado o seguimento com o fechamento da análise crítica perante as ações previstas no *brainstorming* dessa fase do projeto e conclusões sobre os trabalhos realizados.

As saídas dessa atividade foram:

- definição do estoque intermediário entre processos=> realizado;
- definição do escopo de atividades de cada colaborador, principalmente devido à alguns operadores percorrerem vários trajetos para completar um ciclo=> realizado;
- ferramenta *Lean* implementada e com multiplicadores treinados na área;
- padronização e oficialização do novo *layout* com fluxo, tempo ciclo, *tempotakt* e quantidade de estoque intermediário padrão;
- redução de 14% no *WIP*, com impacto positivo direto em redução de estoque parado, menor probabilidade de gerar retrabalho e/ou refugo e melhor organização por manter o ambiente mais *Lean*.

4.3 - GERENCIAMENTO VISUAL

De certa forma, o local onde foi realizado o estudo possuía um certo grau de organização e informações gerais do ambiente com fácil acesso. A supervisão e liderança, designados a realizar essa atividade, encontraram alguns métodos de gerenciamento visual na observação realizada da área, tais como: identificação das bancadas, identificação de alguns dos materiais miúdos das caixas plásticas e instruções de trabalho de alguns postos. Porém, o grande questionamento partiu das entrevistas realizadas aos colaboradores do processo, no qual os questionamentos e perguntas dos entrevistados intrigaram a liderança.

Abaixo perguntas e dúvidas realizadas pelos operadores:

- “*Qual a finalidade de termos os documentos de uso no processo ao alcance de todos?*”;
- “*Por que é importante identificarmos o que é usado no processo?*”;
- “*Como pode ser sinalizado e informado quando uma linha está parada?*”.

O nível de indagação dos donos do processo demonstrou certo grau de imaturidade do sistema e a oportunidade de reforçar a formação técnica da equipe.

A Figura 4.14 representa um dos cenários levantados do mapeamento de processo realizado, em momentos antes e após as melhorias implementadas. Exemplos de organização de materiais miúdos à esquerda da figura e implementação do quadro de Indicadores de Performance (*KPI*), inexistente até o momento do projeto.



Figura 4.14 - Diferença entre organização de materiais (à esquerda) e implementação do quadro de gestão à vista dos Indicadores de Performance.

4.3.1 - PDCA - Plan

Mediante entrevistas prévias realizadas no chão de fábrica para entendimento do nível de conhecimento da ferramenta, foi definido que todos os funcionários deveriam passar por um nivelamento de conceito. Dessa forma, o ponto inicial dessa etapa de implementação foi a realização de um treinamento interno, com palestra e apresentação do material voltado a esse assunto (Figura 4.15). Foi conceituado o que, onde e porque trabalhar com gestão visual, como isso favoreceria e fortaleceria os processos produtivos e de que forma poderia melhorar o canal de comunicação entre todos os níveis da área. Para uma formação da conceituação básica, o tema 5S também foi ministrado para todos os envolvidos.



Figura 4.15 - Treinamento sobre os conceitos de gerenciamento visual e 5S.

Com o conhecimento nivelado para todos os envolvidos diretos no processo, nitidamente foi perceptível o interesse dos mesmos de como um simples método poderia potencializar suas rotinas de trabalho. Foram incentivados a serem os donos da área onde atuavam serem independentes nas tomadas de ações onde o treinamento já houvesse acontecido e motivadas a fazerem parte do processo de mudança.

Estrategicamente, o processo produtivo passava por um grande problema voltado principalmente à falta de material miúdo alimentado na linha e problemas de rotina de critérios e padrões da qualidade. Agregado a isso, alguns também questionavam, em menor frequência, acerca de como estava o desempenho da área, se estavam no caminho correto, se havia perspectiva de evolução de carreira na área que atuavam.

Perante a falta de material miúdo, por se tratar de um item de baixo valor agregado, havia uma regra já implementada de sempre manter dois meses de estoque dentro do almoxarifado. Entretanto, principalmente se tratando de material de baixo valor, a atenção do time de logística nunca era focada para essa família de matéria prima, ocorrendo frequentes surpresas pela falta de um parafuso, por exemplo, na linha de montagem.

Outra situação não menos frequente era a parada de linha devido à dúvida rotineira do operador, falta de matéria prima do carro de *kit* de peças que era abastecido pelos alimentadores do almoxarifado, falta de material de subprocessos, ou seja, toda e qualquer anormalidade que pode ocorrer numa rotina normal de trabalho. O problema se encontrava no fato de não existir um meio formal de sinalizar essa demanda por ajuda. Com isso, frequentemente os operadores saíam de seus postos de trabalho para procurar o líder, supervisor, analista da qualidade e todas as demais áreas, dependendo de sua demanda no momento.

De posse dessas duas principais origens de distúrbio ocasionados no processo produtivo, o uso da ferramenta de gerenciamento visual foi utilizado para desenvolver uma sistemática e mitigar as seguintes demandas:

- parada de linha por falta de material miúdo de baixo valor;
- parada de linha por abandono do posto de trabalho para pedir suporte às áreas de apoio.

4.3.2 - PDCA - Do

Após a definição das principais fontes de perda de rendimento por parada de linha e propondo o enraizamento da ferramenta de gerenciamento visual na companhia, o time da unidade operacional foi instigado a discutir propostas para solucionar as demandas do chão de fábrica. Como saída desse debate ao qual envolveu todo o time

operacional e de suporte, a Tabela 4.3 demonstra os passos e ações macro desenvolvidas para minimizar os impactos gerados frequentemente com as paradas.

Tabela 4.3 - Plano de ação para buscar reduzir as paradas de linha.

Problema	Principal motivo	Proposta
Paradas de linha por falta de material miúdo.	Falta de controle, sistemática e pouca atenção dado à itens de baixo custo.	Desenvolver um gerenciamento visual utilizando o sistema <i>kanban</i> como método de controle do ponto de necessidade.
Abandono do posto pelo operador para pedir suporte as áreas de apoio	Anormalidades gerais do dia a dia: problema de qualidade, falta de material, necessidade fisiológica.	Desenvolver um sistema ao qual o operador seja o foco da atenção em caso de necessidade. Proposta de implementação de <i>andon</i> sonoro e luminoso em cada estação.

Para a ação de melhoria da falta de material miúdo, a proposta foi dimensionar dois meses de estoque de cada item miúdo, disponibilizar em caixas plásticas, organizadas em prateleiras dentro do almoxarifado, com posições fixas e quantidades determinadas de cada item.

Em cada caixa plástica foi colocado um cartão de identificação do item, contendo código, descrição e quantidade que deveria ser abastecido toda vez que retornasse ao almoxarifado. Foi dado início, com isso, à utilização da metodologia *kanban*, controlado via gerenciamento visual, ao qual uma reposição somente ocorre quando uma demanda é disparada através de uma sinalização formal. Um quadro foi desenvolvido para que os cartões pudessem ser colocados toda vez que uma caixa cheia era levada à produção. A presença do cartão no quadro sinalizaria a necessidade de ressurgimento do item, ou seja, o reabastecimento só ocorre com um sinal e esse sinal é visto de forma visual.

O fluxo geral dessa atividade de reposição de material e sinalização pode ser representado pelo fluxograma da Figura 4.16.

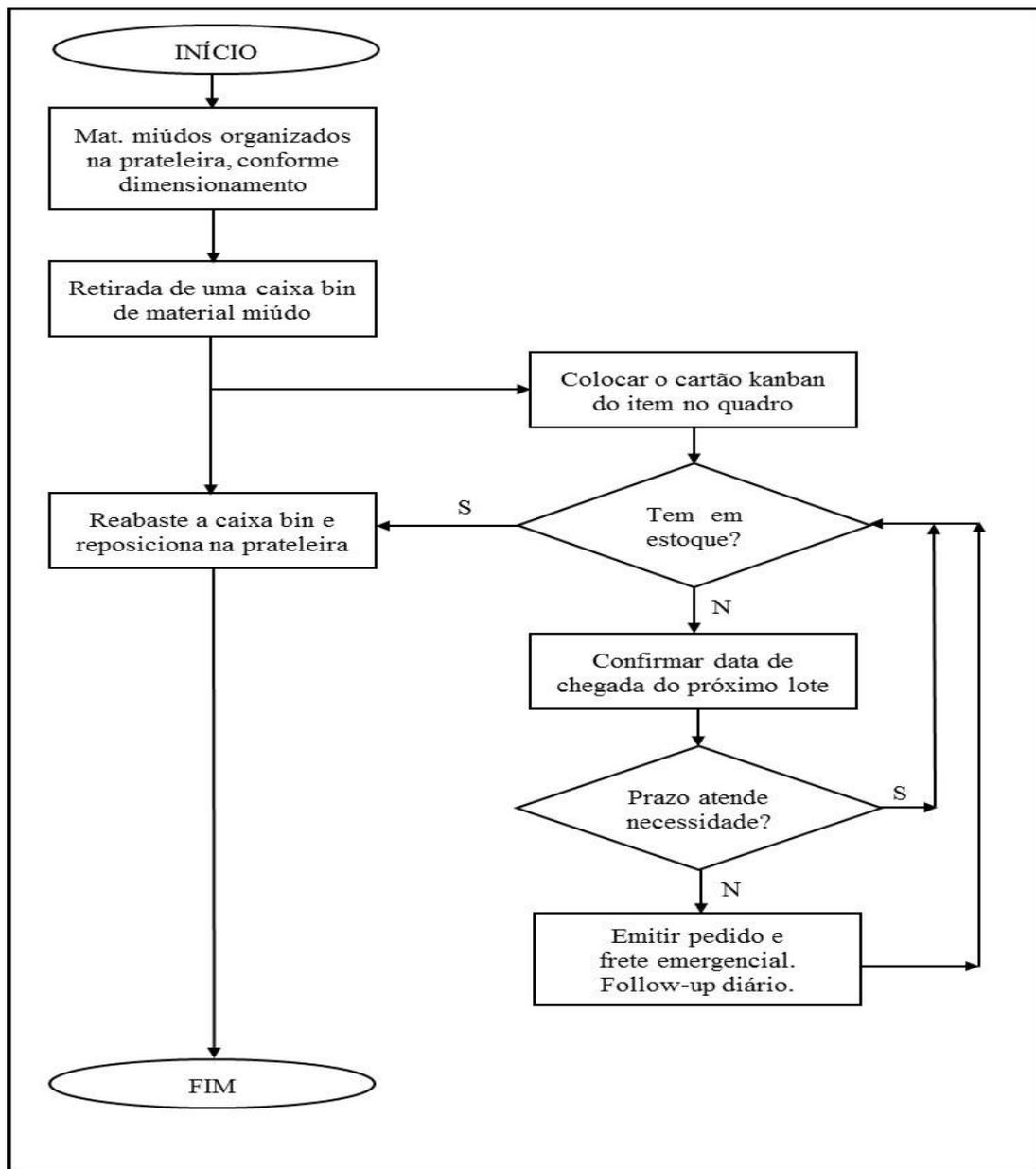


Figura 4.16 - Fluxo de reposição de material miúdo através de cartão *kanban*.

A alternativa encontrada para contribuir com a solução do segundo problema levantado foi fazer uso de uma ferramenta primordial ao sucesso do sistema implementado na Toyota: o *andon*.

Foi definido o uso de sinalizadores *andon* em todos os postos de trabalho. É possível encontrar à venda diversos tipos de *andons*, com cores, sons e demais acessórios. No caso aplicado, os fatos importantes e que buscávamos solução estava direcionado em oferecer o pronto atendimento ao operador evitando que o processo fosse parado. Logo, quanto mais simples e objetivo, melhor. Foi decidido pelo modelo contendo somente as cores amarelo e vermelho. O *andon* pode ter o significado das

cores adaptado ao modelo que o usuário precisar, desde que esteja disseminado a todos qual o significado de cada uma. A essência da ferramenta é sinalizar uma anormalidade e deixar de forma simples e visual todos cientes da necessidade de suporte.

No projeto em questão foi definido o uso do *andon* com duas cores, cada uma com um significado, ao qual o operador selecionava em função da situação ao qual se encontrava:

- amarelo: iminência de parada de processo, alerta;
- vermelho: processo parado, intervenção imediata.

Além das cores, esse modelo também trazia o sinal sonoro em conjunto com o sinal luminoso, facilitando às áreas de suporte a identificar prontamente onde estava ocorrendo o chamado e prestar o atendimento imediato.

4.3.3 – PDCA - Check

Com base nas ações definidas para o trabalho de mitigação das paradas de processo, a equipe revisitou o chão de fábrica e foi constatado evolução positiva nas duas frentes de problemas levantados.

Na primeira delas, efetivamente foi implementado uma sistemática de ressurgimento de material miúdo com sinalização visual, para que todos os responsáveis da logística pudessem ser envolvidos no processo e atuar rapidamente. Nesse modelo, foi dimensionado a quantidade de caixas plásticas necessárias de cada item para manter uma produção de dois meses e um cartão com as descrições básicas do material foi inserido em cada caixa.

A forma de organização dos materiais pode ser visto na Figura 4.17, onde temos as caixas plásticas com material miúdo abastecendo a linha de produção à esquerda.



Figura 4.17 - Cadeia de alimentação de materiais miúdos.

Na foto do meio, os carros localizados no almoxarifado, onde os mesmos materiais foram dimensionados para atender uma cobertura de dois meses de produção e, à direita, o quadro de gestão à vista onde os cartões que são retirados das caixas plásticas do estoque do almoxarifado são colocados, para que o time de controle de estoque possa realizar o ressuprimento do material solicitado.

A atuação do time para a solução do segundo problema foi rápida e precisa. O modelo empregado do *andon* (Figura 4.18) proposto foi instalado em cada bancada de trabalho, abrangendo pré-montagem, motor, chassi e inspeção final. Inicialmente uma instrução foi passada à todos os envolvidos e prontamente começaram a utilizar o recurso, eliminando praticamente à zero as necessidades que possuíam de sair de seus postos de trabalho ou “gritar” para que as áreas de suporte fossem prestar o apoio necessário.



Figura 4.18 - Sistema de sinalização sonoro e visual *andon*.

4.3.4 - PDCA - Act

Diante das visitas, medições e entendimento da metodologia proposta para a redução das paradas de linha por falta de material, foi dado seguimento para o fechamento de mais uma etapa do projeto proposto. O time se reuniu para discutir os resultados dessa fase e avaliar criticamente, via *brainstorming*, a aderência aos objetivos propostos.

As saídas dessa fase do trabalho foram:

- definição de um sistema *kanban* para controle de necessidade e reposição de matéria prima=> realizado;

- definição de um sistema *andon* de sinalização para notificação visual das necessidades do operador=> realizado;
- divulgação dos resultados alcançados através do quadro de Indicadores de Performance ou *KPI*, ao alcance e visão de todos;
- elaboração de um fluxograma do modelo de controle de ressurgimento de materiais para sustentar a metodologia *kanban* implementada;
- mais ferramentas *Lean* implementadas e com multiplicadores treinados na área;
- padronização e oficialização do novo método de pedido de materiais miúdos;
- padronização e otimização da forma como as áreas de suporte prestam o atendimento à produção;
- redução de 52% nas paradas de linha por falta ou atraso de alimentação de materiais. Em horas, de 112h/mês de parada de linha para 54h/mês;
- redução de R\$9.900/ano em fretes extraordinários - aéreos - devido à falta de materiais miúdos.

4.4 - 5S

Ferramenta das mais disseminadas e comentadas no ambiente fabril, é comum ser uma das primeiras a ser selecionada quando há o desejo de iniciar um projeto de implantação do *Lean Manufacturing*.

Comumente algumas dificuldades básicas são encontradas na rotina de uma operação, ao qual com medidas simples de selecionar somente o que é necessário à atividade, organizar, limpar, padronizar e criar uma rotina de manutenção desses padrões seriam suficientes para um salto significativo nos resultados. Para essas atividades sequenciais e básicas dá-se o nome de 5S. Essa ferramenta, aliada com mais algumas outras poderosas como as citadas anteriormente, potencializam ainda mais os resultados na corporação.

O ambiente estudado já demonstrava um certo grau de organização e limpeza. Tomou-se como ponto de partida que o 5S seria uma ferramenta de uso contínuo nesse projeto, sendo tratada em paralelo com as demais ferramentas implementadas, com o objetivo principal de levar aos envolvidos a teoria, importância, influência e aplicabilidade na rotina de trabalho dos mesmos. Todos os colaboradores, chão de

fábrica e escritório, receberam a palestra com os conceitos da ferramenta e a sua importância para o sucesso de todos.

4.4.1 - PDCA - Plan

O ponto de partida para que o projeto obtivesse sucesso e pudesse perdurar por longo tempo seria encontrar uma forma de, rotineiramente, haver uma visita aos processos que passaram por melhorias, podendo ainda agregar a visão de quem estivesse de fora daquela área, oferecendo sugestões e debates para oportunidades que pudessem ser encontradas.

Diante das necessidades acima citadas, foram detectados dois fatores fundamentais para que todo o processo de melhoria criado pudesse ser mantido e aprimorado, ao qual podemos resumidamente citar abaixo:

- acompanhar a evolução de cada área quanto a implementação da sistemática de manutenção das melhorias levantadas, assim como as boas práticas de organização e limpeza;
- criar uma sistemática de visita periódica às áreas, com a visão de identificar oportunidades e pontos carentes de ações imediatas. O *kaizen* passou a fazer parte da rotina de trabalho de todos.

4.4.2 - PDCA - Do

Para mitigar o que havia sido levantado como pontos frágeis de projetos que normalmente não perduram, estrategicamente foi definido um plano de treinamento e conscientização a todos os membros da unidade operacional, tomando como ponto chave a escolha da ferramenta do 5S para se tornar a base para todos.

Semanalmente, por um mês, um encontro de pelo menos uma hora foi estabelecido para que o conteúdo desse material fosse divulgado, ou seja, para que todos pudessem ter a mesma base teórica do conhecimento. Nesses encontros, exemplos do que fazer e o que não fazer também eram levados, com fotos, vídeos e até materiais físicos, para que todos pudessem ter tacitamente a real dimensão em aplicar os conceitos de uma ferramenta simples, porém muito poderosa. A Figura 4.19 mostra algumas fotos do exemplo de organização do chão de fábrica, apresentados nas palestras.



Figura 4.19 - À esquerda: organização dos materiais para inspeção: antes. À direita: organização dos materiais para inspeção: depois.

O segundo passo, após o nivelamento do conhecimento, foi o desenvolvimento e aplicação de um formulário de 5S (Apêndice E), com intuito de poder levantar de forma simples e numérica como estava o nível da área perante essa metodologia. Os níveis ou notas dado a cada senso vai de 0 pontos (Pobre) a 5 pontos (Excelente). Tal formulário se tornou uma potente ferramenta, de simples uso e autoexplicativa, empoderando o uso por todos, independentemente do nível de conhecimento. Todos estavam voltados para um único objetivo que se concentrava em alcançar a nota máxima do formulário, o equivalente à 5 pontos, praticamente a perfeição. Esse era o objetivo de todos.

Após treinar a liderança e corpo técnico na mesma, foi dado início às visitas aos setores. Equipes de área nunca auditavam suas próprias áreas e sempre havia um rodízio em qual área cada equipe iria, com frequência mensal de visitas. Dessa forma, foi prezado a imparcialidade e também evitado o efeito de memorização daquilo que já fora observado em auditoria anterior, para que houvesse a maior transparência possível entre os gestores das áreas envolvidas.

4.4.3 - PDCA - Check

Inicialmente, somente o setor de produção passou a ter o 5S auditado. Essa foi a área piloto, motivada pelo fato de ser a maior área utilizada em metragem, com a maior quantidade de ferramentas, dispositivos e pessoas a serem monitoradas.

A forma encontrada de trazer imparcialidade às auditorias foi convidar os gestores de outras áreas para auditar, porém o mais interessante foi subdividir a produção em subáreas e os líderes de uma subárea auditava o líder da outra. Dessa

forma, foi fortalecido ainda mais a visão e participação do pessoal atuante do chão de fábrica nessa empreitada.

Ao longo de um ano foi monitorado o andamento e evolução do ambiente de trabalho no chão de fábrica, com as equipes revisitando o processo mensalmente, fazendo uso dos formulários do 5Se praticando a visão de identificar oportunidades de melhoria a serem aplicadas. A gestão da produção compilava os dados e os apresentava mensalmente nas reuniões de indicadores. Houve também a evolução do modelo, ao qual como forma de ainda mais incentivar a ferramenta, foi adicionado uma premiação simbólica àqueles que mais participassem de propostas de melhorias para as suas áreas auditadas. Esses contribuidores recebiam, na apresentação mensal dos indicadores, camisetas, chaveiros, bonés ou similares, como forma de oficializar o momento e incentivar ainda mais a participar das melhorias e 5S da sua área.

Diante das maiores ameaças levantadas à longevidade das melhorias aplicadas, foi constatado que o envolvimento e as rotinas criadas mitigaram essas fraquezas, tanto que todos os exemplos de projetos implantados perduraram ao longo das visitas realizadas, até que uma proposta melhor surgisse e sobrepujasse a ideia anterior.

4.4.4 – PDCA - Act

De fato, a implantação da ferramenta e rotina do 5S aliado à mentalidade de sempre observar por oportunidades foi a que mais exigiu perseverança da equipe, por se tratar de um projeto de médio-longo prazo e conduzido à passos cadenciados.

Entretanto, todo o mérito dessa fase esteve fortemente ligado aos operadores, aos quais compraram a ideia e internalizaram o conceito, entendendo que um ambiente mais organizado, limpo e padronização seria a saída para terem tranquilidade e satisfação em saírem de suas casas todos os dias.

As saídas dessa atividade foram:

- criação de uma sistemática de manutenção, verificação e levantamento de melhorias=> realizado;
- implementação de boas práticas de organização, limpeza e padronização no ambiente de trabalho=> realizado.

A Figura 4.20 mostra a evolução do 5S de cada subárea acompanhada dentro da produção, ao longo de um ano. O 5S da área de chassi melhorou 22% no período

avaliado, enquanto que para a área de inspeção final e embalagem a evolução foi de 8%. Na média geral, a evolução alcançada foi de 15%.

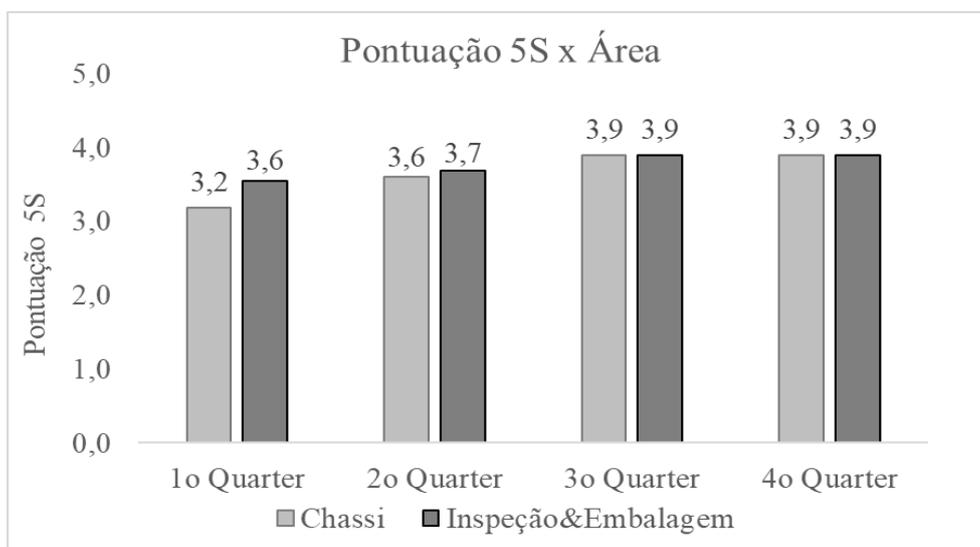


Figura 4.20 - Evolução do 5S nas subáreas auditadas.

4.5 - COMPARATIVO DOS RESULTADOS ALCANÇADOS

De forma objetiva, a Tabela 4.4 resgata os principais resultados alcançados ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Praticamente todos os benefícios gerados impactaram indiretamente nos resultados financeiros da companhia, porém não era o foco o cálculo apurado e o retorno desses valores para o projeto em questão.

Tabela 4.4 - Comparativo de resultados antes e depois.

Resultados Obtidos				
Produto: Motocicleta Completa		Linha: Montagem Premium		
Características	Antes	Objetivo	Resultado Obtido	Melhoria
N° Operadores	9	7	9	0
Produtividade (Pçs/Oper./Dia)	0,9	1,3	1,2	37,5%
Capacidade/Dia	8	9	11	37,5%
Estoque em Processo (Número de Peças)	35	30	30	-14%
Tempo de Ciclo (min.)	59	57	45	-24%
Linha parada (h / mês)	112	0	54	-52%
5S Geral (média)	3,4	5	3,9	15%

CAPITULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 - CONCLUSÕES

As ferramentas propostas no estudo de caso desse projeto demonstraram que é possível identificar e propor melhores práticas comparadas às atuais, condicionando a companhia a se fortalecer e se tornar mais competitiva no mercado.

A identificação de oportunidades dentro do processo produtivo, em conjunto com a análise dos dados coletados, proporcionou a seleção e utilização de ferramentas corretas do *Lean*, direcionando aos pontos mais ineficientes e deficitários. Fato importante a se destacar é o apoio adequado de todos os níveis hierárquicos para as transformações em busca dos objetivos traçados, proporcionando ganhos de produtividade, capacidade, redução de perdas operacionais, conscientização e consequente aumento dos lucros.

Conduzido pela metodologia do PDCA, dentre as atividades realizadas podem ser citadas as tomadas dos tempos de todas as estações de trabalho, observando cada processo produtivo, do início ao fim, identificando o que poderia ser melhorado em seus postos de trabalho. Em consequência, realizado o mapeamento e identificação de todos os elementos do processo produtivo, contabilizado os estoques intermediários e identificado as oportunidades. A mesma metodologia foi utilizada para aplicação de ferramentas de gerenciamento visual, facilitando a rotina e mitigando as paradas de linha indesejáveis.

A forma definida para manter e evoluir constantemente o ambiente de trabalho foi conduzir, através da ferramenta do 5S, visitas e auditorias às áreas envolvidas. Em parceria com a mentalidade do *kaizen* em sempre poder melhorar a cada dia, esse último passo foi determinante para se criar uma atmosfera onde todos estivessem envolvidos e fossem os protagonistas de suas atitudes.

O envolvimento da equipe, a dedicação e persistência em seguir direcionados a alcançar o objetivo traçado, mesmo com recurso de mão de obra enxuto com profissionais realizando diversas funções não prejudicaram a aplicabilidade das ferramentas planejadas. À cada oportunidade encontrada houve uma ferramenta proposta e empenho para a aplicação. Ao todo, pode-se listar um total de dez

ferramentas aplicadas e um campo vasto para aumentar ainda mais o uso de mais ferramentas, atuando em outros *KPI*.

A Tabela 5.1 relaciona os objetivos traçados e a ferramenta utilizada, assim como o resultado obtido de cada uma.

Tabela 5.1 - Relação entre objetivos, ferramentas utilizadas e resultados alcançados.

Conclusão: Objetivos x Ferramenta x Resultados		
Objetivo Geral	Ferramenta Utilizada	Resultado
Evidenciar a aplicação de ferramentas da Manufatura Enxuta para o aumento de produtividade, controle de parada de linha e evolução do 5S.	<ul style="list-style-type: none"> - Cronoanálise; - Balanceamento; - Cálculo do <i>Takt</i>; - Mapeamento do Processo; - <i>Kanban</i>; - <i>Andon</i>; - Gestão à Vista dos <i>KPI</i>; - 5S; - Padronização Documental; - <i>Kaizen</i>. 	Implementados.
Objetivos Específicos	Ferramenta Utilizada	Resultado
Identificar o processo produtivo para aplicação das ferramentas de Manufatura Enxuta.	Fluxo de Processo: Mapeamento	Aplicado.
Analisar a aplicabilidade das ferramentas da Manufatura Enxuta a serem implementadas no processo.	PDCA	Aplicado.
Demonstrar através dos Indicadores de Performance os benefícios alcançados com as ferramentas utilizadas no estudo de caso.	Cronoanálise e Balanceamento de Processos	+ 37,5% Produtividade e Capacidade Produtiva
	Estudo de Layout: Mapeamento	- 14% Estoque Intermediário (<i>WIP</i>)
	<i>Kanban + Andon</i>	- 52% Parada de linha
	5S	+ 15% Média Geral

Diante dos resultados alcançados ao longo da trajetória, a divulgação passou a ser feita de forma oficial, via quadro de indicadores de performance, à vista de todos.

De forma indireta, uma redução de R\$9.900/ano foi alcançada através da aplicação das ferramentas *kanban* e *andon*, uma vez que fretes extraordinários por motivos de falta de materiais foram praticamente eliminados.

Sucintamente, a Manufatura Enxuta pode contribuir com taxas significativas às expectativas traçadas. Temas chave podem ser abordados, em forma de priorização e, com o passar da maturidade, ser agregado mais outras ferramentas específicas para a condução da melhoria.

5.2 - RECOMENDAÇÕES

Inúmeras melhorias podem ser realizadas quando se inicia um trabalho de mudança na base. Diante da evolução alcançada demonstrada através dos Indicadores de Performance com as ferramentas do *Lean* aplicadas, segue algumas recomendações acerca do tema desenvolvido até o momento e o que poderia ser dado como seguimento futuro:

- monitoramento de mais *KPI*, como a taxa de aprovação da qualidade, absenteísmo, custos gerais de fabricação e satisfação dos funcionários, correlacionadas às ferramentas implantadas;
- expandir a aplicação para demais setores da empresa. Por se tratar de metodologia padronizada, nada impede que um setor de expedição, solda ou administrativo pudesse também obter as mesmas vantagens e benefícios que a montagem obteve;
- otimizar, em segunda fase, os dados e documentos utilizados na padronização das ações. A informática é um meio que auxilia a rápida divulgação e chegada da informação. Totens informatizados, painéis eletrônicos e *tablets* são meios de contribuição para a divulgação da informação e atingimento de todos os públicos, de forma prática e rápida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULMOUTI, H. The role of Kaizen (continuous improvement) in improving companies' performance: A case study. In: **Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), 2015 International Conference on**. IEEE, p. 1-6, 2015.

AMEN, M. Heuristic methods for cost-oriented assembly line balancing: A comparison on solution quality and computing time. **International Journal of Production Economics**, v. 69, n. 3, p. 255-264, 2001.

AYVARNAM, N.; MAYURAPPRIYAN, P. S. Dynamic scheduling of machines towards the vision of industry 4.0 studio—a case study. In: **Proceedings of 2nd International Conference on Intelligent Computing and Applications**. Springer, Singapore, 2017. p. 103-111.

AZADEH, A. *et al.* Performance optimization of integrated resilience engineering and lean production principles. **Expert Systems with Applications**, v. 84, p. 155-170, 2017.

BHAMU, J.; SINGH SANGWAN, K. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 7, p. 876-940, 2014.

CHOOMLUCKSANA, J.; ONGSARANAKORN, M.; SUKSABAI, P. Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles. **Procedia Manufacturing**, v. 2, p. 102-107, 2015.

COROMINAS, A.; PASTOR, R.; PLANS, J. Balancing assembly line with skilled and unskilled workers. **Omega**, v. 36, n. 6, p. 1126-1132, 2008.

DAS, B.; VENKATADRI, U.; PANDEY, P. Applying lean manufacturing system to improving productivity of air conditioning coil manufacturing. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 71, n. 1-4, p. 307-323, 2014.

DOMBROWSKI, U. *et al.* Manufacturing strategy—a neglected success factor for improving competitiveness. **Procedia CIRP**, v. 41, p. 9-14, 2016.

EAIDGAH, Y. *et al.* Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 2, p. 187-210, 2016.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção – mais do que simplesmente Just in Time. **Revista Produção**, v. 5, n. 2, p. 169-190, 1995.

GLOVER, W. J. *et al.* Critical success factors for the sustainability of Kaizen event human resource outcomes: An empirical study. **International Journal of Production Economics**, v. 132, n. 2, p. 197-213, 2011.

GOLDRATT, E. M., COX, J. A Meta um processo de melhoria contínua. 2^a ed. São Paulo: Nobel, 2002.

GUPTA, S.; JAIN, Sanjiv Kumar. An application of 5S concept to organize the workplace at a scientific instruments manufacturing company. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2015.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of operations management**, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.

LACERDA, A. P.; XAMBRE, A. R.; ALVELOS, H. M. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 6, p. 1708-1720, 2016.

LC, Shankar Guru *et al.* Implementation of 5S in Small Scale Screen Printing Industry: A Case Study. **International Journal of Engineering Science**, v. 17104, 2018.

LI, J.; BLUMENFELD, D. E. Quantitative analysis of a transfer production line with Andon. **IIE Transactions**, v. 38, n. 10, p. 837-846, 2006.

LIKER, J. K.; MORGAN, J. M. The Toyota way in services: the case of lean product development. **Academy of management perspectives**, v. 20, n. 2, p. 5-20, 2006.

MARCHAND, Roland. The corporation nobody knew: Bruce Barton, Alfred Sloan, and the founding of the General Motors “family”. **Business History Review**, v. 65, n. 4, p. 825-875, 1991.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas 2010.

MEYER, S. **The five dollar day: Labor management and social control in the Ford Motor Company, 1908-1921**. State University of New York Press, 1981.

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

PANDEY, S.; KUMAR, Mr. M. The Process Model for Shop Floor Management Implementation. **International Journal of Engineering Science**, v. 10775, 2017.

PANWAR, A. *et al.* On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. **Production Planning & Control**, v. 26, n. 7, p. 564-587, 2015.

PARRY, G. C.; TURNER, C. E. Application of lean visual process management tools. **Production planning & control**, v. 17, n. 1, p. 77-86, 2006.

PAUL BRUNET, A.; NEW, S. Kaizen in Japan: an empirical study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 12, p. 1426-1446, 2003.

PELLEGRINI, S.; SHETTY, D.; MANZIONE, L. Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen. **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, Turkey, 2012.

POWELL, D. J. *Kanban* for lean production in high mix, low volume environments. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 140-143, 2018.

RAHANI, A. R.; AL-ASHRAF, Muhammad. Production flow analysis through value stream mapping: a lean manufacturing process case study. **Procedia Engineering**, v. 41, p. 1727-1734, 2012.

RAWABDEH, I. A. A model for the assessment of waste in job shop environments. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 8, p. 800-822, 2005.

RORIZ, C.; NUNES, E.; SOUSA, S. Application of lean production principles and tools for quality improvement of production processes in a carton company. **Procedia manufacturing**, v. 11, p. 1069-1076, 2017.

SCHONBERGER, R. J. Japanese production management: An evolution-With mixed success. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 403-419, 2007.

SHAH, R.; WARD, Peter T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of operations management**, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**, Cambridge, Productivity Press, 1985.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**, 2a ed, Porto Alegre, Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system**, Cambridge, Productivity Press, 1986.

SIAUDZIONIS FILHO, F. A. B. *et al.* Application of visual management panel on an airplane assembly station. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 2018.

SMITH, R.; HAWKINS, B. **Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share**. Elsevier, 2004.

SOTSEK, N. C. *et al.* Improvements in wood packaging a company though the chrono analysis and layout rearrangement. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 519-529, 2016.

SUBRAMANIAM, S. K., HUSSIN, S. H., SINGH, R. S. S., *et al.* Production monitoring system for monitoring the industrial shop floor performance, **International Journal of System Applications**, v. 3, pp. 28-35, 2009.

THUN, J.; DRÜKE, M; GRÜBNER, A. Empowering *Kanban* through TPS-principles— an empirical analysis of the Toyota Production System. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 23, p. 7089-7106, 2010.

TYAGI, S., *et al.* Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. **International Journal of Production Economics**, v. 160, p. 202-212, 2015.

VINOD, M. *et al.* Six Sigma through Poka-Yoke: a navigation through literature arena. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 81, n. 1-4, p. 315-327, 2015.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., ROOS, D. **A máquina que mudou o Mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**, Nova ed. Rev. e atual, Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

WORLEY, J. M.; DOOLEN, T. L. The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. **Management Decision**, v. 44, n. 2, p. 228-245, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de caso. Planejamento e métodos**. 5. Ed, Porto Alegre, Bookman, 2014.

ZHOU, B. Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). **Annals of Operations Research**, v. 241, n. 1-2, p. 457-474, 2016.

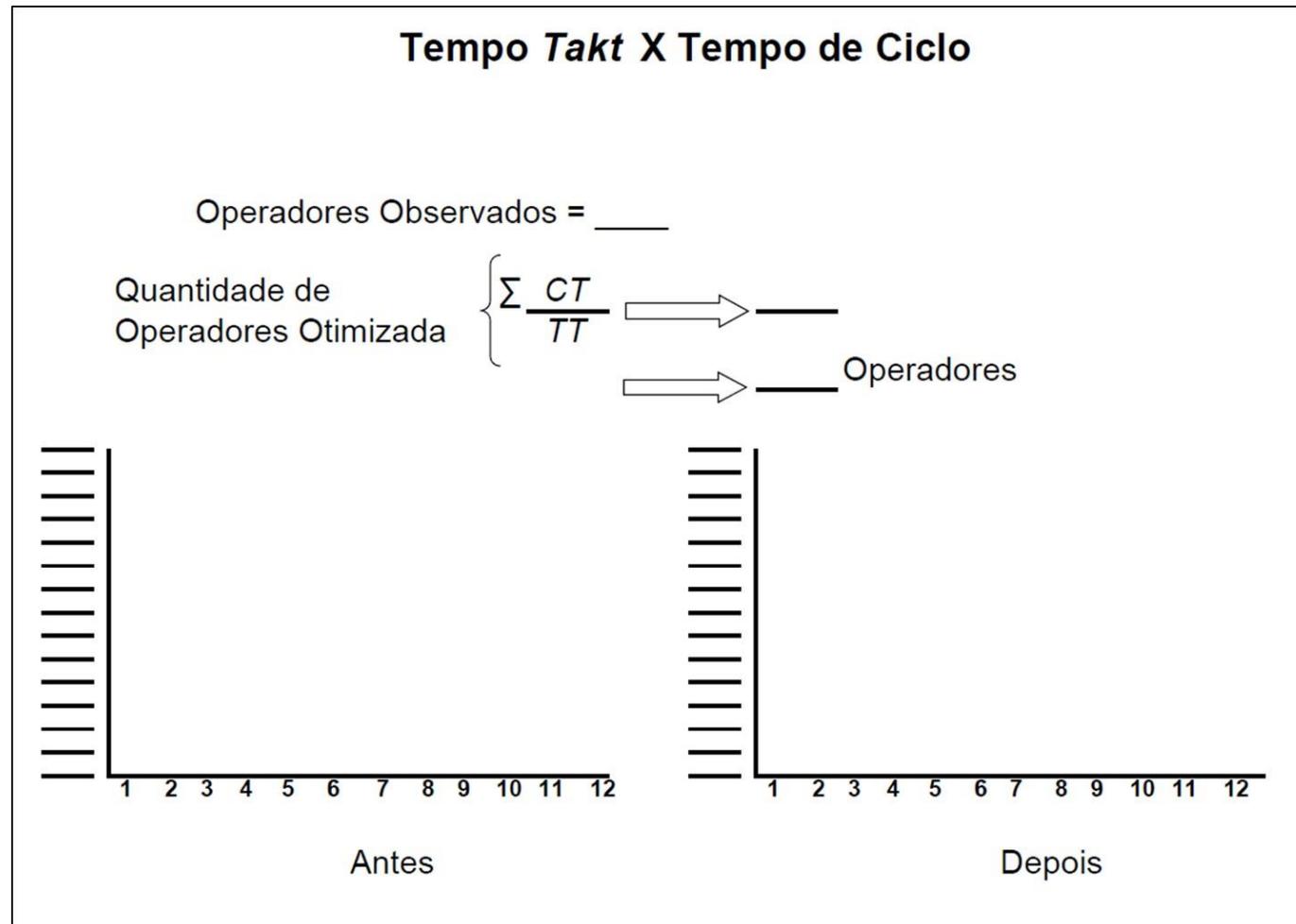
APÊNDICE A

FOLHA DE OBSERVAÇÃO E TOMADA DE TEMPO

Folha de Observação e Tomada de Tempo															
Peça:					Máquina:					Observador:					
Operação:					Data:					Hora:					
Passo	Descrição:	Tomada:												Tempo	Observações:
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
Tempo para 1 ciclo:															

APÊNDICE B

GRÁFICO DE TEMPOS E BALANCEAMENTO DE PROCESSO



APÊNDICE E

FOLHA DE PONTUAÇÃO DO 5S

Folha de Pontuação 5 S (Folha 1 de 2)

Item	Critério de Avaliação 5S (0 = Pobre 5 = Excelente)	Nota (0 - 5)	Ações recomendadas de melhoria até próxima auditoria
1. Remoção dos itens desnecessários	Todos os itens desnecessários para o trabalho estão removidos da área. Somente ferramentas e produtos da linha estão na área.		
2. Arrumação do material de limpeza	Todos os materiais de limpeza estão guardados de maneira organizada e podem ser facilmente localizados e manuseados.		
3. Limpeza do Piso	O piso está limpo e livre de resíduos, óleo, sujeira, etc. A limpeza deve ser feita de forma rotineira - no mínimo diariamente.		
4. Quadros de aviso	Os avisos, comunicados, etc., não estão desatualizados, rabiscados ou rasgados.		
5. Equipamentos de emergência	Manguueiras, extintores, macas, material de primeiros socorros, etc., estão com seus acessos desobstruídos, guardados de maneira ordenada e fácil de serem vistos.		
6. Materiais no chão	Estoques de processos, ferramental e outros materiais não estão deixados diretamente sobre o chão. Peças grandes, como caixas de aço para estocagem, carrinhos, guinchos, etc., estão posicionados no chão em áreas apropriadas e claramente identificadas por faixas coloridas.		
7. Corredores - marcação	Corredores e passarelas estão claramente delineados, e podem ser identificados num piscar de olhos. As faixas estão retas, com ângulos padronizados (30,45,60 ou 90°), sem tinta descascada ou gasta.		
8. Corredores - manutenção	Corredores estão livres de materiais e obstruções. Nenhuma coisa é posta nos corredores e os objetos estão colocados perpendicularmente ao corredor		
9. Armazenamento e Organização	O armazenamento de caixas, containers, etc., está sempre organizado e alinhado. Quando os itens estão empilhados, nunca estão amassados ou inclinados perigosamente.		
10. Equipamento - pintura	Todas as máquinas e equipamentos devem estar pintados e sua limpeza é feita diariamente. Não há nenhum lugar na área que esteja pintado pelo menos até 2m de altura.		
11. Equipamento - limpeza	As máquinas e equipamentos estão limpos, levando-se em consideração o seu uso diário. Os vidros das janelas, visores e vigias devem estar limpos.		

Folha de Pontuação 5 S (Folha 2 de 2)

Item	Critério de Avaliação 5S (0 = Pobre 5 = Excelente)	Nota (0 - 5)	Ações recomendadas de melhoria até próxima auditoria
12. Equipamentos - manutenção	Os controles das máquinas estão corretamente identificados, e os pontos de manutenção preventiva (nível de óleo, graxas, etc) estão claramente visíveis e identificados. Fichas de manutenção preventiva estão visíveis, protegidas, organizadas e atualizadas.		
13. Equipamentos - armazenagem	Não há nada guardado em cima das máquinas, painéis e equipamentos. Não há nada encostado nas paredes ou colunas.		
14. Documentos - armazenagem	Somente documentos que são necessários à produção estão guardados na área. Esses documentos estão armazenados de maneira clara e organizada.		
15. Documentos - controle	Todos os controles estão identificados de maneira clara de forma a mostrar claramente o responsável pelo seu controle e revisão. Não podem estar presentes pastas e documentos sem identificação. Há uma rotina para eliminar documentos obsoletos e inúteis.		
16. Organização das Ferramentas e instrumentos de medição	Ferramentas, dispositivos, calibradores, etc., estão guardados de forma organizada e de tal maneira que estão protegidos da sujeira e de qualquer risco de danos.		
17. Ferramentas, dispositivos e instrumentos - facilidade de acesso	Ferramentas, dispositivos e instrumentos estão organizados de tal maneira que possam ser facilmente retirados para uso necessário, melhorando o aproveitamento do tempo.		
18. Prateleira, arquivos, mesas - organização	Estes itens estão arrumados, organizados e identificados de tal maneira que seja obviamente visível que os objetos estejam neles guardados e, se retirados, para quais locais devem ser retornados.		
19. Prateleiras, arquivos, mesas - controle	Devem estar livres de objetos sem utilização, incluindo papéis e desenhos. Todos os objetos são limpos antes de serem recolocados em seus respectivos locais.		
20. Controle & Manutenção do Programa 5S	Há um sistema consciente de controle e manutenção para assegurar que todos os itens acima estão sendo mantidos em seu mais alto nível. É responsabilidade do Gerente de área a manutenção e melhoria deste sistema.		
Total			/ 20 = Média